

Manual para la vigilancia y el control del paludismo en Mesoamérica

Editores

Mario Henry Rodríguez

Armando Ulloa García

Janine M. Ramsey Willoquet



Manual para la vigilancia y el control del paludismo en Mesoamérica

**Mario Henry Rodríguez
Armando Ulloa García
Janine M. Ramsey Willoquet**
EDITORES

Manual para la vigilancia y el control del paludismo en Mesoamérica



Instituto Nacional
de Salud Pública

Manual para la vigilancia y el control del paludismo en Mesoamérica

Primera edición, 2008

Dibujos: Ana Isabel Aviña Fernández

Foto portada: Arnoldo Orozco Bonilla

D.R.© Instituto Nacional de Salud Pública

Av. Universidad 655,

Santa María Ahuacatlán

62100 Cuernavaca, Morelos, México

Impreso y hecho en México

Printed and made in Mexico

ISBN 978-607-7530-13-8

Contenido

Prólogo	9
Presentación	11
Sección I Epidemiología	13
Capítulo 1 Epidemiología del paludismo	15
<i>Angel F. Betanzos, Mario H. Rodríguez, Rogelio Danis Lozano, Carlos F. Concha</i>	
Capítulo 2 Vigilancia del paludismo	25
<i>Angel F. Betanzos, Mario H. Rodríguez, Rogelio Danis Lozano, Carlos F. Concha</i>	
Capítulo 3 Estrategia de intervención	35
<i>Angel F. Betanzos, Mario H. Rodríguez, Rogelio Danis Lozano, Carlos F. Concha</i>	
Sección II Entomología aplicada al paludismo	55
Capítulo 4 Los anofelinos	57
<i>Arnoldo Orozco Bonilla, Cuauhtémoc Villarreal Treviño, José Luis Torres Estrada, Armando Ulloa García</i>	
Capítulo 5 Ecosistemas de la transmisión del paludismo	69
<i>Guillermo Bond Compean, Rogelio Danis Lozano</i>	
Capítulo 6 Vigilancia entomológica	79
<i>Mauricio Casas Martínez, Guillermo Bond Compean, Cuauhtémoc Villarreal Treviño, Armando Ulloa García</i>	
Capítulo 7 Fundamentos y métodos de control químico e integrado	95
<i>José Genaro Ordóñez González, María Guadalupe Vázquez Martínez, Kenia Mayela Valdez Delgado, Rosa Patricia Penilla Navarro, José Luis Torres Estrada, Américo D. Rodríguez Ramírez</i>	
Capítulo 8 Estrategias ambientales de control	137
<i>Guillermo Bond Compean, Kenia Mayela Valdez Delgado, Maria Guadalupe Vázquez Martínez, Rogelio Danis Lozano</i>	

Capítulo 9	Estrategias de control biológico <i>Maria Guadalupe Vázquez Martínez, Guillermo Bond Compean, José Luis Torres Estrada, Jaime A. Juárez Sandoval, Carlos F. Marina Fernández, Teresa López Ordoñez</i>	149
Capítulo 10	Evaluación de procesos y resultados en programas de control y prevención del paludismo <i>José Genaro Ordoñez González, Armando Ulloa García</i>	165
Sección III	Promoción de la salud y comunidad	177
Capítulo 11	Promoción de la salud y comunidad <i>José Genaro Ordoñez González, Luz Maria Arenas Monreal, Janine M. Ramsey Willoquet, Mauricio Casas Martínez</i>	179
	Glosario	191
	Anexo 1	203

Prólogo

La malaria o paludismo es todavía un problema importante de salud pública en nuestra región: se calcula que en 21 países de América Latina, cerca de 41 millones de personas viven en áreas donde el riesgo de infección por esta enfermedad se considera de moderado a alto.

La malaria se presenta en proporción alarmante entre las poblaciones pobres y marginadas, y obstaculiza considerablemente el desarrollo de los países.

La Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) mantiene un compromiso con los gobiernos de la región para combatir esta enfermedad transmisible. Este manual práctico de viaje se ha elaborado con el objetivo de disminuir los riesgos y mejorar la atención y la lucha contra la propagación de esta enfermedad.

El manual está orientado al personal técnico operativo de los programas de control de malaria; su contenido es accesible y cuenta con la experiencia científica y académica de investigadores, epidemiólogos y entomólogos. Pretende ser una herramienta útil para mejorar y desarrollar las capacidades de vigilancia, monitoreo y evaluación de las acciones de control del vector de la malaria, a modo de lograr intervenciones efectivas; asimismo, el manual está sustentado en métodos y análisis aplicables a los contextos y condiciones de transmisión local de la malaria.

El control de vectores tiene antecedentes comprobados como método para la reducción o interrupción de la transmisión de enfermedades cuando la cobertura es lo suficientemente alta. Sin embargo, en su forma actual, el control de vectores también ha mostrado que tiene algunos puntos débiles, especialmente obstáculos técnicos y gerenciales. Los recursos, el personal capacitado y el apoyo técnico para estos programas han disminuido en los últimos decenios, con lo cual aumentan tanto el riesgo de la transmisión continua como el de epidemias futuras.

La Asamblea Mundial de la Salud y el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes preconizan una reducción de la utilización de los insecticidas para el control de las enfermedades de transmisión vectorial, mediante la promoción de enfoques integrados de control de plagas que utilicen las directrices de la OMS y también impulsen la creación de métodos alternativos viables para el control de enfermedades.

Ante ello, este manual pretende orientar el proceso de decisión hacia la utilización óptima de los recursos para el control de vectores, con mecanismos para lograr eficacia y eficiencia en los programas de control y un desarrollo que sea sostenible a largo plazo y ecológicamente aceptable para eliminar la malaria en las poblaciones afectadas y protegerlas contra su resurgimiento.

Nuestro empeño para promover la equidad y la inclusión social, a fin de concretar los objetivos establecidos en la Agenda de Salud de las Américas, nos compromete a redoblar esfuerzos para asegurar que se hagan realidad los Objetivos de Desarrollo del Milenio, para lo cual el fortalecimiento de las capacidades nacionales e institucionales de los programas de control es muy importante.

Manifestamos un reconocimiento especial al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a la Comisión de Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (CCA) y al Instituto Nacional de Salud Pública de México, que brindaron todo su apoyo para publicar este manual dentro del desarrollo exitoso del “Programa Regional de Acción y Demostración de Alternativas Sostenibles para el Control de Vectores de la Malaria sin el uso de DDT en México y América Central”, con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

Dr. Philippe Lamy
Representante de la OPS/OMS en México

Presentación

El Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) contribuye a la equidad social al promover la salud plena de las poblaciones mediante la generación de conocimiento, la innovación de los sistemas de salud y la formación de recursos humanos para la salud pública. Dentro de estas actividades institucionales, la innovación de los sistemas de salud y el fortalecimiento del recurso humano son la base para asegurar la aplicación eficiente y efectiva de intervenciones. El Instituto comparte estos principios con la Organización Panamericana de la Salud, que propugna la equidad social de la población de América, base para el bienestar de sus familias y comunidades.

Las tendencias epidemiológicas actuales de enfermedades como la malaria o paludismo exigen mayores capacidades en el manejo adecuado de tecnologías para prevenir el resurgimiento de la transmisión en áreas controladas, evitar la dispersión por movimientos poblacionales en zonas donde las condiciones son propicias para la abundancia del vector y prevenir o mitigar las posibles consecuencias epidémicas introducidas por la variabilidad y el cambio climático.

El fortalecimiento de los programas de control es indispensable en la actualidad para abatir los riesgos vectoriales y reducir el uso de plaguicidas, al enfocarse en reforzar los aspectos técnicos y gerenciales requeridos para el control de los mosquitos vectores. A partir de una diversidad de tipos posibles de intervenciones, nuevas estrategias deben encaminarse hacia la búsqueda de sinergias y la eliminación de obstáculos para el control efectivo y eficiente de la transmisión de la malaria.

Este manual está diseñado para ser utilizado por el personal técnico en campo, con el fin de que se logre la capacidad técnica y de gestión de una práctica entomológica y analítica sobre la situación de los vectores en los diferentes escenarios epidemiológicos. En su elaboración participó un grupo amplio de expertos calificados que forman parte del Centro Regional de Investigación en Salud Pública del INSP (CRISP), el cual ha ganado prestigio nacional e internacional en el desarrollo de estrategias de control vectorial. Además, se incluyó la experiencia derivada de la participación de 30 técnicos de Centroamérica y México en el Diplomado Internacional de Entomología realizado en 2006 en el CRISP, que tiene su sede en Tapachula, Chiapas, México.

La perspectiva de este manual es la de capitalizar el sustento técnico y la gestión para la generación de datos probatorios y planes operativos, con el fin de mejorar la eficacia y eficiencia de los programas de control de la malaria en la región, a la vez que utilizar de forma racional y eficiente los recursos disponibles y movilizar insumos adicionales, así como mejorar la colaboración interinstitucional e intersectorial.

Reconocemos la valiosa oportunidad que brindó el Fondo para el Medio Ambiente Mundial del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/GEF), en alianza con la Organización Panamericana de la Salud en México y Centroamérica, los cuales facilitaron la construcción de una alianza sinérgica entre los países de la región a través del Proyecto Regional DDT/GEF. Éste proveyó de herramientas para vincular y crear redes que compartieran experiencias institucionales y profesionales en la región y, entre los múltiples logros de dicha colaboración, se puede contar la elaboración de este manual. Esperamos que su utilización contribuya a resolver las debilidades que persistan en la capacidad entomológica de nuestros países.

Por lo anterior nos es muy grato presentar este trabajo a los lectores, que integra la participación de instituciones académicas, investigadores y gerentes del programa, a la vez que contribuye a consolidar un marco de colaboración, a unificar criterios y definir los alcances institucionales y nacionales para la reducción y/o eliminación de la transmisión de la malaria en Mesoamérica.

Dr. Mario H. Rodríguez
Director General
Instituto Nacional de Salud Pública

Sección I

Epidemiología

Epidemiología del paludismo

Angel F. Betanzos,
Mario H. Rodríguez,
Rogelio Danis Lozano,
Carlos F. Concha

Malaria, paludismo, fiebres palúdicas, fiebres intermitentes y 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. El hematozoario responsable de la enfermedad fue descrito por primera vez por el médico francés Laveran en Argelia en 1880 y corroborado en forma experimental en la India por el novelista, matemático y médico colonial inglés Ronald Ross, pues observó en 1895 la transmisión del paludismo por mosquitos del género *Anopheles*.

El paludismo es una infección causada por parásitos del género *Plasmodium*, que se transmite de manera natural a través de la picadura del mosquito *Anopheles*. La enfermedad causada por esta infección se caracteriza por paroxismos febriles intermitentes, anemia y crecimiento del bazo o esplenomegalia.¹ Las especies que causan la enfermedad son *Plasmodium malariae*, *P. ovale*, *P. falciparum* y *P. vivax*; estas dos últimas, son las de mayor distribución en el mundo.

El paludismo es una infección causada por protozoarios del género *Plasmodium* que se transmite de manera natural a través de la picadura del mosquito *Anopheles*

En el mundo, alrededor de 3 200 millones de personas en 107 países habitan en áreas con algún riesgo para la transmisión del paludismo, (figura 1). Cada año ocurren entre 300 y 350 millones de casos clínicos de paludismo y más de un millón de muertes causadas por *P. falciparum*, sobre todo en África subsahariana, donde se concentra 75% de los enfermos y alrededor de 90% de las muertes por este *Plasmodium*. Esta mortalidad es más frecuente en los menores de cinco años de edad (anemia hemolítica y paludismo cerebral) y en sujetos con enfermedades inmunosupresoras concomitantes como el VIH/SIDA y tuberculosis. El paludismo es también causa importante de anemia y muerte en embarazadas, bajo peso al nacer y partos prematuros.²

Cerca de la mitad de la población mundial (48 %) y de la cuarta parte del continente americano (22.0 %) habitan en áreas con algún riesgo de enfermar de paludismo

El paludismo es también causa importante de anemia infantil y de muerte en embarazadas, bajo peso al nacer, partos prematuros y mortalidad infantil

En América, el paludismo se presenta en 21 países con una población conjunta de 504 millones de habitantes, de los cuales 21.56% (108.7 millones) se encuentra con algún riesgo de padecer la enfermedad.

Durante 2005 se registraron 1 046 955 casos de paludismo en la región con 109 muertes, lo que representa un incremento de 15.72% en el número de enfermos y una reducción a menos de la mitad en las defunciones (-43.10%) en relación con el año anterior. El mayor número de casos ocurrió en países que comparten la selva amazónica, de los cuales Brasil concentró 57.39% de los casos, seguido por

Colombia (11.29%), Perú (8.94%) y Venezuela (4.30%). En la subregión de mesoamérica y el Caribe, 11.75% de los casos se concentró en Guatemala (3.78%), Guyana (3.72%), Haití (2.08%), Honduras (1.54%) y Nicaragua (0.63%). El 26.07% de los casos lo ocasionó *Plasmodium falciparum*, 73.73% *P. vivax* y 0.20% *P. malariae* (2 097 casos). Estos últimos casos fueron registrados en Guyana (61.56%), Surinam (27.75%), Guyana Francesa (3.38%), Guatemala (2.29%), Brasil (2.38%), Venezuela (1.81%) y Colombia (0.81%). México registró en ese mismo año un total de 2 967 casos (0.28%), la mayor parte (99.25%) ocasionados por *P. vivax*. (figura 2).³

Transmisión del paludismo

La transmisión del paludismo se lleva a cabo en ambientes donde las condiciones microclimáticas favorecen el desarrollo y supervivencia de los mosquitos anofelinos. Pero para que exista la transmisión, los mosquitos vectores deben obtener los parásitos mediante la picadura de personas infectadas y luego transmitirlos a personas susceptibles. De modo que,

La mayor parte de las muertes por paludismo (90%) ocurre en África subsahariana ocasionadas por *Plasmodium falciparum*

Figura 1 Distribución mundial del paludismo, 2006

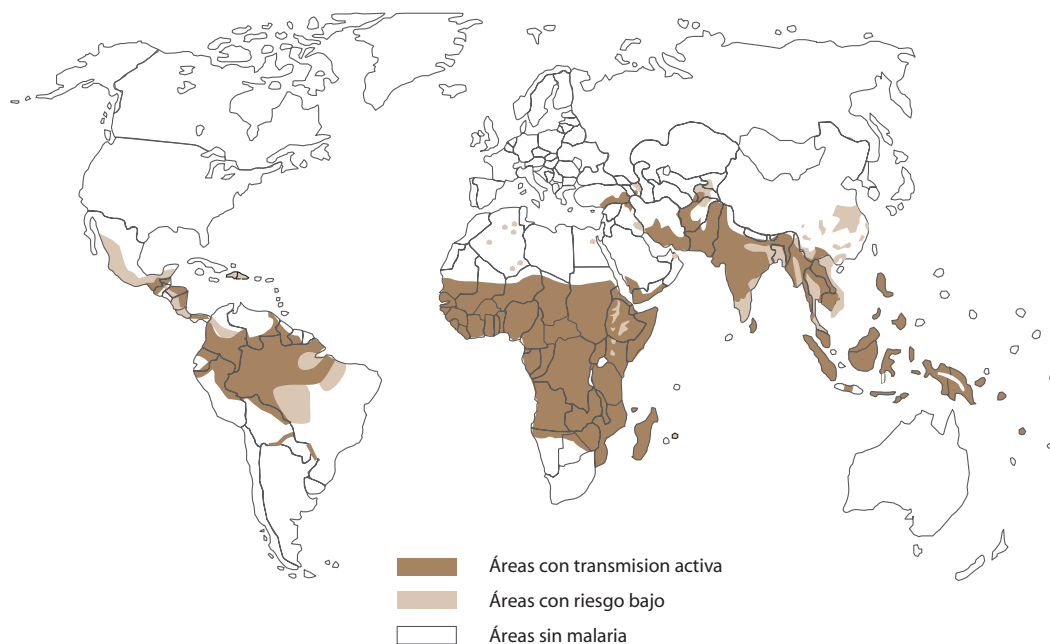
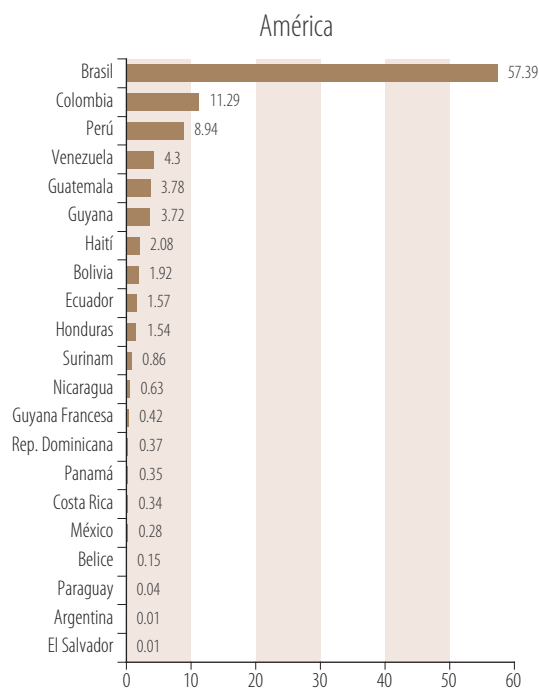
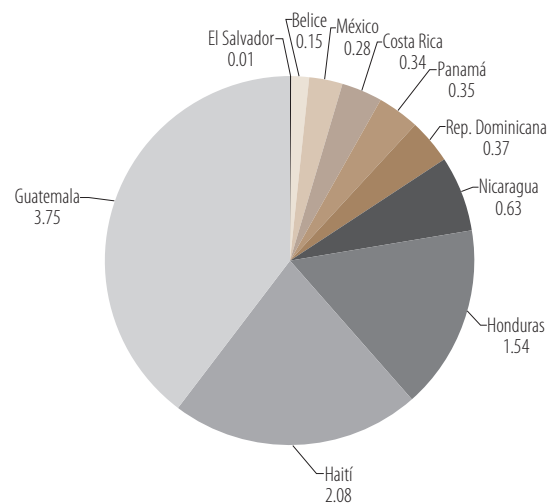


Figura 2 Distribución (%) de enfermos por paludismo en América 2005.



México, Centroamérica y el Caribe



Fuente: Modificado de PAHO/WHO. Paludismo Morbidity Trend in the Americas: 2000, 2005, 2010, 2015 Annual Data (No. of Cases). 2006.

además de las condiciones ambientales que favorecen la cría de mosquitos, también deben darse las condiciones socioeconómicas que permitan el contacto de los mosquitos y los humanos.⁴⁻⁷

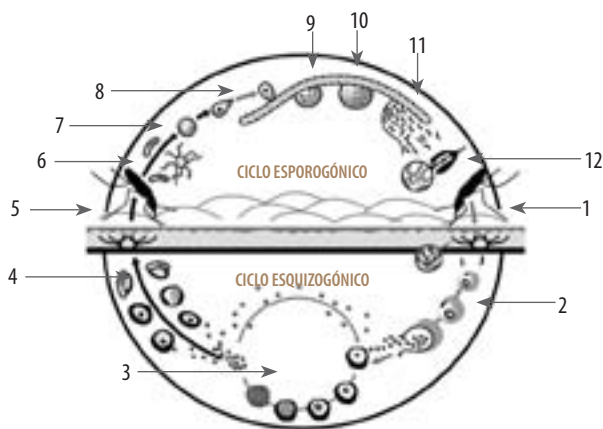
Parásito: ciclo biológico del *Plasmodium*

Plasmodium, el parásito que ocasiona la enfermedad del paludismo, es un organismo que desarrolla su vida en dos hospederos: en el humano se lleva a cabo el ciclo asexual denominado desarrollo esquizogónico, y en el mosquito *Anopheles* el ciclo esporogónico. Estas dos fases son consecutivas y necesarias para que el parásito complete su ciclo de vida natural (figura 3). Los parásitos alternan de manera obligada su desarrollo en humanos y mosquitos, pero no se transmiten de manera directa entre humanos, salvo en casos mecánicos, como, por ejemplo, transfusión con sangre o el uso de jeringas infectadas.

Condiciones ambientales, abundancia de los mosquitos vectores, disponibilidad de fuentes del parásito en personas infectadas y personas susceptibles son componentes necesarios para la transmisión del paludismo

La transmisión del paludismo de una persona a otra se lleva a cabo a través de la picadura de mosquitos hembras del género *Anopheles* (figura 3: 1) y se infectan al alimentarse de sangre que contiene las formas sexuales del parásito de una persona enferma (figura 3: 4).

Los gametocitos ingeridos se transforman en gametos masculinos y femeninos (microgametos), ocurre la fecundación (figura 3: 8 y 9) y los cigotos se transforman a oocinetos móviles. Este parásito cruza la pared del intestino para implantarse en la pared externa del mismo, donde forma ooquistes. En los ooquistes (figura 3: 10) se desarrollan los esporozoítos, que cuando se liberan por la rotura del ooquiste

Figura 3 Ciclo biológico de *Plasmodium*.

Copyright: Modificado de TDR/Wellcome Trust.

Fuente: Modificado de: <http://www.who.int/tdr/diseases/paludismo/lifecycle.htm>.

Las especies de mosquitos más longevas son las que tienen mayor capacidad para mantener la transmisión de *Plasmodium*

maduro migran a las glándulas salivales del mosquito (figura 3: 11 y 12), donde permanecen hasta ser inyectados con la saliva en otra persona cuando el mosquito se alimenta de nuevo (figura 3: 1). Los mosquitos permanecen infectados el resto de su vida y ya que para producir sus huevos deben tomar sangre se alimentan en promedio cada tres días y en cada picadura inyectan esporozoítos. Así, las especies de mosquitos más longevas son las que encierran el mayor potencial para mantener la transmisión del paludismo.

El ciclo biológico del parásito en el hospedero humano (fase asexual esquizogónica) presenta dos fases de desarrollo: la primera se lleva a cabo con la invasión de los esporozoítos

a las células hepáticas (figura 3: 2); la segunda se inicia con la liberación de los parásitos hepáticos hacia el torrente sanguíneo con la invasión y multiplicación de los parásitos en los glóbulos rojos o eritrocitos (figura 3: 3). En esta etapa eritrocítica, los parásitos se multiplican formando esquizontes, que terminan por hacer estallar el eritrocito que los contiene 48 horas después (ó 72 en *P. malariae*) y liberan un nuevo grupo de parásitos llamados merozoítos. Cada merozoito invade a un eritrocito e inicia un nuevo ciclo de desarrollo asexual. Las manifestaciones clínicas se presentan después que se completan varios de estos ciclos eritrocíticos. La infección hepática cesa de manera espontánea en menos de cuatro semanas (excepto *P. vivax* y *P. ovale*) y la infección parasitaria se limita a los eritrocitos.¹

En el caso particular del paludismo por *P. vivax* y *P. ovale*, algunos parásitos (hipnozoítos) pueden permanecer latentes en las células del hígado durante meses. La reactivación de estos parásitos da lugar a las recaídas de la enfermedad. Las recaídas ocurren en periodos variables de 1 hasta 12 meses después de la infección primaria.

Esta descripción simplificada del ciclo biológico de la infección con *Plasmodium* permite identificar los tres componentes principales del fenómeno llamado paludismo: el parásito, el hospedero humano y el mosquito vector, pero para que estos tres componentes interactúen se requieren condiciones ambientales y socioeconómicas propicias: a) las que facilitan la presencia y multiplicación del vector; b) las que determinan los encuentros entre el vector y los humanos y c) la susceptibilidad de ambos a la infección.

El conjunto de los factores determinantes de la transmisión de la enfermedad en estos sistemas constituye su nicho epidemiológico. La premisa fundamental de este concepto es que las enfermedades transmitidas por vectores, como es el paludismo, sólo ocurren en lugares donde las condiciones ambientales son adecuadas para que coexistan el agente patógeno, el hospedero humano y los organismos vectores.

Las principales condiciones ambientales que influyen en la distribución de las enfermedades transmitidas por vector como el paludismo son la temperatura y precipitación pluvial dentro de un marco topográfico e hidrológico y un rango de altitud sobre el nivel medio del mar. Así, la transmisión del paludismo ocurre en lugares donde las condiciones microclimáticas permiten la coincidencia de

La vida de *Plasmodium* transcurre en dos fases que se alternan entre sí, la primera en los humanos con la inyección de los esporozoítos y la otra en los mosquitos *Anopheles* con la ingestión de gametocitos al extraer la sangre

los mosquitos anofelinos, de fuentes de infección (sujetos infectados) y de sujetos susceptibles

La distribución geográfica de las áreas palúdicas en el continente americano se corresponde con la distribución de los mosquitos vectores de la enfermedad. Estas condiciones se presentan dentro de un amplio rango de condiciones ecológicas que comprenden áreas rurales y selváticas, pero también, como consecuencia de la adaptación de los vectores al ambiente modificado por el hombre, en zonas semiurbanas

Enfermedad

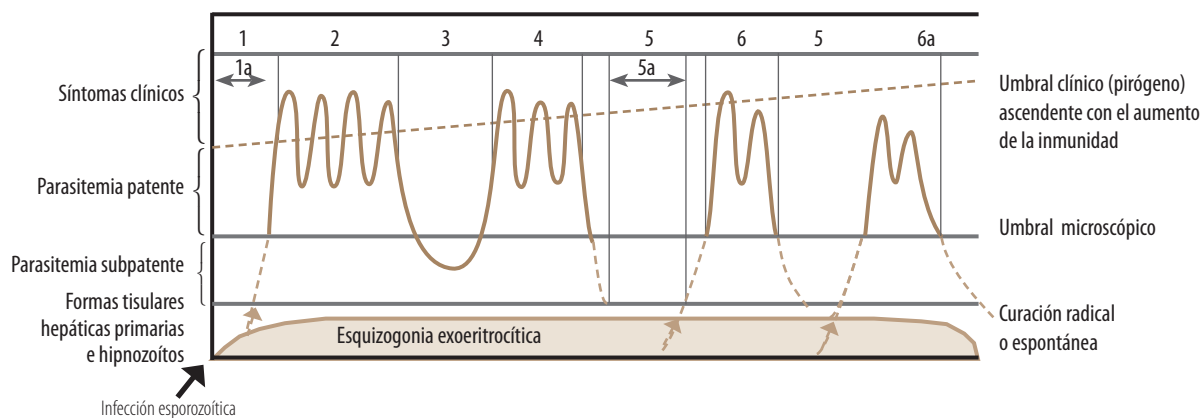
La infección por paludismo se desarrolla en varios periodos (figura 4). En el primero, denominado prepatente o de incubación (figura 4: 1a), no se presenta ninguna manifestación clínica de la enfermedad; en este periodo, los parásitos se desarrollan en las células hepáticas sin causarles cambios patológicos. Este periodo puede durar entre 10 a 40 días,

La transmisión del paludismo ocurre en lugares donde condiciones microclimáticas permiten la coincidencia de los mosquitos anofelinos, de fuentes de infección (sujetos infectados) y de sujetos susceptibles

según la especie de *Plasmodium*, y comprende desde la entrada de los esporozoítos a través de la picadura del mosquito infectado hasta el momento en que la presencia de parásitos en sangre se hace evidente a la observación por medio del microscopio. Los tiempos de estos dos periodos se describen en el cuadro I.

Los síntomas del paludismo se desencadenan como resultado de la rotura de los glóbulos rojos saturados de parásitos merontes (división del núcleo, formación del trofozoíto, multiplicación, esquizonte joven, esquizonte maduro y rotura) de la que se liberan merozoítos producto del ciclo esquizogónico dentro del glóbulo rojo. Además, la expulsión adicional de residuos tóxicos pirógenos del metabolismo

Figura 4 Etapas de la infección por paludismo



Etapas de la infección por paludismo:

1. Periodo de incubación
- 1a. Periodo de infección prepatente
2. Ataque primario que comprende cuatro paroxismos.
3. Periodo de infección latente (latencia clínica). Los parásitos eritrocitos permanecen en sangre en un nivel subpatente
4. Recrudescencia de corto plazo, compuesta por tres paroxismos
5. Periodo de infección latente
- 5a. Latencia parasitaria. No hay parásitos en sangre
6. Recaída parasitológica (intervalo largo) acompañada por recaída clínica con un paroxismo
- 6a. Recaída parasitológica, sin recaída clínica

El cuadro febril típico se presenta en días alternos en infecciones por *P. vivax*, *P. ovale* y *P. falciparum* y cada 72 horas en el caso de *P. malariae*

Cuadro I

Duración en días del periodo de incubación y prepatente por especie *Plasmodium*

Especie	Días del periodo prepatente	Días del periodo de incubación
<i>P. falciparum</i>	9-10	9-14
<i>P. vivax</i>	11-13	10-16
<i>P. ovale</i>	10-14	16-18
<i>P. malariae</i>	15-16	18-40

de *Plasmodium* reactiva los centros termorreguladores del hipotálamo en la base del cerebro. La gravedad de la fiebre es proporcional al número de eritrocitos infectados que circulan en la sangre debido al grado de destrucción celular que determinan los esquizontes maduros y a la respuesta inmunitaria encadenada. También puede depender del grado de inmunidad previa desarrollado por la persona infectada.⁸

La enfermedad inicia con un cuadro prodrómico (sintomatología que precede a la enfermedad) caracterizado por malestar general, dolor muscular, dolor de espalda, dolor de cabeza, náusea, vómito y febrículas. Después, se presenta la fase aguda de la enfermedad con una serie de ataques febriles de inicio súbito con escalofríos, seguido de sensación de calor intenso, que coincide con el inicio del aumento de la

temperatura, que puede alcanzar 40°C o más. El cuadro termina con un periodo de sudación profuso, cuando la fiebre cede con rapidez. Entre los ataques febriles, el paciente se encuentra postrado, pero suele sentirse aliviado. En forma típica, este cuadro clínico se presenta en días alternos, en infecciones por *P. vivax*, *P. ovale* y *P. falciparum*, y cada 72 horas en el caso de *P. malariae*. Sin embargo, en etapas avanzadas ocurre desarrollo asíncrono de esquizontes, la fiebre suele presentarse todos los días y de manera irregular. Además de la sintomatología referida, es frecuente encontrar anemia y crecimiento del bazo.

Los cuadros agudos se presentan sobre todo en los casos primarios, esto es, en personas que padecen la enfermedad por primera vez. En el caso de brotes en áreas de transmisión inestable, estos cuadros clínicos se presentan por igual en niños y adultos. En los niños, la fiebre es por lo general continua y los síntomas generales más graves. En personas que ya han padecido la enfermedad, la sintomatología es menos pronunciada, pero puede exacerbarse durante el embarazo o por inmunodepresión.

El ataque febril o paroxismo se caracteriza por una secuencia que inicia con escalofríos, seguida de calor o aumento de la temperatura corporal, malestar profundo con dolor de cuerpo, luego sudación y al final apirexia o ausencia de fiebre. Ocurre cada 48 horas cuando la enfermedad es ocasionada por *P. falciparum*, *P. vivax* y *P. ovale* y cada 72 horas cuando el agente etiológico es *P. malariae*.

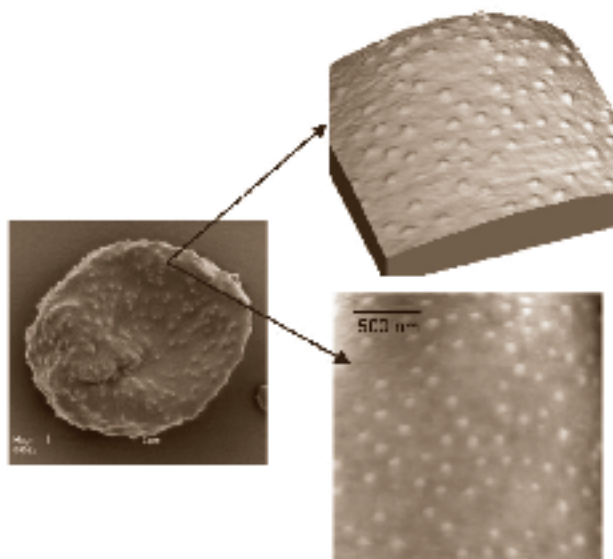
Cuando una proporción elevada de eritrocitos es invadida por *P. falciparum* se desencadenan cambios fisiopatológicos sucesivos como hemólisis por destrucción masiva de eritrocitos, lo cual produce anemia aguda subsecuente y daños a diferentes órganos, como hígado, riñón, pulmón y cerebro. Las infecciones agudas por este parásito pueden evolucionar hacia cuadros graves con fiebre persistente e irregular, dolor de cabeza intenso, vómitos persistentes, taquicardia, ansiedad, delirio o convulsiones. En esta infección pueden aparecer complicaciones como coagulación intravascular diseminada, edema pulmonar, insuficiencia renal y coma.

El daño cerebral se desencadena por la obstrucción de la luz de los capilares sanguíneos por un elevado número de eritrocitos parasitados. Estos eritrocitos parasitados pierden su capacidad para deformarse, se tornan rígidos, lo que limita su tránsito por espacios reducidos en el interior de pequeños capilares, se adhieren con facilidad unos a otros y al endotelio

La cadena fisiopatológica del paludismo incluye hemólisis por destrucción de eritrocitos parasitados, anemia aguda y afectación de hígado, riñón, pulmón y cerebro

La gravedad de la hipertermia es proporcional al número de eritrocitos infectados que circulan en la sangre

Figura 5 Imagen de superficie del eritrocito parasitado con *P. falciparum* con protuberancias o “knobs” en las que se concentran proteínas ricas en histidina



Fuente: Research in conjunction with Melanie Rug, Walter & Eliza Hall Institute, Australia. Disponible en: <http://www.nanonano.net/projects/paludismo/>

capilar a través de pequeñas protuberancias que afloran en la superficie del eritrocito parasitado (figura 5).

Casos secundarios

Después del primer episodio de la enfermedad (caso primario), pueden presentarse otros episodios sintomáticos en una o más ocasiones y se denominan casos secundarios. Estos episodios secundarios pueden ser producto de una reinfección por la picadura de un mosquito infectado, de la reemergencia o recrudescencia de parásitos en la sangre, característica del paludismo por *P. falciparum*, o de recaídas en infecciones por *P. vivax* o *P. ovale*. Las recrudescencias ocurren por la renovación de las cargas parasitarias en sangre, después que estos niveles se habían reducido al mínimo (no detectables por la observación microscópica), después de recibir un tratamiento incompleto o por la resistencia del parásito al medicamento antipalúdico (figura 4: 4). Las recaídas se presentan por la reactivación de formas que permanecen latentes (hipnozoítos) anidadas en las células del hígado (figura 3: 2 y figura 4: 5 y 6).

Eventos clínicos secundarios por paludismo ocurren por reinfecciones naturales, recrudescencia por *P. falciparum* y recaídas por *P. vivax* o *P. ovale*

Las recaídas suelen presentarse después de un mes o hasta un año después de la infección primaria y recurrir por varios años. Así, el análisis de los registros de casos de paludismo en el foco de transmisión en el estado de Chiapas, en México, indica que alrededor de 50% de los casos de paludismo ocurre en personas con episodios de la enfermedad uno o dos años antes. Estos hallazgos sugieren que este grupo de individuos podría ser una fuente importante de parásitos y al menos de forma parcial responsable del mantenimiento de la transmisión de un año al siguiente.⁹

En una cohorte estudiada de casos registrados en el periodo de 1994 a 2005 en el principal foco de transmisión persistente en México, localizado en el estado de Oaxaca, 25.82% de los casos debidos a *P. vivax* fueron atribuidos a recaídas. Uno de los factores en relación con una mayor probabilidad de que un paciente presentara recaídas de paludismo ($RM = 6.40$; $IC95\% 5.13-7.99$) fue el tratamiento convencional con cloroquina (10 mg/kg distribuido en tres días) más primaquina (0.25 mg /kg por día durante cinco días) en comparación con un tratamiento alternativo con dosis múltiple mensual con primaquina (0.75 mg /kg) más cloroquina (10 mg /kg). Este tratamiento se inicia de manera simultánea con la toma de muestra de gota gruesa. Se documentó también que las recaídas ocurren en periodos en que empiezan a abundar los mosquitos vectores y que sirven como vehículo de la infección de una estación de máxima transmisión a la siguiente.¹⁰

Vector

El conocimiento detallado sobre el hábitat larvario y el comportamiento de los adultos permite una selección adecuada

Una cuarta parte de los casos de paludismo por *P. vivax* en México son casos secundarios atribuidos a recaídas y están relacionados con la administración inoportuna del tratamiento y con baja dosis de primaquina

El conocimiento del hábitat larvario y el comportamiento de los mosquitos hembras adultos es fundamental en la decisión para reducir fuentes de producción de mosquitos y seleccionar métodos de control eficaces

de acciones para reducir fuentes de mosquitos.¹¹ Igual de diversos son los hábitos de picadura y reposo de los mosquitos hembras adultos. La preferencia que tienen los vectores por la sangre humana o de animales, así como la frecuencia con que se alimentan, junto con su esperanza de vida, son factores determinantes para la capacidad que cada especie y población de mosquitos tienen para transmitir *Plasmodium*. Los vectores que tienen preferencia por la sangre humana y mayor esperanza de vida, pueden mantener valores elevados de transmisión con niveles bajos de abundancia. Esto implica que los métodos de control deben alcanzar grados de eficacia mayor para lograr el control o la interrupción de la transmisión del parásito.

El periodo del día en que los mosquitos se alimentan también es muy importante, tanto para la eficiencia de los vectores como para la eficacia de las acciones de control. Los vectores más eficaces pican a mitad de la noche, cuando las personas están en sueño profundo, mientras que los vectores que pican al atardecer o al alba tienen mayores posibilidades de ocasionar molestias al hospedero humano y por consiguiente que éste se defienda con mayor eficacia de ellos.¹¹

Es importante también comprender los hábitos de los mosquitos durante el periodo que emplean para digerir la sangre ingerida y la maduración de sus huevos. Algunos mosquitos permanecen en reposo en el interior de las casas, mientras que otros las abandonan una vez que comieron. Este periodo es también importante para el desarrollo de los parásitos en los mosquitos. El tiempo necesario para que el mosquito se vuelva infectivo depende de la temperatura ambiental y de la especie del parásito, lo que en los trópicos toma poco más de una semana. Esto implica que para ser infectivos los mosquitos deben sobrevivir al menos este tiempo y después de este periodo infectarán a una persona con cada picadura.

El efecto del ambiente sobre la transmisión del paludismo se ejerce en dos aspectos de la bionomía del vector: la producción larvaria que determina su abundancia y la sobrevivencia de los adultos. El primero está dado por la presencia y abundancia de colecciones de agua que sirvan de criaderos y el segundo por la temperatura y humedad ambiental. Esto explica la distribución geográfica de las diferentes especies anofelinas, que se han adaptado para ocupar ambientes diversos, pero estos mosquitos no se encuentran en abundancia en climas fríos y la transmisión en estos climas es nula dado que la abundancia de los vectores es baja y no sobreviven el tiempo necesario para que los parásitos se desarrollen, en virtud de las bajas temperaturas. En los trópicos, las condiciones ambientales propicias para que los mosquitos

Cuadro II
Características de los hábitos de alimentación y reposo de los vectores en viviendas de áreas endémicas

Característica	Comportamiento
Antropofilia y zoofilia	Preferencia por la sangre humana o animal. Se investiga analizando la sangre de una muestra de mosquitos que se han alimentado recientemente. La proporción de hembras que se han alimentado con sangre de humano define el “índice sanguíneo humano”. Los mosquitos que prefieren alimentarse de sangre humana son mejores transmisores.
Endofagia y exofagia	Indica la tendencia a alimentarse dentro o fuera de la vivienda.
Endofilia y exofilia	Indica la tendencia de los mosquitos a descansar dentro o fuera de las casas durante todo o parte del periodo de digestión sanguínea y de desarrollo de los huevos.

Fuente: WHO, 2004.

se críen en abundancia, los parásitos se desarrollen y los mosquitos sobrevivan el tiempo necesario para ser infectivos ocurre de manera estacional, de modo que la transmisión empieza durante las lluvias en las áreas de transmisión por *Anopheles albimanus* o durante el estiaje en el caso de áreas de *An. pseudopunctipennis*. Los métodos dirigidos a la reducción de la esperanza de vida en estas poblaciones y la disminución de vectores deben diseñarse para cada poblado de acuerdo con estos hábitos de reposo. El cuadro II describe las características y comportamiento de hábitos de alimentación y reposo de los vectores del paludismo.

Referencias

1. Bruce-Chwat IJ. Essential malariology (2nd Ed.). Londres: William Heinemann Medical Books Ltd. 1985.
2. World Health Organization. Global Paludismo Programme. Epidemics and emergencies. WHO, 2007. Available: <http://www.who.int/paludismo/epidemicsandemergencies.html>.
3. PAHO/WHO. Paludismo Morbidity Trend in the Americas: 2000, 2005, 2010, 2015. Annual Data (No. of Cases). 2006. Available in: <http://www.paho.org/English/AD/DPC/CD/paludismo.htm>
4. Mbogo CN, Kabiru EW, Glass GE, Forster D, Snow RW, Khamala CP, Ouma JH, Githure JI, Marsh K, Beier JC. Vector-related case-control study of severe paludismo in Kilifi District, Kenya. Am J Trop Med Hyg 1999; 60:781-785.
5. Mouchet J. Vectors and environmental factors in paludismo. Transfus Clin Biol. 1999; 6:35-43.
6. Snow RW, Peshu N, Forster D, Bomu G, Mitsanze E, Ngumbao E, Chisengwa R, Schellenberg JR, Hayes RJ, Newbold CI, Marsh K. Environmental and entomological risk factors for the development of clinical paludismo among children on the Kenyan coast. Trans R Soc Trop Med Hyg 1998; 92:381.
7. Adiamah JH, Koram KA, Thomson MC, Lindsay SW, Todd J, Greenwood BM. Entomological risk factors for severe paludismo in a peri-urban area of The Gambia. Ann Trop Med Parasitol 1993; 87:491-500.
8. Lopez-Antuñano F and Schmunis GA. Plasmodia of Humans. Parasitic Protozoo. 1993; 5:1135-266.
9. Chen N, Auliff A, Rieckmann K, Gatton M, Chen Q. Relapses of *Plasmodium vivax* Infection Result from Clonal Hypnozoites Activated at Predetermined Intervals. The Journal of Infectious Diseases 2007; 195:934-941.
10. Rodríguez MH, Loyola EG, Betanzos AF, Villarreal C, Bown DN. Control focal. Tratamiento focal usando quimioprofilaxis y rociado intradomiciliario con insecticida para el control del paludismo en el sur de México. Gac Med Mex 1994;130: 313-319.
11. Nájera JA, Zaim M. Criterios para guiar la toma de decisiones y procedimientos para el uso sensato de insecticidas. Document WHO/CDS/WHOPES/2002.5, World Health Organization. Geneva, Switzerland. 2002.

Vigilancia del paludismo

Ángel F. Betanzos,
Mario H. Rodríguez,
Rogelio Danis Lozano,
Carlos F. Concha

Las estrategias principales de control del paludismo deben basarse en acciones que mantengan la incidencia de la enfermedad en valores mínimos y prevengan brotes epidémicos. Las acciones de prevención y control deben diseñarse para contrarrestar los factores que condicionan el riesgo de transmisión en las comunidades de las áreas palúdicas. Las acciones de prevención y control no pueden ser uniformes para todas las áreas con transmisión ya que los factores condicionantes son muy variables de acuerdo con las condiciones geográficas, climáticas y estacionales de estas áreas. De manera adicional, las características sociales, económicas, demográficas y culturales de las comunidades condicionan que el riesgo de contraer la enfermedad sea también variable entre comunidades de la misma área y aun entre las casas de una misma comunidad.

El instrumento principal para el diseño de las acciones de prevención y control comprende el diagnóstico del grado de riesgo para cada comunidad y una vez concluido, éste deberá ser actualizado de manera permanente mediante la vigilancia. Los componentes de la vigilancia de riesgo de paludismo comprenden la búsqueda de casos (epidemiológico) y la presencia y abundancia de los mosquitos vectores (entomológico). Éstos deben ser interpretados dentro de un marco sociodemográfico y del medio ambiente cambiante.

La vigilancia epidemiológica del paludismo se basa en primera instancia en la recolección de datos, como la de-

tección de casos confirmados con recursos parasitoscópicos, así como las defunciones para determinar la frecuencia y distribución de la enfermedad en la población, en tiempo y lugar. Las medidas de prevención y control empleadas en las áreas, entre las que deben incluirse enfermos tratados, viviendas rociadas, viviendas protegidas con mosquiteros, uso de mosquiteros, criaderos de mosquitos tratados para vigilar la cobertura y la eficacia de estas intervenciones.

En relación con el ambiente conviene contar con información sobre las características orográficas del área, lo que permite identificar la dispersión de las localidades, la cercanía de las viviendas a criaderos de mosquitos, clima y la cobertura de las poblaciones con servicios médicos.

En relación con los mosquitos vectores, es muy importante contar con información sobre qué especies están presentes en el área, distribución geográfica, competencia vectorial, capacidad vectorial y sobrevivencia, grado de resistencia o susceptibilidad a los insecticidas, hábitats larvarios y sitios preferenciales de reposo. La integración de esta investigación con los tipos de vivienda existentes en las comunidades y la accesibilidad a la entrada de los mosquitos a la vivienda, medidas de protección personal y familiar utilizadas en los hábitos de comportamiento y alimentación de los mosquitos locales, permiten conocer el grado de exposición de las poblaciones humanas en las comunidades al contacto con los vectores y su riesgo de contraer paludismo.

El desarrollo efectivo de la vigilancia epidemiológica comprende la recolección continua y sistémica de datos, su análisis e interpretación para usarlos en la planeación, orientación de las estrategias de intervención y evaluación de los resultados de las acciones incluidas en las intervenciones. Además, la vigilancia epidemiológica es una herramienta para medir la situación de salud en la población.¹ Ésta constituye un instrumento de vital importancia para identificar, medir y analizar los problemas y condicionantes de la salud que afectan a las poblaciones y, sobre esa base, tomar decisiones orientadas a promover la salud, prevenir las enfermedades o, de igual manera, controlar los problemas que ya se hayan presentado.

Los objetivos de la vigilancia epidemiológica son:

- a) Explicar la dinámica del proceso salud-enfermedad en las poblaciones que viven en el espacio geográfico a cargo del equipo de salud (región, área de salud, sector de salud)
- b) Mantener actualizado el conocimiento sobre el comportamiento de las enfermedades y eventos nocivos para la salud
- c) Estudiar los brotes epidémicos, antes, durante y después de su ocurrencia
- d) Facilitar la acción rápida e informada frente a los cambios de la situación epidemiológica de las poblaciones y posibilitar la predicción de cambios
- e) Establecer la susceptibilidad y el riesgo de las poblaciones ante las enfermedades y eventos nocivos para la salud, para intervenir en forma eficaz ante la presencia de factores de riesgo y enfermedades
- f) Apoyar a la planificación y prestación de los servicios de salud y de los demás servicios destinados a minimizar los factores condicionantes y los determinantes de vida que

influyen en la aparición y ocurrencia de enfermedades y eventos nocivos para la salud y

- g) Evaluar la efectividad de los programas y servicios

Las principales aportaciones de la vigilancia epidemiológica para el programa de control son:

1. Vigilar las tendencias de la incidencia de la enfermedad; por ejemplo, si los casos de enfermos o muertes por paludismo se incrementan o decrecen, y explicar si estas tendencias se deben al arribo de nuevas poblaciones de susceptibles o al desplazamiento de poblaciones.
2. Proporcionar señales tempranas de la ocurrencia de brotes epidémicos y permitir así la implementación oportuna de acciones costo-efectivas para su control inmediato.
3. Vigilar la efectividad de las acciones de intervención de control del paludismo y, si es necesario, la reorientación de las prioridades en las acciones de intervención. Por ejemplo, permite identificar si los enfermos tienen acceso a los servicios de salud o al diagnóstico, y qué tan efectivos son la detección y tratamiento de casos en dos aspectos: a) eficiencia operativa de la red de notificación con búsqueda pasiva y activa de casos, y b) la oportunidad del diagnóstico y el tratamiento.

En México, los principales indicadores epidemiológicos del paludismo son:

Índice anual de exámenes de sangre (IASSES): es una medida de la intensidad de la vigilancia epidemiológica que puede ser pasiva (muestras de sangre tomadas a personas que acuden en busca de diagnóstico) o activa (muestras de sangre que el personal de salud toma en busca de casos de paludismo). Es la proporción de los exámenes de sangre practicados durante un año respecto a toda la población vigilada por el servicio de búsqueda de casos. Por lo tanto, este valor indica el número de observaciones practicadas y no el de personas examinadas, que puede ser menor, pues algunas de ellas se examinan más de una vez al año. Este índice no expresa tampoco la proporción de casos de fiebre, pues comprende las láminas de casos no febriles recogidas para los exámenes hemáticos en masa y las investigaciones epidemiológicas.

La vigilancia epidemiológica es la recolección continua y sistémica de datos, el análisis e interpretación de información para la planeación y definición de estrategias de prevención y control, así como el desarrollo de un conocimiento dinámico de los resultados en las intervenciones aplicadas

Incidencia parasitaria anual (IPA): es el número de casos de paludismo confirmados al microscopio registrados en un año entre mil personas sometidas a vigilancia. La utilidad epidemiológica de este índice depende ante todo de la existencia de un servicio adecuado de búsqueda de casos en la población de que se trate.

Índice de láminas positivas (IPL): porcentaje de láminas con parásitos, calculado por lo general para un periodo determinado de actividades de búsqueda de casos.

Aunque estos índices se emplean para conocer los niveles y cobertura de la vigilancia epidemiológica del paludismo, son de poca utilidad para planear las acciones de los programas de control si no se emplean para la vigilancia del riesgo de paludismo en el contexto local y temporal de las poblaciones atendidas.

La información con datos precisos que describen características en tiempo, lugar y personas de enfermos confirmados por paludismo y datos sobre los aspectos sociodemográficos de las áreas endémicas permite ordenar, analizar y disponer del conocimiento base para tomar decisiones en el orden e intensidad de las intervenciones para resolver este problema. Este proceso de recolección, análisis y toma de decisiones es una gestión proactiva (responsable, resolutive, oportuna, anticipada y creativa), dinámica (aprendizaje y actualización continua del modelo de transmisión) y verificable (representativo, preciso y con calidad). En el proceso de gestión se deben considerar dos parámetros principales de información:

1. Reconocimiento del modelo de transmisión y sus variaciones locales (ciclo biológico de *Plasmodium*, bionomía del vector, distribución de las poblaciones humana y ambiente)
2. Magnitud e intensidad de transmisión en cada una de las localidades del área
3. Situación de los recursos disponibles (materiales, humanos, financieros, información y conocimientos)

Notificación

La notificación es un proceso primordial de la vigilancia que brinda información sobre la frecuencia y distribución de casos de paludismo en tiempo, lugar y persona. Un

Los índices epidemiológicos son de poca utilidad para planear las acciones de los programas de control si no se emplean para el monitoreo del riesgo de paludismo en el contexto local y temporal de las poblaciones expuestas

proceso de notificación eficiente se logra con una adecuada disponibilidad, accesibilidad y oportunidad para el registro y toma de muestra de gota gruesa a personas febriles. Este proceso se complementa con la oportuna canalización de muestras al laboratorio más cercano del programa y con la respuesta oportuna al caso confirmado.

La notificación comprende dos mecanismos de búsqueda: pasiva y activa. En la primera, participan los enfermos, colaboradores voluntarios residentes, maestros rurales o comunitarios y unidades de salud rural endémicas, en coordinación con el personal técnico del programa. La activa la realiza el personal técnico con visita casa por casa en búsqueda de febriles sospechosos para la toma de gota gruesa y registro de datos de la persona en un formato de notificación oficial. Durante la misma búsqueda activa, el personal técnico visita los puestos o casas de colaboradores voluntarios, escuelas y unidades rurales para recolectar muestras de gota gruesa tomadas, restituir el material agotado y verificar la calidad de la toma de gota gruesa y registro de información clara y completa.

La muestra de gota gruesa y frotis deben cumplir con criterios básicos para la toma de calidad y su adecuada observación por el personal adiestrado del laboratorio regional del programa. Esto es, la gota gruesa debe presentar los elementos de sangre distribuidos de manera uniforme y permitir no sólo calcular el número de parásitos, sino también hacer un diagnóstico rápido y eficaz de la especie de parásito. El procedimiento de toma de gota gruesa incluye los siguientes pasos:

1. El registro de datos del paciente en formato de notificación:
 - a) Nombre completo
 - b) Edad
 - c) Sexo
 - d) Domicilio o ubicación de la casa o número de registro de la vivienda

- e) Nombre del padre o tutor
 - f) Nombre de la localidad de residencia con inclusión de municipio, distrito, estado o departamento
 - g) Fechas: inicio de la fiebre y toma de la muestra
 - h) Tratamiento administrado: cantidad y tipo de tabletas (dosis presuntiva o dosis única)
 - i) Nombre de la persona que toma la muestra
 - j) Nombre de la localidad donde se ubica el puesto de notificación o lugar de la toma de la muestra (localidad, barrio, municipio, distrito, estado o departamento).
2. Limpieza de portaobjetos.
 3. Limpieza aséptica del dedo índice de la mano izquierda del paciente.
 4. Punción con lanceta estéril.
 5. Eliminación de la primera gota de sangre y recolección de la segunda gota mayor de sangre sobre el portaobjetos (gota gruesa).
 6. Recolección de la tercera gota de menor tamaño para el frotis a 5 cm por debajo de la primera.
 7. Secado de la lámina o muestra.
 8. Registro seriado sobre el frotis y envoltura.
 9. Llenado claro y completo del formato de notificación con los datos del donante de la muestra.
 10. Asegurar el envío inmediato de la muestra al laboratorio del programa más cercano para su observación y diagnóstico.

Diagnóstico de paludismo

La posibilidad de paludismo debe sospecharse en toda persona con fiebre que habita en áreas potencialmente palúdicas, sobre todo durante periodos de transmisión elevada. Asimismo, la posibilidad de una recaída debe sospecharse en pacientes que ya han sufrido la enfermedad. En áreas no endémicas, el paludismo debe formar parte del diagnóstico diferencial en pacientes febriles que hayan visitado áreas palúdicas en el periodo previo de un año o que hayan recibido una transfusión sanguínea reciente. El método más sencillo de diagnóstico, disponible en los puestos de notificación en áreas palúdicas, es la observación microscópica de una muestra en gota gruesa y extendida que se tiñe con colorante de Giemsa.^{2,3} Otras técnicas para detección de

parásitos en sangre basadas en la identificación de ADN requieren equipo y entrenamiento complejo.

A través de los años, se ha propuesto una variedad importante de pruebas serológicas para la detección de paludismo, como pruebas de hemoaglutinación indirecta (IHA),^{4,5} pruebas de inmunofluorescencia⁶ y pruebas de inmunodifusión.⁶ También se han desarrollado pruebas inmunoradiométricas⁷ y pruebas basadas en técnicas enzimáticas inmunoabsorbentes (ELISA).⁷⁻⁹ Estos métodos no pueden reemplazar la identificación directa del parásito en el diagnóstico de la enfermedad; no obstante, son útiles en estudios epidemiológicos y para la detección de donadores de sangre con posible infección.

Existen también pruebas rápidas basadas en tiras reactivas que contienen anticuerpos antiparásito que al contacto con una gota de sangre del paciente reaccionan con producción de bandas de color. Estas pruebas de inmunocromatografía rápida utilizan anticuerpos mono o policlonales para detectar antígenos de parásitos en la sangre. Esta alternativa para la detección de casos tiene ventajas sobre la prueba habitual de gota gruesa en la oportunidad, acceso para la detección y facilidad en su manejo para el proceso de diagnóstico en campo. En el mercado se encuentran disponibles dos pruebas rápidas de inmunocromatografía: Optimal Assay y método de ParaSight F o ICT.¹⁰ La prueba Optimal utiliza anticuerpos monoclonales específicos de especie adheridos a una tira reactiva (tipo *dipstick*), en contra o capturando las diferencias antigénicas de deshidrogenasa de lactato (D-LDH) entre especies de *Plasmodium vivax* y *falciparum*. Esta prueba detecta al parásito vivo, ya que el metabolismo intracelular de éste determina la producción de la enzima y el resultado de la prueba. La ventaja de esta prueba es que puede usarse para vigilar el efecto de los medicamentos antipalúdicos y así evaluar su eficacia y detectar cualquier posible resistencia de los parásitos a los medicamentos administrados (*Plasmodium* resistente a fármacos).¹¹⁻¹⁴ El procedimiento de la prueba dura 15 minutos con tres pasos en su proceso. Los ensayos experimentales más recientes comunican una sensibilidad de 97.7 y 97.0% con densidades parasitarias por arriba de 100 parásitos por microlitro de sangre y una especificidad del 100% para *P. vivax* y *P. falciparum*, respectivamente.¹⁴ En México se han informado concentraciones de sensibilidad

de 93.3% y especificidad de 99.5% y correlación significativa con la densidad parasitaria,¹⁵ resultados consistentes con los de otras áreas endémicas.^{11,14,16,17}

Tratamiento

La cloroquina, una 4-aminoquinolina (7-cloro-4-(4-dietilamino-1'-metilbutilamino)quinolina) actúa con celeridad sobre las fases sanguíneas asexuales y gametocitos de *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* y sólo en gametocitos inmaduros de *P. falciparum*. La cloroquina ha sido el medicamento de elección para el tratamiento de *Plasmodium*, incluidas varias regiones afectadas por *P. falciparum*. La cloroquina es un medicamento económico de simple administración y bien tolerado por la mayoría de los pacientes infectados. Los parásitos susceptibles a la cloroquina responden con rapidez y son eliminados de la circulación sanguínea en 48 a 72 horas o a más tardar dentro de los primeros siete días después del inicio del tratamiento.

Descubrimiento de la quinina

Los indios sudamericanos usaron la corteza del árbol de quina (cinchona, *Cinchona ledgeriana*) como un remedio tradicional para las fiebres palúdicas mucho antes de que hubiera un tratamiento disponible en Europa. En 1639, los misioneros jesuitas llevaron la corteza a Europa, en donde se convirtió en el tratamiento para las fiebres. Sin embargo, no fue sino hasta 1820 cuando los químicos franceses Pelletier y Caventou aislaron la quinina, principio activo de la corteza, la cual de inmediato se utilizó en todo el mundo.

La primaquina, una 8-aminoquinolina (6-metoxi-8-(4-amino-1-metilbutilamino)quinoleína) que desde 1950 ha sido el fármaco de elección para el tratamiento de las formas hepáticas de *P. vivax*, es de bajo costo, por lo general bien tolerada por personas bajo tratamiento.¹⁵ Actúa sobre esquizontes intrahepáticos, gametocitos (*P. falciparum*) y también puede afectar las fases asexuales.¹⁶ Este medicamento se distribuye en forma satisfactoria en el tejido hepático del hospedero, sin importar su vía de administración; la vida media de eliminación es de 6 a 7 horas. En hígado se concentra 10 veces más que en el plasma. La primaquina interfiere con el proceso respiratorio del parásito.¹⁶

El diagnóstico temprano y tratamiento precoz son claves en la reducción de la morbilidad y mortalidad por paludismo

La cloroquina (4-aminoquinolina) actúa sobre fases sanguíneas asexuales y gametocitos de *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* y sólo en gametocitos inmaduros de *P. falciparum*

La primaquina no debe administrarse a embarazadas y personas deficientes en la enzima deshidrogenasa de glucosa-6-fosfato (G-6-PD) debido a daño tisular y hemólisis. La presencia de hemólisis relacionada con deficiencia de G-6-PD informada en México varía en una frecuencia de 2 a 7%, en particular en zonas costeras y con patrones raciales de origen africano.¹⁷ Las estadísticas del programa de control de vectores no han documentado evidencia clínica de anemia hemolítica en relación con la deficiencia de G-6-PD con la administración de primaquina¹⁸ con el nuevo esquema de dosis múltiple iniciado desde el año 2000 en todo el territorio nacional.

Los esquemas de tratamiento de las infecciones con *P. vivax* valorados en estudios realizados después de la Segunda Guerra Mundial sustentaron la eficacia del tratamiento de tres días con cloroquina (25 mg/ kg distribuidos en tres días de la siguiente forma: 10, 10 y 5 mg/kg de peso) seguidos de primaquina durante 14 días (0.25 mg/kg/día); para ello, se tomaron como modelo las infecciones causadas por la cepa santa Elizabeth de clima templado y la cepa Chesson de *P. vivax* de clima tropical. Este es el esquema que recomienda la Organización Mundial de la Salud desde mediados del siglo pasado.¹⁹

La resistencia al tratamiento antipalúdico se ha definido como la capacidad de una cepa de parásitos de sobrevivir o multiplicarse a pesar de la administración y absorción de

La primaquina (8-aminoquinolina) actúa sobre esquizontes intrahepáticos o fase exoeritrocítica y gametocitos de *P. falciparum*

un fármaco dado en dosis iguales o más altas a las recomendadas, dentro de los límites de tolerancia del individuo.¹⁵ En América se ha informado resistencia a la cloroquina; ésta se mide en tres niveles:

Resistencia tipo I: bajo nivel de resistencia a la cloroquina, las parasitemias se eliminan por sangre o bajan a concentraciones no detectables, pero la infección regresa en un plazo de 1 a 4 semanas;

Resistencia tipo II: cuando las parasitemias disminuyen de manera drástica, pero no desaparecen al día 7 y pueden elevarse después;

Resistencia tipo III: las infecciones no muestran respuesta parasitológica ni clínica a la cloroquina.

En América Central, la eficacia de la primaquina contra recaídas en diferentes cepas de *P. vivax* fue probada en monos y humanos voluntarios, al demostrarse que la sensibilidad al fármaco varía en las distintas cepas de *P. vivax*. La baja sensibilidad o resistencia de los parásitos a la primaquina se manifiesta por la ocurrencia de recaídas en los individuos después de una infección²⁰ primaria. En los últimos 25 años se ha documentado eficacia menor de la primaquina para prevenir las recaídas de *P. vivax* en Asia^{21,22} y América Central y del Sur.²³⁻²⁶ Estos estudios motivaron recomendaciones para el incremento en la dosis de primaquina a 6 mg/kg, con lo cual se logró reducir las tasas de recaídas.^{27,28} En Tailandia, la administración de 15 mg por 14 días produjo 17.5% de recaídas, pero al incrementar la dosis a 22.5 mg con el mismo esquema las recaídas se redujeron a 2.4%.²¹

Aunque no se cuenta con estudios que determinen el apego al tratamiento de 14 días de primaquina, el incumplimiento del esquema completo es frecuente debido a que luego de tomar dos a tres días de tratamiento con cloroquina los pacientes sienten notable mejoría, lo que relativiza el convencimiento inicial de efectuar el tratamiento con primaquina, que además les provoca malestares gástricos.

Ello dio lugar a un debate sobre esquemas de tratamiento más cortos y favorables para ayudar a su cumplimiento y dio lugar a la propuesta de administrar terapias de cinco días de primaquina en sustitución de las de 14 días.²⁹

Los informes de la eficacia del tratamiento con primaquina para prevenir recaídas son contradictorios. En la India, un comunicado de 1954 indicó que no se producían recaídas con el tratamiento de 15 mg/5 días,³⁰ pero en 1960 se publicó que este tratamiento se asoció a una frecuencia de 5.75% de recaídas³¹ y más tarde se informó que la frecuencia de recaídas fue de 60% con este esquema de tratamiento, lo que no hace más que demostrar que la frecuencia de las recaídas puede variar en tiempo y área geográfica.³² Ante esta variabilidad y la documentación de que el esquema de 15 mg por día durante 5 días era ineficiente para prevenir las recaídas, en la actualidad el tratamiento recomendado para las infecciones con *P. vivax* en ese país es de 25 mg por día durante 5 días.³³

En El Salvador, en el decenio de 1970 se informó que el tratamiento de 15 mg por 5 días se relacionó con 21.6% de recaídas, mientras que el esquema de 15 mg por 14 días se asoció con 10.2% de recaídas. Estas notificaciones demuestran que el esquema de cinco días carece de efecto preventivo sobre las recaídas de *P. vivax*.³⁴⁻³⁸ Por otra parte, existe evidencia de que el tratamiento con 15 mg durante 5 días de primaquina mostró eficacia similar a la de la administración de una dosis única de 45 mg. Estos estudios y otros ensayos clínicos han demostrado que la dosis total administrada de primaquina es el factor determinante en su capacidad de prevenir recaídas (3.5 mg/kg de dosis total) y no la duración del tratamiento.³⁹

Paludismo endémico

La presencia constante de los componentes de la transmisión del paludismo (fuente de parásitos, renovación constante de una población humana susceptible, población suficiente de mosquitos vectores, ambiente que mantiene niveles vectoriales a concentraciones adecuadas y condiciones socioeconómicas que propician el contacto humano-vector y la disponibilidad de fuentes parasitarias) en un área geográfica determinada mantiene la presencia constante de enfermos palúdicos en una proporción de la población y se denomina paludismo endémico; es propia de lugares tropi-

La dosis total administrada de primaquina es el factor determinante en su capacidad de prevenir recaídas (3.5 mg /kg de dosis total) y no la duración del tratamiento

cales o cálidos de África, América y el sudeste asiático. Estas condiciones pueden presentar variaciones estacionales, pero a pesar de las fluctuaciones en la transmisión, el paludismo se mantiene durante años. Existen variaciones en este patrón de transmisión, según las condiciones que determinan fluctuaciones en el número de casos incidentes.

La endemia del paludismo puede dimensionarse en dos escenarios:

- a) *El paludismo estable* se caracteriza por una incidencia constante de casos que apenas varía en la temporada de transmisión o de una época a otra, excepto en el caso de cambios extremos en las condiciones que influyan en la transmisión. En las zonas de paludismo estable no suelen presentarse brotes epidémicos ya que el contacto permanente de la población con los parásitos produce por lo general un alto grado de inmunidad. Esta situación suele estar relacionada con la presencia de vectores de antropofilia pronunciada y gran longevidad, como ocurre en el África subsahariana, donde los vectores pertenecen al complejo *An. gambiae*, que prefieren alimentarse de humanos.
- b) *El paludismo inestable* se caracteriza por una incidencia de casos muy variable, no sólo durante la época de transmisión sino de un año a otro. En las áreas de paludismo inestable la población humana tiene un contacto irregular con los parásitos, por lo que suele tener inmunidad muy baja y los brotes epidémicos son frecuentes. Esta situación suele ir unida a la presencia de vectores que tienen baja antropofilia y longevidad, como ocurre en la mayoría de las áreas de transmisión de América Latina, donde los mosquitos vectores se alimentan de humanos de manera secundaria y sólo son lo suficientemente abundantes de manera estacional. Estas características tienen como resultado que el número de mosquitos infectados capaces de transmitir el paludismo sea demasiado bajo. Con ello, para que una persona residente en estas áreas reciba un piquete infectivo es necesario que la población de estos anofelinos sea abundante, lo cual ocurre sólo en forma estacional y de acuerdo con la cantidad y la disponibilidad del tipo de criaderos larvarios favorecidos por cada especie.

Endemia: número habitual de pacientes de una determinada enfermedad, en un determinado lugar y periodo de tiempo

Brotes epidémicos

El aumento o aparición de casos por arriba de lo esperado en una región y en un momento determinado define un brote epidémico de paludismo.⁴⁰ Éste se define como el aumento de casos de paludismo en una zona donde la enfermedad es poco frecuente o en zonas con alta endemidad que presentan un incremento fuera de lo normal.¹⁵ Los brotes epidémicos ocurren en un tiempo y en una región determinada, cuando se presenta un desequilibrio de los factores (introducción de parásitos, aumento inusitado de vectores debido a condiciones climáticas o disminución de las actividades de control) que determinan el comportamiento histórico de la enfermedad.⁴¹

Los brotes epidémicos deben diferenciarse de los incrementos estacionales en relación con las condiciones del clima y ecología propicias para la abundancia de los mosquitos vectores

Los brotes epidémicos de paludismo presentan características peculiares debidos a las causas que los generan y en su estudio deben identificarse los grupos de edad más afectados, su gravedad y las consecuencias socioeconómicas en las áreas afectadas. Las regiones palúdicas presentan diferentes riesgos, de acuerdo con cada región y la variación en la capacidad de respuesta de los programas de control.⁴¹ La predicción de brotes epidémicos es posible si se dispone de sistemas de información en tiempo real de la ocurrencia de casos, áreas geográficas y población en riesgo y se incluyen datos suficientes de epidemias pasadas y cuantificación de datos de una manera fácil y sencilla (cuadros I y II).

Los brotes epidémicos se presentan cuando existe un desequilibrio de los factores que determinan el grado de transmisión de los parásitos de la enfermedad en un momento y región determinada

Cuadro I
Factores relacionados con brotes epidémicos de paludismo

Factor	Causas
Entrada de personas con baja inmunidad a una zona de alta transmisión	• Colonización de regiones selváticas • Producción agrícola • Desplazamiento de población por conflictos armados • Albergues de refugiados • Invasión de la selva para la explotación minera
Fenómenos climatológicos	• Lluvias prolongadas en zonas desérticas • Huracán “Paulina” (Costa de Oaxaca en México, 1998) • Huracán “Stan” (Costa de Chiapas en México, 2005) • Inundaciones por desbordamientos de ríos (Fenómeno “El Niño”) • Incremento de la temperatura (calentamiento global)
Cambios microambientales	• Construcción de presas • Proyectos agrícolas de desarrollo
Salud y nutrición	• Bajo estado nutricional de la población • Enfermedades sinérgicas prevalentes (tuberculosis y VIH/SIDA)
Capacidad vectorial en área hipomesoendémicas	• Incremento abrupto de la abundancia del vector por lluvias abundantes inusuales • Mayor supervivencia del vector por incremento de la temperatura y humedad prolongada • Ciclos esporogónicos por veranos prolongados • Desplazamiento de vectores locales poco eficientes por vectores con mayor capacidad vectorial, como también la invasión de vectores en áreas donde no existían • Organización y respuesta deficiente de las acciones de control del vector • Resistencia de los parásitos a los antipalúdicos

Referencias

1. Greenwood B. impact of culture and environmental changes on epidemiology and control of malaria and babesiosis. The micro epidemiology of malaria and its importance to malaria control. Trans R Soc Trop Med Hyg 1989; 83:25-29.

2. López-Antuñano FJ, Schuminis G. Diagnóstico de Paludismo. Organización Panamericana de la Salud. Publicación Científica. 1988; 512: 39-50.

3. Baker RH, Jr. DNA probe diagnosis of parasitic infections. Exp Parasitol 1990; 70:494-499.

4. Kagan IG. Paludismo: seroepidemiology and serologic diagnosis. Exp Parasitol. 1972; 31:126-135.

5. Meawissen JH. The indirect Haemagglutination test for paludismo and its application to epidemiological surveillance. Bull World Health Org 1974; 50:277-286.

6. MacGregor IA, Williams K, Voller A, Billewicz WZ. Immuno-fluorescence and the measurement of immune response to hyperendemic paludismo. Trans R Soc Trop Med Hyg 1965; 59:395-414.

7. Mackey L, MacGregor IA, Lambert PH. Diagnosis of *Plasmodium falciparum* infection using a solid-phase radioimmunoassay for the detection of paludismo antigens. Bull World Health Org 1980; 58:439-444.

8. Del Giudice G, Douglas A, Verhave JP, Wirtz RA, Zavala F. Comparative analysis of ELISA’s employing repetitive peptides to detect antibodies to *Plasmodium falciparum* sporozoites. Bull World Health Org 1989; 67:515-523.

9. González-Cerón L, Rodríguez MH. An enzyme-linked immunosorbent assay using detergent-soluble *Plasmodium vivax* antigen for seroepidemiological survey. Trans R Soc Trop Med Hyg 1991; 85:358-361.

Cuadro II
Ejemplos de sistemas de información

Sistema	Método	Resultado
Sistema de información geográfica	WHO/ÁFRICA	Determina la población en riesgo basado en la incidencia según datos históricos
	Calcula por país. Multiplica la población total por la proporción de la población en riesgo	
	MARA/ÁFRICA	
Sistema de vigilancia del vector	Mapas de riesgo basados en cuenta de datos meteorológicos (época de lluvias, estaciones climáticas y temperatura)	Mapas de riesgo de paludismo en África. Limitaciones en la previsión meteorológica a mediano-largo plazo
	OPS/GEF México (SIG/INSP). Sistema basado en datos históricos de casos, incidencia y la construcción del Índice de Intensidad de Transmisión del Paludismo por cuadrante geográfico	Determinación de riesgos de núcleos poblacionales y clasificación de localidades por nivel de transmisión
	Medición de la abundancia y longevidad del vector	Detección del riesgo de infección y prevención del contacto hombre-vector
Sistema de registro histórico de casos	Registro de casos por localidad de los últimos cinco años y su clasificación por percentiles para establecer estratos por nivel de transmisión	Clasificación de localidades por nivel de transmisión y priorización para su atención
Sistema basado en encuestas rápidas	Implementar un tamizaje rápido de casos en una muestra representativa de la comunidad	La OMS recomienda utilizar pruebas rápidas en menores de cinco años en zonas hiperendémicas

10. Beadle C, Long GW, Weiss WR, McElroy PD, Maret SM, Oloo AJ, Hoffman SL. Diagnosis of paludismo by detection of *Plasmodium falciparum* HRP-2 antigen with a rapid dipstick antigen-capture assay. *Lancet* 1994; 343:564-568.
11. Palmer CJ, Lindo JF, Klaska WI, Quesada JA, Kaminsky R, Baum MK, Ager AL. Evaluation of the OptiMal test for rapid diagnosis of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* paludismo. *J Clin Microbiol* 1998; 36:203-206.
12. Palmer CJ, Valedium L, Lindo JF, Campa A, Validum C, Makler M, Cuadrado RR, Ager A. Field evaluation of the Optimal rapid paludismo diagnostic test during anti-paludismo therapy in Guyana. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1999; 5:517-518.
13. Hunt-Cooke A, Chiodini PL, Doherty T, Moody AH, Ries J, Pinder M, 1999. Comparison of parasite lactate dehydrogenase-based immunochromatographic antigen detection assay (Optimal) with microscopy for the detection of paludismo parasites in human blood samples. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 1999; 60:173-176.
14. Iqbal J, Sher A, Hira PR and Al-Owaish R. Comparison of Optimal Test with PCR for diagnosis of Paludismo in immigrants. *Journal of Clinical Microbiology* 1999; 3711: 3644-3646.
15. González-Cerón L, Rodríguez López MH, Betanzos-Reyes AF, Abadía-Aguilar A. Eficacia de una prueba rápida para el diagnóstico de *Plasmodium vivax* en pacientes sintomáticos de Chiapas, México. *Salud Publica Mex* 2005;47:282-287.
16. Quintana M, Piper R, Bowling H-R, Makler M, Sherman C, Gill E, Fernandez E, Martin S. Paludismo diagnosis by dipstick assay in a Honduran population with co endemic *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax*. *Am J Trop Med Hyg* 1998; 59: 868-871.

17. Tjitra E, Duprianoy S, Dyer M, Currie BJ, Anstey NM, 1999. Field Evaluation of the ICT Paludismo Pf/Pv Inmunochromatographic Test for Detection of *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* in Patients with a Presumptive Clinical Diagnosis of Paludismo in Eastern Indonesia. *Journal of Clinical Microbiology* 1999;37:2412-2417.
18. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. Dirección de Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. (2000). Secretaría de Salud en México. Sistema de Información de Vectores.
19. Organización Mundial de la Salud. Comité de expertos de la OMS en paludismo. Serie de Informes Técnicos 1979. 17.640.
20. Collins WE, Jeffery GM. Primaquine resistance in *Plasmodium vivax*. *Am J Trop Med Hyg* 1996;55:243-249.
21. Bunnag D, Karbwang J, Thanavibul A, Chittamas S, Ratanapongse Y, Chalermrut K, Bangchang KN, Harinasuta T. High dose of primaquine in primaquine resistant *vivax* paludismo. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1994; 88:218-219.
22. Krotosky WA, Collins WE, Bray RS, Garnham PC, Cogswell FB, Gwadz RW, Killick KT, Wolf R, Sinden R, Koontz LC, and Stanfill PS. Demonstration of hypnozoites in sporozoite-transmitted *Plasmodium vivax* infection. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 1982; 31:1291-1293.
23. Arias AE, Corredor A. Low response of Colombian strains of *Plasmodium vivax* to classical antipaludismo therapy. *Trop. Med. Parasitol* 1989; 40: 21-23.
24. Barret JP, Behrens RH. Prophylaxis Failure Against *vivax* Paludismo in Guyana, South America. *J. Travel. Med* 1996; 3:60-61.
25. Gascon J, Gomez-Arce JE, Menendez C, Valls ME, Corochan M. Poor response to primaquine in two cases of *Plasmodium vivax* paludismo from Guatemala. *Trop Geogr Med* 1994; 46:32-33.
26. Phillips EJ, Keystone JS, Kain KC. Failure of combined chloroquine and high-dose primaquine therapy for *Plasmodium vivax* paludismo acquired in Guyana, South America *Clin Infect Dis* 1996; 23:1171-1173.
27. Luzzi GA, Warrel DA, Barnes AJ, Dunbar EM. Treatment of primaquine-resistant *Plasmodium vivax* paludismo. *Lancet* 1992; 340:310.
28. Kitchener SJ, Seidi U. Relapsing *vivax* paludismo. *Med. J. Aust.* 2002; 176:502.
29. Pérez HA. El Paludismo por *Plasmodium vivax* y los desafíos de tratamiento adecuado y oportuno. *Boletín de Malaria y Salud Ambiental* 2004; 54:1-8.
30. Shute PG, Lupascu G, Branzei P, Maryon M, Constanescu PL, Bruce-Chwatt, *et al.* A strain of *Plasmodium vivax* characterized by predominately prolonged incubation. The effect of number of sporozoites on the length of the pre-patent period. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1946; 70:474-481
31. Basavaraj HR. Observations on the treatment of 678 paludismo cases with primaquine in an area free from malaria transmission in Mysore State, India. *Indian J Malariol* 1960; 14:269-281.
32. Adak T, Sharma VP, Orlov VS. Studies on the *Plasmodium vivax* relapse pattern in Delhi, India. *Am. J. Trop. Med. Hyg*, 1998; 59:175-179.
33. Rajgor DD, Gogtay NJ, Kadam VS, Kamtekar KD, Dalvi SS, Chogle AR, Aigal U, Bichile LS, Kain KC, Kshirsagar NA. Efficacy of a 14-day primaquine regimen in preventing relapses in patients with *Plasmodium vivax* paludismo in Mumbai, India. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2003; 97:438-440.
34. Rowland M, Durrani N. Randomized controlled trials of 5 and 14 days primaquine therapy against relapses of *vivax* paludismo in an Afghani refugee settlement in Pakistan. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1999; 93:641-643.
35. Dua VK, Sharma VP. *Plasmodium vivax* relapses after 5 days of primaquine treatment, in some industrial complexes of India. *Ann. Trop. Med. Parasitol* 2001; 95:655-659.
36. Yadad RS, Ghosh SK. Radical curative efficacy of five-day regimen of primaquine for treatment of *Plasmodium vivax* paludismo in India. *J Parasitol* 2002; 88:1042-1044.
37. Villalobos-Salcedo JM, Tada MS, Kimura E, Menezes MJ and Pereira da Silva LH. *In vivo* sensitive of *Plasmodium vivax* isolates from Rondonia (western Amazon region, Brazil) to regimens including chloroquine and primaquine. *Ann Trop Med Parasitol* 2000; 94:749-758.
38. Cedillos RA, Warren M, Jeffery GM. Field evaluation of primaquine in the control of *Plasmodium vivax*. *Am J Trop Med Hyg*. 1978; 27:466-472.
39. Schmidt LH. Compatibility of relapse patterns of *Plasmodium cynomolgi* infections in rhesus monkeys with continuous cyclical development and hypnozoite concepts of relapse. *Am J Trop Med Hyg* 1986; 35:1077-1099.
40. MacDonald G. Epidemiologic models in studies of vector-borne diseases. *Public Health Rep.* 1961; 76: 753-764.
41. Najera JA. Prevention and control of paludismo epidemics. *Parasitologia.* 1999; 41:339-347.

Estrategia de intervención

Ángel F. Betanzos,
Mario H. Rodríguez,
Rogelio Danis Lozano,
Carlos F. Concha

La Estrategia Mundial de la Lucha contra el Paludismo, adoptada por la Conferencia Ministerial en 2005, comprende los siguientes elementos técnicos:

- Diagnóstico temprano y tratamiento oportuno de los casos.
- Planificación y ejecución de medidas preventivas selectivas y sostenibles, incluida la lucha antivectorial.
- Detección de epidemias en la fase inicial y su contención o prevención.
- Fortalecimiento de las capacidades locales en investigación aplicada y básica para permitir y promover la evaluación regular de la situación del paludismo en un país y, en particular, los factores determinantes ecológicos, sociales y económicos de la enfermedad.

Esta estrategia recomienda la atención en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad basada en la obligación de los servicios sanitarios de prestar asistencia al enfermo, con lo cual se puede prevenir la mortalidad y reducir la morbilidad.

Según estos lineamientos, la estrategia de los programas de control debe incluir acciones elementales para vigilar, prevenir y controlar de manera integral la transmisión del paludismo. Estas acciones se sustentan en el conocimiento

empírico y la evidencia documentada sobre la dinámica de transmisión o la historia natural del paludismo en cada región (ambiente, vector, parásito y poblaciones humanas en riesgo) y el desarrollo de la participación organizada de las sociedades y población expuesta (social y comunidad). Las estrategias deben estar encaminadas a reducir los riesgos en la transmisión y mantener un reconocimiento permanente del alcance de las intervenciones dirigidas a interrumpir las posibilidades de la transmisión, de acuerdo con la magnitud del problema (situación de brote, transmisión endémica estable o inestable).

La selección de las intervenciones a aplicarse en cualquier área debe basarse en las características ecológicas y la epidemiología de cada área. La selección de éstas determina la eficacia de las intervenciones potenciales. Además, debe tomarse en cuenta la situación sociopolítica y económica, las cuales pueden determinar que las intervenciones se apliquen correctamente y los resultados logrados puedan mantenerse.¹

Las preguntas inmediatas para la definición de la estrategia para cada región son: ¿cómo debe funcionar el programa en cada región (vigilancia, prevención y control)?, ¿qué acción debe privilegiarse para cada área? La importancia y función desarrollada por cada una de las actividades estarán definidas por el tipo de transmisión que existe en cada área,

pero estas actividades deberán estar coordinadas y siempre en continua interacción e interdependencia.

Los elementos complementarios para una adecuada estrategia de control, comprenden: a) la capacidad del programa (técnica y organización) para una eficiente y efectiva aplicación de las acciones de intervención, b) la disponibilidad de recursos (humanos y financieros), c) el diseño e implementación del plan de operación (accesibilidad geográfica, transporte y aceptación social) y d) preservación de la cultura laboral organizada y en armonía con las actividades del programa. Estas funciones y capacidades del programa aumentan su potencial de intervención si se llevan a cabo mediante el desarrollo organizado de la participación de la sociedad y comunidad afectada. En este proceso es fundamental construir una adecuada comunicación con la comunidad y compartir responsabilidades y resultados (comunidad-programa). La experiencia en México y Centroamérica es un ejemplo de acciones integrales de control del paludismo, que incluyen la participación organizada de la comunidad, autoridades municipales y sectores facilitadores (escuelas rurales, grupos organizados de la sociedad) en prevención del riesgo para la reducción de la transmisión familiar y comunitaria. Sin embargo, las actividades sustantivas deben basarse siempre en información sobre la dinámica de transmisión del paludismo.

Los siguientes elementos pueden ayudar a la mejoría continua y control de calidad de las acciones de la estrategia de vigilancia, prevención y control del programa.²

- Tiempo-oportunidad de las actividades
- Confiabilidad en los datos generados
- Precisión o exactitud en las mediciones
- Representatividad de las estimaciones o indicadores de la situación (entomología-epidemiológica-proceso) y
- Retroalimentación continua del proceso, que incluya análisis de la información y transmisión corporativa de los resultados (aprendizaje organizado)

Información

La información sobre la dinámica de la transmisión ayuda a explicar el comportamiento biológico, físico, social, y la variación en tiempo, lugar y espacio de sus componentes:

- Vector (tipo, bionomía, abundancia y distribución)
- Parásito (especie de *Plasmodium*, susceptibilidad al tratamiento, oportunidad y cumplimiento en los tratamientos)
- Ambiente (clima, altura, precipitación pluvial, criaderos, modificación natural y artificial)
- Hospederos (densidad poblacional, exposición al contacto con el vector, movimientos internos, inmigración, conocimiento de actitudes y prácticas preventivas).

Este conocimiento de la dinámica de transmisión local ayuda a responder las siguientes preguntas básicas:

1. ¿Con qué intensidad ocurre la transmisión: alta o baja?
2. La transmisión ¿es todo el año o es estacional?
3. ¿Se presentan brotes epidémicos en situaciones particulares? Como, por ejemplo, después de huracanes, por debilitamiento de las acciones de vigilancia y control preventivo o por movimientos de poblaciones o desplazados.

Para responder estas preguntas y reconocer comportamientos de la dinámica de transmisión, es necesario contar con datos epidemiológicos. Sin embargo, en muchas ocasiones no es posible disponer de ellos y en estos casos se recomienda levantar encuestas rápidas para conocer la prevalencia y distribución de los parásitos en la población problema (a través de gota gruesa o prueba rápida) y síntomas clínicos (fiebre actual y reciente).^{3,4} Con esta información se puede estimar la proporción de casos en pacientes sintomáticos (con fiebre) y asintomáticos y la proporción de sujetos febriles sin paludismo. En esta fase de vigilancia es útil también investigar el origen de los casos de paludismo diagnosticados y clasificarlos como autóctonos, importados, introducidos, recidivantes o inducidos.

- a) Caso importado es el enfermo con paludismo cuya fuente de transmisión está fuera de la zona en que se hace el diagnóstico. El uso de esta expresión presupone que el origen de la infección se puede situar con certeza en otra zona palúdica conocida.
- b) Caso autóctono es el caso de infección palúdica en un enfermo en la zona de su residencia, es decir que la fuente de infección probablemente no ocurrió fuera de su entorno habitual.

- c) Caso inducido es el que puede atribuirse a una transfusión de sangre o a otra de inoculación parenteral y que no corresponde al paludismo transmitido por los mosquitos. La inoculación puede ser accidental.
- d) En la terminología de control del paludismo se da el nombre de caso introducido a los casos secundarios directos que constituyen el primer eslabón comprobable de la transmisión local consecutiva a un caso conocido.

Estratificación epidemiológica

La integración de datos ordenados para caracterizar la transmisión por región, por localidad y familia, la carga de transmisión con base en estos datos y la incidencia de la enfermedad permiten construir una estratificación epidemiológica adecuada del paludismo, así como describir la ocurrencia de casos por localidad expresados en un mapa o un croquis de localidad, al que se le agregan las fuentes potenciales de criaderos del vector.

La estratificación comprende la caracterización eco-epidemiológica de zonas endémicas para guiar la selección de intervenciones eficaces. Es un proceso concebido para reducir, simplificar y conocer más a fondo la heterogeneidad del complejo problema del paludismo y facilitar la formulación de soluciones. Esta caracterización debe comenzar con un análisis de toda la información disponible, que de ser posible ha de incluir la historia de las intervenciones aplicadas para la prevención y control del paludismo del área, seguido del reconocimiento de los principales tipos eco-epidemiológicos presentes en el área para una selección de intervenciones factibles.

Los datos necesarios para construir una estratificación por localidad son:

- Población censada - Relación de casos nominales únicos y casos secundarios (recaídas o reinfecciones)
- Número de casos por año (actual y retrospectivo hasta 10 años).

Con estos datos se puede construir un esquema por cada localidad de incidencia de casos acumulados por cada 1 000 o 100 000 habitantes: el número de casos registrados durante el año (reciente y anteriores disponibles) dividido entre

La estratificación epidemiológica del paludismo es la caracterización eco-epidemiológica de zonas endémicas para formular (selección y priorización) intervenciones eficaces

la población censada multiplicado por la constante 1 000 o 100 000. Esto indica la magnitud o incidencia acumulada de casos ocurridos en el año referido. Este valor se puede calcular de cada año del que se disponga de datos (casos y población) y resumir en un promedio la incidencia durante los años estimados, a la que se le suma cada incidencia o tasa acumulada (Índice Parasitario Anual) y promediada o se divide entre el número de años calculado. Por ejemplo, si se tiene una localidad con 2 000 habitantes que en el año 2006 registró un total de 80 casos, en el 2005, 105 casos, y en el 2004, 300 casos y que mantiene la misma población, entonces se calcula la incidencia por año; esto es, para el 2006: $80/2000 \times 1\,000 = 40$; 2005: $105/2000 \times 1\,000 = 52.5$, y 2004: $300/2000 \times 1\,000 = 150$ casos por 1 000 habitantes. Para obtener un resumen de estos tres años, se suman $40 + 52.5 + 150 = 242.5$ y se divide entre 3, lo que da una incidencia promedio de 80.83 casos por 1 000 habitantes durante el periodo de 2004 a 2006.

Asimismo, la cantidad de casos que repitieron o presentaron eventos secundarios puede estimarse en un porcentaje o proporción al sumar el número de casos repetidos entre el total de casos y multiplicarlo por 100.

Otro indicador adicional que puede utilizarse para la estratificación es la persistencia de transmisión en las comunidades, lo que constituye una estimación de la capacidad del ecosistema (población humana, mosquitos y ambiente) para mantener la transmisión. Esta persistencia puede estimarse por periodos (por ejemplo, en los últimos 10 años) en los que se han registrado casos de paludismo de manera continua.

En el cuadro I se presentan los criterios utilizados en México para la estratificación epidemiológica del paludismo en comunidades.

A partir de esta clasificación de localidades se puede iniciar el proceso de priorización de localidades para implementar las intervenciones y el ajuste necesario de acuerdo con los recursos disponibles (humanos, materiales,

Cuadro I
Esquema simplificado para clasificar o estratificar localidades por nivel de transmisión

Criterio	Estrato II (alto)	Estrato III (mediano)	Estrato (bajo)
Índice Parasitario Anual por 1 000 habitantes en el último año	Más de 20 (3 puntos)	Entre 10 y 20 (2 puntos)	Menor de 10 (1 punto)
Índice Parasitario Anual promedio (por mil habitantes) en los tres últimos años	Más de 20 (3 puntos)	Entre 10 y 20 (2 puntos)	Menor de 10 (1 punto)
Porcentaje de casos secundarios (“repetidores”)	Mayor de 10% (3 puntos)	5 a 9% (2 puntos)	Menor de 5% (1 punto)
Casos de paludismo en los 10 años previos	7 a 10 años (3 puntos)	3 a 6 años (2 puntos)	1 a 2 años (1 punto)
Casos en los últimos tres años	3 años (3 puntos)	2 años (2 puntos)	1 año (1 punto)
Número total de casos en el periodo (años con datos disponibles)	25 y más casos (3 puntos)	15 a 24 casos (2 puntos)	Menor de 15 casos (1 punto)
Suma y clasificación	13–18	7-12	1-6

Fuente: Secretaría de Salud (2004). Evaluación de los Proyectos Demostrativos. Secretaría de Salud (ED). Guía para la Implementación y Demostración de Alternativas Sostenibles de Control Integrado del Paludismo en México y América Central: 88-111. SSA. México, D.F.

financieros e información). Para ello se recomiendan cinco principios básicos:

- Maximizar el uso de la información existente internacional, nacional, local y de nivel comunitario.
- Levantar encuestas rápidas si la información existente es inadecuada o inaccesible.
- Dentro de lo posible, implementar intervenciones vigentes y efectivas consistentes con las políticas públicas nacionales.
- Incorporación de experiencias y expertos locales para la selección de las alternativas de control.
- Involucrar a la población afectada en las propuestas y la toma de decisión y operación de intervenciones compartidas.

Gestión

La gestión exitosa en el control del paludismo en cada área en particular tiene fundamento en las fuentes de datos (evidencia del problema) y la formulación de estrategias con base en el análisis de las necesidades, prioridades y el proceso de organización de la operación. La planeación de la fase de intervención, cuyo resultado depende de una adecuada gestión (evidencia de la situación problema y formulación del plan de control) se debe complementar con la valoración de toda la infraestructura instalada en cada una de las comunidades endémicas (unidades de salud, casas de salud, puestos de notificación voluntarios), aceptabilidad y acceso para su atención, disponibilidad de laboratorios en el área con acceso oportuno al diagnóstico, evaluación del

nivel de organización de la comunidad, facilidades para la comunicación en su lengua local y la capacidad instalada de la red de operación establecida del programa de control. La siguiente fase es la valoración de la intervención por medio de indicadores que describan resultados útiles para analizar y retroalimentar la intervención.

Operación

La respuesta de los programas resulta de la operación de sus estrategias basadas en un plan director o plan operativo. Este plan operativo debe adaptar los objetivos generales de la estrategia del programa de control en el día a día de sus técnicos y demás personal involucrado en las acciones de vigilancia, prevención y control del paludismo. La utilidad fundamental de preparar un plan de operaciones es mantener un seguimiento exhaustivo del mismo con el propósito de evitar desviaciones en los objetivos programados y facilitar la integración de mecanismos de control de calidad de sus acciones.

El proceso ordenado de un plan de operaciones inicia con la priorización del universo para su atención (estratificación epidemiológica), basado en objetivos de la estrategia de control y definición de acciones de intervención. Luego, la asignación de responsables y funciones a desarrollar, acompañado de las herramientas necesarias para lograr desarrollar adecuadamente sus actividades (guías de procedimientos, equipos, materiales, insumos y uniformes). Cada actividad y sus tareas se describen en un orden cronológico (temporalidad) y también por su lugar de aplicación (espacial).

Los recursos en costos e insumos necesarios se describen con base en las actividades y tareas que serán desarrolladas en un periodo determinado (anual, semestral o mensual).

Para fortalecer la calidad del proceso de la operación en campo, se deben incluir acciones de supervisión, asesoría en servicio y mejoría continua de la capacidad técnica que incluya al personal voluntario y grupos organizados de las comunidades.

Ya que el contexto que engloba este plan operativo es una organización o programa, entonces se debe conceptualizar el significado y la relevancia de una organización: “es la coordinación planificada de las actividades de un grupo de personas para producir el logro de un objetivo o propósito explícito o común a través de la división del

El proceso ordenado de un plan de operaciones inicia con la priorización del universo de trabajo (estratificación epidemiológica), basado en objetivos de la estrategia de control y la definición de acciones de intervención

trabajo y funciones, de una jerarquía y responsabilidad”.⁵ Todos los elementos mencionados para construir un plan operativo quedan cubiertos en esta definición. Sin embargo, un elemento adicional importante es el trabajo de grupo, que implica aspectos relevantes del equipo organizado y con motivación laboral. Este último aspecto es un elemento sobre el comportamiento organizacional que permite canalizar el esfuerzo, la energía y la conducta en general del trabajador, lo que le permite sentirse mejor respecto a lo que hace y permite estimularlo para que trabaje por el logro de los objetivos que interesan a la organización.⁶

Evaluación

Cualquier intervención para la vigilancia y prevención del paludismo debe establecer objetivos precisos en relación con la contribución que se espera obtener para lograr la meta general de controlar la enfermedad. El monitoreo y la evaluación son componentes esenciales para la gestión eficiente y eficaz de cualquier programa de control del paludismo. Se inicia con la conceptualización y adopción de objetivos claros, realistas y cuantificables para la construcción de un sistema apropiado de información.

El monitoreo debe ser una práctica continua, encaminada a medir la calidad de las actividades llevadas a cabo y su progreso en relación con un plan cronológico programado. Para ello es conveniente identificar los posibles obstáculos y los aspectos operativos cuya vigilancia permita el reconocimiento oportuno de los componentes del programa que puedan necesitar modificación.

La evaluación es el análisis periódico del progreso hacia el logro de los objetivos (mediante la medición de indicadores de efecto) y las metas del programa (mediante la medición de indicadores de resultado). Los indicadores pueden medirse con regularidad (*R*) y en forma selectiva para finalidades particulares (*S*) o para detectar tendencias (*T*) (cuadros II y III).

La evaluación es el análisis periódico o continuo del progreso hacia el logro de los objetivos (mediante la medición de indicadores de efecto) y las metas del programa (mediante la medición de indicadores de resultado)

La información de indicadores sobre la efectividad del programa de control se debe analizar cada semana.⁹ Las siguientes preguntas pueden servir de guía para la formulación de estos indicadores, pero éstas deben adaptarse

a las características y actividades particulares de cada programa local:

- ¿Cuál es la proporción cubierta del área endémica atendida en cada jurisdicción?
- De las actividades programadas, ¿cuántas casas fueron visitadas y trabajadas y dónde?
- ¿Cuántos pacientes febriles fueron atendidos? y de éstos, ¿cuántos fueron tratados de manera presuntiva con antipalúdicos? (sin diagnóstico confirmatorio de laboratorio)
- ¿En dónde se están atendiendo estos pacientes?

Cuadro II

Indicadores de proceso (operativos) e impacto (entomológicos) de intervenciones antivectoriales. (Adaptado de la OMS, 1979; Najera y Zaim, 2002)^{7,8}

Método	Indicador de proceso	Indicador de efecto
Rociamiento de interiores con insecticida de acción residual	• Dosificación (R) • Cobertura (R) • Momento oportuno (R) • Persistencia (R, T) • Estado del equipo (R) • Recursos utilizados (R) • Costos (R)	• Reposo diurno en el interior (R) • Tasa de picadura en el humano (T) • Índice de ingesta de sangre humana (T) • Tasa de reproducción (T) • Tasa de esporozoítos (S) • Sensibilidad al insecticida (R) • Abundancia de mosquitos adultos (T)
Mosquiteros tratados con insecticida	• Dosificación (R) • Cobertura (R) • Uso (R) • Persistencia (R) • Recursos utilizados (R) • Costo (R)	• Ciclo de picadura en relación con los hábitos de la población (S) • Índice de ingesta de sangre humana (T) • Sensibilidad al insecticida (R) • Tasa de picadura en humanos (T) • Tasa de esporozoítos (S) • Abundancia de mosquitos adultos (T)
Aplicación de larvicidas	• Cobertura (R) • Persistencia (R, T) • Recursos utilizados (R) • Costo (R)	• Presencia y abundancia de larvas (R) • Densidad de mosquitos adultos (R) • Sensibilidad al insecticida (R)
Rociamiento espacial	• Cobertura (R) • Zona de influencia (R) • Recursos utilizados (R) • Costo (R)	• Tasa de picadura en humanos (T) • Abundancia de mosquitos adultos (R) • Tasa de reproducción • Sensibilidad al insecticida (R)

Cuadro III

Indicadores de resultado de intervenciones antivectoriales (Adaptado de la OMS, 1995; Najera & Zaim, 2002)^{7,8}

Método	Población beneficiada	Indicador de efecto
Rociamiento de interiores con insecticida de acción residual	- Número de personas en la zona protegida por el rociamiento - Número de personas en las casas rociadas	- Reposo diurno en el interior (R) - Porcentaje de reducción de la incidencia del paludismo (fiebre, paludismo grave, parasitemia) en las zonas o grupos a proteger - Tasa de parásitos en niños e índice esplénico en las zonas endémicas - Porcentaje de reducción de la mortalidad por paludismo
Mosquiteros tratados con insecticida	- Número de personas en la zona protegida con mosquiteros - Número de personas que viven en las casas donde se usan mosquiteros - Número de personas que usan mosquiteros	- Porcentaje de reducción de la incidencia del paludismo (fiebre, paludismo grave, parasitemia) - Porcentaje de reducción de la incidencia del paludismo en grupos destinatarios (por ejemplo, niños menores de cinco años de edad) - Porcentaje de reducción de la mortalidad por paludismo y por todas las causas
Aplicación de larvicidas	Número de personas en la zona operacional	Porcentaje de reducción de la incidencia del paludismo (fiebre, paludismo grave, parasitemia)

- ¿Cuál es la tendencia en la incidencia de casos comparada con las semanas previas y en relación con la misma semana de los años previos?
- ¿Cuál es el tipo y la disponibilidad de medicamentos antipalúdicos en los puestos de notificación en el área?
- ¿Es frecuente la falta de antipalúdicos? Si es así, ¿en cuánto tiempo se abastece?
- ¿Cuál es el tiempo promedio entre la toma de gota gruesa, diagnóstico y tratamiento a casos confirmados en cada uno de los puestos de notificación del área?
- ¿Se dispone de prueba rápida diagnóstica? Si es así, ¿cuánto tiempo tarda?, ¿existen puestos de notificación en los que sería conveniente implementarlas?
- ¿Qué porcentaje de pacientes febriles es analizado con gota gruesa convencional o prueba rápida en la búsqueda y puestos disponibles de notificación?, ¿cuánto tiempo en promedio tardan los resultados?

- ¿Cuál es el desempeño del recurso humano que participa en los puestos de notificación del área?, ¿es necesaria una redistribución para incrementarlo?

La vigilancia epidemiológica de casos incidentes es importante para conocer la magnitud del problema y la calidad del proceso de diagnóstico y tratamiento de los enfermos. En el cuadro IV se presentan algunos indicadores que pueden servir para la vigilancia del problema palúdico en cada área y cuál podría ser la utilidad de cada uno de ellos.

El manejo y disponibilidad de las fuentes de información, su ordenamiento y análisis permite conocer el progreso de la intervención y realizar los ajustes específicos y oportunos de las acciones estratégicas de intervención.

Los datos con los que se construyen los índices deben ser generados con la mejor precisión y representatividad para cada área endémica, los que para su traducción en

indicadores de vigilancia deben ser interpretados de modo que permitan apreciar variaciones en la magnitud del problema palúdico y cómo éste responde a las acciones de intervención. Como ejemplo, en el cuadro V y la figura 1 se muestra el orden de datos que se usaron para construir indicadores sobre las acciones de vigilancia, cobertura del área endémica e intensidad de la transmisión en una de las áreas de transmisión del paludismo en México. A partir de la fuente de datos que genera el sistema de vigilancia, de la construcción de cuadros que permiten apreciar las

variaciones numéricas y de la construcción de gráficos que permiten de una sola mirada estimar las variaciones del problema es posible explorar y explicar el comportamiento de la transmisión del paludismo y la eficiencia de las actividades del programa de control.

El proceso de medición de las variables que generan datos incluye etapas que van de una entidad teórica a una escala conceptual y, a continuación, a una escala operativa. El uso de las variables permite elaborar modelos descriptivos, explicativos y predictivos sobre la dinámica de transmisión

Cuadro IV

Indicadores epidemiológicos del paludismo (WHO, 2005c)¹⁰

Indicador	Cálculo	Interpretación
Mortalidad específica por paludismo	(Número de muertes por paludismo/ población existente por área) por 10 000	Indica la magnitud del problema y sirve para establecer su prioridad en relación con otros problemas de salud en el área
Proporción de mortalidad causada por paludismo	Número de muertes por paludismo / número total de muertes	Contribuye a la evaluación de la magnitud del problema y sirve para establecer su prioridad en relación con otros problemas de salud en el área
Incidencia de paludismo	Número de casos nuevos/ población total por semana en cada área	Este es un indicador indispensable de la vigilancia que sirve para evaluar la tendencia temporal y espacial de la transmisión, así como para dirigir e identificar qué acciones se deben tomar
Tasa de letalidad por paludismo	Número de muertes confirmadas por paludismo /número total de casos confirmados por paludismo por semana en cada área	Este indicador sirve para el manejo de los casos de paludismo
Tasa de letalidad en casos por paludismo grave	Número de muertes confirmadas por paludismo/ número total de casos graves por paludismo	Contribuye a evaluar la efectividad y funcionamiento de la infraestructura instalada y la efectividad del sistema de referencia y manejo hospitalario de casos
Índice de láminas positivas	Razón entre el número de casos de paludismo confirmados y de casos febriles sospechosos	Este indicador puede servir para evaluar la efectividad del sistema instalado para la detección de pacientes con paludismo. El incremento en la incidencia puede ser explicado por un brote epidémico o por un pico estacional.
Proporción de casos febriles causados por paludismo	Número de casos febriles con niveles de parasitemia confirmados/número total de sujetos febriles estudiados	Este indicador puede servir para evaluar la magnitud y distribución de la transmisión del paludismo

Cuadro V

Datos básicos de indicadores de vigilancia del paludismo en Oaxaca, México, 1984-2002

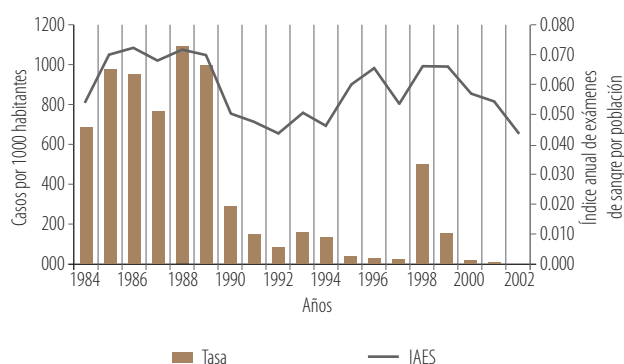
Población	Años	Casos	Muestras de sangre	Localidades	Tasa*	IAES
2565648	1984	17374	138207	1799	6.77	0.054
2587835	1985	25201	181491	1872	9.74	0.070
2609306	1986	24732	188874	2016	9.48	0.072
2630103	1987	19995	178345	1999	7.60	0.068
2650091	1988	28852	190697	2266	10.89	0.072
2669091	1989	26483	186137	2259	9.92	0.070
3137153	1990	9112	158608	1487	2.90	0.051
3186984	1991	4615	151278	1096	1.45	0.047
3235867	1992	2807	140231	796	0.87	0.043
3283529	1993	5222	166228	699	1.59	0.051
3329923	1994	4510	153499	698	1.35	0.046
3366221	1995	1137	200325	459	0.34	0.060
3413443	1996	1051	224531	315	0.31	0.066
3459305	1997	844	184432	279	0.24	0.053
3503378	1998	17520	232814	1022	5.00	0.066
3545614	1999	5463	233950	814	1.54	0.066
3586260	2000	673	205290	309	0.19	0.057
3625331	2001	289	196395	161	0.08	0.054
3662824	2002	264	160578	122	0.07	0.044
3662824		196144	182732 (28865)	1077 (755)	3.70 (4.0)	0.06 (0.01)

Promedio (desviación estándar)

*Tasa por 1 000 habitantes

IAES (índice anual de exámenes de sangre por población)

Figura 1 Índice de muestras examinadas por población e incidencia por año, en el estado de Oaxaca



IAES: índice anual de muestras de sangre examinadas en relación con la población endémica determinada por año

del paludismo. En este gráfico de indicadores de Oaxaca se puede comparar la intensidad de la cobertura de vigilancia (IAES) y la detección de casos. Estos datos también pueden utilizarse para estimar el efecto de las acciones del programa, que se ven reflejadas en descenso del índice de muestras examinadas previo a cada nuevo incremento en la transmisión. En un brote epidémico ocurrido en el año 1998 en este estado, las acciones de control se habían reducido debido a cambios en el gobierno estatal y a una disminución de los recursos asignados al programa, lo que resultó en un debilitamiento de sus acciones; con la entrada del huracán “Paulina” a finales del año 1997, el brote se extendió en el foco persistente de la costa y valles centrales.

En el Anexo A, al final del capítulo, se detallan los componentes del desarrollo del proceso de construcción de la

información, incluidas su definición conceptual objetiva, las variables que la comprenden, las fuentes o instrumentos que brindarán los datos necesarios y la periodicidad recomendada para su medición. Asimismo se ofrecen modelos de fuentes de información para la generación de datos que el Programa de Control de Paludismo en México viene utilizando.

Programa de Control de Paludismo en México

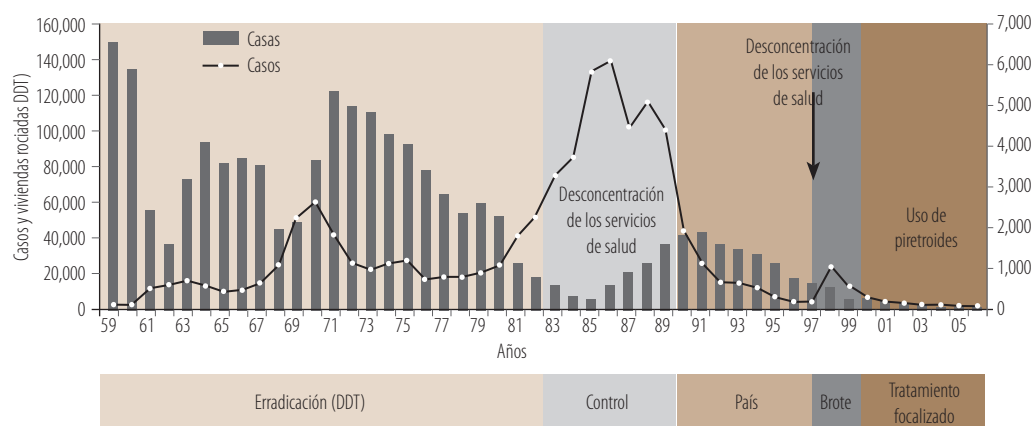
A mediados del siglo pasado el paludismo en México constituyó la quinta causa de muerte en el país. Aunque la incidencia disminuyó de manera espectacular hasta 1970, a partir de entonces ha presentado un patrón de exacerbaciones que han sido controladas de manera variable. Esta historia de exacerbaciones epidemiológicas y respuesta del Programa de Control comprende tres grandes etapas (figura 2). La primera, en la que se utilizaron medidas basadas en los principios de la erradicación con empleo de DDT y que transcurrió de 1956 a 1982. En este periodo, en el que el rociado intradomiciliario con DDT fue la punta de lanza de las actividades de control, se construyó en el país un sistema de vigilancia de casos y tratamiento de pacientes basado en una organización jurisdiccional con el apoyo de promotores voluntarios. Las actividades antipalúdicas fueron muy exitosas; sin embargo, su aplicación masiva in-

curría en altos costos que no pudieron ser mantenidos. Con la disminución del problema palúdico, siguió un periodo de transición entre la etapa de erradicación y una etapa en la que las acciones de control se mantuvieron en las zonas en las que no había sido posible eliminar la transmisión, con base principalmente en la magnitud epidemiológica del problema.

La segunda etapa se inició a partir de 1989 y consistió en la implementación de una estrategia que se denominó Plan de Acciones Intensivas Simultáneas (PAIS), en la que se aplicaban acciones especiales en localidades que producían 80% de los casos, además de las acciones regulares en el resto de las localidades. Las acciones especiales incluyeron tratamiento masivo con cloroquina y primaquina durante cinco días consecutivos y tres a cinco días de fumigaciones simultáneas con insecticidas organofosforados (malation).¹¹ Los casos se redujeron de 116 230 en 1988 a 4 870 en 1997, con persistencia de algunos focos endémicos y aparición de algunos brotes en el periodo 1994-1998.

A partir del año 1999 y mediante observaciones de estudios epidemiológicos de campo, se inició la tercera etapa con un modelo de estratificación epidemiológica con acciones focalizadas dirigidas al reservorio humano y al vector, en áreas con transmisión residual persistente, sin el uso de insecticidas y con la integración del trabajo comunitario a las actividades del Programa.¹²

Figura 2 Casos de paludismo y control del vector con DDT en México, 1959-2006



Fuente: Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores. SSA, 2006.

El diseño de este modelo “focalizado” se sustentó en investigación operativa del Programa de Control, como sucedió con la experiencia del brote de Oaxaca en 1998, y en la información obtenida sobre la transmisión del paludismo focalizado en localidades y más aún sólo en algunas casas de estas localidades, en la posible ocurrencia de una fuente persistente de *P. vivax* en sujetos que mediante recaídas servían de puente entre los periodos de alta transmisión, en el conocimiento de la ecología larvaria y la identificación de criaderos del principal vector en el área, así como en la identificación de riesgos individuales en la población.¹¹⁻¹⁶ Con estos elementos, todos los componentes del modelo fueron orientados para la integración de la participación de la comunidad organizada en acciones diseñadas para limitar la transmisión.

La estrategia principal del modelo focalizado es aplicar las acciones de manera directa en las localidades, casas e individuos que mantienen la transmisión. La estrategia integra acciones de planeación operativa (estratificación de riesgo y priorización de acciones), medidas de intervención orientada al control de portadores del parásito y la eliminación de criaderos y hábitat de los anofelinos con participación comunitaria. Ésta incluye una acción terapéutica contra la ocurrencia de recaídas en paludismo por *P. vivax* mediante la administración de una dosis mensual de la combinación de cloroquina (10 mg/kg) y primaquina (0.75 mg/kg) por tres meses, que se repiten con intervalos de tres meses durante tres años (denominado esquema TDU 3x3x3). Este esquema se aplica a casos incidentes y a casos con registro histórico de uno o más eventos de paludismo en los últimos tres años y a sus convivientes familiares. Además, en las localidades endémicas se aplican acciones de saneamiento antivectorial con base en el control de criaderos del *A. pseudopunctipennis*, el principal vector en el área. Las actividades antivectoriales incluyen la remoción de algas filamentosas que favorecen la cría de larvas del vector en las colecciones de agua que se forman en las márgenes de los ríos durante la estación de secas y el chapeo alrededor de los criaderos y del perímetro de las viviendas. Estas acciones se realizan mediante el trabajo comunitario organizado y se complementan con la promoción y orientación en higiene familiar y mejoramiento de la vivienda (cuadro VI).¹⁷

La aplicación de las medidas de control integrado en uso han logrado reducciones importantes de la incidencia

del paludismo. Sin embargo, a pesar de esta reducción en la incidencia de la enfermedad, aún persisten los mismos focos residuales, donde las condiciones ambientales, la persistencia de los parásitos indetectables durante largos periodos en sujetos asintomáticos, la abundancia estacional del vector y las condiciones socioeconómicas coexisten en una interacción que mantiene la transmisión de la enfermedad a pesar de las nuevas acciones del programa. Estos resultados ejemplifican las dificultades de la erradicación del paludismo en las áreas donde los factores condicionantes constituyen nichos epidemiológicos eficientes para la transmisión. También indican la necesidad de ajustar y mejorar las estrategias para su control (Anexo C)

Modelo de organización y evaluación “PAATI”

Para la planeación y evaluación de los componentes de un programa de control es necesario contar con un sistema que identifique y establezca las interacciones entre los componentes de dicho programa. Las actividades que involucran cada uno de los componentes son múltiples y muy variadas, por lo que puede ser útil contar con un modelo gráfico que permita identificarlas, ordenarlas y visualizarlas de manera sistematizada.

Cuadro VI

Componentes principales del modelo de control “tratamiento focalizado” en México, 2000-2006

- 1) Estratificación epidemiológica y priorización operativa.
- 2) Control del vector a través de la eliminación de hábitats de criaderos de anofelinos con trabajo comunitario organizado.
- 3) Tratamiento con dosis única múltiple para la eliminación del *Plasmodium (P. vivax)* con primaquina (0.75 mg/kg) más cloroquina (10 mg/kg) durante tres meses, seguido por una pausa de tres meses, que se repite cada tres meses a lo largo de tres años, hasta sumar un total de 18 dosis. Administrados a casos con registro de paludismo anterior (tres años), confirmados actuales y convivientes, que inician con la toma de muestra de gota gruesa y se complementa al confirmar la muestra positiva a *P. vivax*.
- 4) Promoción y prevención del contacto con el vector mediante el corte de la vegetación que rodea a las viviendas

Un modelo sencillo y esquemático basado en un diagrama integral de flujo “PAATI” (programa, acciones, actividades, tareas e insumos)¹⁸ puede ser utilizado para el diseño, análisis y evaluación de programas de salud, ya que permite describir los procesos que vinculan los aspectos técnicos de la operación de las acciones de vigilancia e intervención con su contraparte de la organización administrativa. En su construcción se integran tres cualidades principales.

Simplificación estructural. Su construcción identifica los componentes sustanciales del programa para que sean representados en un esquema sencillo y coherente con la realidad operativa del programa. Sigue una progresión de acciones, de las que se identifican las actividades que las componen y de estas últimas las tareas e insumos necesarios para su ejecución. En este caso, las acciones corresponden a las intervenciones que cumplen los objetivos de cada una de las estrategias del programa. Las actividades son los trabajos concretos que debe realizar el personal de salud según sus funciones. Las tareas representan cada una de las unidades individuales de trabajo que constituyen la división más pequeña de una actividad y los insumos son los recursos necesarios para cumplir con cada una de las tareas.

Validación operativa. Una vez construido el modelo teórico en el que estén identificadas y establecidas las relaciones entre las acciones, actividades, tareas e insumos, es conveniente que el modelo sea validado mediante consulta con el personal técnico operador del programa, y que se rectifique el orden progresivo de aplicación de cada componente desde una escala global hasta el detalle preciso o específico que integran las tareas e insumos necesarios y suficientes para lograr el objetivo o propósito global del programa.

Cálculo sencillo y detallado de insumos y costos. Cuando el modelo ha sido revisado y validado es posible identificar los insumos y construir mediante un esquema sencillo y ordenado las necesidades de recursos. De esta manera es posible cuantificar los materiales y los costos para cada componente del programa. Dadas las limitaciones en recursos financieros, humanos y de estructura que enfrentan los programas de control, el proceso debe ser revisado para ajustar las estrategias a los recursos disponibles. En este punto es en donde la priorización de las actividades debe ajustarse a la situación epidemiológica, lo que requiere

tomar en cuenta el costo-beneficio esperado con cada una de las acciones.

En la figura 3 se muestra un diagrama para explicar los componentes en la construcción estructural de un modelo PAATI y las funciones resultantes (planeación, supervisión, apoyo a la capacidad de respuesta y evaluación), por ejemplo, en un sistema de vigilancia del paludismo, donde se identifican las acciones principales, como 1) búsqueda pasiva con toma de muestra de gota gruesa; 2) búsqueda activa de personas sospechosas con fiebre para toma de muestra de gota gruesa; 3) diagnóstico; 4) tratamiento de enfermos confirmados y 5) estudio epidemiológico de caso. Para cada acción descrita se definen todas las actividades necesarias para lograr el objetivo de cada acción, después de cada actividad se definen las tareas necesarias para cumplir cada una de éstas y de cada tarea se caracterizan los insumos necesarios para cumplirlas (figuras 4 y 5). Este mismo esquema puede ser usado para construir modelos de otras estrategias del programa y para comparar métodos alternativos de vigilancia. La introducción de intervenciones e innovaciones a los programas también pueden evaluarse mediante la comparación de costos y cargas operativas entre el sistema presente y el propuesto.³

Figura 3 Diagrama de flujo del Modelo “PAATI”.

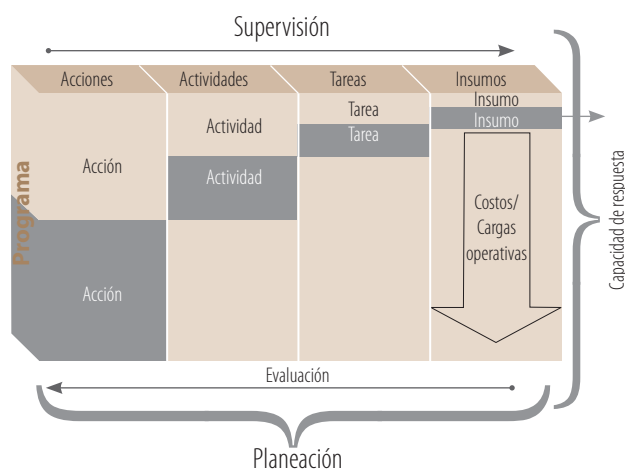


Figura 4 Acciones, actividades, tareas e insumos.

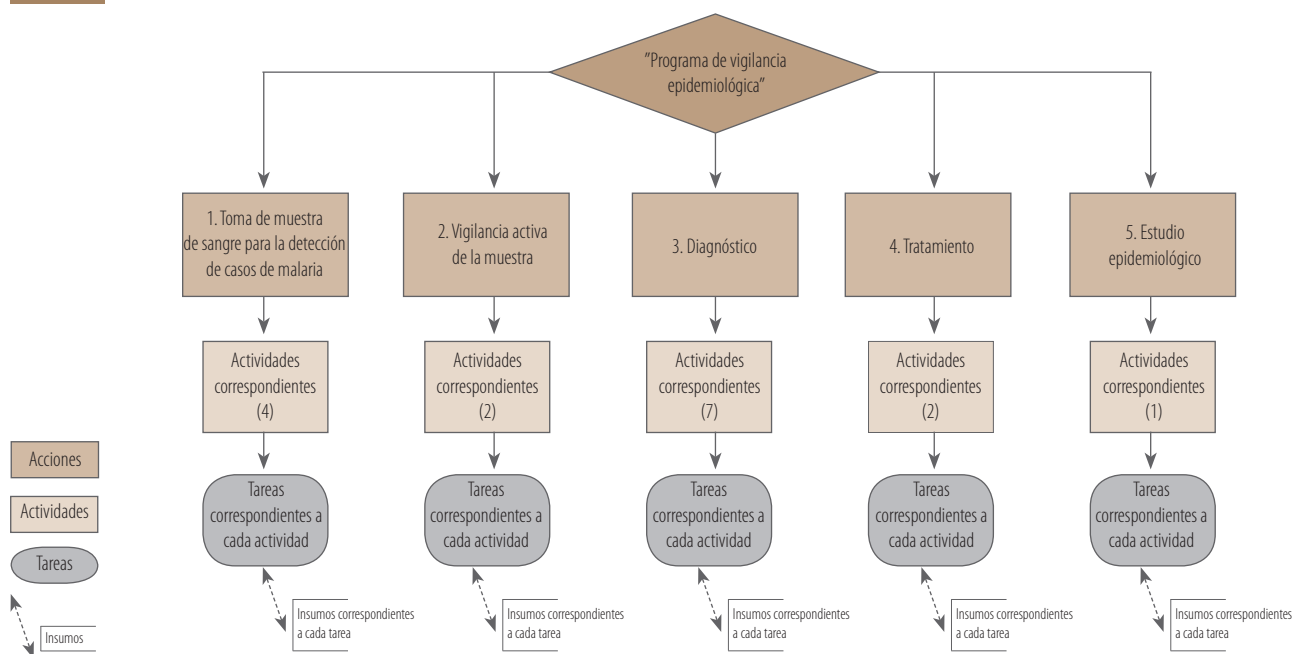
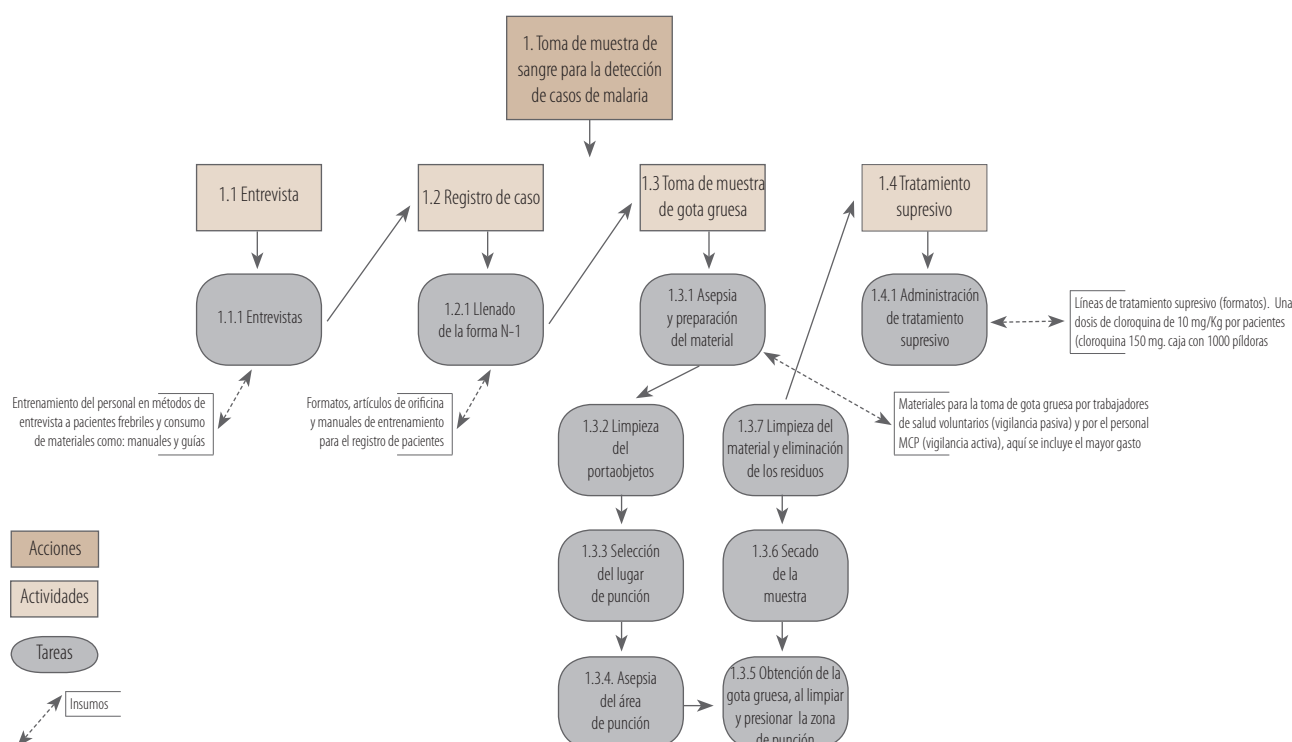
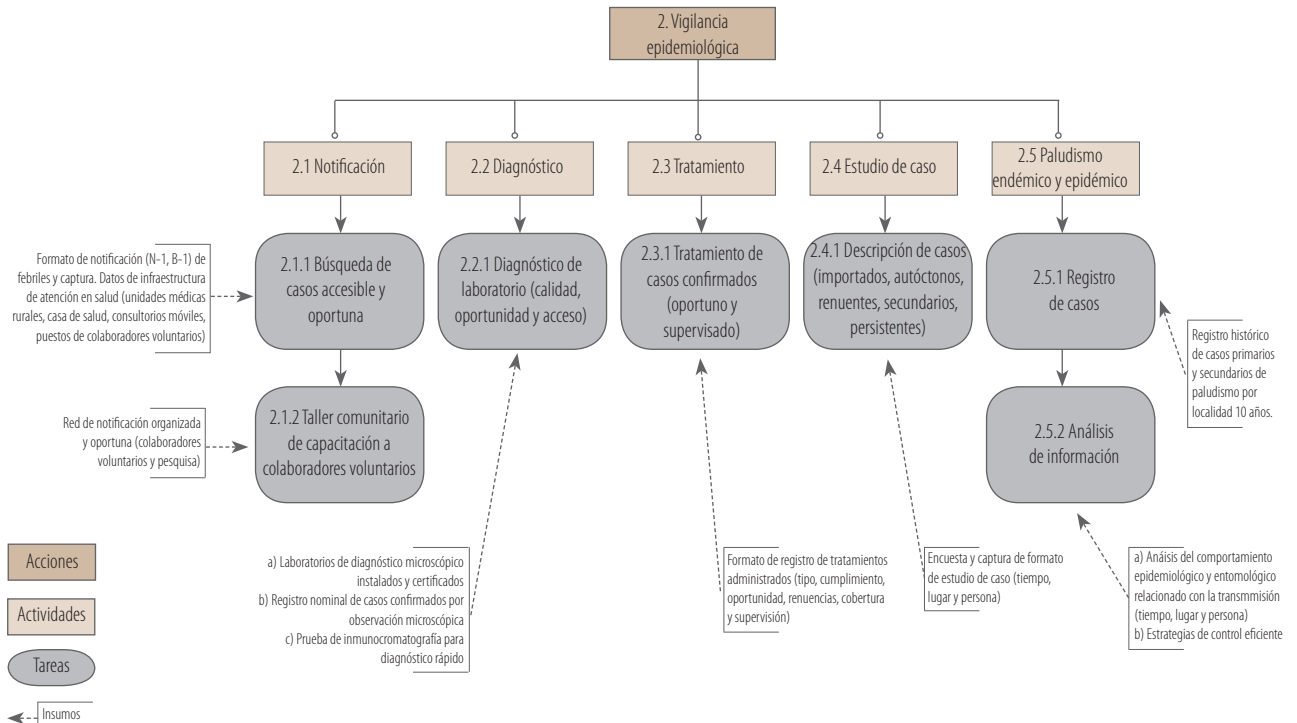
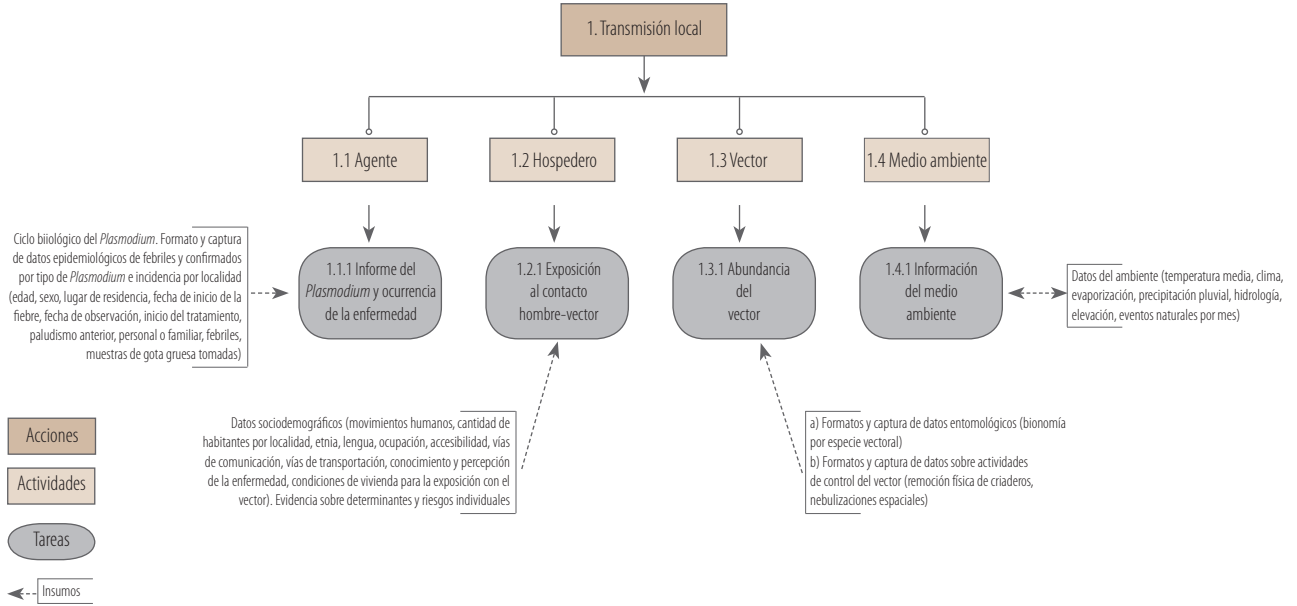


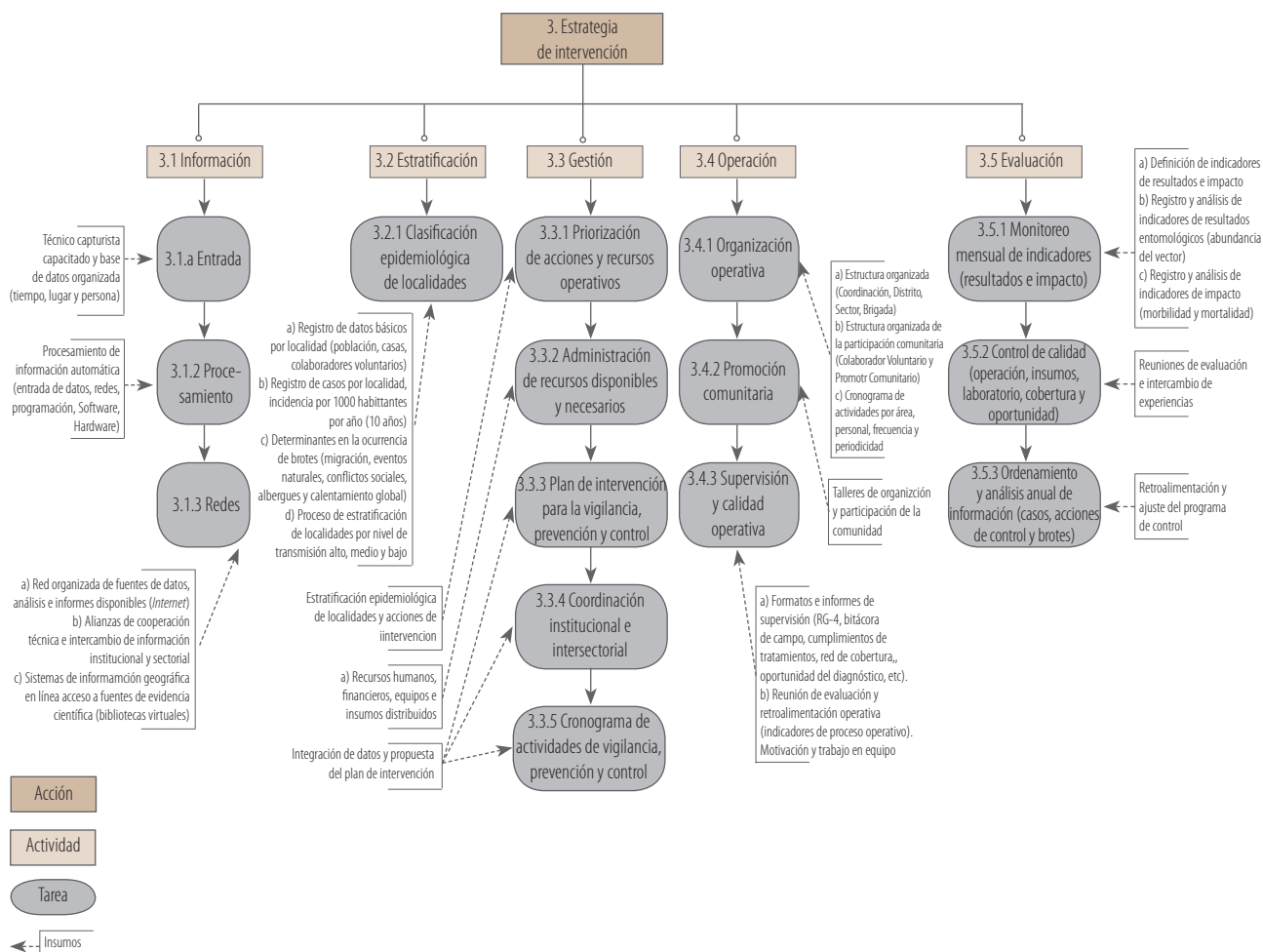
Figura 5 Flujo consecutivo de una acción principal de "toma de muestra de sangre para la detección de casos de paludismo".



ANEXOS

Anexo A Capítulo de epidemiología





Anexo B Procesos de la información para la vigilancia, monitoreo y evaluación del programa de control del paludismo

Concepto	Variable	Fuente	Periodicidad
Vigilancia epidemiológica	Casos de paludismo confirmados por gota gruesa, por : - Especie de <i>Plasmodium</i> causal (<i>P. vivax</i>, <i>P. falciparum</i>, <i>P. ovale</i>, <i>P. malariae</i>) - Edad del paciente - Sexo - Ubicación de la casa (croquis o GPS) - Localidad, - Notificante (colaborador voluntario, personal del programa, unidades de salud y otros). - Categorías de edad: 0-4, 5-9, 9-14, 15-19, 20-59 y 60 y más años de edad.	Formato N-1 Formato B-1 Registro nominal de casos confirmados Registro nominal de casos por localidad Censo poblacional (población expuesta) Posición georreferenciada de vivienda en SIG (latitud y longitud).	Semanal Mensual Mensual
	Casos secundarios por <i>P. vivax</i> por: - Número de casos secundarios por <i>P. vivax</i> - Características de repetidores: intervalo semanal entre la primera infección o primoinfección y el evento secundario, edad del paciente secundario, estación de clima de ocurrencia (lluvia, seca, transición de lluvia a seca y transición de seca a lluvia), número secundario de evento (R1, R2, R3, etc.), tratamiento administrado (tipo de antipalúdicos, dosis, apego, otros medicamentos utilizados).	Calcular proporción (repetidores/total de casos de paludismo por <i>P. vivax</i>) Formato N-1 Formato B-1(búsqueda activa y pasiva) Registro nominal de casos confirmados.	Mensual y anual
	Localidades endémicas: - Casos confirmados por localidad - Índice parasitario por periodo y localidad - Nivel de transmisión		
	Número de láminas de gota gruesa tomadas y observadas por: - Notificación: colaborador voluntario, personal del programa, unidades de salud rural y otros. - Índice de láminas examinadas por periodo de tiempo y lugar. - Índice de láminas positivas - Índice mensual de casos febriles negativos	Registro nominal N-1 Registro nominal de casos por localidad, aldea, municipio, distrito o área de estudio Cálculo: número de casos confirmados por especie por 1 000 habitantes en riesgo por mes, año e histórico (últimos cinco años)	Mensual y anual Mensual y anual
	Tiempo y oportunidad del sistema: días de intervalo entre el inicio de la fiebre y la toma de la muestra, con la observación de la muestra y el inicio del tratamiento curativo a casos confirmados.	Formato N-1 Cálculo Total de muestras examinadas entre el total de población en la comunidad, aldea, región o municipio donde se toma la muestra	Mensual
	Control de calidad de diagnóstico	N-1: (láminas positivas/total de muestras tomadas) x 100 N-1: (Total de muestras negativas / población censada por áreas)	Mensual
	Caracterización y densidad parasitaria	Formatos de notificación (N-1) Formato de tratamiento supervisado (T-1) Verificación mensual de muestras positivas (total) y negativas (10%) en laboratorio de referencia regional o nacional Evaluación técnica del microscopista Conteo diferencial y densidad (asexual y gametocitemia) de muestras positivas por sede	Semanal
	Patrón socioeconómico y demográfico: - Tamaño de localidad o aldea - Número de casas - Distribución por grupos de edad, sexo, estado civil, número de hijos por familia - Factores sociales, económicos y servicios en la comunidad (lengua, producción económica, servicios, escuelas, movilización interna y migración)	Encuesta total o muestra de viviendas Formato RGH-2: Nombre, sexo, edad, escolaridad, número de residentes por vivienda, servicios de abasto de agua, luz eléctrica, eliminación de excretas, eliminación de desechos sólidos y líquidos, ocupación, ingreso per cápita, etnia, ordenamiento e higiene de la vivienda, patios y familia; migración, movimientos internos y vías de comunicación.	Basal y anual
	Percepción de la comunidad: Perfil del programa: a) relación con la comunidad; b) medicina tradicional; c) actividades de control y comunidad; d) condiciones laborales; e) conocimientos técnicos .	Grupos focales con guión de entrevista: a) conocimiento sobre la enfermedad; b) conocimiento del tratamiento; c) la higiene como forma de prevención; d) atención de la enfermedad (medicina tradicional, medicina institucional, privada); e) personal del programa de control; f) necesidades y vinculación con el municipio y el estado; g) perspectiva de género y grupos de edad y h) organización de la comunidad e i) participación comunitaria.	Basal y anual Basal y anual
	Recursos de atención a la salud (unidades médicas, autoridades municipales, líderes locales, medicina tradicional alterna, programas de apoyo social y salud)	Directorio y minuta de reuniones	Mensual
Perfil y programación del núcleo comunitario, aldea o núcleo poblacional			

Concepto	Variable	Fuente	Periodicidad
Ecología comunitaria	Comités locales de salud (establecimientos, capacidades desarrolladas, reuniones programadas y nivel de cooperación con el programa de control)	Informe de reuniones y capacitación	Mensual
	Colaboradores comunitarios y coordinadores comunitarios (selección, capacitación, asesoría y supervisión)	Informes de actividades (capacitados y supervisados)	Mensual
	Retroalimentación y comunicación con modelo dialógico y participativo "proceso donde ambas partes comparten y dialogan a la par (comprometerse a escucharse y transformarse).	Número de reuniones e informes de experiencias compartidas Sala de Situación en Salud para el programa de paludismo local	
	Reconocimiento geográfico y estudio hidroentomológico	Formato "Reconocimiento geográfico de localidad" RG-1 y croquis • Caracterización de cuerpos de agua (ubicación, tipo y ubicación de criaderos del vector y abundancia larvaria) • Geográficos (altitud, latitud, orografía, temperatura y clima)	Basal y mensual
Epidemiología de la transmisión	Determinantes (factores de riesgo) individual y familiar (vivienda)	Encuesta sobre factores de riesgo familiar para paludismo • Casas con antecedentes de transmisión actual (año vigente) o anterior (últimos cinco años) • Número de casos por año (ubicación, categorías de 0-4, 5-9, 9-14, 15-19, 20-59 y 60 y mayores)	Basal y mensual
	Estudio de caso actual	Entrevista con cuestionario epidemiológico para los casos confirmados y febriles negativos o controles no enfermos.	Permanentes Mensual
Control de vectores	Densidad larvaria por metro cuadrado de superficie por criadero (previa y posterior a la medida de control)	Formato E-1C IMECA-2 Registro de captura de larvas	
	Comités de salud instalados	Directorio de comités establecidos (minuta o acta de acuerdo)	Basal y Mensual
	Coordinadores comunitarios de actividades de control de criaderos (EHCA's)	Directorio de coordinadores activos	Mensual
Control del parásito	Participación de la comunidad en el control de criaderos y reservorios del vector por jornada (semanal, quincenal o mensual) • Número y proporción de participantes en actividades de control de criaderos • Número y proporción de viviendas saneadas (corte de vegetación o de refugios naturales alrededor de la vivienda).	Número de familias representadas participantes / Número de familias censadas en la comunidad o núcleo poblacional Formato de seguimiento T-1: Esquema de antipalúdicos y dosis Administración de supervisado Caducidad y almacenamiento Número de enfermos con tratamiento completo administrado en relación con los enfermos confirmados con paludismo.	Mensual Mensual
	Tratamiento: • Tipo de tratamiento y dosis • Calidad del antipalúdico • Apego al tratamiento • Cobertura y • Oportunidad en su administración	Evaluación de eficacia. • Protocolo de evaluación de eficacia <i>in vitro</i> . Disponible en: http://www.who.int/paludismo/ ¹⁹ • Protocolo de estudio en campo (ensayo clínico aleatorizado). Muestreo entomológico con cebo humano (adulto) o trampas entomológicas con cebo animal	Laboratorio parasitología Seguimiento semanas (28 días) y mensual por 12 meses Trimestral
	Eficacia de tratamiento • Resistencia Bionomía del vector: tipo, densidad y horario de picadura del vector (adulto)		
Patrón del vector	Edad fisiológica del vector adulto	Disecciones y conteo de dilataciones (ovarios)	Trimestral
	Vigilancia de la resistencia del vector a los productos químicos	Captura con cebo humano y captura en albergues de animales y pruebas de susceptibilidad. Disponible: http://www.who.int/paludismo/indoorresidualspraying.html	Anual

Anexo C Guía práctica de estratificación y plan estratégico de intervención del paludismo

Programa permanente Tratamiento focalizado en áreas endémicas						Atención de brotes reingresos y exacerbación de la transmisión		Programa permanente Áreas de baja transmisión	
Estratificación del Modelo de Transmisión Definición de estacionalidad, áreas, casas, familias y personas en riesgo						Control de la transmisión			
Criterio	Estrato I		Estrato II		Estrato III	Acciones contra el parásito		Vigilancia epidemiológica	
1. Frecuencia de posibilidad en el periodo 91-01	8 a 11 años con casos, pueden ser continuos o discontinuos		4-7 años con casos, pueden ser continuos o discontinuos	Valor 2 puntos	1-3 años con casos, pueden ser continuos o discontinuos	- Diagnóstico oportuno: cambio del tratamiento supresivo-presuntivo por TDU al tomar la muestra de sangre.		- Promoción de la Notificación Bimestral	
2. Numero de casos en el periodo 91-01	Más de 30	Valor 3 puntos	16-30 casos	Valor 2 puntos	1-15 casos	- Tratamiento dosis única Masivo con TDU, repetir el esquema a los seis meses.		- Pesquisa Domiciliaria Complementaria	
3. IPA en el periodo 91-01 cuando menos en un año	Mayor de 20	Valor 1 punto	Entre 10 y 20	Valor 1 punto	Menor de 10	- Continuar con Tratamiento dosis única con TDU 3X3X3 a casos actuales y casos de los últimos tres años, incluyendo convivientes.		- Investigación epidemiológica de casos	
4. Positividad en el 2001	Casos en el año	Valor 1 punto	Casos en el año	Valor 1 punto	Casos en el año				
5. No. de casos repetidores y/o casa palúdica	Casos repetidores durante los últimos tres años	Valor 1 punto	Casos repetidores durante los últimos dos años	Valor 1 punto	Casos repetidores durante el último año	Valor 0.5		Control del parásito	
						Acciones contra el vector		Eliminación del parásito de la población persistente	
						- Rociado especial (UVL) con piretoides, simultáneamente a la primera dosis de tratamiento se deberá efectuar una nebulización durante tres días consecutivos en los horarios de mayor actividad hematófaga. En el segundo semestre considerar la aplicación con evaluación entomológica.		- Diagnóstico oportuno: cambio del tratamiento supresivo-presuntivo por TDU al tomar la muestra de sangre.	
						Vigilancia epidemiológica		- Tratamiento dosis única con TDU al tomar la muestra de sangre.	
						- Promoción de la notificación mensual		- Tratamiento dosis única con TDU a casos actuales y casos de los últimos tres años, incluyendo convivientes.	
						- Pesquisa domiciliaria mensual			
						- Investigación epidemiológica de casos			
						Evaluación del impacto de actividades		Evaluación del impacto de actividades	
						Estudios entomológicos		Estudios entomológicos	
						- En localidades del estrato I y II con periodicidad mensual antes y después de la actividad EHCA, medición de presencia de basuras, lama, mosquitos, casos y cobertura de tratamiento dosis única.		- En localidades representativas, a diferentes latitudes, con diferentes especies del vector, se efectuará seguimiento quincenal.	
						- En localidades representativas a diferentes latitudes, con diferentes especies del vector, se efectuará seguimiento quincenal.		- En localidades representativas, a diferentes latitudes, con diferentes especies del vector, se efectuará seguimiento quincenal.	
						- Localidades del estrato I con persistencia de la transmisión, en la época de estiaje con periodicidad mensual y en todos los criaderos permanentes.		- Localidades del estrato I con persistencia de la transmisión, en la época de estiaje con periodicidad mensual y en todos los criaderos permanentes.	

Se deberá incorporar al personal de las Unidades de Salud del Primer Nivel, Promoción de la Salud, PAC y PROGRESA en las actividades de TDU, Toma de Gota Gruesa, Vigilancia Epidemiológica y Programa ECA.

Fuente: Secretaría de Salud de México. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades y Dirección del Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores, Departamento de Paludismo. 2000

Referencias

- World Health Organization. Organización Mundial de la Salud. Lucha antivectorial para el control del paludismo. Criterios para guiar la toma de decisiones y procedimientos para el uso sensato de insecticidas. Nájera JA y Zaim M (Eds.). WHO, 2004. WHO/CDS/WHOPES/2002.5 Rev.1.
- World Health Organization. UNICEF World malaria report 2005. WHO/HTM/MAL/2005.1102. Available: http://rbm.who.int/wmr2005/pdf/intro_section.pdf
- Betanzos-Reyes AF, Rodríguez MH, Duran-Arenas LG, Hernandez-Avila JE, Méndez-Galván JF, Velasquez-Monroy OJ, Tapia-Conyer R. Comparative analysis of two alternative models for epidemiological surveillance in the Mexican Paludismo Control Program. Health Policy 2007;80:465-482.
- González-Cerón L, Rodríguez López MH, Betanzos-Reyes AF, Abadía-Aguilar A. Eficacia de una prueba rápida para el diagnóstico de *Plasmodium vivax* en pacientes sintomáticos de Chiapas, México. Salud Publica Mex 2005;47:282-287.
- Lucas M, García R. Sociología de las Organizaciones. México: McGraw-Hill Interamericana Editores 2002:237-306.
- Huamani SL. Influencia de los factores de motivación en el desempeño laboral. Universidad de La Habana, Cuba, 2005. Disponible en www.monografias.com.
- Organización Mundial de la Salud. Comité de expertos de la OMS en paludismo. Serie de Informes Técnicos 1979: 17.640.
- Nájera JA, Zaim M. Criterios para guiar la toma de decisiones y procedimientos para el uso sensato de insecticidas. Document WHO/CDS/WHOPES/2002.5, World Health Organization. Geneva, Switzerland 2002.
- World Health Organization. Roll Back Malaria. Regional Office for the Eastern Mediterranean. Direct and indirect costs of malaria. Sixth Inter-country Meeting of National Malaria Programmer Managers. Cairo, Egypt, 3-6 July 2006a. Dr. Arata Kochi, Global Malaria Programme. Available in: <http://www.emro.who.int/rbm/presentations/1-Dr%20Kochi.ppt#376,5>
- World Health Organization. Global Malaria Programme. Informal consultation on malaria elimination: setting up the WHO agenda. Tunis, 25-26 February 2006b. Available: <http://www.who.int/malaria/docs/malariaeliminationagenda.pdf>.
- Rodríguez MH, Loyola EG, Betanzos AF, Villarreal C y Bown DN. Control focal. Tratamiento focal usando quimioprofilaxis y rociado intradomiciliario con insecticida para el control del paludismo en el sur de México. Gac Med Mex 1994;130: 313-319.
- Chanon KE, Méndez-Galván JF, Galindo-Jaramillo JM, Olguin-Bernal H, Borja-Aburto VH. Cooperative actions to achieve malaria control without the use of DDT. Int J Hyg Environ Health. 2003; 20:387-94.
- Bond JG, Rojas JC, Arredondo-Jimenez JI, Quiroz-Martinez H, Valle J, William T. Population control of the malaria vector *Anopheles pseudopunctipennis* by habitat manipulation. Proc. Biol. Sci. 2004; 271:2161-2169.
- Savage HM, Rejmankova E, Arredondo-Jiménez JI, Roberts DR, Rodríguez MH. Limnological and Botanical characterization of larval habitats for two primary malarial vectors, *Anopheles albimanus* and *An. pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas State, Mexico. J A Mosq Control Assoc 1990; 6: 612-620.
- Méndez-Galván JF, Guerrero-Alvarado J, González-Mora M, Pérez-Landa M, Quintero-Cabanillas R, 1984. Evaluación de un esquema alternativo de tratamiento para el control del paludismo. Salud Publica Mex 26:561-572.
- Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. Dirección de Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. (2000). Secretaría de Salud de México. Sistema de Información de Vectores.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Norma Oficial Mexicana, NOM-032-SSA2-2002, para la Vigilancia Epidemiológica, Prevención y Control de Enfermedades Transmitidas por Vector. Diario Oficial, lunes 21 de julio de 2003.
- Duran L. Development of an analytical tool for health planning (PAATI). México: National Institute of Public Health; 1999.
- World Health Organization. Global Paludismo Programme. Leonardo K. Basco. Field application of in vitro assays for the sensitivity of human paludismo parasites to antipaludismo drugs. Global Paludismo Programme. Dr. Pascal Ringwald. WHO 2007, Geneva. Available: <http://www.who.int/paludismo/resistance.html>.

Bibliografía

- Breeland SG. Studies on the ecology of *Anopheles albimanus*. Am J Trop Med Hyg. 1972; 21:751-754.
- Coatney GR. Relapse in paludismo-an enigma. J Parasitol 1976; 62:3-9.
- Contacos PG, Collins WE, Jeffery GM, Krotoski WA, Howard WA. Studies on the characterization of *Plasmodium vivax* strains from Central America. Am J Trop Med Hyg 1972; 21:707-712.
- Kiszewski A, Johns B, Schapira A, Delacollette C, Crowell V, Tan-Torres T, Ameneshewa B, Teklehaimanot A and Nafo-Traoré F. Estimated global resources needed to attain international paludismo control goals. Bulletin of the World Health Organization 2007;85:623-630.
- Montiel, Humberto. Ideas básicas para el desarrollo de la sala de situaciones a nivel departamental y municipal. Promoción de la Salud: cómo construir una vida saludable. OPS, Colombia 2001.
- Organización Mundial de la Salud. Comité de expertos de la OMS en paludismo. Serie de Informes Técnicos 1979;17:640.
- Organización Mundial de la Salud. Tratamiento del paludismo no complicado y uso de medicamentos antimaláricos para la protección de los viajeros. 1996 WHO/MAL/96.1075: 60-61.
- Pavlovsky E. Natural Nidality of Transmissible Diseases in Relation to Landscape Epidemiology of Zoonanthroposes. Urbana,

- University of Illinois, 1965. Available: The Challenge of Epidemiology. Issues and Selected Readings. Part II. Etiologic Investigations. <http://books.google.com.mx/books?id=nlK-A-4clyYC&pg=PA401&ots=rj37SMOxdq&dq=landscape+epidemiology+pavlovsky&sig=PG94DXJkUkbIMlpfm1EKW05W0vk&hl=es#PPA401;M1>
- Shannon JA, Earle DP, Berliner RW, Taggart JV. Studies on the chemotherapy of the human paludismo. Method for the quantitative assay of suppressive antipaludismol action in *vivax* paludismo. J Clin Invest 1948 May; 27(3 Pt 2):66-74.
- Singh J, Ray AP, Misra BG, Nair CP. Antirelapse treatment with primaquine and pyrimethamine. Indian J Malariol 1954; 8:127-136.
- Solari-Soto L, Soto-Tarazona A, Mendoza-Requena D, Llanos-Cuentas A. Ensayo Clínico del tratamiento de paludismo *vivax* con esquema acortado de primaquina comparado con el esquema tradicional. Rev Per Soc Med Intern 2002; 15 disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/spmi2.htm>.
- SSA/Proyecto GEF/DDT. Secretaria de Salud de México. Guía para la Implementación y Demostración de Alternativas Sostenibles de Control Integrado de Paludismo en México y América Central. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. México, DF 2004. Disponible en: <http://www.mex.ops-oms.org/contenido/paludismo/materiales.htm>, consultado el 5 de junio del 2007.
- World Health Organization. Global Paludismo Programme. Indoor residual spraying. Use of indoor residual spraying for scaling up global paludismo control and elimination. WHO Position Statement. WHO/HTM/MAL/2006, Geneva. WHO, 2006. Available: <http://www.who.int/paludismo/resistance.html>.
- World Health Organization. Global Paludismo Programme. Informal consultation on paludismo elimination: setting up the WHO agenda. Tunis, 25-26 February 2006. WHO, 2006b Available: <http://www.who.int/paludismo/docs/paludismoeliminationagenda.pdf>.

Sección II

Entomología aplicada al paludismo

Los anofelinos

Arnoldo Orozco Bonilla,
Cuauhtémoc Villarreal Treviño,
José Luis Torres Estrada,
Armando Ulloa García

El género *Anopheles* se destaca por su participación en los ciclos de transmisión del paludismo humano en el plano mundial. Este género agrupa entre 300 y 400 especies de mosquitos, incluidas 85 especies que se consideran vectores de alguno de los cuatro agentes etiológicos de esta enfermedad: *Plasmodium vivax*, *P. falciparum*, *P. ovale* y *P. malariae*.^{1,2}

En Mesoamérica, cuatro especies de mosquitos son los principales vectores de paludismo: *An. albimanus* Wiedemann (figura 1), *An. darlingi* Root (figura 2), *An. pseudopunctipennis* Theobald (figura 3) y *An. vestitipennis* (figura 4). No obstante, otras especies del género *Anopheles* se encuentran presentes en los países centroamericanos (cuadro I).

Ciclo de vida de los anofelinos

El ciclo de vida de los anofelinos se caracteriza por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (figura 5). Las tres primeras etapas se desarrollan en gran variedad de sistemas acuáticos, mientras que la etapa adulta del mosquito vive en un ambiente terrestre.

Huevo

Después de cada alimentación sanguínea, las hembras producen alrededor de 100 a 150 huevos, los cuales depo-

sitan en gran variedad de criaderos (ríos, arroyos, canales, cáscaras de coco o huellas de animales que contienen agua limpia). Algunas condiciones del agua del criadero, como la temperatura, pueden inducir la eclosión del huevo y originar la salida de las larvas.

Larva

Es una etapa activa del mosquito y desde su eclosión del huevo tiene contacto directo con muchos factores bióticos y abióticos del criadero (depredadores, temperatura, exposición a la luz, movimiento del agua, gases disueltos, concentración del ion hidrógeno, materia orgánica y sales inorgánicas) a lo largo de los siete a doce días en promedio que dura este estado.

En las larvas se distinguen cuatro fases o estadios; su crecimiento es gradual, pasando por cuatro mudas y sólo se nota por el progresivo incremento del tamaño del cuerpo.

El estado larval es la etapa más importante en la vida del mosquito, ya que es el periodo en que se alimentan con los nutrimentos disponibles en sus criaderos (materia orgánica, microorganismos como bacterias) antes de convertirse en pupa.

Figura 1 Distribución de *Anopheles albimanus****Figura 2** Distribución de *Anopheles darlingi****Figura 3** Distribución de *Anopheles pseudopunctipennis***Figura 4** Distribución de *Anopheles vestitipennis*

* Mapas de distribución según Fleming (1986).³

Pupa

Es la fase de transición entre las larvas y el adulto, no se alimenta, se encuentra normalmente sobre la superficie del agua, presenta poco movimiento, sobre todo cuando se le perturba. La duración de esta fase es de aproximadamente 32 a 36 horas, dependiendo de la temperatura del agua.

Adulto

Los mosquitos al emerger requieren de tiempo en horas para concluir su maduración consistente en la rotación de los genitales, secado de alas y otros cambios importantes, para iniciar una serie de actividades relativas a su sobrevivencia como vuelo, cópula, alimentación y oviposición. Para ello la

Cuadro I

Especies de *Anopheles* en los países de Mesoamérica

	País								
	México	Chiapas México	Guatemala	Belice	Honduras	El Salvador	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
<i>An. albimanus</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. albitarsis</i>			✓					✓	✓
<i>An. anomalophyllus</i>								✓	✓
<i>An. apicimacula</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>An. aquasalis</i>							✓	✓	✓
<i>An. argyritarsis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. boliviensis</i>									✓
<i>An. crucians</i>	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
<i>An. darlingi</i>	✓	✓	✓	✓	✓				
<i>An. eiseni</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. evansae</i>	✓							✓	✓
<i>An. fausti</i>	✓						✓		✓
<i>An. franciscanus</i>	✓	✓							
<i>An. gabaldoni</i>	✓		✓						
<i>An. grabhami</i>									✓
<i>An. hectoris</i>	✓	✓	✓			✓			
<i>An. intermedius</i>	✓		✓	✓					
<i>An. kompi</i>								✓	✓
<i>An. mediopunctatus</i>	✓								✓
<i>An. neivai</i>	✓					✓	✓	✓	✓
<i>An. neomaculipalpus</i>	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. oswaldoi</i>								✓	✓
<i>An. parapunctipennis</i>	✓	✓						✓	✓
<i>An. pseudopunctipennis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. punctimacula</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. squamifemur</i>									✓
<i>An. triannulatus</i>								✓	✓
<i>An. vestitipennis</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>An. xelajuensis</i>	✓		✓						✓

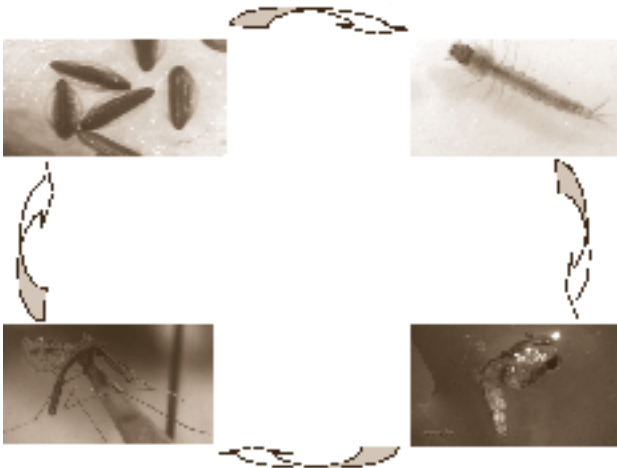
hembra recién emergida emprende el vuelo para aparearse con un macho y buscar un hospedero para alimentarse, con el propósito de comenzar el desarrollo de los huevos (figura 5).

Taxonomía de *Anopheles*

Los artrópodos (latín *Arthropoda*, del griego *αρθρον* (*arthron*), “articulación”, y *πούς* (*pous*), “pie”) constituyen el filo más numeroso y diverso del reino animal (*Animalia*). Incluye,

entre otros, a insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos, que en conjunto se consideran un grupo heterogéneo, con cuerpo segmentado y exoesqueleto quitinoso.

Los insectos se dividen en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza hay un par de antenas y ojos compuestos, además de sus partes bucales, que varían de acuerdo con su adaptación al ambiente donde viven o su tipo de alimentación y grado de evolución. En el tórax se presentan tres pares de patas y dos pares de alas. El abdomen contiene el tracto digestivo, el cuerpo graso y el sistema reproductor.

Figura 5 Ciclo de vida de los anofelinos

La clasificación de los miembros de este grupo se basa en el tipo de metamorfosis o patrón de desarrollo, características del aparato bucal, los pelos o setas que cubren varias partes del cuerpo y del número y características de las alas.

El orden díptero se caracteriza por la presencia de un par de alas funcionales que sirven para volar, un segundo par, los halterios o balancines, han evolucionado para el equilibrio durante el vuelo. Los mosquitos y otros insectos de este grupo son de importancia médica y veterinaria.

La familia *Culicidae* comprende tres subfamilias: *Toxorhynchitinae*, cuyos miembros no se alimentan de sangre, la subfamilia *Culicinae*, donde se encuentran algunos vectores importantes de arbovirosis, y la subfamilia *Anophelinae*, donde se ubican a los únicos vectores de malaria o paludismo.⁴

Los mosquitos *Anopheles* pertenecen al orden *Diptera*, suborden *Nematóceras*, familia *Culicidae*, subfamilia *Anophelinae*, tribu *Anophelini* (cuadro II). Dentro de la tribu *Anophelini*, el género *Anopheles* presenta diversos subgéneros con especies de importancia médica: *Anopheles* (Meigen) con las especies *An. pseudopunctipennis* (Theobald) y *An. vestitipennis* (Dyar y Knab), *Nyssorhynchus* (Blanchard) con *An. albimanus* (Wiedemann) y *darlingi*.⁵

Características taxonómicas del género *Anopheles*

El género *Anopheles* presenta características distintivas que lo diferencian de otros géneros como *Aedes* y *Culex* y que

Cuadro II

Clasificación taxonómica del género *Anopheles*

Reino: Animalia
Phylum: Arthropoda
Subphylum: Mandibulata
Clase: Insecta
Orden: Díptera
Suborden: Nematóceras
Familia: Culicidae
Subfamilia: Anophelinae
Tribu: Anophelini
Género: *Anopheles*

se presentan a continuación dado que apoyan de manera práctica la identificación del género.

Huevo

Las hembras de los géneros *Anopheles* y *Aedes* difieren del género *Culex* en la forma de ovipositar sus huevos. Las hembras de los dos primeros géneros ovipositan sus huevos de forma individual, mientras que el último género lo hace en grupos o barquillas.

La estructura externa de los huevos es otra característica distintiva entre los géneros; los huevos del género *Anopheles* presentan flotadores, mientras que carecen de ellos *Aedes* y *Culex* (figura 6).

Larva

Otra característica importante que puede ayudar a distinguir los géneros es la presencia o ausencia de un sifón (tubo respiratorio) en la fase larvaria. En el género *Anopheles* carecen de sifón, en tanto que lo presentan las larvas de *Culex* o *Aedes* (figura 7).

Otra característica que permite diferenciar los géneros es la posición en la que reposan las larvas respecto de la superficie del agua. En general, las larvas de *Anopheles* reposan en paralelo a la superficie de agua, a diferencia de los géneros *Aedes* y *Culex*, que lo hacen de forma vertical (figura 8).

Figura 6 Estructura externa y disposición de huevos de *Anopheles*, *Aedes* y *Culex*



Adulto

Otra característica que sirve para diferenciar los géneros es la longitud de los palpos. Por ejemplo, si los palpos son tan largos como la probóscide (b), entonces el mosquito corresponde al género *Anopheles*; en caso contrario, pertenece a los géneros *Culex* o *Aedes* (figura 9).

Identificación taxonómica de *Anopheles*

La taxonomía es una disciplina que incluye la nominación, identificación y clasificación de los organismos. El éxito o fracaso de un proyecto de investigación depende de la correcta determinación del organismo con la que se trabaja.

Para realizar una identificación correcta es necesario contar con un espacio para colocar una mesa fija, un microscopio estereoscópico, manuales o claves dicotómicas,

pinzas entomológicas, lupa con 6X a 20X de aumento y cajas entomológicas (figura 10).

Identificación rápida

Con el propósito de que esta actividad sea accesible para el personal técnico, se incorporó en esta sección una clave rápida para la identificación de géneros de *Anopheles*, pero el personal debe tener conocimientos previos sobre la anatomía del mosquito. El esquema de esta sección (figura 11) se puede utilizar como guía sobre las partes principales

Figura 7 Diferencia entre géneros por la presencia (a) o ausencia (b) de un sifón

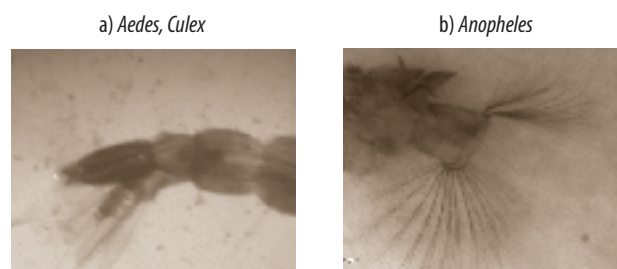
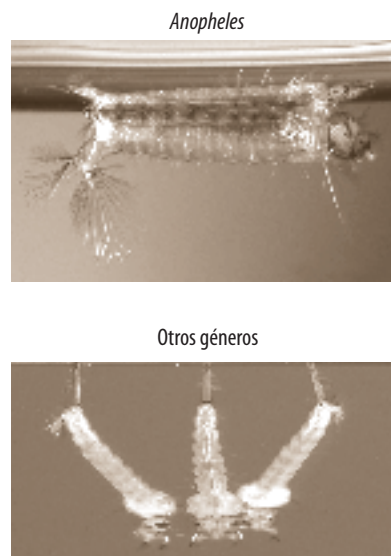


Figura 8 Diferencia entre géneros por la posición de las larvas respecto a la superficie del agua



del mosquito y facilitar la identificación del ejemplar a observar.

Clave rápida para la identificación de las principales especies de *Anopheles* en Mesoamérica

Antes de iniciar el proceso de identificación se recomienda realizar el montaje del mosquito de la siguiente manera: se preparan cortes de cartulina de forma triangular (8 mm de lado por 3 mm de base) con una perforadora (número de catálogo 1161B BioQuip Products Inc) y se les inserta un alfiler entomológico núm. 3 en la parte más ancha. Con la ayuda de una pinza entomológica se recorre el papel hasta el extremo de la cabeza del alfiler. En esta posición, a la punta más delgada del papel se le agrega pegamento especial, el cual servirá para fijar al mosquito (figura 12).

Una vez montado el mosquito en el papel, se desliza éste con la ayuda de la pinza entomológica hacia la mitad del alfiler, con lo que queda libre el espacio de la cabeza del alfiler para manipular e insertar la aguja sobre un trozo de lámina de unisel. Esto facilita la manipulación del mosquito

Figura 9 Diferencia entre géneros por la longitud de los palpos (a) con respecto a la probóscide (b)

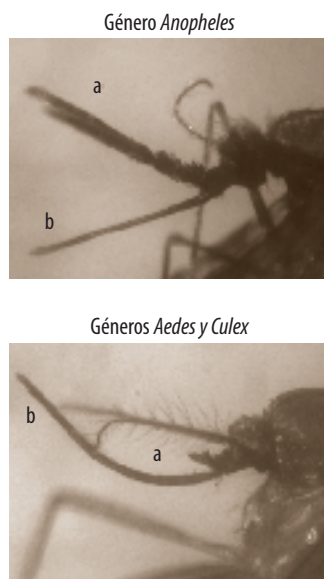


Figura 10 Equipo y material para la adecuada identificación de los ejemplares recolectados en campo



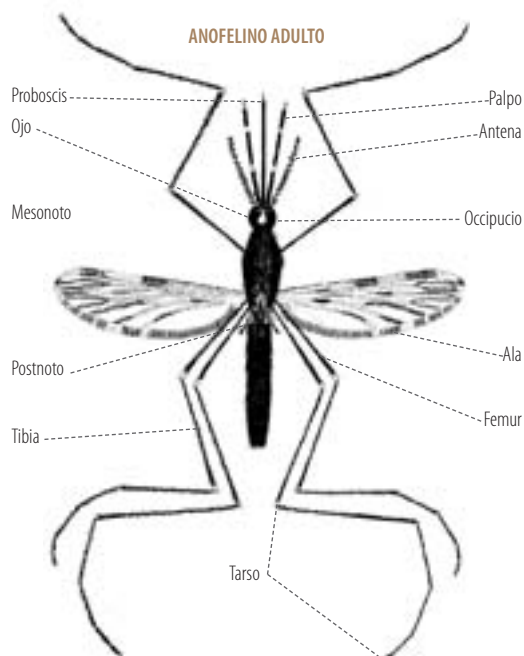
bajo el microscopio estereoscópico para observar sus partes, según lo indica la clave rápida (cuadro III y figura 13).

Actividad de picadura y preferencias alimenticias de los mosquitos

En general, las especies de mosquitos vectores describen un complejo de patrones conductuales que permiten identificarlos, como la evidencia del origen de la alimentación sanguínea y el número de mosquitos recolectados dentro o fuera de las casas.^{7,8} Aquellos que demuestran preferencia por alimentarse de los humanos y dentro de las casas se denominan antropofágicos/endofágicos, mientras que los mosquitos que se alimentan de los animales y fuera de las casas se denominan zoofágicos/exofágicos.

Estas conductas se relacionan con una serie de factores evolutivos en las estrategias de alimentación,⁷ así como con la frecuencia de la interacción mosquito-hospedero en tiempo y espacio. Por ejemplo, en América, el hombre existe desde hace 40 000 años,⁹ por tanto, las poblaciones antropofílicas de mosquitos son más recientes que las poblaciones zoofílicas.¹⁰ Entre las estrategias de alimentación de las poblaciones de mosquitos están aquellas que les permiten responder a los diferentes estímulos de atracción de los hospederos, como olor, color y tamaño corporal. Por ende, algunos mosquitos pueden ser generalistas en la selección de hospederos, es decir, alimentarse de un amplio rango de tipos de hospederos, mientras que otros son muy

Figura 11 Anatomía externa de los mosquitos (obtenido del manual *Los mosquitos anofelinos de América Central y Panamá* de Chester J. Stojanovich, John Richard Gorham, Harold George Scout. 1966)⁶



específicos, ya que seleccionan un solo tipo de hospedero para alimentarse.

Percepción química de los mosquitos

Los mosquitos usan una serie de receptores situados en diferentes partes de su cuerpo para percibir las señales externas. Se llama a los receptores de acuerdo con el estímulo que perciben. Así, los mecanorreceptores perciben movimientos como la velocidad y dirección del viento; los fotorreceptores, diferencias en intensidades de luz, y los quimiorreceptores, detectan compuestos químicos.

Las antenas y los palpos maxilares son las estructuras donde se encuentran los principales receptores químicos de los mosquitos. Los mosquitos usan diferentes tipos de receptores químicos para percibir los olores y pueden ser generalistas o específicos, según sea el caso, y varían en

Figura 12 Montaje de mosquito para su identificación



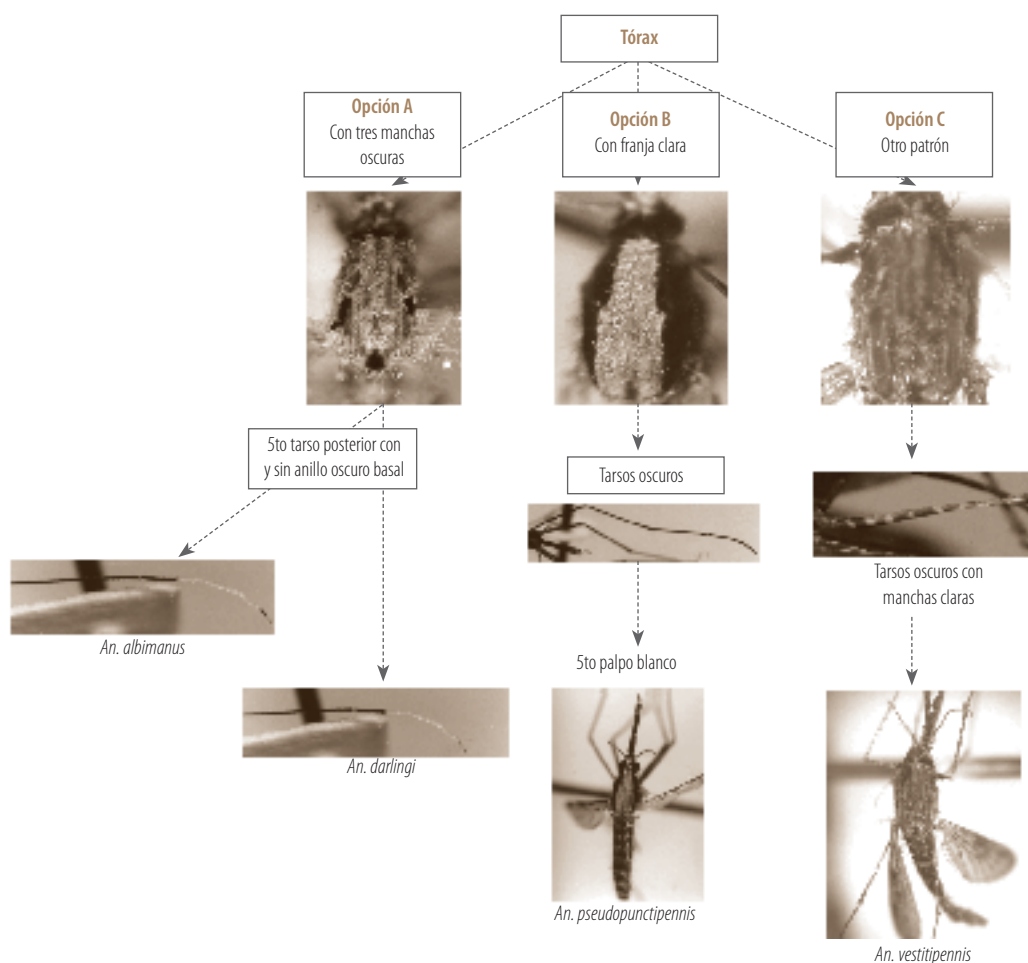
Cuadro III

Clave rápida para la identificación de especies del género *Anopheles*

Opción A	Si el tórax presenta tres manchas oscuras, entonces el paso siguiente será colocar al mosquito en una posición en la que sean visibles los tarsos posteriores. Si los tarsos tercero y cuarto presentan segmentos del todo claros y se observa un solo anillo oscuro en la base del quinto segmento, se trata de <i>Anopheles albimanus</i> Si en la base del quinto tarso posterior no se presenta el anillo oscuro, se trata de la especie <i>Anopheles darlingi</i>
Opción B	Si en el tórax se observa una franja longitudinal de color claro, entonces se procede a colocar al mosquito en una posición en la que se visualicen los tarsos posteriores Si los tarsos son oscuros, entonces se procede a observar el quinto segmento de los palpos, y si éstos son claros la especie corresponde a <i>Anopheles pseudopunctipennis</i>
Opción C	Si el tórax es oscuro por completo, diferente de las opciones A y B y si los tarsos son oscuros con manchas claras, se trata de <i>Anopheles vestitipennis</i>

cantidad y tipo. En el caso de los mosquitos, aquellos de tipo generalista responden al CO₂, mientras que hay receptores específicos para la percepción de L-ácido láctico.

Existen razones importantes para investigar las bases genéticas y conductuales de la preferencia por determinados

Figura 13 Características para la identificación rápida de anofelinos

hospederos en mosquitos vectores. Una de ellas es la de proveer evidencias de la existencia de subpoblaciones, las cuales pueden diferir en la conducta de búsqueda de hospederos, aspecto que es de particular interés en las estrategias de control. Una segunda razón, siempre en continuo debate, es aquella que busca la posibilidad de alterar la capacidad vectorial de los mosquitos mediante la manipulación genética, al integrar genes con extrema zoofilia a mosquitos con un alto grado de antropofilia, con el objetivo de que los mosquitos desechen el contacto con el humano.¹¹ Por último, es importante realizar un análisis sobre la evolución de la preferencia de hospederos con el propósito de complementar

diversas investigaciones sobre la evolución de la ecología y la conducta de los insectos vectores.^{7,11}

Comportamientos de mosquitos que mantienen los ciclos de transmisión

La vida de un mosquito vector consiste en una serie de procesos fisiológicos que se llevan a cabo a través de varios comportamientos. Desde el punto de vista epidemiológico, los comportamientos más prominentes e importantes en términos reproductivos son la alimentación con sangre y la

oviposición;¹² su repetición en presencia del agente etiológico mantiene los ciclos de transmisión de las enfermedades.¹³

Comportamiento de búsqueda de hospedero

El comportamiento de búsqueda de un hospedero por los mosquitos se inicia con la activación que producen factores endógenos del mismo (estado gonotrófico, nutricional, ritmos circadianos, genética, entre otros); después entran en acción factores físicos como el viento, humedad relativa, temperatura y luz, que activan y orientan al mosquito a larga distancia. Se discute el efecto del dióxido de carbono (CO₂) exhalado en el aliento de los mamíferos y dispersado por el viento, ya que algunos autores lo reportan como activador,^{13,14} mientras que otros lo caracterizan de atrayente.¹⁵⁻¹⁷ Al ser el CO₂ un producto exhalado por los mamíferos, se cree que su efecto de activación-atracción a larga distancia (por su dispersión) es de tipo generalista, es decir que atrae a la mayoría de las especies hematófagas.¹⁸ Una vez atraído hacia el hospedero, el mosquito se posa sobre su superficie corporal y, para picar, recibe estimulación de compuestos poco volátiles (en particular ácidos grasos), además de la humedad y la temperatura del cuerpo (figura 14). Existe preferencia por picar en diferentes partes del cuerpo según la especie; por ejemplo, *An. gambiae* gusta picar en pies y piernas, mientras que otras especies más generalistas lo

hacen en la cara.¹⁹ Esta hipótesis afirma que los mosquitos zoofílicos, como *An. quadriannulatus*, se orientan por un atrayente generalista como el CO₂, mientras que los mosquitos antropofílicos, como *An. gambiae* s.s., sienten atracción por olores específicos característicos del humano.²⁰⁻²³ Se ha informado que *An. albimanus* prefirió picar en la cara,²⁴ esta preferencia fue corroborada en otro estudio en donde se informó que el sudor de la cara fue más atractivo que el sudor de otras partes del cuerpo.²⁵

Comportamiento de oviposición

Existen muchas similitudes en los comportamientos de búsqueda de hospedero y de oviposición. Ambos requieren una compleja interacción de señales tanto físicas como químicas que los mosquitos deben captar.²⁶ Una señal que actúa a larga distancia y que ayuda a identificar las características del criadero puede ser visual. Luego que se identifica el sitio, las señales que actúan a corta distancia incrementan su importancia; liberan dichas señales los organismos habitantes del criadero, como son bacterias, plantas (aun algas filamentosas), peces, crustáceos, insectos y renacuajos (figura 15).

Las sustancias que provocan atracción para las hembras grávidas de mosquitos pueden tener varios orígenes. Aquellas presentes en los huevos de *Culex quinquefasciatus*

Figura 14 Factores que intervienen en el comportamiento de búsqueda de hospedero de los mosquitos¹⁸

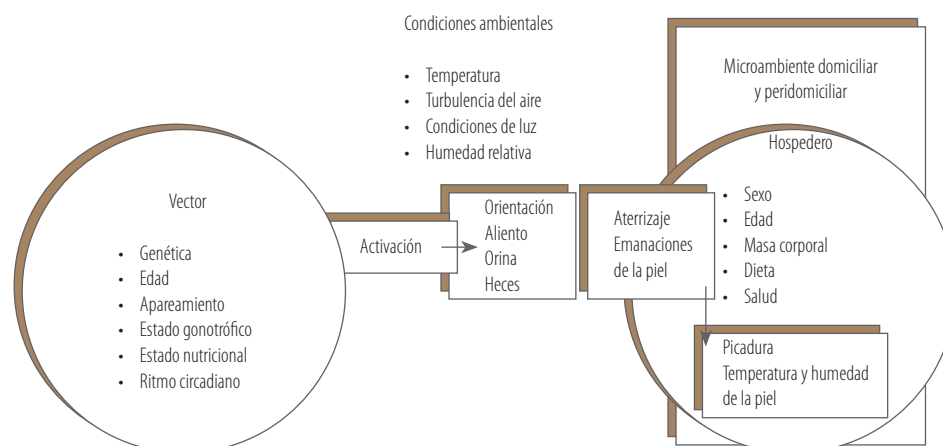
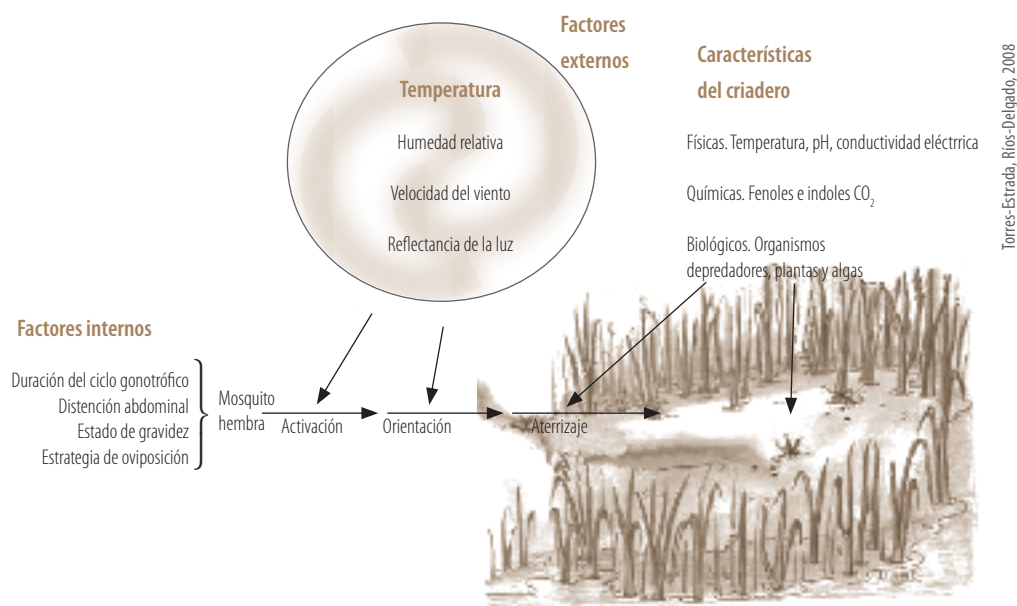


Figura 15 Factores internos y externos que influyen en la selección de los sitios de oviposición de mosquitos

constituyen las primeras noticias de una feromona para miembros de la familia *Culicidae* y después de varios análisis se identificó como (5R,6S)-6-acetoxi-5-hexadecanolido. Esta y las encontradas en algunas especies del género *Simulium* y *Lutzomyia* son algunos ejemplos del descubrimiento de feromonas en dípteros nematoceros.²⁷⁻²⁹

La mayoría de los compuestos que interviene en la atracción hacia los sitios de oviposición son de origen fenólico e indólico. Se han aislado fenol y una serie de monometil-fenoles, dimetil-fenoles y trimetil-fenoles de extractos de madera en descomposición, y se demostró que estos compuestos estimulan la oviposición de *Aedes* y *Culex*.³⁰ También la presencia del fenol 4-metil-fenol, 4-etil-fenol, indol y 3-metil-indol ha sido reportada en infusiones fermentadas de pasto bermuda y se ha señalado que la actividad más importante la presenta el 3-metil-indol (escatol).³¹

Otros compuestos que se obtienen a partir de infusiones de hongos de madera en descomposición tienen un efecto de atracción hacia los sitios de oviposición a concentraciones de 10% sobre *Aedes aegypti* y *An. subpictus*, pero no para *Culex quinquefasciatus*.³² Se ha informado que las plantas liberan

sustancias químicas que las hembras de *An. albimanus* captan, por lo que son atraídas para depositar sus huevos en esos sitios³³ por ello existe una relación entre la presencia de larvas y las plantas emergentes y sumergidas.³⁴ Exhiben este mismo comportamiento las hembras grávidas de *An. pseudopunctipennis*, el principal vector del paludismo en México, al ser atraídas por algas filamentosas del género *Spirogyra* spp. y por sus extractos orgánicos.³⁵

El conocimiento de los vínculos entre las variables que constituyen un criadero positivo para larvas de mosquitos anofelinos ha servido de herramienta para el desarrollo de nuevas estrategias de control de larvas de *An. pseudopunctipennis*, como el deslame, y para la manipulación ambiental de criaderos destinada a disminuir las poblaciones larvianas de *An. albimanus* en la zona costera del sur de Chiapas, México.

Asimismo, conocer la naturaleza de los compuestos químicos que influyen en el comportamiento de oviposición de los mosquitos constituye la base para el desarrollo de trampas para la vigilancia y control de hembras grávidas.

Referencias

- Bown ND, Nelson M. Anopheline vectors of human Plasmodia. Parasitic Protozoa Academic Press 1993;5.
- Bruce-Chwat LJ. Essential malariology. 2nd ed. London: William Heinemann Medical Books 1985.
- Fleming G. Biology and ecology of malaria vectors in the Americas. Washington: Pan American Health Organization 1986, 51.
- Carpenter SJ, LaCasse WJ. Mosquitoes of North America (North of Mexico). Berkely & Los Angeles: University of California Press 1955.
- Walter Reed Biosystematics Unit. Systematic Catalog of Culicidae 2001. Disponible en: <http://www.mosquitocatalog.org/main.asp>
- Stojanovich CJ, Gorham JR, Scott HG. Clave ilustrada para los mosquitos anofelinos de América Central y Panamá. Training Branch, Communicable Disease Center, U.S. Department of Health Education and Welfare. Atlanta, GA, 1996;37.
- Gibson G. Genetics, ecology and behavior of anophelines. Ciba Found Symp 1996;200:22-37; discussion 37-47.
- Elliot R. The influence of vector behavior on malaria transmission. Am J Trop Med Hyg 1972;21:755-763.
- Bruce-Chwat LJ. Essential Malariology, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons; 1985.
- Arredondo-Jiménez JI. Comparative ecology of allopatric populations of *Anopheles* (*Anopheles*) *vestitipennis* (Diptera: Culicidae). Ph D dissertation. University of California, Davis, CA, USA 1995.
- Catteruccia *et al.* Transformation of the malaria mosquito *Anopheles stephensi*. Nature 2000;405:959-962.
- Davis EE. Introduction II. Olfactory control of mosquito behaviour. En: Bock G, Cardew G (eds.): Olfaction in mosquitoes-host interactions. Ciba Found Symp 1996; 200.
- Dayking PN, Kellogg FE, Wright RH. Host finding and repulsion of *Aedes aegypti*. Can Entomol 1965;97:239-263.
- Khan AA, Maibach HI. Quantitation of effect of several stimuli on landing and probing by *Aedes aegypti*. J Econ Entomol 1966;59:902-905.
- Van Thiel PH, Weurman C. L'attraction exercée sur *Anopheles maculipennis atroparvus* par l'acide carbonique dans l'appareil de choix II. Acta Tropica 1947;4:1-9.
- Brown AWA, Sarkaria DS, Thompson RP. Studies on the responses of the female *Aedes* mosquito. I. The search for attractant vapours. Bull Entomol Res 1951;42:105-114.
- Huffaker CB, Back RC. A study of methods of sampling mosquito populations. J Econ Entomol 1943;36:561-569.
- Torres-Estrada JL, Rodríguez-López MH. Señales físico químicas involucradas en la búsqueda de hospederos y en la inducción de picadura por mosquitos. Salud Publica Mex 2003;45:497-505.
- Knols BGJ, de Jong R. Limburger cheese as an attractant for the malaria mosquito *Anopheles gambiae* s.s. Parasitol. Today. 1996.12:159-61.
- Pates HV, Takken W, Stuke K, Curtis CF. Differential behavior of *Anopheles gambiae sensu stricto* (Diptera: Culicidae) to human and cow odours in the laboratory. Bull Entomol Res 2001;91(4):289-296.
- Murphy MW, Dunton RF, Perich MJ, Rowley WA. Attraction of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) to volatile chemicals in Western Kenya. J Med Entomol 2001;38(2):242-244.
- Dekker T, Takken W, Braks MA. Innate preference for host-odor blends modulates degree of anthropophagy of *Anopheles gambiae sensu lato* (Diptera: Culicidae). J Med Entomol 2001;38(6):868-871.
- Dekker T, Steib B, Carde RT, Geier M. L-lactic acid: a human-signifying host cue for the anthropophilic mosquito *Anopheles gambiae*. Med Vet Entomol 2002;16(1):91-98.
- Knols BGJ, Takken W, De Jong R. Influence of human breath on selection on biting sites by *Anopheles albimanus*. J Am Mosq Control Assoc 1994;10:423-426.
- Cancino-Armas F. Respuesta electrofisiológica y conductual de *Anopheles albimanus* al sudor de diferentes partes del cuerpo de habitantes del sur de Chiapas, México (Tesis). Tapachula, Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas, 2007. Tesis de licenciatura.
- Bentley MD, Day JF. Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. Annu Rev Entomol 1989;34:401-421.
- Laurence BR, Pickett JA. An oviposition attractant pheromone in *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). Bull Entomol Res 1982;75:283-290.
- McCall PJ, Cameron MM. Oviposition pheromones in insect vectors. Parasitol Today 1995;11:352-355.
- Hamilton JGC, Ramsoondar TMC. Attraction of *Lutzomyia longipalpos* to human skin odors. Med Vet Entomol 1994;8:375-380.
- Ikeshoji T. Chemical analysis of woodcreosote for species-specific attraction of mosquito oviposition. Appl Entomol Zool 1975;10:302-308.
- Millar JG, Haney JD, Mulla MS. Identification of oviposition attractants for *Culex quinquefasciatus* from fermented Bermuda grass infusions. J Am Mosq Control Assoc 1992;8:11-17.
- Sivagnaname N, Amalraj DD, Kalyanasundaram M, Das PK. Oviposition attractancy of an infusion from a wood inhabiting fungus for vector mosquitoes. Indian J Med Res 2001;114:18-24.
- Torres-Estrada JL, Meza-Álvarez RA, Cibrián-Tovar J, Rodríguez-López MH, Arredondo-Jiménez JI, Cruz-López L, Rojas-León JC. Vegetation-derived cues for the selection of oviposition substrates by *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) under laboratory conditions. J Am Mosq Control Assoc 2005;21(4): 344-349.
- Rodríguez AD, Rodríguez MH, Meza RA, Henández JE, Rejmankova E, Savage HM, Roberts DR, Pop KO, Legters L. Dynamics of population densities and vegetation associations of *Anopheles albimanus* larvae in a coastal area of southern Chiapas, Mexico. J Am Mosq Control Assoc 1993;9(1):46-58.
- Torres-Estrada JL, Meza-Álvarez RA, Cruz-López JL, Rodríguez-López MH, Arredondo-Jiménez JI. Attraction of gravid *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera: Culicidae) females to oviposition substrates by *Spirogyra majuscula* (Zygnematales: Zygnemataceae) algae under laboratory conditions. J Am Mosq Control Assoc 2007;23(1):18-23.

Ecosistemas de la transmisión del paludismo

Guillermo Bond Compeán,
Rogelio Danis Lozano

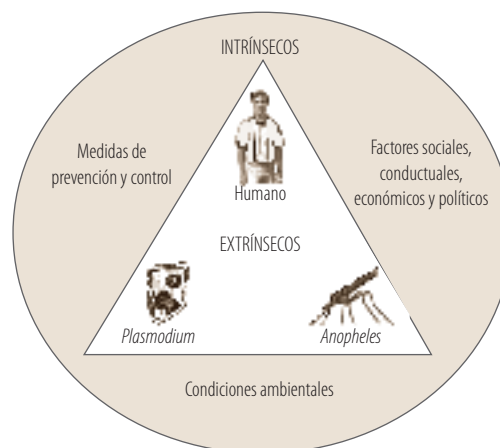
Las estrategias ecológicas para la prevención y el control de problemas de salud son aquellas que utilizan el conocimiento de la ecología y el comportamiento propio de ciertos organismos para cumplir con mayor eficiencia y eficacia metas específicas relacionadas con la salud.¹ La ecología del paludismo se refiere a la interacción de diversos factores ecológicos (bióticos y abióticos) que determinan la transmisión de esta enfermedad en una región determinada, así como las diferencias en su incidencia o dinámica de transmisión entre diferentes regiones. Por lo anterior, el conocimiento y entendimiento de la distribución de los vectores (riesgo espacial), su abundancia y sus interacciones con los factores bióticos son factores de vital importancia para el desarrollo de programas de prevención y control de esta enfermedad.

Factores ecológicos que determinan la transmisión del paludismo

Los factores vinculados con la distribución y abundancia del vector y del *Plasmodium* que determinan la transmisión del paludismo se clasifican como extrínsecos e intrínsecos (figura 1).² Los factores ecológicos extrínsecos son, en general, todos aquellos componentes ambientales (temperatura, humedad, precipitación, latitud, altitud, etc.), sociales,

culturales, económicos (pobreza), de compromiso político y efectividad de los programas de control y prevención. Por otra parte, entre los componentes intrínsecos se encuentran las interacciones entre humanos (inmunidad), mosquitos (especie, longevidad, preferencias alimenticias, etc.) y parásitos (especie).^{2,3}

Figura 1 Factores extrínsecos e intrínsecos que intervienen en la transmisión del paludismo.²



Factores extrínsecos (condiciones ambientales)

Gran variedad de factores abióticos y bióticos determinan la transmisión del paludismo, muchos contribuyen en mayor o menor medida al mantenimiento de esta enfermedad y son muy diferentes de una a otra ecorregión.

Clima

El clima comprende un conjunto de componentes que determinan las condiciones atmosféricas características de una región y que están, sin duda, entre los factores que influyen más en las variaciones de la transmisión del paludismo. Entre los elementos climáticos se encuentran la temperatura, la humedad relativa y la precipitación,^{2,4-6} los cuales pueden actuar por separado o combinados para afectar el desarrollo y sobrevivencia de los mosquitos vectores, así como los del parásito dentro de éstos y del humano (cuadro I).^{7,8}

Temperatura

La temperatura ejerce asimismo un efecto importante sobre el ciclo de transmisión del paludismo, ya que, por ejemplo, repercute en las funciones vitales de los mosquitos. Al igual que todos los mosquitos, los *Anopheles* no regulan su temperatura interna y, por tanto, son sensibles a la temperatura externa. Esta determina, entre otras variables, la densidad de su población, la frecuencia de su alimentación, su sobrevivencia y el periodo de incubación extrínseco (PIE) de los parásitos (*Plasmodium*) dentro del mosquito.^{5,8,9} Los rangos de temperatura mínima y óptima para los mosquitos *Anopheles* están entre 8-10 °C y 25-27 °C, respectivamente.^{5,10} La temperatura también es decisiva en la reproducción y la maduración del *Plasmodium* dentro del mosquito, de acuerdo con su especie.⁸ En contraste, los parásitos del paludismo no se desarrollan dentro del mosquito cuando la temperatura cae por debajo del rango de 14-19 °C, y el rango óptimo para su desarrollo se encuentra entre 20 y 30 °C.¹⁰⁻¹²

Las altas temperaturas son letales para los mosquitos y para el desarrollo de los parásitos. En áreas donde la temperatura media anual se acerca a los límites de tolerancia fisiológica del parásito, un ligero incremento de la

temperatura externa puede ser mortal para el parásito y, en consecuencia, disminuir la transmisión del paludismo. Sin embargo, a bajas temperaturas, un ligero incremento en el calor puede aumentar el riesgo de transmisión de esta enfermedad.^{7,8}

Humedad relativa

La humedad relativa (HR) influye también en la transmisión del paludismo por tener un efecto directo sobre la actividad y la sobrevivencia de los mosquitos anofelinos. Cuando los valores promedio de este parámetro caen por debajo de 60%, disminuye la tasa de sobrevivencia de los mosquitos.⁵ Aunque el *Plasmodium* no resulta afectado de forma directa por la HR, al mermar la sobrevivencia de sus vectores, baja la probabilidad de su transmisión a los humanos. Por el contrario, cuando la HR es alta, se prolonga la vida del vector y aumenta la probabilidad de transmisión del parásito.

Precipitación

Para desarrollar sus poblaciones, los mosquitos explotan gran variedad de hábitats acuáticos, que dependen de los patrones de precipitación pluvial como un factor decisivo para su presencia o ausencia en determinada región. Estos patrones hidrológicos se relacionan positivamente con la transmisión del paludismo.¹³ Existen evidencias de especies de mosquitos que son más abundantes durante la temporada de lluvias, como *An. albimanus*, principal vector de paludismo en las zonas costeras de México, América Central y el norte de América del Sur, el cual se cría en hábitats muy diversos (ríos, arroyos, lagos, lagunas, canales de irrigación, charcas de lluvia, huellas de animales, etc.).^{14,15-17} Otras especies, como *An. pseudopunctipennis*, se multiplican más durante la temporada de secas, porque se crían antes que todo en remanentes de ríos y arroyos expuestos al sol, en donde abundan las algas verdes filamentosas (*Spirogyra* y *Cladophora*, sobre todo), aunque también se encuentran en menor número en manantiales, charcas de lluvia y marismas a lo largo de su rango de distribución que abarca desde el sur de Kansas, en EUA, hasta el norte de Argentina y Chile.^{14,18-21}

Viento

El viento desempeña un papel importante en el ciclo de transmisión del paludismo, al repercutir en múltiples procesos tanto de forma negativa como positiva. Cuando los vientos son fuertes, se reducen las actividades de oviposición y picadura de los mosquitos (lo que puede resultar en reabsorción de los huevos), mientras que, al mismo tiempo, se extiende el rango de vuelo de los mismos, con la probabilidad de cambiar su distribución geográfica si las condiciones del nicho lo permiten.^{5,22} Extender el rango de vuelo tiene consecuencias bioenergéticas para los mosquitos, las cuales se manifiestan en una merma en la producción de huevos, además de una creciente exposición a la depredación y cambios en el comportamiento diferencial de búsqueda de hospederos.

Factores intrínsecos

Los factores intrínsecos que participan en la transmisión del paludismo consisten en tres componentes que interactúan entre sí: poblaciones humanas (inmunidad, movimientos poblacionales, nivel socioeconómico, comportamiento, etc.), especies de mosquitos anofelinos (longevidad, preferencias por alimentarse de humanos, etc.) y parásitos determinantes de la enfermedad (*Plasmodium falciparum* y *P. vivax*, en el caso de Mesoamérica) (virulencia, resistencia hacia los medicamentos antipalúdicos, etcétera).²

Humanos

Los factores determinantes en la transmisión del paludismo son: edad, sexo, movimiento de las poblaciones humanas,

Cuadro I

Efectos de los factores climáticos sobre las enfermedades transmitidas por vectores (adaptado de McMichael y Githeko, 2001)⁸

Factor climático	Vector	Patógeno	Hospederos vertebrados
Incremento de la temperatura	- Disminución de la sobrevivencia - Cambios en la susceptibilidad de algunos patógenos - Aumento de sus poblaciones - Incremento de su tasa de alimentación para evitar deshidratación - Aumento del contacto vector-humano - Ampliación de su distribución estacional y espacial	- Disminución del periodo de incubación extrínseco en el vector - Aumento de la estación de transmisión - Expansión de su área de distribución	Aumento del contacto entre vectores y humanos
Disminución de la precipitación	Incremento de la abundancia de vectores que se crían en remansos de ríos y arroyos durante la estación seca	Ningún efecto	Reducción de sus poblaciones debido a la disminución de la disponibilidad de alimentos
Incremento de la precipitación	- Aumento de la calidad y cantidad de hábitats larvarios y del tamaño de la población de mosquitos en la estación de lluvias - Eliminación de hábitats larvarios por inundación debido a lluvia excesiva - Aumento de la supervivencia del vector debido al incremento de la humedad	- Poca evidencia de efectos directos - Efectos de la humedad sobre el desarrollo del <i>Plasmodium</i> en mosquitos anofelinos	Incremento de la disponibilidad de alimentos y del tamaño de las poblaciones
Incremento extremo de la precipitación	Destrucción de los criaderos a causa de lluvias torrenciales	Ningún efecto	Tiene efecto
Elevación del nivel del mar	Abundancia de algunos vectores debido a inundaciones costeras	Ningún efecto	Ningún efecto

tipo de vivienda, actividades económicas y otras condiciones ecológicas.²³

Las poblaciones humanas expuestas al paludismo varían en su susceptibilidad a la infección y en su gravedad. El estado inmune de las personas y de la población es determinante en la respuesta a la infección y la transmisión del paludismo.² En áreas con alta tasa de transmisión de paludismo, los lactantes y niños pequeños son más susceptibles que los niños mayores y adultos inmunes. Por tradición, la endemidad del paludismo se define en términos de la parasitemia en sangre en niños comprendidos entre 2 y 9 años de edad, por lo que las áreas palúdicas se clasifican en función de las siguientes categorías:¹²

- Hipoendémica: bazos o parasitemia de 0-10%
- Mesoendémica: bazos o parasitemia de 10-50%
- Hiperendémica: bazos o parasitemia de 50-75%
- Holoendémica: bazos o parasitemia mayor de 75%

Otros factores humanos como el desarrollo poblacional y el comportamiento humano son importantes en la dinámica de la transmisión del paludismo y en los esfuerzos para su control en una región determinada.^{3,12,24} Asimismo, el crecimiento de las poblaciones humanas implica su movilidad entre diferentes regiones, el desarrollo de la urbanización, así como el de actividades como la agricultura, que en conjunto son concluyentes en la transmisión del paludismo.²⁴

Mosquitos

El componente más importante en la transmisión del paludismo es el mosquito vector, y los del género *Anopheles* son los responsables de inocular el parásito al hombre, donde completan su ciclo de desarrollo.^{3,12}

Ecología de los mosquitos

Selección de hábitats

Los mosquitos *Anopheles* utilizan gran variedad de hábitats acuáticos para el desarrollo de sus poblaciones larvianas. La gran mayoría prefiere aguas dulces, pero algunas especies toleran aguas salobres; algunas gustan de aguas limpias, mientras que otras viven en aguas contaminadas.

De igual forma, los mosquitos *Anopheles* se crían tanto en cuerpos de agua temporales como permanentes, incluida una gran variedad de tipos hidrológicos como charcas de lluvia, lagos, lagunas, manantiales, pozas de arroyos y ríos, canales de irrigación, presas, huellas de ganado o humanas, etc. También se observa que la mayoría de los vectores de paludismo se cría relacionada con algún tipo de vegetación. Esta relación es importante debido a que las larvas encuentran alimento, refugio contra los depredadores y las perturbaciones físicas del medio, sitios favorables para la oviposición y la sobrevivencia de la descendencia, lo que favorece su reproducción.^{15,25-30} La selección de un hábitat adecuado para la reproducción y el desarrollo es de vital importancia, ya que de esta selección depende la abundancia y el mantenimiento de las poblaciones.³¹

Abundancia (densidad)

Un atributo básico de las poblaciones de mosquitos es su abundancia, factor clave para el análisis de tablas de vida, así como para las evaluaciones de las estrategias de control y de su capacidad vectorial.³² La estimación de las densidades larvianas se lleva a cabo mediante muestreos de poblaciones en sus hábitats de crianza, con el empleo de caladores estándar que expresan su abundancia en función de los índices larvianos (número de larvas por calado o por metro cuadrado).^{14,33,34} En cuanto a la abundancia o densidad de adultos, este parámetro se determina por medio de mediciones o muestreos de las poblaciones de adultos, y con el empleo de diferentes técnicas de recolecta, entre las que destacan el cebo humano, las trampas miniatura de luz negra tipo CDC y las trampas cortina; los resultados se expresan en función del número de mosquitos adultos recolectados por hombre por hora y/o por noche (cebo humano), así como por trampa por hora y/o por noche (para las recolecciones con ambas trampas).^{33,34}

La abundancia de mosquitos transmisores del paludismo, junto con sus hábitos de picadura al hombre y su longevidad (tiempo de vida), son los atributos biológicos más importantes de las poblaciones que participan en la transmisión de esta enfermedad y su estimación representa una herramienta clave en las campañas de vigilancia y control.^{2,12,32} La longevidad del mosquito es importante debido a que el agente etiológico del paludismo se desarrolla dentro de

éste y requiere un tiempo promedio superior a una semana (según la temperatura ambiental) para transmitirse a otro humano.^{2,12}

Efectos del calentamiento global sobre la transmisión del paludismo

La transmisión del paludismo depende en gran medida de la dinámica del sistema climático. Las interacciones entre la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y marina, y la superficie terrestre determinan el clima del planeta. En el ámbito mundial se reporta que la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, etc.) va en aumento debido sobre todo a actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y el cambio de uso de la tierra y la agricultura. El aumento de los gases de efecto invernadero provoca el recalentamiento de la atmósfera y de la superficie terrestre.^{4,8} Los cambios temporales y espaciales de las temperaturas, las precipitaciones y la humedad que, según las previsiones, tendrán lugar según los diferentes escenarios del cambio climático, afectarán a la biología y ecología de vectores y hospederos e influirán en el riesgo de transmisión de enfermedades.^{4,35}

De las enfermedades transmitidas por mosquitos, el paludismo se encuentra entre las de mayor probabilidad de propagación a medida que las temperaturas globales se incrementen. Los efectos de la temperatura sobre los vectores y los parásitos del paludismo se observan en los límites de las latitudes y altitudes de su transmisión, los cuales han cambiado en muchas áreas geográficas.⁸ En los años más recientes, innumerables cambios climáticos han ejercido un efecto sin precedente sobre la biota no humana, situación que ha coincidido con la emergencia y reemergencia de numerosas enfermedades infecciosas alrededor del mundo.⁴ De ello se desprende que las alteraciones ecológicas que favorecen la propagación de estos insectos también facilitarán la diseminación de la infección. Para tener una idea de la complejidad de las diferencias ecológicas entre las numerosas zonas endémicas de paludismo, hay que considerar por lo menos cuatro aspectos diferentes pero relacionados: el hospedero, los mosquitos vectores, los parásitos y las condiciones físicas o ambientales (el nicho ecológico), en virtud de los cuales se produce la transmisión. La integración de estos temas en apariencia dispares en una visión unificada

respecto de la localización geográfica es fundamental para comenzar a identificar los factores ambientales que podrían ser aprovechados con el fin de controlar la propagación del parásito. El ambiente (temperatura, humedad, precipitación y, por tanto, latitud y altitud), la población y las limitaciones sociales limitan el potencial natural de la distribución del paludismo. Entre las variables más sensibles a la temperatura están: la densidad de mosquitos, la frecuencia alimenticia y sobrevivencia de los *Anopheles*, además del periodo de incubación extrínseco del parásito (*Plasmodium*) en el mosquito.^{8,9} De manera adicional a la influencia directa de la temperatura sobre la biología de los vectores de parásitos, el régimen de precipitación puede también afectar en el corto plazo los hábitats de los vectores, ya sea con el incremento o la disminución del número y la calidad de los criaderos de los mismos.⁴

Respuesta a emergencia y desastres naturales: control de brotes

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) propuso una definición para los desastres naturales en el sentido de que se trata de interrupciones (rupturas) del sistema ecológico humano que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada para abordar los efectos y funcionar con normalidad.³⁶ Por su parte, desde el punto de vista de la salud pública, la Organización Mundial de la Salud (OMS) los define como situaciones imprevistas que representan graves e inmediatas amenazas para la salud pública y que sobrepasan la capacidad normal de infraestructura de salud de un país.³⁷ Los desastres se pueden clasificar en naturales y causados por el hombre. Entre los naturales están huracanes, incendios, tornados, volcanes, sequías/hambre, derrumbes/avalanchas, inundaciones y terremotos, y entre los causados por el hombre el terrorismo, la guerra, los accidentes industriales y los resultados de algunas investigaciones que se salen de control.

Desde el punto de vista de la salud pública es importante determinar la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno (de origen natural o humano) durante un espacio y un periodo de tiempo determinado (es decir, número de fenómenos ocurridos/tiempo de exposición al riesgo). También es relevante el concepto de *vulnerabilidad* que, en una primera acepción, es la condición que determina que al ocurrir

un fenómeno puedan aparecer consecuencias o daños. La vulnerabilidad se mide en términos de consecuencias potenciales (cantidad y calidad de los efectos).

Los desastres naturales no producen “nuevas” enfermedades, pero, al alterarse las condiciones ambientales, es posible que se intensifique la transmisión de enfermedades ya existentes, como consecuencia de:

- Efecto directo del medio físico, por ejemplo contaminación fecal.
- Efectos indirectos resultantes por hacinamiento, falta de higiene, etcétera.
- Estímulo o intensificación de la migración de personas.
- Interrupción de los programas ordinarios de lucha antivectorial.
- Redistribución de las especies de vectores.

Desde la perspectiva de los efectos de los desastres sobre la salud pública, es posible identificar cuando menos cinco niveles de impacto:

1. Exceso de mortalidad, morbilidad y afectación de la población, que excede lo habitual en la comunidad afectada.
2. Modificación del patrón de enfermedades transmisibles y de riesgos medioambientales tradicionales de esa comunidad.
3. Repercusión sobre el sistema de servicios sanitarios, cuya capacidad de actuación es puesta a prueba en este tipo de circunstancias.
4. Afectación de la salud mental y el comportamiento humano.
5. Deterioro de las posibilidades de desarrollo de la población afectada en el mediano y largo plazo, incluidos los aspectos de reconstrucción y rehabilitación.

La incidencia de los desastres naturales varía según la zona y el contexto socioeconómico y cultural sobre el que se producen. En países subdesarrollados o en vías de desarrollo las epidemias de enfermedades transmisibles ocurren con mayor frecuencia debido a factores de riesgo como deforestación, crecimiento urbano anárquico, pobreza, falta de agua potable, saneamiento deficiente y baja inmunización. Además, la migración masiva puede

originar epidemias de enfermedades transmisibles cuando las poblaciones residentes en áreas de baja endemicidad se trasladan a lugares muy endémicos. En este sentido, el aumento de la población (explosión demográfica) en los países subdesarrollados implica una disminución de los recursos existentes, y conduce a otros factores de riesgo secundarios, como los asentamientos humanos irregulares y el deterioro del ambiente, lo que provoca, en el mediano plazo, una alteración de los nichos de transmisión de las enfermedades transmisibles. Por otra parte, en el futuro el cambio climático será sin duda uno de los factores de riesgo que determinará los desastres naturales tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados. Sus efectos se sentirán sobre la frecuencia de episodios climáticos extremos, la ecología de los vectores de enfermedades transmisibles y la producción de alimentos (cuadro II). La variabilidad climática influye en el incremento de la frecuencia e intensidad de los desastres naturales, tendencia que quizá continuará debido al calentamiento global y al aumento en el nivel del mar, lo que repercute en un mayor número de tormentas violentas, sequías, ciclones tropicales, inundaciones y otras perturbaciones climáticas, con repercusiones variadas en las distintas partes del mundo.^{38,39}

Los desastres naturales (por ejemplo inundaciones y huracanes) pueden incrementar los sitios disponibles para que los mosquitos depositen sus huevos con el consiguiente crecimiento de sus poblaciones y de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores (cuadro III).^{38,39}

Preparativos para casos de desastres y control de vectores

Interdesastre

Un programa de lucha antivectorial debe contener datos y mapas temáticos actualizados sobre el estado y la distribución de las enfermedades de transmisión vectorial que son endémicas tanto en el país en cuestión como en las regiones vecinas. También debe mantenerse al día la información sobre vigilancia entomológica de las poblaciones de vectores y la situación en cuanto a personal, insumos y equipos de aplicación de éstos. Asimismo, debería incluir el continuo adiestramiento del personal de campo a fin de depurar los procedimientos y prácticas y mantenerse alerta.

Cuadro II

Cambios ambientales que influyen en la incidencia de algunas enfermedades infecciosas en el hombre

Cambios al ambiente	Enfermedad	Efecto
Presas, canales e irrigación	Esquistosomiasis Malaria Helmintiasis Oncocercosis	Hábitat del hospedero (caracol), contacto humano Sitios de reproducción del mosquito Contacto con larvas debido a la humedad del suelo Reproducción de la mosca negra, enfermedad
Intensificación de la agricultura	Malaria Fiebre hemorrágica venezolana	Resistencia del vector a insecticidas de cultivo Poblaciones de roedores, contacto
Urbanización, hacinamiento	Cólera Dengue Leishmaniasis cutánea	Saneamiento, higiene, contaminación del agua Contenedores de agua, sitios de reproducción del mosquito <i>Aedes aegypti</i> Proximidad con simúlidos
Deforestación y nuevas áreas habitacionales	Malaria Enfermedad de oro Leishmaniasis visceral	Sitios de reproducción, vector, migración de susceptibles Contacto, reproducción de vectores Contacto con simúlidos
Reforestación	Enfermedad de Lyme	Ácaros hospederos, exposición en exteriores
Calentamiento del océano	Marea roja	Florecimientos algales tóxicos
Precipitación elevada	Fiebre de las Montañas Rocosas Síndrome pulmonar por hantavirus	Encharcamiento de sitios de reproducción Alimento de roedores, abundancia de hábitats

Fuente: Climate Change and Human Health-Risk and Responses WHO, 2003.³⁸

Dicho programa debe considerar en su estructura:

- Instrumentos, medios auxiliares y actividades necesarias para vigilancia, evaluación y control.
- Reservas de insumos, vehículos y otros equipos, listas de personal, fondos variables.
- Estado de los sistemas de transporte, comunicaciones e información.
- Instrucciones sobre procedimientos de ayuda interregional e internacional, así como listas de organismos.
- Plan de operaciones de emergencias.

Acciones posteriores al desastre natural

Impacto

Una de las primeras medidas es la evaluación de los problemas potenciales de vectores y el acopio de información básica adecuada. El emplazamiento de las viviendas provisionales debe ubicarse de modo que el contacto de la

población con los vectores sea mínimo. La evaluación exacta de los posibles problemas y la determinación de los recursos que se necesitan es de primordial importancia. El acopio de datos fidedignos y actualizados previos al desastre facilitará la correcta evaluación de la situación ulterior y permitirá adoptar las decisiones respecto del plan de acción.

Emergencia

Según el tipo de desastre, es necesario:

- Determinar la zona geográfica afectada, el tamaño y la distribución de la población, así como las circunscripciones políticas y sanitarias comprometidas.
- Evaluar la importancia de los daños sufridos por los sistemas de transporte y comunicaciones.
- Determinar la disponibilidad de personal, el estado y la utilidad del equipo y los suministros en la zona afectada, así como la posibilidad de obtener recursos adicionales de regiones indemnes.

Cuadro III

Enfermedades transmitidas por vectores consideradas sensibles al cambio climático

Vector	Enfermedad
Mosquitos	Malaria, dengue, fiebre amarilla, fiebre del Río Nilo y filariasis
Flebotomos	Leishmaniasis
Triatominos	Enfermedad de Chagas
Ácaros	Enfermedad de Lyme, encefalitis
Mosca tse-tse	Tripanosomiasis africana
Simúlidos	Oncocercosis

Fuente: Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change, WHO, 2003.³⁹

- Examinar la información existente sobre vectores, inclusive sobre densidad de las poblaciones de estos en la zona afectada, y sobre la prevalencia en esta y en otras cercanas de enfermedades relacionadas con dichos animales.

Determinación de acciones prioritarias

Para evaluar la influencia que tienen los daños causados por un desastre natural en los problemas ocasionados por vectores, es preciso conocer la biología y ecología de éstos, así como la evolución de una y otra en las nuevas condiciones reinantes. Por ejemplo, las inundaciones suelen anegar o destruir los sitios de cría de los mosquitos; después crean hábitats adicionales que, con el tiempo, quizá favorezcan el aumento de la densidad de esa población. Cuando los sistemas de agua y alcantarillado se dañan, los nuevos depósitos de agua potable pueden constituirse en sitios adicionales de cría de *Aedes aegypti*, y las letrinas de pozo provisionales convertirse en hábitats de moscas sinantrópicas y *Culex quinquefasciatus*.

Población expuesta

- Número de brotes confirmados o presentes de enfermedades.
- Historia reciente de transmisión de enfermedades.
- Densidad relativa de las posibles poblaciones de vectores.
- Aumento apreciable de los sitios de cría.
- Presencia de reservorios potenciales de enfermedades.
- Accesibilidad estacional por vía terrestre.

Las principales actividades de lucha contra los vectores tendrán lugar en el periodo que sigue al desastre. Demorar la acción hasta que los brotes de enfermedades o epidemias se encuentren en su punto álgido puede resultar catastrófico, tanto desde el punto de vista médico como económico. En caso de que la acción inmediata para controlar las poblaciones de vectores resulte insuficiente y se produzca un brote de enfermedad, todos los esfuerzos deberán encaminarse a la reducción de los agentes infectantes en el plazo más breve.

Referencias

1. Lord RD. Estrategias ecológicas para la prevención y el control de problemas de salud. Bol Oficina Sanit Panam 1983;327-345.
2. Breman JG. The ears of the hippopotamus: manifestations, determinants, and estimates of the malaria burden. Am J Trop Med Hyg 2001;64(Suppl. 1-2):1-11.
3. Molineaux L, Muir DA, Spenser HC, Werndorfer WH. The epidemiology of malaria and its measurement. En: Werndorfer WH, McGregor I (eds.): Malaria: principles and practice of malariology. Edinburgh: Churchill Livingstone 1988:999-1090.
4. Githenjo AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, Patz JA. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. Bull World Health Organ 2000;78:1136-1147.
5. Reid C. Implications of climate change on malaria in Karnataka, India. Disponible en: <http://www.brown.edu/Research/EnvStudies/Theses/full9900/creid/2000> [consultado 10 de julio de 2007].
6. White J. Malaria. En: Medical ecology, 2004. Disponible en: <http://www.medicalecology.org/diseases/malaria/malaria.htm>
7. Lindsay SW, Birley MH. Climate change and malaria transmission. Ann Trop Med Parasitol 1996;90:573-588.
8. McMichael A, Githeko A. Human health. En: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (eds.): Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press 2001:453-485.
9. Martens WJM, Kovats RS, Nijhof S, deVries P, Livermore MJT, McMichael AJ, Bradley D, Cox J. Climate change and future populations at risk of malaria. Glob Environ Change 1999;9:89-107.
10. McMichael AJ, Haines A, Sloof R, Kovats S. Climate change and human health. Geneva: World Health Organization 1996, 297.
11. Gillies MT. Anopheline mosquitos: vector behaviour and bionomics. En: Werndorfer WH, McGregor I (eds.): Malaria: principles and practice of malariology. Edinburgh: Churchill Livingstone 1988:453-485.
12. White NJ. Malaria. En: Cook GC, Zumla AI. Manson's tropical diseases. 21st ed. Philadelphia: WB Saunders 2003:1205-1295.
13. Patz JA, Strzepek K, Lele L. Predicting key malaria transmission factors, biting and entomological inoculation rates,

- using modeled soil moisture in Kenya. *Trop Med Int Health* 1998;3:818-827.
14. Savage H, Rejmánková E, Arredondo-Jimenez J, Roberts D, Rodriguez M. Limnological and botanical characterization of larval habitats for two primary malarial vectors, *Anopheles albimanus* and *An. pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas State, Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1990;6:612-620.
15. Rejmánková E, Savage HM, Rodriguez MH, Roberts D, Rejmanek M. Aquatic vegetation as a basis for classification of *Anopheles albimanus* Wiedemann (Diptera: Culicidae) larval habitats. *Environ Entomol* 1992;21:598-603.
16. Rodriguez AD, Rodriguez MH, Meza RA, Hernandez JE, Rejmánková E, Savage HM, Roberts DR, Pope KO, Legters L. Dynamics of population densities and vegetation associations of *Anopheles albimanus* larvae in a coastal area of southern, Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1993;9:46-58.
17. Bejarano EE.. Occurrence of the malaria vector *Anopheles albimanus* Wiedemann (Diptera: Culicidae) in Isla Fuerte, Colombia. *Neotrop Entomol* 2003;32:517-518.
18. Rejmánková E, Savage HM, Rejmanek M, Arredondo-Jiménez JI, Roberts DR. Multivariate analysis of relationships between habitats, environmental factors and occurrence of anopheline mosquito larvae *Anopheles albimanus*, and *An. pseudopunctipennis* in southern Chiapas, Mexico. *J Appl Ecol* 1991;28:827-841.
19. Fernández-Salas I, Rodríguez MH, Roberts DR, Rodríguez MC, Wirtz RA. Bionomics of adult *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera: Culicidae) in Tapachula foothills area of southern Mexico. *J Med Entomol* 1994;31:663-670.
20. Manguin S, Roberts DR, Peyton L, Rejmánková E, Pecor J. Characterization of *Anopheles pseudopunctipennis* larval habitats. *J Am Mosq Control Assoc* 1996;12:619-626.
21. Bond JG, Rojas JC, Arredondo-Jiménez JI, Quiroz-Martínez H, Williams T. Population control of the malaria vector *Anopheles pseudopunctipennis* by habitat manipulation: the role of filamentous algae. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 2004;271:2161-2169.
22. Russell PF, West LS, Manwell RD, MacDonald G. Practical malariology. 2nd ed. London: Oxford University Press 1963, 750.
23. Lansang MAD, Belizario VY, Bustos MDG, Saul A, Aguirre A. Risk factors for infection with malaria in a low endemic community in Bataan, the Phillippines. *Acta Trop* 1997;63:257-265.
24. Nelson KE, Williams CM, Graham NMH. Infectious disease epidemiology: theory and practice. Boston: Jones & Barlett Publ 2004:693-695.
25. Hall TF. The influence of plants on anopheline breeding. *Am J Trop Med Hyg* 1972;21:787-794.
26. Hess AD. Ecological management of malaria vectors. *Bull Soc Vect Ecol* 1984;9:23-26.
27. Orr BK, Resh VH. Experimental test of the influence of aquatic macrophyte cover on the survival of *Anopheles* larvae. *J Am Mosq Control Assoc* 1989;5:579-585.
28. Orr BK, Resh VH. Influence of *Myriophyllum aquaticum* cover on *Anopheles* mosquito abundance, oviposition, and larval microhabitat. *Oecologia* 1992;90:474-482.
29. Rejmánková E, Higashi R, Grieco J, Achee N, Roberts D. Volatile substances from larval habitats mediate species-specific oviposition in *Anopheles* mosquitoes. *J Med Entomol* 2005;42:95-103.
30. Bond JG, Arredondo-Jiménez JI, Rodriguez MH, Quiroz-Martínez H, Williams T. Oviposition habitat selection for a predator refuge and food source in a mosquito. *Ecol Entomol* 2005;30:255-263.
31. Pulliam RH, Danielson BJ. Sources, sinks, and habitat selection: a landscape perspective on population dynamics. *Am Nat* 1991;137:51-66.
32. Eldridge BF. Mosquitoes, the Culicidae. En: Marquardt (ed.): *Biology of disease vectors*. USA: Elsevier Academic Press 2005:95-112.
33. Service MW. Mosquito ecology: field sampling methods. 2nd ed. London: Chapman & Hall 1993, 954.
34. Southwood TRE, Henderson PA. Ecological methods. 3rd ed. Oxford, UK: Blackwell Science 2000, 575.
35. Tatem AJ, Simon IH, Rogers DJ. Global traffic and disease vector dispersal. *PNAS* 2006;103:6242-6247.
36. United Nations. International decade for natural disasters reduction. Forty-Fourth Session of the General Assembly. Resolution 44/236. New York: United Nations 1989.
37. WHO, European Regional Office. Emergency Preparedness & Response Programm. ERO/EPR/90. Copenhagen: WHO, European Regional Office 1990.
38. WHO, Climate change and human health-risk and responses 2003.
39. WHO, Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change, 2003.

Vigilancia entomológica

Mauricio Casas Martínez,
Guillermo Bond Compeán,
Cuauhtémoc Villarreal Treviño,
Armando Ulloa García

La participación de los entomólogos en un programa de prevención y control de paludismo es indispensable cuando las medidas de control dirigidas hacia los vectores parecen no funcionar y por tanto el número de casos se incrementa mucho. En esta situación, las brigadas de entomología deben proporcionar información actual sobre la diversidad y distribución geográfica de los vectores, sobre su fluctuación poblacional, grado de susceptibilidad a insecticidas, así como sobre la calidad y efectividad de las operaciones antivectoriales que se realizan en los ámbitos local y regional.¹

En este contexto, la vigilancia entomológica, como componente fundamental de la salud pública, debe responder las preguntas y satisfacer las necesidades prácticas para la prevención y el control de las enfermedades transmitidas por vector mediante la vigilancia regular, sistematizada y sostenida de las poblaciones de vectores de paludismo. Esto se realiza con la finalidad de orientar las acciones y decisiones relacionadas con las estrategias de intervención más adecuadas, a partir de los resultados que se derivan de las evaluaciones entomológicas.

Por lo anterior, este capítulo tiene como propósito describir los métodos y las técnicas entomológicas más utilizadas en el estudio de los vectores de paludismo en México y América

Central. Al mismo tiempo, se proponen algunos criterios estándar para que la información entomológica obtenida en campo pueda compararse de modo espacial y temporal.

Metodología para el muestreo de poblaciones de larvas y pupas

Las recolecciones de estados inmaduros son un aspecto muy importante para los programas de vigilancia de mosquitos debido a que son necesarias a fin de predecir la producción de adultos, determinar la temporada óptima para la implementación de las medidas de control larvario, así como para evaluar la eficacia de las medidas de control.²

La vigilancia larvaria (pesquisa) proporciona un panorama más completo y exacto de la ubicación y características de los criaderos de mosquitos, al evaluar cuáles son los más productivos, cuál es la distribución de las especies, su densidad y ocurrencia estacional. Además, es un elemento clave en los sistemas de vigilancia para la detección de resistencia a insecticidas en los mosquitos adultos;³ esto sucede debido a la exposición de las poblaciones larvarias a los plaguicidas de uso agrícola que son arrastrados a los criaderos a través de los cauces de ríos y arroyos o la lixiviación de los suelos por efecto de la lluvia.

Objetivos del muestreo de larvas y pupas

- Caracterizar y determinar la productividad de los criaderos en función de la cantidad de larvas por especies de mosquito.
- Conocer la bionomía y el comportamiento de los mosquitos en el área de transmisión.
- Determinar la distribución geográfica de las especies y los tipos de criaderos de los diferentes vectores en las localidades de estudio, así como su establecimiento en áreas nuevas.
- Evaluar el impacto de las estrategias de control sobre las poblaciones de larvas y adultos.
- Evaluar la dinámica espacio-temporal de formación y establecimiento de los criaderos y sus poblaciones larvarias.
- Recolectar material biológico para estudios de laboratorio y para el establecimiento de colonias de laboratorio con fines de investigación.

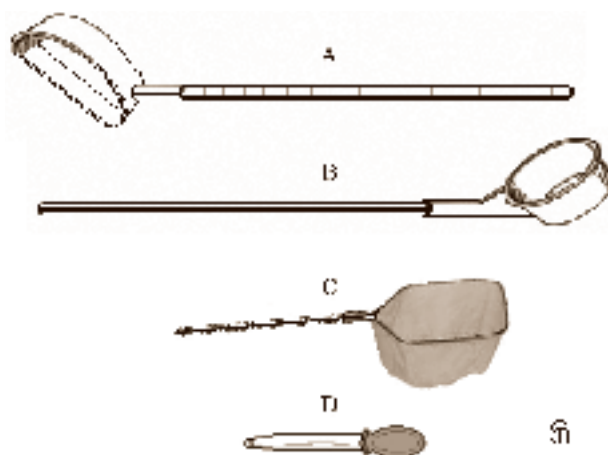
Métodos de recolección de larvas y pupas

Las herramientas básicas requeridas para las colectas larvarias son caladores, pipetas o goteros de plástico (3 ml), bolsas de plástico tipo Whirl Pack, etiquetas adheribles, *masking tape*, marcadores de tinta indeleble, botas, charolas blancas, termos o hieleras y formatos de registro.

El primer paso para realizar estudios de recolección de larvas es elaborar un croquis o mapa de la localidad en el cual se describan la localización y distribución de los criaderos por tipos. Estos mapas pueden incluir características geográficas (georreferenciación), epidemiológicas y demográficas del lugar con la finalidad de apoyar los programas de control de mosquitos.

Existen varias técnicas para la colecta de larvas de mosquitos; sin embargo, en la práctica, las más usadas son caladores, redes, y succionadores (figura 1).

Figura 1 Diferentes tipos de herramientas entomológicas para las recolecciones de larvas de mosquito: A, calador de borde plano de 500 ml de capacidad y mango de 1.20 m (INSP/CRISP); B, calador redondo de 350 ml; C, redes entomológicas; D, succionadores (axilas de plantas, huecos de árbol, oquedades de roca, llantas, tanques, floreros, etc.)



Uso de calador

Larvas/calado

El calador es la herramienta de colecta para larvas y pupas que más se usa en todo el mundo. Los caladores varían en forma y tamaño, pero su color debe ser blanco para facilitar la detección de las larvas y pupas. En el INSP/CRISP se usaron caladores ovalados con un borde plano con capacidad de 500 ml (figura 1A). El número de calados (tamaño de muestra) a realizar en cada criadero depende del tamaño de éste y de la abundancia larvaria inicial. En el caso de *Anopheles albimanus*, el número de calados para el muestreo se definió en estudios previos y se basa en la ley de poder de Taylor.⁴⁻⁶ Este modelo ajusta el tamaño de la muestra en función de la distribución espacial (agregada) de las larvas en los criaderos.⁷ El procedimiento consiste en hacer cinco calados iniciales y determinar el promedio de larvas por calado; según la abundancia promedio, el número total de muestras (calados) a realizar se estimaría de acuerdo con el cuadro I.

Cuadro I

Tamaño de muestra a realizar para cada criadero (anofelinos en general, excepto *An. pseudopunctipennis*) de acuerdo con la abundancia promedio de larvas en los primeros cinco calados

Promedio de larvas en cinco calados	Número de calados
< 2	30
2 – 5	20
5 – 20	15
20 – 50	10
> 50	5

Un ejemplo de cómo se estima el número de calados es el siguiente: si se supone que al tomar cinco calados se obtiene un total de 40 larvas, entonces al estimar la abundancia de larvas promedio ésta correspondería a 8 larvas/calado. En el cuadro I se observa que dicho promedio entra en la categoría de 5-20 larvas/calado y por tanto el número de calados a realizar correspondería a un total de 15. Por tal razón, con los cinco calados iniciales que ya se realizaron, restarían por tomarse 10 calados más. En el caso de que el promedio de larvas de los primeros cinco calados sea mayor de 50 larvas/calado, los cinco calados iniciales serían suficientes y entonces la recolección concluiría.

En el caso de *An. pseudopunctipennis*, debido a que sus criaderos son más pequeños que los de *An. albimanus*, el número de calados necesario se modificó y se determina con base en la información presentada en el cuadro II.⁸

Consideraciones generales para la colecta de larvas por calados

- La distribución espacial de las larvas en los criaderos no es al azar ni uniforme ya que por lo general se concentran de manera agregada en la vegetación o alrededor de los bordes o diferentes objetos flotantes en el criadero.⁹ Por ello, los muestreos se deben dirigir a los lugares de concentración de las larvas.
- Debido a los patrones estacionales (sobre todo el de lluvias), los criaderos varían en tamaño y forma, por lo que es imposible estandarizar un tamaño por criadero.
- En general, los calados se toman al raspar la superficie del agua, con lo que se forma un ángulo aproximado de 45 grados.

- Se deben hacer calados en varios puntos en donde se concentren las larvas de forma que la muestra sea representativa del área total, excepto en agua sin vegetación.
- Se debe calar de frente al sol para evitar que la proyección de la sombra del recolector provoque que las larvas se sumerjan en el criadero.
- El calado se debe realizar de manera firme y decidida.
- El agua recolectada se puede examinar de manera directa en el calador, pero de preferencia se vacía en una charola blanca que facilite la detección y el conteo de las larvas y pupas.

Los resultados no se deben expresar en función de la densidad larvaria por el área total del criadero debido a que los muestreos se realizan en ciertas zonas y no en todo el cuerpo de agua.

Las larvas y pupas se recolectan, registran y depositan en bolsas tipo Whirl-Pack y se transportan en hieleras con agua hacia el laboratorio para su posterior identificación.

Los resultados de la pesquisa larvaria se expresan en número de larvas/calado, o en función del índice larvario absoluto (ILA) y los índices larvarios de estadios juveniles (ILEJ) y maduros (ILEM), mediante el empleo de las siguientes fórmulas:

$$ILA = \frac{I + II + III + IV + P}{\text{núm. calados}} \times 100$$

$$ILEJ = \frac{I + II}{\text{núm. calados}} \times 100$$

$$ILEM = \frac{III + IV + P}{\text{núm. calados}} \times 100$$

Cuadro II

Número de calados a realizar para los criaderos de *An. pseudopunctipennis* de acuerdo con la abundancia promedio de larvas en los primeros cinco calados

Promedio de larvas en cinco calados	Número de calados
0 – 5	20
5 – 20	15
20 – 50	10
> 50	5

Métodos de recolección de mosquitos adultos

El muestreo de mosquitos adultos es importante en estudios epidemiológicos, así como en las evaluaciones de los programas de control vectorial. En el contexto entomológico, la característica más importante para determinar el papel de los mosquitos anofelinos en la transmisión del paludismo es la selección de hospederos. La mayoría de los vectores primarios corresponde a especies que presentan hábitos endofílicos y preferencias antropofágicas, es decir, en su comportamiento de reposo y alimentación prefieren alimentarse de hospederos humanos. Los insectos hematófagos usan diferentes estrategias para localizar el alimento, como efectos de luz, el olor de los hospederos que provoca el CO₂, vapor de agua, el ácido láctico o sus productos de oxidación (moléculas muy comunes en el sudor humano), además del calor del cuerpo humano.¹⁰

Entre las primeras consideraciones en un plan de muestreo está decidir qué tipo de información es necesaria o qué tipo de material biológico es requerido, a partir de los cuales se derivan diversos propósitos para efectuar las colectas; por ejemplo:

- Conocer las especies presentes en diferentes áreas.
- Determinar la abundancia relativa de las especies.
- Evaluar medidas de control vectorial.
- Determinar el patrón o hábito de alimentación de los vectores.
- Incriminar vectores.
- Determinar la estructura de edad de las poblaciones.
- Determinar la sobrevivencia de la población.
- Recolectar especímenes para el establecimiento de colonias para la cría masiva de insectos.
- Vigilar la resistencia a insecticidas.
- Conocer la frecuencia del contacto vector-hombre.

Una vez que los objetivos se definan, es posible seleccionar las técnicas o metodologías apropiadas para el muestreo de las poblaciones de mosquitos en campo. Para ello existen diferentes tipos de técnicas entomológicas, de los cuales aquí sólo se describen los que se utilizan con mucho éxito y que responden a las necesidades de investigación sobre la bionomía de los vectores de paludismo.

Método de recolección en cebo humano

Las poblaciones de mosquitos con alta especialización en la atracción y selección por hospederos humanos participan de manera importante en la transmisión del paludismo.¹¹ Esto se debe a que la eficiencia y dinámica con la cual los mosquitos vectores transmiten el agente causal de la enfermedad tienen relación directa con la existencia de un íntimo contacto con el humano.¹¹⁻¹⁴ Por tal razón, la capacidad vectorial de dos especies de anofelinos puede determinarse por las diferencias en el grado de preferencia por los humanos o por alimentarse dentro o fuera de las casas.^{15,16}

La mejor forma de estimar el grado de contacto vector-hombre, abundancia y tasa de paridad es recolectar mosquitos con la técnica de cebo humano.⁹ Esta considera que los mosquitos son atraídos por el humano, por lo que las colectas pueden realizarse de manera directa. Para ello, el recolector necesita exponer parte de su cuerpo, por lo regular una porción de sus piernas (desde los pies hasta la rodilla), para atraer a los mosquitos. Con la ayuda de una linterna de mano y un succionador bucal, el recolector capturará los mosquitos que lleguen a posarse sobre sus piernas durante los periodos establecidos de colecta (intervalos de una hora, con 50 minutos de captura y 10 minutos de descanso). Esta técnica se emplea por lo general para muestreos de poblaciones de especies que tienen actividad nocturna, como los mosquitos del género *Anopheles* y *Culex*; sin embargo, puede aplicarse con otros géneros como *Aedes* y *Ochlerotatus*, que presentan actividad diurna (figura 2).

En algunos estudios se protege al recolector de las picaduras de los mosquitos, para lo cual se evita su exposición directa mediante una trampa cortina de tamaño suficiente para colocar en su interior un catre. La persona puede permanecer acostada o dormida en el mismo y protegida por una barrera física (pabellón) durante el periodo de colecta. En este caso, una segunda persona ingresa a la trampa y realiza la captura de mosquitos. Estas trampas se ubican fuera de las casas en la temporada de secas o dentro de una casa experimental construida sólo con techo y sin paredes para llevar a cabo las recolecciones en la estación de lluvias.

Según el propósito del estudio, los recolectores podrán ubicarse dentro o fuera de las casas por periodos definidos.

Figura 2 Técnica de cebo humano para la recolección de mosquitos



Las personas podrán rotarse durante el periodo de colecta para evitar los sesgos por las diferencias en la atracción de los mosquitos. Por ejemplo, existen estudios que requieren investigar el comportamiento de picadura de las poblaciones de mosquitos y, por tanto, necesitan periodos de 24 horas de captura, pero cuando es innecesario este tipo de información, el periodo de captura puede reducirse a sólo algunas horas (12 o 6), correspondientes al horario de mayor actividad de picadura de las hembras de la especie en estudio.

Para mayor éxito en las colectas, la persona encargada debe abstenerse de usar algún tipo de repelente y evitar los sitios de colecta en donde hay humo, ya que en las comunidades rurales es común que al caer la tarde los habitantes realicen actividades de quema de basura o leña que genera humo “para mitigar la molestia de los mosquitos”.

En fechas recientes el uso de esta técnica se ha restringido por razones éticas, porque se considera de alto riesgo para los colectores dado que podrían infectarse, es incómoda e incrementa los costos operativos.¹⁷ En consecuencia, esta técnica debe implementarse siempre y cuando las personas proporcionen su consentimiento para realizar dicha actividad y aceptar una dosis profiláctica de medicamento antipalúdico.

Los datos obtenidos mediante esta técnica de colecta se expresan según sea el propósito del estudio. La información se puede registrar ya sea por hora o por noche, para cada sitio de colecta (intra o peridomiciliaria) o por estación del año (seca o lluviosa).

$\text{Mosquitos/hombre/hora} = \text{total de mosquitos} / \text{núm. de recolectores} / \text{total de horas}$

$\text{Mosquitos/hombre/noche} = \text{total de mosquitos} / \text{núm. de recolectores} / \text{total de noches}$

Método de colecta de mosquitos en reposo intra o peridomiciliario

En ocasiones, los estudios entomológicos requieren datos sobre los hábitos diurnos de los mosquitos que permitan orientar las medidas de control de adultos. Al respecto, es conveniente conocer dónde se resguardan los vectores durante el día para protegerse de sus depredadores y de las condiciones adversas de temperatura y humedad. Por tal motivo se sugiere llevar a cabo búsquedas de mosquitos en reposo dentro de las viviendas y en los refugios naturales.

Mosquitos que reposan en superficies intradomiciliarias

Es recomendable realizar esta actividad en el interior de las viviendas y, de preferencia, durante las primeras horas de la mañana (por ejemplo de 08:00 a 10:00 horas). En este caso el personal técnico, después de solicitar al jefe de la familia la autorización para ingresar al domicilio, inicia la búsqueda y recolección de los mosquitos con el apoyo de un succionador bucal y una lámpara de mano (figura 3).

Esta evaluación entomológica tiene como finalidad obtener datos sobre los hábitos y sitios preferidos de reposo intradomiciliario de los mosquitos transmisores de paludismo.^{18,19}

Mientras realiza la inspección de las casas el entomólogo puede registrar los datos individuales de cada mosquito recolectado:

- Especie.
- Sexo.
- Estado fisiológico (sin sangre, con sangre o grávido).

Figura 3 Recolección de mosquitos en reposo intradomiciliario

- Superficie de reposo (pared, techo u otra).
- Altura de reposo.
- Número de la casa.
- Nombre de la familia.
- Número de habitantes.
- Materiales de construcción.

Se pueden obtener otros datos adicionales en el laboratorio, como apariencia abdominal, estado de paridad y edad fisiológica de las hembras. En ocasiones, los mosquitos con sangre se someten a análisis del contenido estomacal para determinar las fuentes de alimentación sanguínea y de ese modo conocer las preferencias de hospederos de la población de mosquitos *Anopheles* presentes en el área de estudio.

Mosquitos que reposan en refugios naturales

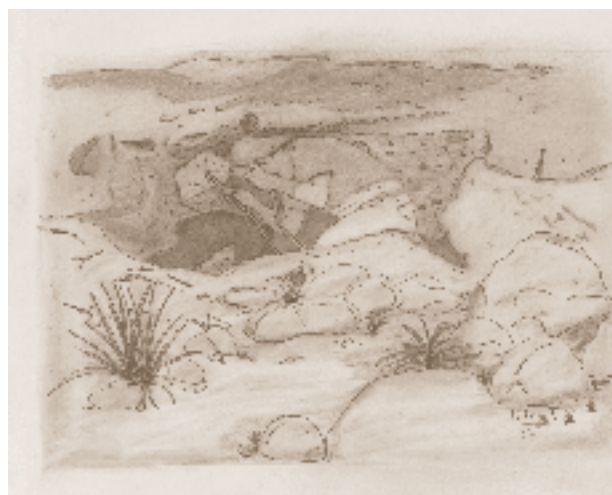
La actividad se desarrolla en el horario de 8:00 a 10:00 horas. Esta consiste en la búsqueda y colecta de los mosquitos que reposan en los sitios escondidos, oscuros y húmedos de los alrededores de una localidad. Se recomienda un equipo de dos técnicos provistos de linternas de mano y

aspiradores bucales para capturar los anofelinos presentes en los refugios. El personal de campo tiene que localizar e inspeccionar los refugios naturales (huecos de árboles, cuevas, troncos caídos, hoyos de rocas, etc.) cercanos a la comunidad de estudio, y ubicarlos en su croquis para facilitar las recolecciones posteriores (figura 4)

La búsqueda de mosquitos que reposan en refugios naturales corresponde a alguna de las siguientes razones:

- Cuando se requieren hembras alimentadas para la obtención de huevos e iniciar una colonia de mosquitos en el laboratorio.
- Para obtener muestras del contenido estomacal de las hembras con sangre para el análisis de la fuente de alimentación (hospedero).
- Para detectar mosquitos infectados con *Plasmodium* por medio de la disección de glándulas salivales, métodos inmunológicos o técnicas moleculares.

Los datos que se registran corresponden al tipo de refugio, número de mosquitos recolectados por especie, sexo y estado trófico.

Figura 4 Recolección de mosquitos en refugios naturales

Mosquitos que reposan en corrales

Los corrales de animales domésticos (establos, gallineros, etc.) constituyen una atractiva fuente de alimento para muchas especies de mosquitos zoofágicos debido a la importante concentración de hospederos que representan, por lo que se consideran sitios estratégicos para el muestreo de la comunidad de especies y las colectas masivas de mosquitos.

Los corrales ofrecen una doble oportunidad para recolectar material biológico para distintos propósitos entomológicos:

1. Mosquitos sin sangre (no alimentados):
 - Estimación de la diversidad de especies.
 - Estudios de rango de vuelo y dispersión.
 - Estructura de edad de la población.
 - Estimación del tamaño de la población.
2. Mosquitos con sangre (alimentados):
 - Estudios sobre el ciclo gonotrófico de las hembras.
 - Pruebas biológicas de contacto para la evaluación de insecticidas.
 - Pruebas de susceptibilidad a insecticidas.
 - Obtención de pie de cría para colonias de laboratorio.

Antes de llevar a cabo las colectas de mosquitos en corrales, se sugiere conocer el patrón de picadura de la especie de mosquitos que se pretende recolectar. Se documenta que la actividad máxima de picadura de los tres principales vectores de paludismo en México, *An. albimanus*, *An. pseudopunctipennis* y *An. vestitipennis*, ocurre entre las 18:00 y las 24:00 horas. Por tanto, las colectas realizadas en corrales durante la primera mitad de la noche serán más abundantes y exitosas.²⁰

Los recolectores deben registrar los datos de manera estandarizada para hacer comparaciones posteriores. Para el efecto, cada hora se deben contabilizar los mosquitos recolectados por especie y estado trófico, así como el registro de las condiciones meteorológicas a lo largo del horario de la colecta. Además, se puede incluir el registro del tipo de hospedero y el número de animales concentrados en el corral.

Trampa cortina con cebo animal

Esta técnica se recomienda para estudiar la dinámica poblacional de los vectores de paludismo. Consiste en una

trampa cortina cebada con animales y/o humanos según sea el propósito del estudio.²¹ El uso de esta técnica se basa en que el tipo de hospedero (animal y/o humano) determina la diversidad y la abundancia de las poblaciones de mosquitos según sean las preferencias innatas en la selección de fuentes de alimentación sanguínea, que definen al mosquito como antropofágicos o zoofágicos.^{22,23}

La trampa cortina puede confeccionarse con tela mosquitera, cuyas dimensiones dependen del tipo de animal que se desee usar como cebo; la de 3 m x 3 m x 2.5 metros es adecuada para el uso en caballos y ganado vacuno, puesto que le permite al animal tener movilidad en el interior de la trampa. Es pertinente comprobar que el animal que servirá de cebo sea dócil para que permita la entrada del recolector a la trampa, donde habrá de realizar las capturas de mosquitos sobre las paredes interiores de la cortina (figura 5).

Este tipo de trampa es muy efectivo en la zona del pie de la montaña y del plano costero de Chiapas, con el fin de recolectar las siguientes especies: *An. pseudopunctipennis*, *An. albimanus* y *An. vestitipennis*^{21,24} así como para el muestreo de otros géneros de mosquitos transmisores de arbovirus como *Culex*, *Mansonia* y *Ochlerotatus*.

El uso de la trampa cortina con cebo animal sirve para recabar información sobre la selección de hospederos y la preferencia alimenticia de algunas especies de mosquitos, al comparar de forma experimental series repetidas de trampas cortinas con diferentes tipos de animales expuestos

Figura 5 Recolección de mosquitos en trampa cortina con cebo animal



como cebos.²⁵ Las capturas de mosquitos con esta técnica permitieron documentar posibles respuestas a las conductas innatas de la selección y preferencia de hospederos de *An. albimanus* y *An. vestitipennis* cuando retornan al mismo o a diferente hospedero después de haberse marcado, liberado y recapturado en el mismo sitio de captura.^{24,26}

Trampa cortina o cortina colombiana (Elliott modificada)

Este tipo de trampa consiste en rodear el exterior de una casa, de techo a piso, con una cortina confeccionada con malla mosquitera de poliéster y algodón,²⁷ la cual permanece fija durante el desarrollo del trabajo nocturno (figura 6) con la finalidad de estudiar los movimientos de entrada y salida, tiempo de permanencia y éxito alimenticio de los mosquitos que son atraídos hacia las viviendas humanas.^{27,28}

Para llevar a cabo este análisis, la cortina debe colocarse antes de que la población de mosquitos *Anopheles* inicie su actividad (18:00 horas). Durante las siguientes tres horas (de 18:00 a 21:00 horas), dos técnicos recolectan los mosquitos que llegan a posarse sobre la superficie exterior de la malla con ayuda de una linterna de mano y un aspirador manual, durante los últimos 15 minutos de cada hora (figura 7). Los datos meteorológicos y entomológicos se registran en los formatos correspondientes, mientras que las hembras recolectadas sin sangre se cuantifican y concentran en con-

Figura 6 Trampa cortina o cortina colombiana



Figura 7 Recolección de mosquitos en el exterior de la cortina



tenedores cubiertos con malla mosquitera sujeta con ligas. A las 21:00 horas las hembras se liberan en el interior de la vivienda, donde se colocan dos técnicos que actúan como hospederos. Entre las 22:00 y las 06:00 horas, durante los 15 minutos finales de cada hora, se revisa el lado interior de la cortina para recapturar a las hembras alimentadas y no alimentadas que se encuentren posadas sobre la superficie de la malla mosquitera con la intención de abandonar el lugar. Las hembras se separan y concentran por hora en vasos de plástico cubiertos de malla mosquitera y etiquetados como corresponda. Asimismo, se continúa con la colecta y el registro de las hembras que lleguen al lado externo de la cortina hasta las 06:00 horas. Para finalizar la actividad, se procede a la búsqueda final de mosquitos en el interior de la vivienda para cuantificarlos de acuerdo con su estado trófico.^{19,28}

Todos los mosquitos recapturados se mantienen durante 24 horas en algodones humedecidos con solución azucarada al 10% para determinar el porcentaje de mortalidad al término de este periodo. Los datos de mortalidad proporcionan indicios sobre la proporción de mosquitos que quizás estuvo en contacto con superficies rociadas con insecticidas residuales.²⁷

En ocasiones, es importante conocer y relacionar los niveles de abundancia con la estructura de la población

de mosquitos para entender la dinámica de transmisión o evaluar el impacto de una medida de control sobre los adultos de una especie particular de vectores. Por lo anterior, es necesaria la disección de ovarios de por lo menos 10 hembras de las que llegaron a la superficie exterior de la cortina en cada hora para determinar el porcentaje de paridad.²⁹

Trampas de luz

Ante las desventajas técnicas del uso de cebos humanos para la colecta de mosquitos, se evaluaron diversas técnicas alternativas como: trampas de luz ultravioleta (UV), trampas cortinas cebadas con animales, colectas de mosquitos en reposo, y combinaciones de éstas adicionadas con atrayentes químicos.

En los muestreos de campo, las trampas de luz UV se ubican fuera o dentro de las casas, de preferencia en lugares no iluminados y lejos de corrales de animales. Las trampas de luz se deben colocar de tal manera que permanezcan suspendidas a una altura aproximada de 0.5 metros sobre el suelo, durante el periodo que se desea mantener encendida la trampa (figura 8). Las revisiones de las trampas de luz dependen del intervalo de muestreo nocturno que el recolector predetermine, y podrá variar entre 1, 3, 6 y 12 horas.

Se recomienda reportar los datos registrados, como el número de mosquitos por trampa de luz por hora, noche y sitio (intra o peridomiciliario):³⁰

Mosquitos/trampa/hora = total de mosquitos/núm. de trampas/total de horas

Mosquitos/trampa/noche = total de mosquitos/núm. de trampas/total de noches

Mosquitos/hombre/sitio = total de mosquitos/núm. de trampas/total de casas

Las trampas de luz no atraen por igual a todas las especies de mosquitos. En América este método resultó ineficiente para coleccionar *An. nuñeztovari*¹⁷ y *An. pseudopunctipennis*,²¹ pero muy exitoso respecto de *An. albimanus*, *An. vestitipennis*, *An. punctimacula* y *An. crucians*.^{24,30-32} Diversos estudios apoyan el uso de trampas de luz para evaluar diferentes parámetros entomológicos de una población de mosquitos como tasa de sobrevivencia, longevidad, tasa de esporozoíto, así como su utilidad para evaluar el efecto de las medidas de control vectorial. Las trampas de luz tienen ventajas adicionales sobre los métodos convencionales de captura, puesto que se reducen los gastos por el empleo de recursos humanos, ya que con sólo dos personas es posible instalar y vigilar cada semana cuando menos 14 comunidades mediante el empleo de cuatro trampas por comunidad. Asimismo, el uso de trampas de luz evita el riesgo de que el personal adquiera infecciones por arbovirus.^{30,32}

En el Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP) se pusieron en práctica con mucho éxito las colectas con trampas de luz UV con flujo de succión ascendente para el muestreo de poblaciones de vectores. Con este tipo de trampas se obtiene información sobre la dinámica estacional de *An. albimanus*³² y sobre la abundancia y estructura de edad de poblaciones de *An. albimanus* por medio de colectas simultáneas de trampas de luz UV.³⁰ Las trampas de luz UV poseen la misma efectividad que la técnica del cebo humano para estimar diversos parámetros entomológicos de la especie *An. albimanus* como la abundancia y la tasa de paridad.

En la actualidad, con la emergencia del virus del oeste del Nilo (VON) en América, la trampa de luz empieza a ser una herramienta importante para el muestreo masivo de mosquitos del género *Culex*. Sin embargo, para la vigilancia de poblaciones de *Aedes*, las trampas de luz no son un método de recolección recomendable; su desventaja es la captura abundante de insectos pertenecientes a otros órdenes que con frecuencia no se utilizan y dificultan la cuantificación de los mosquitos recolectados.

Figura 8 Trampa de luz intradomiciliaria

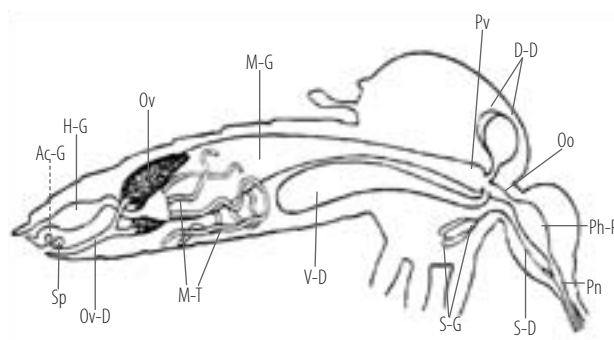


Disección de ovarios, estómagos, glándulas salivales y espermatecas

En la sección dorsal del cuerpo se encuentra el sistema circulatorio; éste es abierto y consta de un tubo largo llamado *vaso sanguíneo dorsal*, el cual se divide en corazón y aorta. La sección que corresponde al abdomen se llama *corazón*, y presenta pequeñas válvulas (ostias) por donde entra la hemolinfa. En el corazón continúa la aorta, que no tiene ostias; su parte posterior está cerrada, y la parte anterior, abierta. La función del vaso sanguíneo dorsal es bombear la hemolinfa hacia la parte frontal del insecto, es decir el cerebro. En la parte central se encuentra el sistema digestivo, compuesto de un tubo largo que tiene tres secciones: intestino anterior (estomodeo), medio (mesenterón) y posterior (proctodeo); el intestino anterior presenta tres estructuras a manera de bolsa llamadas *divertículos*, dos dorsales, pequeños y circulares, y uno dorsal, que es largo y delgado, y funcionan como almacén de néctar de flores, jugos de frutas y agua. En la unión del mesenterón y el proctodeo, nace una serie de hebras en forma de túbulos delgados que se proyectan en el hemoceloma; éstas se conocen como *túbulos de Malpighi*, y su función es mantener las condiciones estables en el interior del insecto (homeostasis), ya que se encargan de la detoxificación de sustancias nocivas, la eliminación de sales y la excreción de desechos nitrogenados; además, en algunos casos, del exceso de agua. El sistema nervioso se encuentra en la parte inferior del insecto y lo forma el cordón nervioso ventral que se inicia con inervaciones con el cerebro, corre a lo largo de la parte ventral y llega hasta la parte terminal, donde se conecta con estructuras sensoriales especializadas. Las glándulas salivales se localizan en la parte superior del tórax y consisten en dos lóbulos laterales alargados y uno central más pequeño en forma redondeada, los cuales se unen mediante un conducto salival que desemboca en el orificio del conducto salival en la probóscide (figura 9).

Para valorar el riesgo epidemiológico vinculado con la transmisión de paludismo en la población de anofelinos y, al mismo tiempo, evaluar las medidas de control, se emplean los métodos de Detinova (1962)³³ y Polovodova (1949)³⁴ para determinar la estructura de las poblaciones de vectores, ya que se basan en ciertos cambios irreversibles ocurridos en los ovarios y que son de gran utilidad para estimar la edad fisiológica de los mosquitos.

Figura 9 Sección longitudinal de una hembra de mosquito en la que se observan los sistemas digestivo y reproductor. Ac-G, glándula accesoria; H-G, intestino posterior; Ov, oviducto; M-G, intestino medio; Pv, proventrículo; D-D, divertículos dorsales; Oe, esófago; Ph-P, bomba faringal; Ph, faringe; S-D, conducto salival; S-G, glándulas salivales; V-D, divertículo dorsal; M-T, tubos de Malpighi; Ov-D, oviducto común; Sp, espermateca



Disección de ovarios

Las hembras presentan un par de ovarios en la parte caudal del abdomen constituidos por subunidades llamadas *ovariolas*. Cada ovariola produce un huevo, aunque algunas nunca llegan a hacerlo. Los ovarios constituyen una estructura útil para determinar la edad fisiológica de las hembras de *Anopheles*.

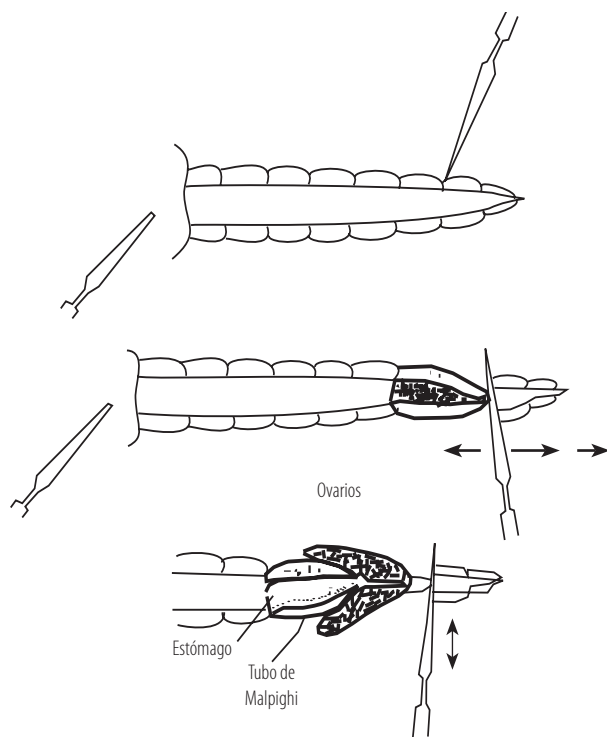
Procedimiento

La hembra anestesiada se dispone sobre el portaobjeto y, a través del microscopio, se coloca una aguja sobre el abdomen y con otra se estiran los últimos segmentos abdominales hasta desprenderlos del abdomen; junto a los segmentos desprendidos se observa el par de ovarios (figura 10).

Obtención de ovariolas

Para determinar la edad fisiológica de la hembra se requiere analizar las ovariolas; esto se logra cuando se disecan los ovarios y luego, con ayuda de unas agujas finas, se separan con cuidado las ovariolas (figura 11). Existen dos métodos de obtención de la edad fisiológica, el de Detinova³² y el de Polovodova.³³

Figura 10 Técnica para la disección de ovarios



Método de Detinova

El método consiste en realizar la disección de los dos ovarios y observar las traqueolas que los rodean. En la hembra nulípara se presentan las traqueolas enrolladas, mientras que en las paridas se observan distendidas (figura 12). En este método no se conoce el número de dilataciones, sólo se puede saber si la hembra es nulípara o parida.

Método de Polovodova

Consiste en extraer cada ovariola sobre un portaobjeto con solución salina sobre el microscopio compuesto y observar el pedúnculo en busca de dilataciones. En teoría, una dilatación corresponde a una ovipositora. Cada vector presenta diferencias en sus estructuras reproductivas, pero en general se muestran cambios en la consistencia o morfología del pedúnculo. En la figura 13 se muestra la forma de realizar las disecciones y un ejemplo de las dilataciones.

Figura 11 Técnica para la disección de ovariolas⁹

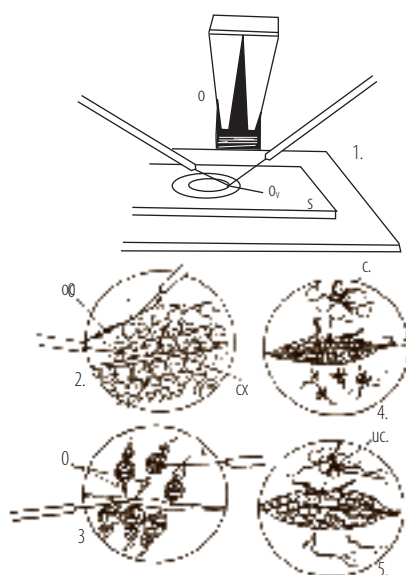


Figura 12 Apariencia de las traqueolas de ovarios para determinar si es nulípara o parida⁹

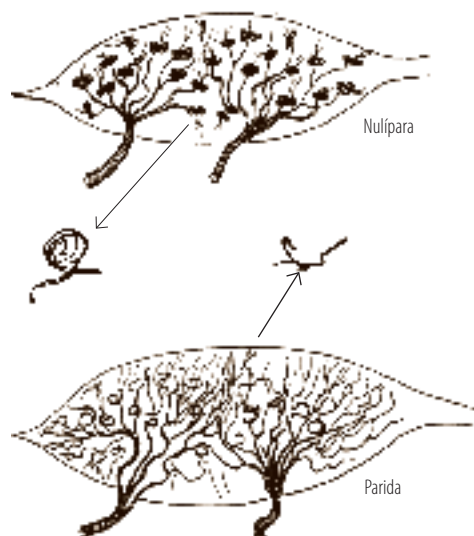
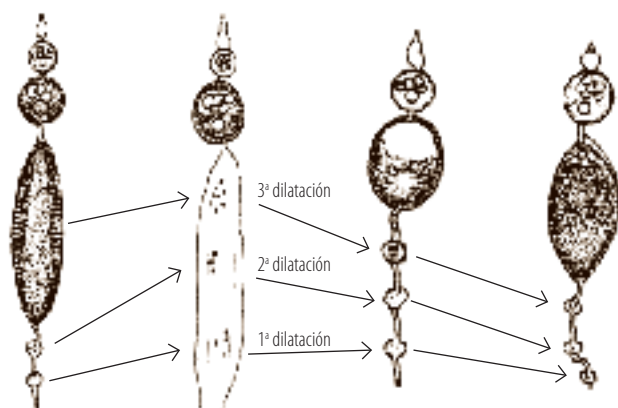


Figura 13 Apariencia de las ovariolas para determinar dilataciones

Estados de Christopher

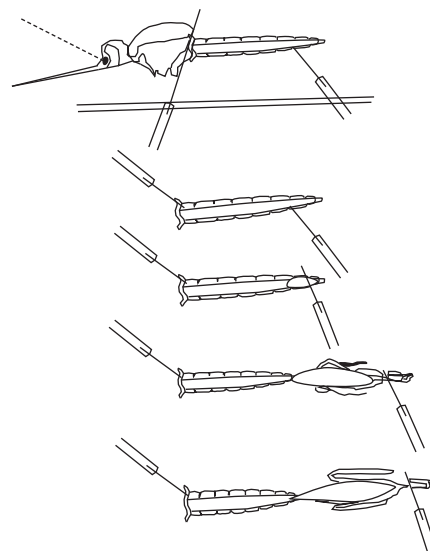
El desarrollo o formación del huevo se clasifica de acuerdo con una escala llamada *estados de Christopher*, la cual consta de cinco fases (figura 14).

Disección de estómagos

La disección de estómagos de *Anopheles* es útil al realizar diferentes estudios: de susceptibilidad a *Plasmodium vivax* para conocer el número de ooquistes presentes, en estudios moleculares cuando se investigan los mecanismos que intervienen en la interacción insecto-parásito, y en estudios de análisis ultraestructural mediante el microscopio electrónico.

Procedimiento

Después de anestesiarse a la hembra de *Anopheles*, se coloca sobre un portaobjeto en el microscopio óptico; con auxilio de agujas delgadas se sujeta con una mano la base del tórax, y con la otra se presionan los últimos segmentos abdominales y se extienden hasta romperlos. En ese momento se podrá observar el estómago, correspondiente en su mayor parte al mesenterón, rodeado de traqueolas y de los túbulos de Malpighi (figura 15).

Figura 14 Apariencia de los huevos según su estado de desarrollo**Figura 15** Técnica para la disección de estómago⁹

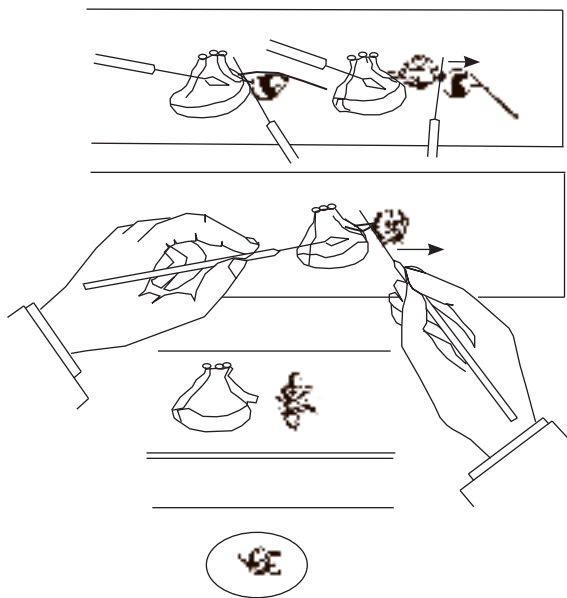
Disección de glándulas salivales

Las glándulas salivales se localizan en la base del tórax. Se componen de dos lóbulos laterales largos y delgados, y uno central redondo. En un principio, la disección de las glándulas se realizaba para determinar la tasa de infección de mosquitos con esporozoítos, pero ya no se aplica debido a las nuevas técnicas inmunológicas y moleculares. Los estudios actuales de glándulas salivales contienen un análisis genómico y proteómico, ya que éstas actúan como reguladores de infección.

Procedimiento

Las hembras se anestesian y, con ayuda de un microscopio óptico, se colocan de lado; se presiona un poco el tórax con una aguja de disección, mientras que con otra aguja se jala hasta obtener las glándulas salivales (figura 16).

Figura 16 Técnica para la disección de glándulas salivales⁹



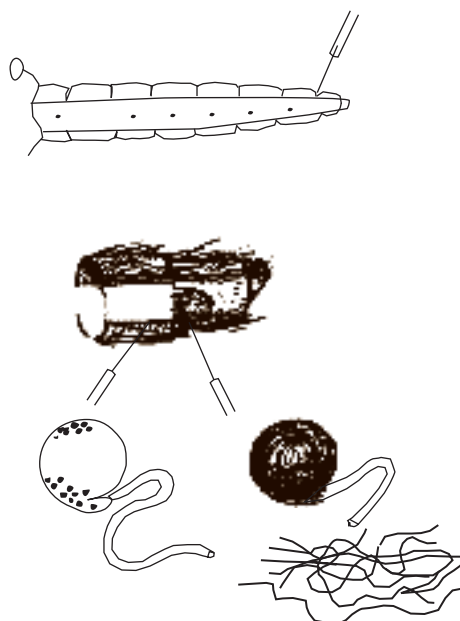
Disección de espermateca

El objetivo de la disección de la espermateca es determinar si la hembra está fecundada o no. Esto sirve cuando se estudia el comportamiento sexual de una especie y cuando se hacen trabajos de colonización en condiciones de insectario. El porcentaje de hembras inseminadas determina el porcentaje de huevos viables para la siguiente generación. También sirve para evaluar la efectividad del método con el fin de estimular sexualmente a la cópula en condiciones de insectario.

Procedimiento

Se anestesia a la hembra, se coloca debajo de un microscopio óptico, se sostiene con una aguja fina mientras con la otra se presiona el octavo segmento abdominal y se tira de éste (figura 17). La espermateca es redonda y cuando no está inseminada se ve transparente, u oscura si contiene espermatozoides.

Figura 17 Técnica para la disección de espermateca⁹



Presentación de resultados e informes técnicos

Los informes entomológicos deben contener las características siguientes:

1. Descripción de los objetivos y condiciones de trabajo, además de métodos y técnicas aplicadas.
2. Registro de resultados obtenidos en las colectas de campo o en los análisis de laboratorio.
3. Comentarios e interpretación de los datos.
4. Conclusiones y recomendaciones (en caso de requerirse).

Los comentarios y la discusión sobre los valores y el significado de los indicadores entomológicos o parámetros poblacionales se pueden apoyar con figuras, mientras que la interpretación se puede basar en la comparación de los datos obtenidos por diferentes métodos de recolección y la influencia de las condiciones ambientales antes y durante el registro de la información. Con base en el análisis integral de los datos registrados en campo y los resultados de las pruebas de laboratorio se podrá elaborar una mejor explicación al problema en estudio.

Referencias

1. Bochero H, Quiñones ML. Retos de la entomología médica para la vigilancia en salud pública en Colombia: reflexión para el caso de malaria. *Biomédica* 2008;28:18-24.
2. Driggers DP, Cranford HB, Parsons RE, Desrosiers RE, Kardatzke JT. Development and evaluation of the Army improved immature mosquito concentrator system. *Mosquito News* 1978;38:480-485.
3. Reed DE, Husbands RC. Integration of larval surveillance techniques in the operational program of the Fresno West-wide Mosquito Abatement District. *Proc Calif Mosq Cont Assoc* 1969;37:98-101.
4. Savage HM, Rejmánková E, Arredondo-Jiménez JI, Roberts DR, Rodríguez MH. Limnological and botanical characterization of larval habitats for two primary malarial vectors, *Anopheles pseudopunctipennis* and *Anopheles albimanus* in coastal areas of Chiapas State, Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1990;6:612-620.
5. Rejmánková E, Savage HM, Rodríguez MH, Roberts DR, Rejmanek M. Aquatic vegetation as a basis for classification of *Anopheles albimanus* Weidemann (Diptera: Culicidae) larval habitats. *Environ Entomol* 1992;21:598-603.
6. Rejmánková E, Savage HM, Roberts DR, Manguin S, Pope KO, Komárek J, Post RA. *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) and cyanobacteria: an example of larval habitat selection. *Environ Entomol* 1996;25:1058-1087.
7. Southwood TRE, Henderson PA. *Ecological Methods*, 3rd ed, Oxford, UK: Blackwell Science 2000.
8. Bond JG, Rojas JC, Arredondo-Jiménez JI, Quiroz-Martínez H, Valle J, Williams T. Population control of the malaria vector *Anopheles pseudopunctipennis* by habitat manipulation. *Proc R Soc B* 2004;271:2161-2169.
9. World Health Organization (WHO). *Manual on practical entomology in malaria. Part II, Methods and techniques*. Geneva: World Health Organization, WHO Offset Publication 13 1975b.
10. Lehane MJ. Vector insects and their control. En: *Olfaction in mosquito-host interactions*. John Wiley & Sons/Ciba Found Sym 1996;200.
11. Rodríguez MH, Chávez B, Hernández-Ávila JE, Orozco A, Arredondo-Jiménez JI. Description and morphometric analysis of the eggs of *Anopheles vestitipennis* (Diptera: Culicidae) from southern México. *J. Med. Entomol.* 1999;36:78-87.
12. Hess AD, Hayes RO, Tempelis CH. The use of the forage ratio technique in mosquito host preference studies. *Mosq News* 1968;28:386-389.
13. Fernández-Salas I, Roberts DR, Rodríguez MH, Rodríguez MC, Marina-Fernández CF. Host selection patterns of *Anopheles pseudopunctipennis* under insecticide spraying situations in southern Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1993;9:375-384.
14. Bown ND, Nelson M. *Anopheline vectors of human Plasmodia*. Parasitic Protozoa, Academic Press 1993;5.
15. Gibson G. Genetics, ecology and behavior of anophelines. *Ciba Found Symp* 1996;200:22-37; discussion 37-47.
16. Koella JC. Evolutionary ecology and epidemiology of interactions between *Anopheles* mosquitoes and malaria. *Schweiz Med Wochenschr* 1999;129:31-32.
17. Rubio-Palis Y, Curtis CF. Evaluation of different methods of catching anopheline mosquitoes in western Venezuela. *J Am Mosq Control Assoc* 1992;8:261-267.
18. Bown DN, Rodríguez MH, Arredondo-Jiménez JI, Loyola EG, Rodríguez MC. Intradomiciliary behavior of *Anopheles albimanus* on the coastal plain of southern Mexico; implications for malaria control. *J Am Mosq Control Assoc* 1993;9:321-324.
19. Casas M, Bown DN, Rodríguez MH. Intradomiciliary pre- and postfeeding behavior of *Anopheles pseudopunctipennis* of southern Mexico; implications for malaria control. *J Am Mosq Control Assoc* 1994b;10:348-354.
20. Villarreal C, Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez MH. Bionomía de los principales vectores de paludismo en México. En: Kumate J, Martínez Palomo A (coords.): *A cien años del descubrimiento de Ross. El paludismo en México*. México: El Colegio Nacional 1998, 250.
21. Fernández-Salas I, Rodríguez MH, Roberts DR, Rodríguez MC, Wirtz RA. Bionomics of adult *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera: Culicidae) in the Tapachula foothills area of southern México. *J Med Entomol* 1994;5:663-670.
22. Breeland SG. Studies on the ecology of *Anopheles albimanus*. *Am J Trop Med Hyg* 1972;21:751-754.
23. Rodríguez MH, Loyola EG. Situación epidemiológica actual y perspectivas de la investigación entomológica en México.

- En: Sociedad Mexicana de Entomología AC. Memoria del IV Simposio Nacional de Entomología Médica y Veterinaria. Oaxtepec, Mor., México 1989:15-40.
24. Ulloa A. Ciclo gonotrófico, selección y fidelidad a hospederos y compatibilidad reproductiva de dos poblaciones de *Anopheles vestitipennis* en Chiapas, México. Tesis de doctorado. San Nicolás de los Garza: Universidad Autónoma de Nuevo León 2001.
 25. Ulloa A. Ciclo gonotrófico, selección y fidelidad a hospederos y compatibilidad reproductiva de dos poblaciones de *Anopheles vestitipennis* en Chiapas, México. Tesis de doctorado. San Nicolás de los Garza: Universidad Autónoma de Nuevo León 2001.
 26. Arredondo-Jiménez JI. Comparative ecology of allopatric populations of *Anopheles* (*Anopheles*) *vestitipennis* (Diptera: Culicidae). Ph. D. dissertation. University of California, Davis, CA, USA 1995.
 27. Bown DN, Ríos JR, Frederickson C, Del Angel Cabañas G, Méndez JF. Use of an exterior curtain.net to evaluate insecticide/mosquito behavior in houses. *J Am Mosq Control Assoc* 1986;2:99-191.
 28. Casas M, Rodríguez MH, Bown DN. Peri/intradomicillary behavior in relation to host-seeking of *Anopheles pseudopunctipennis* in southern Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1994a;10:355-362.
 29. Bown DN, Rodríguez MH, Arredondo-Jiménez JI, Loyola EG, Rodríguez MC. Age structure and abundance levels in entomological evaluation of an insecticide used in the control of *Anopheles albimanus* in southern Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1991;7:180-187.
 30. Ulloa A, Rodríguez MH, Rodríguez AD, Roberts DR. A comparison of two collection methods for estimating abundance and parity of *Anopheles albimanus* in breeding sites and villages of southern Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* 1997;13:238-244.
 31. Sexton JD, Hobbs JH, St Jean Y, Jacques JR. Comparison of an experimental updraft ultraviolet light trap with the CDC miniature light trap and biting collections in sampling for *Anopheles albimanus* in Haiti. *J Am Mosq Control Assoc* 1986;2:2168-2173.
 32. Rodríguez AD, Rodríguez MH, Hernández JE, Dister SW, Beck LR, Rejmánková E, Roberts DR. Landscape surrounding human settlements and *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) abundance in southern Chiapas, México. *J Am Mosq Control Assoc* 1996;33:39-48.
 33. Detinova TS. Age grouping methods in Diptera of medical importance with special reference to some vectors of malaria. WHO Monogr. Ser. 47, 1962.
 34. Polovodova VP. Determination of the physiological age of female *Anopheles*. *Med. Parazit. (Mosk)* 1949;18:352.

Fundamentos y métodos de control químico e integrado

José Genaro Ordóñez González,
María Guadalupe Vázquez Martínez,
Kenia Mayela Valdez Delgado,
Rosa Patricia Penilla Navarro,
José Luis Torres Estrada,
Américo D. Rodríguez Ramírez

El control de vectores como componente esencial de los programas nacionales de control

A lo largo de la historia del paludismo se ha demostrado que los métodos más eficaces para controlar esta enfermedad incluyen intervenciones enfocadas al vector, ya sea medidas de control para reducir la población de mosquitos infectados o para reducir la tasa de contacto humano-vector. El paludismo ha sido erradicado de grandes áreas en el mundo, y aunque esto se debe en gran medida a la mejora de los estándares de vida, hay evidencia suficiente de que el control de vectores también ha sido fundamental en la eliminación de esta enfermedad en dichas partes del mundo. En ese sentido, el control de vectores puede hacer la diferencia, sobre todo en áreas donde la transmisión es baja o las poblaciones del vector son fáciles de atacar y las condiciones económicas favorecen el mantenimiento sostenido de los programas.

Aún no existe una vacuna efectiva que brinde protección contra el paludismo, por lo que el control de la enfermedad se basa en primer lugar en evitar la picadura del vector y atacar el parásito mediante antipalúdicos. El control de vectores también se considera un componente importante en la prevención del paludismo, mientras que el uso de antipalúdicos como profilaxis no es una estrategia muy re-

comendada para poblaciones humanas de zonas endémicas. El control de vectores sigue teniendo un papel importante porque, además, hay amplios reportes de resistencia a algunos de los antipalúdicos más comunes.

El control de vectores tiene dos objetivos, según la situación del paludismo y las condiciones económicas del país. Por un lado, puede ser preventivo, puesto que si se disminuyen las poblaciones de vectores y el contacto humano-vector, disminuye también el riesgo de transmisión, de modo que un área libre de paludismo puede mantenerse así en función de la sustentabilidad del control preventivo. Por otro lado, el control de vectores puede ser reactivo, es decir, una respuesta a situaciones en las que ya hay transmisión; en este caso, el objetivo es detener la transmisión bajo los mismos principios de disminuir la población y reducir el contacto humano-vector.

Bases o fundamentos de los métodos de control

Los métodos de control más comunes se basan en aspectos ecológicos, fisiológicos, comportamentales y biogeográficos de los vectores, en síntesis, es la bionomía de los vectores la que determina las bases del control. Esos aspectos de la bionomía de los vectores ya fueron descritos con detalle en capítulos anteriores en este mismo manual.

Por ejemplo, la ecología de *Anopheles pseudopunctipennis* permite que el control y reducción de sus criaderos se haga mediante el deslame, estrategia inservible cuando se trata de *An. albimanus*, ya que su ecología es diferente. Para esta última especie, se requieren ajustes a la estrategia de reducción de fuentes, puesto que las algas filamentosas no se relacionan con los criaderos de *An. albimanus*. La ecología de una especie también puede servir para encontrar una alternativa de control biológico, ya sea al observar la ausencia de un depredador y evaluar el impacto de su introducción desde otro ambiente, o bien al detectar en determinados sitios una baja abundancia del vector y encontrar que ésta pudiera estar asociada con la presencia de un agente patógeno para el vector.

Las estrategias de control también se basan en la fisiología de los vectores. El uso de insecticidas tiene sus bases fisiológicas, ya que éste se dirige a ciertos procesos esenciales en el mosquito. Así, mientras que los organoclorados y piretroides actúan en los canales de sodio, los organofosforados y carbamatos actúan en la acetilcolinesterasa, enzima que se encarga de interrumpir la señal entre las células nerviosas. Por otro lado, una estrategia de control dirigida a los estadios larvales difiere en comparación del dirigido a los adultos. Para larvas se pueden usar insecticidas que actúan tanto por ingestión como por contacto, pero con mosquitos adultos no pueden usarse los que actúan por ingestión.

El comportamiento de los vectores es quizá el aspecto que más ha influido en el diseño y adecuación de estrategias, de tal forma que el rociado residual intradomiciliario se dirige a especies endofilicas, las cuales muestran el hábito de reposar dentro de las viviendas antes o después de alimentarse. Por otro lado, los rociados espaciales (nebulizaciones) deben aplicarse cuando el mosquito está más activo y en vuelo, de preferencia dirigido a especies que son exofágicas.

Por último, el conocimiento de la biogeografía de una especie es de suma importancia ya que poblaciones de la misma especie pero de regiones geográficas diferentes podrían presentar diferencias fisiológicas o comportamentales (sub-poblaciones), lo que al final influirá en la modificación de la estrategia a seguir. Otro ejemplo más común es el caso de complejos de especies, donde aparentemente se trata de una sola especie morfológicamente igual, que coexisten en

la misma zona geográfica, pero con una bionomía diferente y, por consiguiente, con necesidad de diferentes enfoques o estrategias de control.

Principales métodos de control

Los métodos de control de vectores pueden agruparse en cinco ramas: manejo ambiental, control químico, control biológico, protección personal y manejo integrado. Los diferentes métodos pueden ser dirigidos tanto para larvas como para adultos, con excepción de la protección personal, que se dirige en exclusiva contra los mosquitos adultos. La OPS/OMS, en su manual *Control selectivo de vectores de malaria*,¹ sintetiza los principales métodos de control tanto para larvas como adultos, sus ventajas y desventajas (cuadros I y II).

En el presente capítulo se revisan con detalle los fundamentos del control químico (adulticidas y larvicidas) y del control integrado.

Control químico

El control químico de vectores tiene como finalidad la eliminación o disminución de la abundancia de los vectores, o en su defecto reducir la sobrevivencia de la población vectorial; en resumen, disminuir el contacto con el hombre.²⁻⁶

El uso de insecticidas para el control de vectores fue y es un elemento de suma importancia en el control del paludismo. El DDT es uno de los insecticidas más cuestionados en los últimos años, pero fue el que más vidas salvó desde finales de los cuarenta hasta finales de los setenta del siglo pasado. En la actualidad existen otros insecticidas que pueden usarse para el control de anofelinos y cuyos efectos ambientales negativos hasta ahora parecen ser menos dañinos que los ocasionados por el DDT.

Los principales tipos de aplicación de insecticidas incluyen: a) el rociado intradomiciliario con insecticidas residuales, b) el tratamiento de materiales con insecticidas, c) el rociado o nebulización espacial y d) la aplicación de larvicidas (cuadro III). Los tres primeros van dirigidos a la etapa adulta de los mosquitos, mientras que el último, a los estadios inmaduros. El tratamiento de materiales con insecticidas será cubierto en otra sección de este manual.

Cuadro I

Ventajas y desventajas de los métodos de control para mosquitos adultos¹

Método	Ventajas	Desventajas
Manejo ambiental - Limpieza de márgenes de criaderos - Mejora y protección de viviendas - Restricción del uso de la tierra	- Efectos duraderos, eficientes y eficaces - No requiere medidas específicas de protección ni insumos importados - Bajo costo de mantenimiento	- Alto costo inicial en caso de obras a gran escala - Necesita mantenimiento periódico
Control químico		
Residual	- Reduce la longevidad de las hembras - Forma parte del programa integrado - Eficaz en algunas situaciones (en condiciones epidemiológicas adecuadas) - Impacto inmediato	- Requiere personal y equipo especializados - Es eficaz sólo cuando el vector reposa en el interior de las viviendas - Efectos negativos en las personas y el ambiente
Espacial	- Acción rápida - Eficaz en algunas situaciones (condiciones epidemiológicas y meteorológicas adecuadas) - Impacto inmediato - Reduce abundancia de adultos	- Requiere aplicación y evaluación frecuente - Efectos secundarios en otros organismos - Costo elevado - Riesgo de contaminación ambiental, ocupacional, de alimentos y agua potable - Requiere medios de transporte
Protección personal - Repelentes - Mosquiteros impregnados o no impregnados - Materiales impregnados - Telas para puertas y ventanas*	- Es más eficaz cuando se usa correctamente - Impacto ambiental limitado - Protección contra otras enfermedades transmitidas por vectores	- El éxito o fracaso de la medida depende de la buena voluntad individual de las personas expuestas al riesgo - Las personas alérgicas a los insecticidas no pueden usarlos - El éxito depende de la relación entre la actividad humana y el vector

* También se considera dentro de mejora y protección de viviendas

Cuadro II

Ventajas y desventajas de los métodos de control para larvas de mosquitos¹

Método	Ventajas	Desventajas
Manejo del medio ambiente - Drenaje - Relleno - Modificaciones del flujo de agua - Control de la vegetación acuática	- Efecto favorable al control de otras enfermedades relacionadas con el agua - Las obras en pequeña escala propician la participación de la comunidad - Efecto duradero - Bajo costo de mantenimiento en algunos casos	- Costo inicial alto en el caso de obras a gran escala - Requiere mantenimiento periódico - Requiere evaluación periódica
Larvicidas químicos	- Fácil aplicación	- Requiere aplicación periódica - Efectos secundarios en otros organismos - Requiere evaluación periódica
Control biológico - Bacterias - Peces	- Medidas específicas para los vectores de paludismo - Pocos efectos negativos en el ambiente	- Requiere aplicaciones periódicas - Requiere estudios ecológicos - Costo elevado - Requiere evaluación periódica

Cuadro III

Principales tipos de aplicación de insecticidas y las consideraciones principales para su uso

Tipo de aplicación	Estadio	Consideraciones generales
Rociado residual intradomiciliario	Adulto	Depende del efecto residual del insecticida aplicado Requiere que los mosquitos reposen en las superficies tratadas el tiempo suficiente para adquirir una dosis letal
Tratamiento de materiales con insecticidas (mosquiteros, cortinas, pabellones)	Adulto	Insecticidas piretroides con efecto repelente Insecticidas con efecto <i>knockdown</i> (derribo) Especies endofágicas, con hábitos de picadura a altas horas de la noche
Rociado o nebulización espacial	Adulto	Ataca por contacto directo mosquitos adultos en vuelo durante los períodos de su máxima actividad Utiliza dosis muy bajas de insecticida (su eficacia depende del tamaño de la gota y su dispersión) El efecto letal es de corta duración y persiste solamente el tiempo que el insecticida permanece en suspensión en el aire
Larvicidas	Inmaduros	Formulaciones residuales Costo-efectivos Especificidad

En el combate de las plagas, el éxito de una aplicación de insecticidas está supeditado al buen criterio que se tenga para decidir:

- Qué producto usar
- En qué forma aplicarlo
- En qué momento u oportunidad ejecutar el tratamiento

Estas decisiones exigen conocimientos sobre las características de los insecticidas, los equipos de aplicación y las plagas, además de las condiciones climáticas, las prácticas y las características culturales y sociales del medio y la población.

Existe una amplia variedad de métodos de lucha antivectorial que no incluyen el uso de insecticidas; sin embargo, su aplicación se dificulta porque con frecuencia la enfermedad se concentra en las poblaciones más pobres, más aisladas y con menos acceso a la educación. Por ello, la aplicabilidad y efectividad de los métodos alternativos, como el manejo integrado o la prevención con participación comunitaria,

entre otros, representa un reto para los programas locales de control y su avance en la implementación no es aún tan rápido como se desea.

Mientras otras alternativas no logren el impacto deseado en situaciones de emergencia epidemiológica o de transmisión permanente del paludismo, la lucha antivectorial va a seguir de acuerdo con el control químico mediante la aplicación de insecticidas de acción residual, de forma espacial, o como larvicidas.

Finalmente, un aspecto que debe ser considerado como parte esencial del control químico, es el peligro permanente del desarrollo de resistencia a insecticidas en los vectores. La rapidez con que se desarrolle la resistencia va a depender en parte del buen uso que se haga de los insecticidas, así como de la elección de los insecticidas alternativos. Por lo tanto, es fundamental implementar un buen programa de vigilancia de la resistencia, así como de los mecanismos que ocasionan esta resistencia en las poblaciones de mosquitos vectores.

En esta sección se revisan los tipos de aplicación de insecticidas, los grupos toxicológicos más comunes, algunos

adulticidas y larvicidas, las técnicas más comunes para la detección de la resistencia mediante bioensayos y pruebas bioquímicas, así como algunos bioplaguicidas alternativos.

Adulticidas químicos

Los insecticidas son sustancias químicas o biológicas utilizadas para matar insectos. Para el caso de insectos vectores, los insecticidas pueden además evitar el contacto de los insectos con el humano y están dirigidos a cualquiera de sus estadios de desarrollo (huevo, larva, pupa, adulto).

La aplicación de los insecticidas adulticidas dentro de los programas de control de vectores en salud pública se realiza en lo básico mediante tres métodos: rociado residual (RR), rociado espacial a volumen ultrabajo (ULV) y rociado a volumen bajo (BV), que sirven para matar poblaciones de mosquitos adultos que reposan en superficies rociadas (RR, BV) o durante su vuelo (BV, ULV).

Un adulticida se utiliza para:

- Reducir la abundancia de los vectores adultos
- Reducir el contacto humano-vector
- Reducir la transmisión del paludismo

Justificación del uso de un adulticida

Algunas especies de *Anopheles* entran a las viviendas para alimentarse de los humanos, es decir, son endofágicos. De manera habitual estos mosquitos tienen el hábito de reposar en las superficies (paredes) de las viviendas (endofílicos) antes o después de alimentarse. Por lo tanto, las paredes de las viviendas y de los anexos son ideales para depositar una cantidad de insecticida (concentración, dosis) suficiente para matar a los mosquitos.

Ventajas de utilizar un adulticida

- Efecto residual prolongado (4 a 6 meses)
- Localidades donde no se puede utilizar otro tipo de control
- Dos a tres aplicaciones por año
- Uso en los programas de control integrado
- Localidades con alta transmisión

- Son poco tóxicos para los humanos a dosis y concentraciones bajas

Forma de aplicación

Para decidir qué tipo de aplicación se debe realizar, es importante conocer la situación de la transmisión de la enfermedad en la localidad, las especies de *Anopheles* presentes y los factores de riesgo presentes (criaderos, abundancia de mosquitos, enfermos, tipo de viviendas, etc.).

Requerimientos para implementar una medida de control químico

- Insecticidas
- Equipos para aplicar rociado residual (RR), rociado espacial a volumen ultrabajo (ULV) y rociado a volumen bajo (BV).
- Personal de campo: supervisores, rociadores, mecánicos, mantenimiento, etcétera
- Vehículos para transporte de personal, equipos y suministros
- Recursos financieros

Factores que limitan la efectividad del control químico

- Implementación incorrecta de las técnicas de aplicación de insecticidas
- Uso de mezclas, dosis o concentraciones inadecuadas de insecticidas
- Poca aceptación de la medida por parte de la comunidad (limpian las paredes en el caso del RR y BV)
- Factores climáticos imprevistos, como lluvias y vientos fuertes que no permiten la correcta aplicación de los insecticidas, en especial en el caso de aplicaciones a BV y ULV a nivel peridomiciliario

Rociado residual

El *rociado residual* consiste en la aplicación de un insecticida en todas las superficies estables internas y externas de las

viviendas y sus anexos, lo que deja una cantidad de ingrediente activo (ia) específico que tiene efecto letal residual sobre los mosquitos que reposan en las superficies rociadas. El insecticida se aplica mediante la técnica tradicional de aspersión con bomba de presión manual.

Los adulticidas utilizados en salud pública para el control de vectores tienen efecto residual, y, según su formulación, pueden tener un efecto residual corto (1 a 2 meses) o prolongado (4 a 6 meses), lo cual garantiza una protección amplia, ideal para zonas geográficas cuyo difícil acceso dificulta operaciones de control frecuentes.

Las superficies a rociar se seleccionan de acuerdo con los hábitos de picadura y de reposo de los vectores locales. De manera habitual se incluyen las superficies interiores de paredes y techos, superficies interiores y exteriores de puertas y ventanas, y debajo de los aleros.^{12-4,7}

Momento de la aplicación del rociado residual

Es conveniente aplicar el rociado residual en las viviendas antes que comiencen las lluvias por dos razones principales: a) durante la época de lluvias se dificulta el acceso a las localidades y la implementación de la estrategia, y b) con las lluvias se forman e incrementa el número de criaderos y aumentan las poblaciones de mosquitos.

No conviene aplicar el rociado residual cuando el estado de las viviendas es muy precario (paredes discontinuas, muchas aberturas en techos, sin puertas ni ventanas, etc.), ya que los mosquitos pueden entrar y salir sin restricciones de las mismas sin reposar en las superficies rociadas, por lo que el rociado no brinda ningún efecto de protección a los moradores de la vivienda ni produce ningún efecto letal sobre los vectores.

Ante todo, la frecuencia del rociado residual está determinada por el efecto residual del producto, el cual viene especificado en la etiqueta. En general, cuando se utilizan insecticidas piretroides, se aplican dos veces al año.

El rociado residual intradomiciliario puede considerarse un método de control vectorial apropiado cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- El rociado se aplica a la totalidad o a un alto porcentaje de las viviendas de la localidad.
- Las viviendas tienen superficies rociables adecuadas.
- La mayor parte de la población vectorial es endofágica-endofílica (se alimenta y reposa dentro del domicilio).
- El vector es susceptible al insecticida aplicado.

El rociado residual intradomiciliario puede reducir la vida del vector, las poblaciones de vectores, el número de picaduras a los humanos y por lo tanto la transmisión del paludismo.⁸

En resumen, el rociado residual debe ser:

- a) Total (rociar todas las viviendas)
- b) Completo (cubrir todas las superficies rociables)
- c) Suficiente (asegurar una aplicación uniforme de la dosis requerida de insecticida en todas las superficies rociables)
- d) Regular (repetir el rociado a intervalos regulares para asegurar que hay efecto residual insecticida durante la estación de transmisión)

Preparativos para la aplicación del rociado residual en las localidades

Antes de la aplicación del rociado, se debe visitar la localidad para informar a los habitantes de cada vivienda sobre el programa de rociado, fecha y hora de aplicación, indicaciones sobre el cuidado y preparación de la vivienda para el rociado, y cuidados de seguridad para toda la familia.⁹ También:

- Se debe instruir a los moradores que deben salir de sus viviendas antes del rociado.
- Los cuartos ocupados por personas enfermas que no puedan moverse no deberán ser rociados.
- Todos los artículos domésticos, incluidos agua, alimentos, utensilios de cocina, blancos y juguetes, deben sacarse de la casa.
- Los muebles y otros artículos deben ser cubiertos y ubicados en el centro de las habitaciones para permitir el fácil rociado de las paredes.

- Mantener enjaulados o alejados de la casa a las mascotas y animales domésticos.

Después de la aplicación del insecticida, los moradores deben permanecer fuera de la vivienda hasta que el insecticida haya secado (alrededor de una hora). Hay que trapear el suelo antes de permitir que niños y mascotas reingresen, e indicar a los moradores que no deben limpiar las superficies rociadas de las paredes.

Insecticidas para uso en rociado residual

Lo ideal para los rociados residuales es que se utilicen productos insecticidas formulados, como polvo humectable (PH) y suspensión concentrada (SC); los concentrados emulsionables (CE) no dan buen efecto residual porque pueden absorberse con rapidez en determinadas superficies (la eficacia y persistencia del efecto residual insecticida varía con el tipo de superficie rociada).^{3,4,8,10}

Los insecticidas usados para rociado residual deben ser seguros para los humanos y animales domésticos. Debido

a que el insecticida es depositado en las paredes interiores de las viviendas, aun con los mejores cuidados, es imposible evitar el contacto con el insecticida rociado.⁷

La elección del insecticida depende de muchos factores, pero deben cumplir como mínimo con ser residuales, poco tóxicos para los humanos, amables con el ambiente y ser costo-efectivos (cuadro IV).

Para el caso de México, la Norma Oficial Mexicana (NOM) establece: “El producto de primera elección es la deltametrina en polvo humectable al 5%, a dosis de 15 mg/m² para aplicaciones con motomochila y de 25 mg/m² para rociado con equipo manual. Además de la lambdacialotrina en polvo humectable al 10%, a dosis de 15 mg/m² formulada en suspensión al 0.075%; o lambdacialotrina CS a dosis de 15 mg/m² formulado en solución microencapsulada al 2.5%, bifentrina en polvo humectable al 10% en dosis de 20 mg/m²; ciflutrina en polvo humectable al 10% a dosis de 20 mg/m²; o el carbamato bendiocarb, polvo humectable al 80% a dosis de 0.2 g/m²” (SSA 2002).²

Cuadro IV

Insecticidas recomendados para el rociado residual contra vectores de paludismo^{7,10}

Insecticida	Tipo químico	Dosificación (g/m ²)	Residualidad (meses)	Acción insecticida	WHO Nivel de riesgo del ia
*Bendicarb (WP)	Carbamato	0.1-0.4	2-6	Contacto	
				Fumigante	II
Propoxur (WP)+	Carbamato	1-2	3-6	Contacto	
				Fumigante	II
DDT (WP)	Organoclorado	1-2	>6	Contacto	II
Fenitrotrion (WP)	Organofosforado	2	3-6	Contacto	
				Fumigante	II
Malation (WP)	Organofosforado	2	2-3	Contacto	III
Pirimifosmetil (WP&EC)	Organofosforado	1-2	2-3	Contacto	
				Fumigante	II
Alfacipermetrina (WP&SC)	Piretroide	0.02-0.03	4-6	Contacto	II
*Bifentrina	Piretroide	0.025-0.050	3-6	Contacto	II
Ciflutrina (WP)	Piretroide	0.02-0.05	3-6	Contacto	II
*Deltametrina (WP)	Piretroide	0.02-0.025	3-6	Contacto	II
Etofenprox (WP)	Piretroide	0.1-0.3	3-6	Contacto	U
*Lambdacialotrina (WP)	Piretroide	0.02-0.03	3-6	Contacto	II

ia: Ingrediente activo. Clase II, moderadamente peligroso. Clase III, muy peligroso. U: probabilidad de riesgo muy bajo en condiciones de uso normal. * Recomendados en la Norma Oficial Mexicana: NOM-SSA-032-SSA2-2002. Para otros países: revisar Normas Locales. + Por salir del mercado

Equipos y técnicas para la aplicación de rociado residual

El rociado residual se realiza mediante bombas aspersoras de compresión de operación manual Tipo Hudson X-Pert de 8 -10 litros, que generan gotas de tamaño de entre 100 y 400 micras.^{2,4,9}

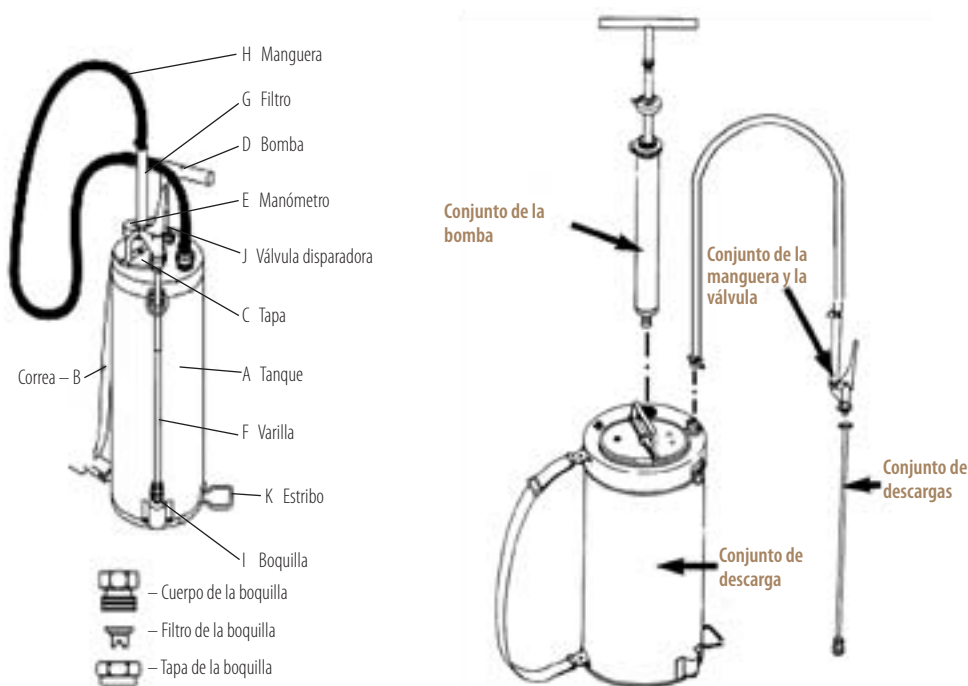
Las siguientes partes componen la bomba (figura 1):

- A. Tanque
- B. Correa
- C. Tapa
- D. Bomba
- E. Manómetro
- F. Varilla
- G. Filtro
- H. Manguera
- I. Boquilla
- J. Válvula disparadora de abrir y cerrar (*on/off*)
- K. Estribo

Parámetros para un rociado residual efectivo⁹ (figura 2):

- *Presión de la bomba*: 25-55 libras/pulg² para descargar 760 ml/min.
- *Velocidad de rociado*: debe ser de un metro por cada 2.2 segundos, es decir, 4.5 segundos por cada pared de 2 m de alto. Esto equivale a aplicar 40 ml/m². 8 L = 200 m².
- *Distancia de la boquilla a la pared*: 45 cm, para obtener un ancho ideal del abanico igual a 75 cm (faja rociada)
- *Traslape*: las fajas rociadas deben superponerse 5 cm, para asegurar que no se dejan espacios sin rociar.
- *Atomizador (boquilla)*: 8002-E; produce gotas de 100-400 micras.
- Dejar en la pared suficiente cantidad de ingrediente activo (ia) para matar a los mosquitos (depende del insecticida a aplicarse).
- Rociar todas las paredes interiores, techos hasta donde se pueda, aleros, escaleras, corredores, barandas y superficies de la casa protegidas de la lluvia.

Figura 1 Esquema de una típica bomba de compresión manual Hudson X-Pert® (Tomado de: H.D. Hudson Manufacturing Company División Internacional)



Importante: las gotas producidas en el rociado residual (100 a 400 micras) pueden afectar el sistema respiratorio de quien realice la aplicación, por lo que es muy importante observar las normas de protección adecuadas⁴ (figura 3).

Mezcla

La mezcla del insecticida se prepara a partir de las instrucciones dadas por el fabricante. La cantidad (dosis), concentración, residualidad y nivel de riesgo de los productos vienen indicadas por los fabricantes y están establecidas por la WHOPES (Insecticidas recomendados para el rociado residual contra vectores de paludismo, ver cuadro IV).

Algunos insecticidas vienen formulados para aplicarse en forma directa; otros, empaquetados (bolsitas de polvo humectable –PH–) para ser mezclados con una cantidad conocida de agua (piretroides), y algunos más, como líquidos concentrados a prepararse en mezcla con otros líquidos (piretroides + agua), de acuerdo con la concentración de ingrediente activo que se desea depositar en las superficies a tratar.

Ejemplo de cómo calcular la cantidad de piretroide para mezcla de una bomba manual Hudson X-Pert de 8 litros

Calcular la cantidad en ml de un insecticida piretroide comercial 25 SC que se necesita para mezclar con agua en una Bomba Hudson X-Pert de 8 L de capacidad, para rociar 200 m² de pared con una concentración de 20 mg/m² de ingrediente activo.

$$\text{Cantidad en ml} = \frac{\text{Concentración deseada en pared (mg/m}^2\text{) por número de m}^2\text{ a rociar}}{\text{Concentración del producto en mg/ml}}$$

$$\text{Cantidad en ml de producto} = \frac{20 \text{ (mg/m}^2\text{) x 200 m}^2}{25 \text{ mg/ml}}$$

$$\text{Cantidad en ml de producto} = 160 \text{ ml}$$

Figura 2 Rociador aplicando insecticida



Figura 3 Rociador con equipo de protección personal



Se necesitan 160 ml del producto piretroide comercial 25 SC para mezclar con agua en una bomba X-Pert de 8 litros para rociar 200 m² de pared a una concentración de 20 mg/m².

Factores que pueden impedir/limitar el éxito del rociado residual:

- Resistencia de los mosquitos a los insecticidas utilizados
- Baja cobertura de viviendas rociadas
- Poca aceptabilidad de la medida por parte de la comunidad
- Costos elevados a largo plazo
- Falta de personal técnico capacitado
- Dificil acceso a las viviendas/localidades
- Aplicabilidad de la medida
- Que sea consistente y práctico

Rociado espacial a volumen ultrabajo

El rociado espacial a volumen ultrabajo (ULV) consiste en la producción de una nube de gotitas micropulverizadas de cantidades muy pequeñas de insecticida liberado en el seno de un chorro de aire hacia un espacio determinado o al ambiente. Estas gotitas son producidas dentro de un margen de tamaño ideal; se considera que las de mayor impacto sobre los insectos se ubican entre 15 y 30 micras. Los tratamientos espaciales no representan ningún peligro para la población, ya que no suelen provocar toxicidad para humanos.

El ULV reduce con rapidez la abundancia de mosquitos y por lo tanto los rociados deben coincidir con los picos de abundancia y actividad de vuelo de los vectores.

Momento más conveniente de la aplicación del ULV para el control de *Anopheles spp.*

Este tipo de tratamiento se recomienda para el control del paludismo cuando:

- Hay brotes epidémicos
- En situaciones de emergencia, para contener la transmisión

- Cuando las poblaciones de mosquitos adultos son grandes, el riesgo de transmisión del paludismo es alto y no se dispone de otro método de combate
- Para el control de especies vectores exofágicas-exofílicas

Hay que tomar en consideración que, para todo esto, los costos operacionales son muy altos y la medida no tiene efecto residual.

Frecuencia de las aplicaciones

El tratamiento debe realizarse en ciclos de aplicación, que deben tener en cuenta la duración del ciclo biológico del mosquito. Cuando se dispone de suficiente personal, insecticida y equipo, dos ciclos pueden considerarse como número ideal.^{4,7,8} Para el caso de México, la NOM-032-SSA2-2002 “Vigilancia, prevención y control de ETV” sugiere:

Ciclos de aplicación. Las aplicaciones se realizarán en ciclos de tres a cinco días consecutivos, de acuerdo con los horarios de actividad y reposo de los mosquitos transmisores. La frecuencia de los ciclos depende de la evolución epidemiológica y del efecto sinérgico de otras medidas dirigidas a las etapas larvarias de los mosquitos y a los parásitos del paludismo.

El rociado espacial es un método de control vectorial apropiado cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- El rociado espacial se aplica en toda el área problema
- La aplicación se realiza en las horas en que se presentan los picos más altos de actividad de alimentación y vuelo de los mosquitos
- El vector es susceptible al insecticida aplicado
- Reduce la vida del vector, las poblaciones del vector y las picaduras a los humanos
- Es aceptado por la comunidad

Modo de preparar la aplicación

Previo a la aplicación del rociado espacial a ULV, se debe informar y promocionar la actividad entre los pobladores de la localidad, para lograr una mayor aceptabilidad de la medida, a lo que contribuye anunciarles que no existen riesgos ni peligros para ellos.

Existen varios insecticidas de diferentes grupos toxicológicos que están disponibles para su aplicación a ULV. A continuación se presenta una relación de los más comunes, así como las dosis de aplicación recomendadas (cuadro V).

Equipos y técnica de aplicación del rociado espacial

Los rociados espaciales se realizan por medio de máquinas nebulizadoras (figura 4) calibradas para producir gotas fraccionadas, cuyo diámetro óptimo fluctúe entre las 15 y 25 micras para aquellos de base oleosa, y de 26 a 30 para los de base acuosa.

Estas máquinas deben contar con potencia suficiente para que el insecticida penetre hasta 100 m de distancia, con lo que se logra una cobertura aproximada de 60 manzanas, o su equivalente en el área rural, por día de trabajo.

Los equipos de 8 a 18 caballos de fuerza –HP– cumplen satisfactoriamente estas especificaciones mencionadas.³⁹ La máquina nebulizadora debe ser operada y mantenida de acuerdo con las técnicas y procedimientos que sugiere la OMS (WHO/CTD/VBC/96/1000).¹¹

Parámetros para el rociado a ULV

- El ángulo de la boquilla del equipo de aplicación con respecto al plano horizontal de las calles debe estar entre 30 y 45°, para garantizar que la nube del insecticida entre por las puertas y ventanas de las casas tratadas.
- La velocidad del vehículo debe estar entre 8 y 16 km/h. De preferencia, el vehículo deberá circular a una velocidad constante de 10 km/h.
- No aplicar el insecticida cuando el viento sea mayor de 14 km/h.
- No aplicar el insecticida en temporada de lluvias.
- Al momento de la aplicación, la temperatura debe ser menor de 24°C.
- La humedad relativa debe estar en el rango de 75%.
- Aplicar en las horas de mayor actividad hematófaga de las especies de vectores locales.
- Calibrar con periodicidad el equipo de rociado ULV, para obtener el tamaño ideal de gotas, entre 15 y 25 micras para insecticidas de base oleosa, y entre 26 a 30 micras para los de base acuosa.^{11,13} (WHO/CTD/VBC/96/1000)⁴⁹

Cuadro V

Insecticidas usados para aplicación de aerosol frío y niebla caliente contra mosquitos^{7,10}

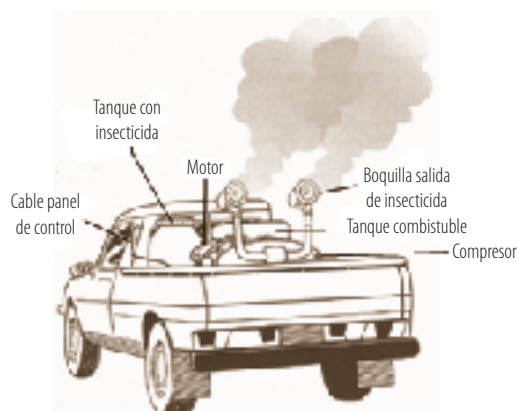
Insecticida	Producto químico	Dosis de ia (g/ha)		Clasificación WHO de riesgo del ia ^b
		Aerosoles fríos	Nieblas calientes ^a	
Fenitrothion	Organofosforado	250-300	250-300	II
Malathion	Organofosforado	112-600	500-600	III
Pirimifos metil	Organofosforado	230-330	180-200	III
Bioresmetrina	Piretroide	5	10	U
Ciflutrina	Piretroide	1-2	1-2	II
Cipermetrina	Piretroide	1-3	-	II
Cifenotrina	Piretroide	2-5	5-10	II
d.d-trans-Cifenotrina	Piretroide	1-2	2.5-5.0	NA
Deltametrina	Piretroide	0.5-1.0	0.5-1.0	II
D-fenotrina	Piretroide	5-20	-	U
Etofenprox	Piretroide	10-20	10-20	U
Lambdacialotrina	Piretroide	0.5-1.0	0.5-1.0	II
Permetrina	Piretroide	5-10	5-10	II
Resmetrina	Piretroide	2-4	2-4	III

ia: ingrediente activo

a: Cuando es aplicada, la fuerza de la formulación final depende del desempeño del equipo de rociado utilizado.

b: Clase II, moderadamente peligroso; clase III, ligeramente peligroso; clase U, poco probable de representar riesgo bajo uso normal; NA, no aplica

Figura 4 Máquina nebulizadora. (Tomado y modificado de: WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2003.5)¹²



Mezcla

Los insecticidas utilizados para ULV pueden ser aplicados en grado técnico o concentrado y en forma de soluciones, como es el caso de insecticidas piretroides, que se mezclan con agua. Estas mezclas se realizan a partir de instrucciones proporcionadas por los fabricantes y establecidas por la WHOPES.

Factores que impiden o limitan el éxito del rociado espacial

- Resistencia de los mosquitos locales a los insecticidas utilizados
- Poca aceptación de la medida por parte de la comunidad
- Costos elevados a largo plazo
- Falta de personal técnico capacitado
- Dificil acceso a localidades
- Aplicabilidad
- Que sea consistente y práctico

Cuidados generales

El personal que participa en la aplicación debe tomar todas las precauciones necesarias para evitar exponer su piel a los insecticidas concentrados. Debe evitar inhalar las gotas del insecticida nebulizado, ya que gotas menores de 5 micras pueden entrar con facilidad en el aparato respiratorio. Además, deben asegurar que la gente y los animales no presenten una exposición directa a la niebla del insecticida.^{4,7}

Rociado rápido a bajo volumen

El rociado rápido a bajo volumen (BV) es una técnica de rociado intradomiciliario desarrollado por investigadores del Centro Regional de Investigación en Salud Pública (antes CIP) de México, para el control de *An. albimanus*. Consiste en la aplicación de mezclas de insecticidas con efecto residual en forma de nieblas frías con un tamaño de gota de 50 a 100 micras, si se utilizan motomochilas (figura 5).^{6,14,15, 3, 42}

Figura 5 Motomochila para rociados de volumen bajo. (Tomado y modificado de: Lacey y Kaya, 2000)



Las superficies a rociar, al igual que en el rociado residual intradomiciliario, se seleccionan de acuerdo con los hábitos de picadura y reposo de los vectores locales en determinadas superficies tratables: por lo regular, las superficies interiores de paredes, techos, puertas y ventanas, de preferencia, en viviendas con paredes y techos continuos.^{2-4,7}

Momento de realizar la aplicación del rociado a bajo volumen: se siguen los mismos criterios utilizados para el rociado residual.

Preparación de la aplicación: se siguen los mismos criterios utilizados para el rociado residual.

Insecticidas para uso en rociados de bajo volumen

Los insecticidas recomendados para este tipo de aplicaciones, las mezclas, dosis y concentraciones, así como la técnica de aplicación y los equipos, están indicados por la Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2002, que a la letra establece:

Para la aplicación de insecticida con motomochila en rociado rápido también se usará la formulación polvo humectable, que consiste en agregar a cada carga de 10 litros de agua 250 g de deltametrina al 5%, o 120 g de lambdacialotrina al 10%; o 150 g de bifentrina al 10%; o 150 g de ciflutrina al 10%; o 100 g de bendiocarbo al 80%. La frecuencia de los ciclos de rociado debe adaptarse a la biología del vector presente y a la época del año en la que se logre el mayor impacto.²

Con esta técnica, el tiempo de operación y la cantidad de insecticida depositado son menores a los empleados en el rociado residual convencional, lo que permite rociar más casas en menor tiempo (25 casas con rociado rápido contra ocho casas con rociado residual por jornada de trabajo). De este modo, se logra un efecto residual de hasta 10 semanas.^{6,14,15}

Equipos y técnica de aplicación del rociado rápido a bajo volumen⁴¹

- El rociado a bajo volumen se aplica mediante máquinas tipo motomochila equipadas con boquillas núm. 1.
- Descargar el insecticida en forma de niebla a 215 ml/min.

- El tamaño de gota debe estar en un rango de 50 a 100 micras.
- El alcance horizontal de la niebla en interiores debe alcanzar 8 m, y en exteriores, 14 metros.
- El equipo de rociadores debe estar compuesto por dos personas, las cuales tratan cinco casas de forma alternativa.
- Los operadores deben protegerse de la acción de la niebla del insecticida.

Recomendaciones para el rociado rápido (figura 6)⁶

- Iniciar el rociado en la pared situada frente a la puerta de ingreso a la vivienda. Luego se procede con las paredes restantes.
- El operador debe permanecer retirado 2 m de la superficie a rociar.
- Rociar con movimientos de la boquilla en forma de “S” acostada, con una altitud de 180 cm (vertical) y una amplitud de banda de 80 cm (horizontal).
- Descargar alrededor de 287 ml de mezcla por cada 100 m² de superficie.
- Rociar todas las habitaciones de la vivienda, incluidas la cocina y las letrinas.

Figura 6 Rociador aplicando insecticida de volumen bajo



Factores que impiden o limitan el éxito del rociado rápido a BV

- Resistencia de los mosquitos a los insecticidas utilizados
- Baja cobertura de viviendas rociadas
- Aceptabilidad de la medida por parte de la comunidad
- Costos elevados a largo plazo
- Falta de personal técnico capacitado
- Dificil acceso a las viviendas/localidades
- Aplicabilidad de la medida
- Que sea consistente y práctico

Recomendaciones generales para el control químico de mosquitos adultos

Observaciones para el control químico

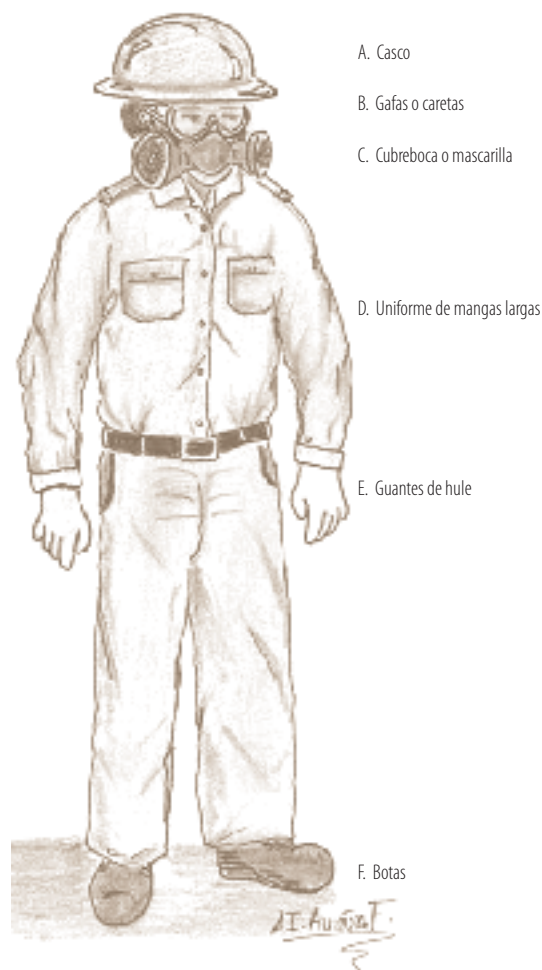
El control químico de vectores es un método que requiere la participación de personal capacitado –ya que deben manejar productos insecticidas que exigen mucho cuidado– y amplios conocimientos sobre la preparación de las diferentes mezclas. Asimismo, esta estrategia de control exige inversiones de mucho dinero debido al costo de los insecticidas, equipos y máquinas de aplicación, además de que el personal debe contar con conocimientos básicos sobre el vector para poder planificar y aplicar esta medida de acuerdo con las instrucciones.

En todos los casos en los que se apliquen insecticidas por cualquiera de los métodos antes descritos es obligatorio usar equipo de protección personal (figura 7). Debido a que la absorción de insecticida ocurre sobre todo a través de la piel, pulmones y boca, es importante utilizar ropa especial y elementos de protección personal, de acuerdo con las instrucciones de seguridad de la etiqueta del producto.

Equipo básico de protección personal:

- Casco (protege cabeza, cara y cuello de las gotas del rociado)
- Gafas protectoras o caretas (protegen cara y ojos contra la lluvia del rociado)
- Cubreboca o mascarilla (protege nariz y boca de partículas llevadas por el aire de la lluvia del rociado).
- Uniforme de mangas largas (mantiene el pantalón fuera de las botas)

Figura 7 Equipo básico de protección personal



- Guantes de hule
- Botas

Medidas de precaución

Es muy importante elaborar cronogramas e itinerarios de trabajo, con la finalidad de contar a tiempo con los fondos, insumos, equipos, vehículos y personal requeridos. También se requiere una buena planificación de los tiempos que demandará cada actividad.

Cronogramas/Itinerarios

Calcular los tiempos y fechas para:

- Organizar el personal para las actividades de control programadas
- Comprar insumos, equipos, maquinaria
- Revisar y dar mantenimiento a los equipos, máquinas y vehículos
- Visitar y organizar a las comunidades para la aplicación de la medida
- Viajes y traslados del personal, insumos, equipos y maquinaria

Es importante calcular y establecer los tiempos asignados para cada actividad, tomando en cuenta:

- Topografía del terreno
- Distancias entre localidades y la base de operaciones
- Tipo y estado de los vehículos

Factores climatológicos. Estos pueden afectar la logística; concretamente, pueden determinar:

- Horarios de traslado
- Horario de actividades
- Meses más adecuados para realizar las actividades

Entrenamiento del personal

Todo el personal, sin excepción (supervisores, jefes de brigada, brigadistas/técnicos), debe estar entrenado en los métodos y técnicas de rociado residual, rociado rápido y rociado espacial, así como en la manipulación de insecticidas, preparación de mezclas y manejo y mantenimiento de equipos. También es importante que cuente con entrenamiento en actividades de educación y trabajo comunitario, así como en impregnación de pabellones (mosquiteros, toldos, toldillos).

Personal para actividades de control

El grupo de trabajo para realizar una actividad de control de vectores debe contar con las siguientes figuras:

- Jefe/coordinador de vectores
- Jefe de área
- Jefe de sector
- Jefe de brigada
- Técnicos en salud/brigadistas

Larvicidas

Un larvicida es un compuesto de origen químico o biológico que elimina las larvas de los mosquitos:

- Se utilizan cuando se busca disminuir las poblaciones de mosquitos en una comunidad.
- Reducen las poblaciones de mosquitos desde sus fuentes de reproducción, (criaderos), antes de que se desplacen a las viviendas, con lo que se elimina la posibilidad del contacto vector-humano.
- Con su aplicación, se reduce la aplicación de insecticidas adulticidas en las viviendas.

Ventajas del uso de larvicidas¹⁶

- Son funcionales donde los sitios de reproducción (criaderos) son accesibles y limitados en número y tamaño.
- Al eliminar los criaderos larvarios más importantes, se puede lograr una eficiencia operacional y una de costo-eficacia.
- El uso de larvicidas puede ser considerado como una medida complementaria al ordenamiento del medio.

Para una aplicación efectiva y segura, es importante conocer:

- Los sitios de reproducción de las especies de anofelinos blanco (criaderos) y su distribución, tamaño y permanencia en las comunidades de interés.
- Los larvicidas recomendados y las dosis.
- El modo en que actúan.
- Las recomendaciones para su aplicación.
- El personal necesario y los equipos de aplicación y de seguridad adecuados.
- La manera en que se efectúa la vigilancia de su eficacia.

Larvicidas de origen químico

*¿Qué compuestos se pueden utilizar como larvicidas para el control de *Anopheles* spp?*

Dentro de los programas de control de mosquitos, el uso de larvicidas de origen químico se encuentra reducido a unos cuantos compuestos. El larvicida más tradicional para el control de larvas de mosquitos es Temefos; esta sustancia fue usada, en su formulación líquida, en contingencias como la del huracán Paulina.^{17,18} Temefos puede aplicarse en el agua de riego para los cultivos y también para tratar el agua potable. Sin embargo, su aplicación no es recomendable en cuerpos de agua abierta donde habita una gran diversidad de organismos no blanco, como los peces, para los cuales temefos es tóxico;^{16,19} por lo tanto, no se recomienda su uso como larvicida para especies de *Anopheles* que se reproducen en criaderos naturales.

No se recomienda aplicar compuestos larvicidas que sean de la misma familia de los insecticidas adulticidas utilizados en el rociado residual o rociado rápido o que tengan el mismo mecanismo de resistencia, ya que los larvicidas ejercen una mayor presión de selección que los adulticidas debido a que afectan a ambos sexos.¹⁶

Por todo lo anterior, se recomienda el uso de larvicidas:

- Específicos (nuevos productos) para larvas y pupas.
- Menos tóxicos para el ambiente, vida silvestre y humanos.
- Con menor persistencia en el ambiente.
- Que retarden la aparición de resistencia en mosquitos.
- Que sean costo-efectivos.³⁴

A continuación se describen algunos larvicidas de origen químico que se recomiendan para el control de *Anopheles*:

Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento (IGR; por sus siglas en inglés) afectan el desarrollo normal de las larvas o las pupas, lo que impide la emergencia de los mosquitos adultos. Su uso es limitado por su costo elevado, pero pueden usarse con moderación en criaderos temporales y artificiales o en criaderos resultantes de la actividad humana.

La toxicidad de los IGR es muy baja para aves, peces, mamíferos y plantas acuáticas, pero son tóxicos para crustáceos y otros invertebrados,^{7,13,20-23} por lo cual ameritan precaución y deben evitarse en hábitats ubicados en criaderos permanentes o frágiles en extremo (como esteros o manglares) (cuadro VI).

Mecanismo de acción de los reguladores de crecimiento

- Impiden la formación de la quitina* (exoesqueleto de las larvas) e interfieren con la muda al impedir que ésta se desprenda por completo; además, el exoesqueleto nuevo no se forma por completo, por lo que la larva o pupa se inmoviliza y muere;^{28,29} por ejemplo, diflubenzurón, triflumurón y novalurón.
- Miméticos de la hormona juvenil*: son compuestos que igualan la acción de la hormona que regula el crecimiento de estados juveniles. Actúan en el último estadio larvario impidiendo que la larva se transforme en pupa, o sobre la pupa impidiendo que se transforme en adulto;³⁰ por ejemplo, metopreno.

Películas monomoleculares (alcohol etoxilado)

Son un grupo de productos biodegradables que se extiende rápidamente en toda la superficie de los cuerpos de agua y forma una película cuyo espesor es de una molécula.

No representan riesgo para el humano, la vida silvestre ni el ambiente,³¹ por lo que pueden aplicarse en diversos tipos hidrológicos, temporales y permanentes, en esteros y manglares o en cualquier cuerpo de agua que no sea para consumo humano⁵⁷(cuadros VI y VII).²⁶

Mecanismo de acción de las películas monomoleculares

Las películas monomoleculares rompen la tensión superficial del agua, en la cual sostienen su tubo respiratorio las larvas y pupas de mosquitos. Esto provoca la sofocación de las mismas e interfiere con la emergencia de los mosquitos; además, los mosquitos adultos no pueden posarse en la superficie del agua para poner sus huevos. Sin esta tensión superficial los huevos no pueden flotar, se van al fondo y mueren.²⁶

Cuadro VI

Larvicidas recomendados para el control de larvas de *Anopheles spp*^{16,24-29}

Tipo de criadero	Larvicida	Formulación	Dosis ia/Ha	Residualidad ¹	Factores que limitan la residualidad	Nombres comerciales
Pastos inundados			CE	20-40 g	14-21 días	
Charcas de lluvia	Metopreno	BR, S, SLL	100-1 000 g	4-8 semanas	• Gránulos. Suelos pantanosos	Altosid [®] , Vigren [®] , etc.
Canales de irrigación	Diflubenzurón	PH, GR	25-100 g	1 a 4 semanas	• Líquidos. Alta cantidad de vegetación o algas.	Dimilin [®] , otros.
Lagunas temporales	Piriproxifeno	GR	10-100 g	4-8 semanas	• Alta cantidad de materia orgánica.	Rimon [®]
	Novalurón ²	CE	10-100 g	2 meses		
	Espinosad ²					
	Películas monomoleculares	S	3-5 L	1 a 2 semanas	• Viento. • Lluvias abundantes. • Alta cantidad de vegetación emergente y el detritus.	Agnique [®]

BR, briquetas (donas); CE, concentrado emulsionable; GR, gránulos; S, suspensión; SLL, suspensión de liberación lenta; PH, polvo humectable.

1 El efecto residual de los larvicidas varía de manera considerable según la calidad del agua. Las dosis más altas son recomendadas para aguas con gran cantidad de materia orgánica. Las dosis y la frecuencia de aplicación también dependen de lo establecido en la norma oficial de cada país.

2. En estudio.

Cuadro VII

Datos toxicológicos de larvicidas usados para el control de anofelinos^{14-16, 10, 53, 56, 57, 61, 12 7,17,20-23,25}

Indicador	Larvicidas						
	Temefos	Diflubenzurón	Metopreno	Novalurón (10 CE)	Alcohol etoxilado (PMM)	<i>Bacillus sphaericus</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Toxicidad aguda oral (mg/kg)	444	>5 000 mg/kg	>34 600 mg/kg	>5 000 mg/kg	>20 000 mg/kg	>5 000 mg/kg	>5 000 mg/kg
Toxicidad aguda dérmica (mg/kg)	1 850	>2 000 mg/kg	>3 000 mg/kg	>2 000 mg/kg	>2 000 mg/kg	>2 000 mg/kg	>5 000 mg/kg
Irritación de piel	No irritante	No irritante	No irritante	No irritante	Irritante	No irritante	No irritante
Irritación de ojos	No irritante	No irritante	No irritante	No irritante	irritante	No irritante	No irritante
Sensibilización de la piel	Negativo	Negativo	Negativo	Sensible	Sensible	Negativo	Negativo
Carcinogénesis	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Teratogénesis	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Mutagénesis	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Evaluación de larvicidas alternativos

En la actualidad se encuentran en etapa de evaluación productos que podrían ser usados como larvicidas. Uno de ellos es novalurón, un inhibidor de la síntesis de la quitina que actúa por ingestión y por contacto. Es usado como

larvicida de plagas agrícolas. Estudios realizados en anofelinos indican que su residualidad supera los tres meses;³² sin embargo, es necesario evaluar otras de sus presentaciones, como gránulos o tabletas.^{27,29} Es importante mencionar que el uso de novalurón en salud pública aún no está aprobado en muchos países, incluidos México y los de Centroamérica.

Momentos y sitios en que se deben aplicar larvicidas

El control larvario cuenta con indicación cuando se cumplen los siguientes requisitos:^{16,24}

1. Cuando la transmisión del paludismo y la población protegida justifique su aplicación.
2. Cuando las medidas de control de mosquitos adultos sean ineficientes, inaceptables desde el punto de vista cultural o se busque disminuir la aplicación de insecticidas adulticidas dentro de las casas.
3. Cuando las medidas de reducción permanente de las fuentes (manejo ambiental) sean menos costo-efectivas que las medidas repetitivas de control larvario, o bien en criaderos donde no se pueda realizar manejo ambiental.
4. En áreas donde los criaderos están identificados y mapeados.
5. Cuando los criaderos tengan una temporalidad mayor de 15 días.

Para aplicar de manera adecuada un larvicida es necesario formularse las siguientes preguntas:

- ¿Los criaderos están identificados?
Sí/No
- ¿Son fáciles de encontrar?
Sí/No
- ¿Son limitados en tamaño?
Sí/No

Si responde “sí” a las tres preguntas, los criaderos pueden ser tratados.

Mapeo de criaderos para aplicación de larvicidas

La distribución, tamaño y número de criaderos cambia de manera considerable según las estaciones del año, por lo cual se recomienda actualizar los mapas de los criaderos dentro y alrededor de la comunidad antes de comenzar la aplicación.

El mapa debe contener la siguiente información:

- a) Todos los cuerpos de agua naturales y artificiales ubicados dentro de un perímetro de al menos 1 km alrededor de la comunidad.

- b) Indicar si los cuerpos de agua son temporales o permanentes.
- c) Indicar cuáles son criaderos reales de mosquitos y cuáles podrían serlo (potenciales).
- d) Todas las depresiones del terreno que pueden transformarse en criaderos de mosquitos durante la estación lluviosa.
- e) Todos los potreros, establos y lugares donde descansa y se guarda el ganado, ya que pueden servir como sitios de alimentación para los mosquitos o como barreras protectoras para la comunidad.

Se pretende que este ejercicio explique la dinámica de los cuerpos de agua dentro y alrededor de la comunidad y que permita programar las operaciones de control, elegir el mejor momento para aplicar los larvicidas y realizar la supervisión de las actividades implementadas.

- Para que la medida sea eficaz, hay que controlar todos los criaderos de anofelinos que haya alrededor de la comunidad en un radio mínimo de 1 km, tomando en cuenta el rango promedio de vuelo de los mosquitos anofelinos presentes en la localidad.

Elección del larvicida y dosis a aplicar

Dentro de los grupos de larvicidas que ya se mencionaron, existen diferentes compuestos. El cuadro VIII detalla: a) los compuestos recomendados; b) la cantidad que se debe aplicar; c) las formulaciones que se recomienda utilizar; d) la residualidad esperada y los factores que la limitan, y e) algunos nombres comerciales con los que se les puede encontrar en el mercado. Se listan por tipo de criadero, ya que los compuestos y las formulaciones a emplear dependen de su naturaleza y permanencia.

Formulaciones

Las formulaciones de un larvicida pueden ser sólidas, en cuyo caso se aplican sin disolver (polvo, gránulos, píldoras o briquetas), o bien en presentación de polvo humectable para disolverse en agua; también se presentan en formulaciones líquidas, que pueden aplicarse sin diluir, como suspensiones, o diluirse en agua (por ejemplo, los concentrados emulsionables o en suspensión concentrada).

Cuadro VIII

Larvicidas recomendados para el control de larvas de *Anopheles spp*^{16,24-29}

Tipo de criadero	Larvicida	Formulación	Dosis la/Ha ³	Residualidad ¹	Factores que limitan la residualidad	Nombres
comerciales						
Estanques artificiales	Películas	S	3-5 L	1 a 2 semanas	• Viento	Agnique®
Lagunas permanentes	monomoleculares				• Lluvias abundantes,	
Pozas de río					• Alta cantidad de vegetación	
Esteros					emergente y detritos	
Manglares	<i>Bacillus thuringiensis</i> H14	BR, CE, GR, PH, GDA	100-6 000 g	1 a 2 semanas	• Abundante presencia de algas	Vectobac®
	<i>B. sphaericus</i>	BR, CE, GR	500-5 000	2 a 8 semanas	• Abundante materia orgánica	
Arroyos ¹					• Suelos pantanosos	Vectolex®
Ríos ¹	NA	NA	NA	NA	NA	NA

BR: briquetas (donas); CE: concentrado emulsionable; GR: gránulos; S: suspensión; PH: polvo humectable; GDA: gránulo dispersable en agua.

1. El efecto residual de los larvicidas varía en forma considerable según la calidad del agua. Las dosis más altas son recomendadas para aguas con gran cantidad de materia orgánica. Las dosis y la frecuencia de aplicación también dependen de lo establecido en la norma oficial de cada país.

2. En estudio.

3. En el caso de ríos y arroyos, no es aconsejable si poseen corriente; en estos casos es mejor aplicar una medida de manejo ambiental en las orillas del afluente.

Cada formulación se explica a continuación:²⁴

Polvo humectable	Tratado con un agente dispersante que permite una rápida mezcla con el agua para formar una suspensión que puede ser aplicada con bomba de compresión manual o con una motomochila.
Suspensión concentrada	Líquido que contiene partículas insecticidas, un agente humectable y agua; se mezcla con agua.
Concentrado emulsionable	Solución de insecticida en un solvente especial adicionado con emulsificantes que lo hacen disolverse con facilidad en agua.
Gránulos y píldoras	Materiales inertes, como granos de arena o materiales absorbentes cubiertos o mezclados con insecticida.
Briquetas	Bloque de materiales inertes impregnado con el ingrediente activo; flotan en la superficie y liberan el in-

grediente activo de manera gradual; pueden aplicarse con la mano.

- Se recomienda utilizar formulaciones sólidas, como los gránulos y píldoras, o formulaciones de lenta liberación, como concentrados emulsionables.¹⁶
- Debido a su residualidad, se recomienda usar las formulaciones granulares, las píldoras o las briquetas en criaderos semipermanentes o permanentes. Se debe tomar en cuenta que la efectividad de los gránulos o píldoras se puede reducir si se usan en suelos pantanosos debido a que el fango puede cubrirlos e impedir la liberación del ingrediente activo.
- Se pueden aplicar concentrados emulsionables en criaderos temporales mayores de una semana, pero menores de un mes. Esos criaderos sólo requerirán una aplicación. Si las formulaciones líquidas (CE, S, SLL) se aplican en criaderos permanentes, se requerirán numerosas aplicaciones, lo que limita su costo-efectividad.

Cuadro IX
Equipo necesario para la aplicación de larvicidas.^{7,16,24}

Larvicida	Personal	Equipo de aplicación	Equipo de protección
IGR	• 1 supervisor • 2 técnicos por equipo de aplicación*	Para líquidos (CE, SRS, SC, WP, S): bombas de compresión manual (Hudson X-Pert®, etc.) Para gránulos/píldoras: bombas aspersoras tipo motomochila (Cifarelli®, Solo®, etc.) Para briquetas: aplicación manual	• Overol • Guantes • Antiparras • Botas de hule • Gorra
Bti/Bs			
PMM	• 1 supervisor • 1 técnico por equipo de aplicación*	Bombas de compresión (Hudson X-Pert®, etc.) Aplicación manual	

* Al menos se debe contar con un equipo de dos técnicos para la aplicación

Equipo para la aplicación de larvicidas

Es necesario contar con: a) el equipo aspersor recomendado, b) el equipo de protección personal necesario, y c) el personal adecuado, como se describe en el cuadro IX.

Equipo aspersor

Para la aplicación de los larvicidas en sus diferentes formulaciones, se utilizan los mismos equipos de aplicación de los insecticidas adulticidas: bombas de compresión manual tipo Hudson X-Pert y motomochilas. En este último caso, se cambia la boquilla por una de aspersión de productos en polvo y granulados si fuera necesario.

El fabricante debe proveer un manual ilustrado sobre la operación, mantenimiento y compostura de los equipos, que debe incluir:

- 1. La lista de todas las partes que se incluyen y las opcionales.
- 2. Instrucciones para la limpieza de las piezas.
- 3. Instrucciones para inspecciones de rutina, ajustes y reemplazo de las piezas.
- 4. Instrucciones de uso, manejo y transporte de los equipos.

Equipo de protección personal

Es más sencillo que el sugerido para la aplicación de insecticidas adulticidas en rociado residual o ULV (figura 8)³³

Figura 8 Técnico aplicando un larvicida en una laguna con el equipo de protección adecuado



Es muy importante que se conozca y use el equipo de protección apropiado, incluso en áreas muy calurosas y húmedas.

Personal de trabajo en campo

- Supervisor: persona capacitada y con experiencia en métodos y herramientas para el control de vectores, su aplicación en campo y los fundamentos de su aplicación; organización y planeación de actividades, y grupos de trabajo. Además, debe conocer los métodos para el muestreo de larvas y mosquitos.
- Técnico de apoyo: persona que conoce el uso, manejo y transportación de equipos de aplicación; uso y transportación de compuestos químicos; uso del equipo de protección adecuado, y el método correcto para la aplicación de larvicidas.

Además, se recomienda que el personal técnico que aplica el larvicida haga un reporte diario en el que registre la cantidad de larvicida aplicado, las horas/hombre empleadas y la superficie cubierta. El supervisor debe evaluar cada semana dicho reporte, con la finalidad de llevar el registro del consumo del producto larvicida y el uso y rendimiento de los equipos.²⁹

Aplicación del larvicida

Esto depende del tipo de producto a aplicarse, su formulación, el porcentaje del ingrediente activo, la dosis y del equipo que se utilice para la aspersión. A continuación se detalla un ejemplo del procedimiento recomendado para una aplicación adecuada:

1. Determinar la cantidad del producto/minuto que descarga el equipo. Muchos equipos ya cuentan con un estimado de descarga, pero ésta puede variar para cada formulación. Para ello se utiliza un cronómetro y se coloca una bolsa o contenedor a la salida de la boquilla del equipo aspersor; se enciende la máquina y se realiza la descarga durante un minuto. Finalmente, se pesa la cantidad que se obtenga (en caso de formulaciones sólidas) o se mide la cantidad de solución que se obtenga en este tiempo (en el caso de formulaciones líquidas).
2. Por ejemplo, si se aplica *Bacillus sphaericus* a una tasa de descarga de 11.2 k/ha (NOM 2003), donde 1 ha = 10 000 m², se debe aplicar 0.00112 kg/m², es decir, 1.12 g/m².
3. Si se tiene un equipo cuya descarga es de 200 g/min, es decir, 3.33 g/seg, se debe cubrir 3 m² de superficie del criadero en 1 seg., es decir, caminar a una velocidad tal que se cubra dicha superficie en 1 seg. Se debe procurar una aplicación del larvicida lo más homogénea posible (hay que recordar que aunque se vea el larvicida en ciertas áreas del criadero, el ingrediente activo, inmerso en la formulación, se dispersa). Para concluir, se debe aplicar en un ángulo de 45 grados respecto de la posición del cuerpo de agua, y a una distancia mínima de 1 metro respecto del mismo.
4. La velocidad de la aplicación también depende de las características del terreno. Por ello, si se prevé que habrá dificultades para acceder o moverse en el cuerpo de agua, la descarga de las bombas deberá adaptarse a estas condiciones.

Importante:

- No se deben aplicar larvicidas al agua que el ganado o los seres humanos puedan beber o que pudiera contaminar los alimentos.²⁷
- No se deben aplicar insecticidas químicos donde la escorrentía del agua tratada ponga en peligro los organismos que no son objetivo del tratamiento o pueda contaminar alimentos.¹⁶

Evaluación de la aplicación de larvicidas

- Es necesario realizar supervisiones periódicas de la presencia de larvas y adultos en las comunidades intervenidas para determinar la eficacia de la técnica empleada y la efectividad de la medida.
- Dentro de los programas de control, es necesario considerar el presupuesto para la vigilancia de la efectividad y residualidad del larvicida en las condiciones locales donde se aplique.

Limitaciones de la aplicación de larvicidas

Las limitaciones para la técnica de aplicación de larvicidas son las siguientes:

- **Aceptabilidad de la comunidad.** Es muy importante que el personal técnico y de supervisión a cargo esté en constante comunicación con la comunidad para asegurar su aceptación. Se recomienda mantener charlas periódicas en los lugares donde suelen reunirse los miembros de la comunidad.
- **Costo-eficacia.** La aplicación de larvicidas debe ser efectiva, por lo que los recursos se deben utilizar de la manera más eficiente posible. Se recomienda explorar otras estrategias, como el manejo ambiental o la siembra

de peces, para inhabilitar algunos criaderos de manera temporal o permanente, lo que reduce la necesidad de aplicar productos larvicidas (cuadros X y XI).

Resistencia a insecticidas

Los mosquitos vectores de paludismo en México y Centroamérica han desarrollado resistencia a insecticidas porque se han mantenido bajo sus efectos durante casi 50 años, desde que las campañas de salud pública, primero de erradicación y luego de control, usaron como recurso primordial los organoclorados (OC), principalmente DDT, pero también organofosforados (OF), carbamatos (CARB) y piretroides (PIR). Sin embargo, la resistencia de los mosquitos se ha

Cuadro X

Ejemplo de los costos anuales al aplicar las diferentes estrategias de control larvario de *Anopheles albimanus* en 50 ha de cuerpos de agua, bajo el supuesto de que hubiese 25 ha de cuerpos de agua permanentes naturales y 25 ha de cuerpos de agua temporales o derivados de la actividad humana³⁴

Concepto	Estrategia				
	<i>Bacillus sphaericus</i>	Manejo ambiental	Manejo ambiental + <i>Bacillus sphaericus</i>	Manejo ambiental + <i>Poecilia sphenops</i>	Manejo ambiental + <i>Bacillus sphaericus</i> + <i>Poecilia sphenops</i>
Personal ¹	82 100.00	82 100	82 100	57 470.00	57 470.00
<i>Bacillus sphaericus</i> ²	646 212.00	-	323 106	-	161 553.00
<i>Poecilia sphenops</i> ³	-	-	-	18 750.00	9 375.00
Bombas motomochilas ⁴	30 250.00	-	30 250	-	30 250.00
Vehículo (mantenimiento) ⁵	8 000.00	8 000.00	8 000.00	6 000.00	6 000.00
Gasolina ⁶	10 000.00	10 000.00	10 000.00	7 000.00	7 000.00
Material didáctico ⁷	-	5 000.00	5 000.00	5 000.00	5 000.00
Herramientas ⁸	-	4 500.00	4 500.00	4 500.00	4 500.00
Alimentos para voluntarios ⁹	-	15 000.00	10 500.00	10 500.00	10 500
Consumibles ¹⁰	5 000.00	5 000.00	5 000.00	5 000.00	5 000.00
Totales	781 562.00	129 600.00	478 456.00	114 220.00	296 648.00
Razón de costos	1.00	0.16	0.61	0.14	0.37
Costo por ha anualizado	15 631.24	2 592.00	9 569.12	2 284.40	5 932.96

¹ Personal: 4 técnicos a razón de \$110.50 por gastos de camino por día y salario de \$200/día. Pueden trabajar c/u 35 o 50 días por año; en total, \$57 470 u \$82 100, respectivamente.

² Costo de *B. sphaericus*: \$10.99 USD/kg. Se aplicarían 1 400, 2 800 o 5 600 kg de producto, de acuerdo con el tratamiento

³ Costo de *P. sphenops*: a razón de \$2.5 por pez, sembrando 150 peces/ha, en 25 o 50 ha, de acuerdo con el tratamiento

⁴ Costo de dos bombas motomochilas: \$12 000 c/u. Este costo sólo aplica para el primer año.

⁵ Costo por mantenimiento anual de un vehículo.

⁶ Costos de gasolina: a razón de \$1 000 por semana durante siete o 10 semanas, de acuerdo con el tratamiento.

⁷ Incluye rotafolios y folletos para distribuir entre los residentes voluntarios, para efectuar las acciones de participación comunitaria (manipulación y modificación ambiental)

⁸ Costos por compra de 20 machetes, 20 palas y 20 rastrillos, para manipular o modificar criaderos de mosquitos.

⁹ Alimentos para voluntarios: un refresco y un sándwich por día de participación (aprox., \$15 por persona, durante 35 a 50 días al año).

¹⁰ Equipo entomológico y libretas de anotaciones, etc.

Cuadro XI

Beneficios alcanzados por las diferentes estrategias de control de *Anopheles albimanus* evaluadas en el ejemplo anterior³⁴

Beneficio ¹	Estrategia				
	<i>Bacillus sphaericus</i>	Manejo ambiental	Manejo ambiental + <i>Bacillus sphaericus</i>	Manejo ambiental + <i>Poecilia sphenops</i>	Manejo ambiental + <i>Bacillus sphaericus</i> + <i>Poecilia sphenops</i>
Reducción de larvas ¹	31	78	75	91	78
Reducción de adultos ¹	41	72	86	59	84
Puntuación promedio	36	75	81	75	81
Razón de beneficio	1	2.08	2.25	2.08	2.25

1. Medido en función de la reducción promedio anual de las poblaciones de larvas y adultos según $\%R = (CI/T1)/(C2/T2)100$.

desarrollado no sólo por los insecticidas usados en salud pública, sino también y más aún por aquellos usados en el control de plagas de la agricultura, donde se han empleado con concentraciones 1 000 veces mayores que las recomendadas. El proceso de desarrollo de resistencia en una población ocurre debido a que, en condiciones naturales, existe una pequeña proporción de individuos que sobreviven a la concentración de insecticida a la que son expuestos (figura 9). Se sabe que en México los mosquitos vectores de paludismo son multirresistentes a casi todos los insecticidas usados en salud pública,^{35,36} con variaciones de los niveles de acuerdo con el lugar de recolección.

Modos de acción de los insecticidas

Para entender cómo los mosquitos desarrollan resistencia, primero hay que conocer cómo actúan en el cuerpo del mosquito los principales insecticidas usados en salud pública.

Cuadro XII

Sitio de acción de los principales grupos toxicológicos usados en el control de vectores

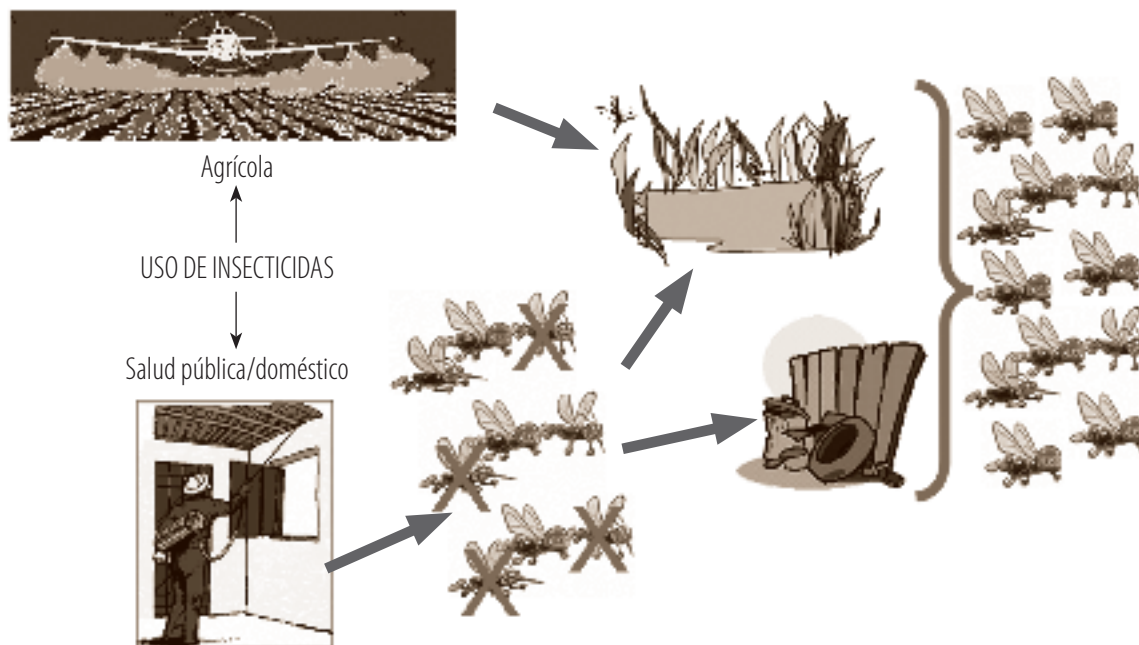
Grupos toxicológicos	Sitio de acción
DDT y piretroides	Canales de sodio de células nerviosas
Organofosforados y carbamatos	Enzima acetilcolinesterasa (AChE)
Organoclorados ciclodienos	Receptores del ácido gammaaminobutírico (GABA)

Los insecticidas actúan en el sistema nervioso del insecto, básicamente sobre tres puntos (cuadro XII). Después que se unen a sus sitios blanco, el efecto de los insecticidas es diverso y depende del insecticida específico; en general, causan espasmos, temblores y convulsión, lo que conduce a la muerte en pocos minutos.

Mecanismos de resistencia a los insecticidas

Los mosquitos han desarrollado diferentes tipos de resistencia que les permiten sobrevivir a concentraciones del insecticida que de manera habitual los mataría. Los mecanismos principales de resistencia se dividen en dos tipos: mutaciones en el sitio blanco y metabolismo incrementado de los insecticidas (cuadro XIII). Los sitios blanco de los insecticidas experimentan mutaciones que evitan que el insecticida se una; entonces los insecticidas ya no reconocen los canales de sodio, la acetilcolinesterasa (AChE) y los receptores ácido-gammaaminobutírico (GABA), y los mosquitos no mueren. El mosquito puede tener también enzimas modificadas o incrementadas en número con la capacidad de atrapar y metabolizar los insecticidas antes de que lleguen a su sitio blanco. Las enzimas que metabolizan o atrapan insecticidas son: la glutatión S-transferasa, esterasas y citocromos P⁴⁵⁰ (también conocidas como monooxigenasas).

Es posible que en un solo organismo funcionen ambos mecanismos. Sin embargo, es más factible que los mecanismos sucedan al mismo tiempo pero en una población de

Figura 9 Proceso de selección y desarrollo de resistencia en insectos vectores

mosquitos, no necesariamente en el mismo individuo. De la misma manera, sería muy raro encontrar que un individuo posea las tres enzimas metabólicas, o mutaciones en los tres sitios blancos de los diferentes insecticidas. En algunas especies se ha encontrado que los individuos resistentes a insecticidas experimentan un costo de compensación por tal adquisición, por lo que sacrifican otras características de la especie, como la reducción en la producción de huevos y una vida media más corta, lo que los pone en desventaja frente a los que son susceptibles.³⁸

Detección y análisis de resistencia

Preparación del material biológico

Debido al efecto de la edad³⁹ y a la posibilidad de algún efecto por la preexposición a insecticidas,⁴⁰ se recomienda que los análisis, tanto de susceptibilidad como bioquímicos para detectar resistencia a insecticidas y sus mecanismos, se

hagan con insectos de un día de edad y de la generación F1 obtenida en insectario a partir de aquellos recolectados en campo. En el caso de mosquitos, pueden recolectarse alimentados en campo o reposando en corrales (y hacer oviposición forzada en el laboratorio), o alimentarlos en el laboratorio y esperar a que ovipositen por sí solos. Como alternativa, se pueden recolectar larvas y pupas y realizar los ensayos de susceptibilidad y bioquímicos en los adultos de un día de edad. Para los ensayos bioquímicos, los especímenes pueden congelarse y enviarse a un laboratorio para su análisis. En el capítulo "Vigilancia entomológica" se describen los métodos para recolectar y preservar muestras de mosquitos.

Ensayos de susceptibilidad

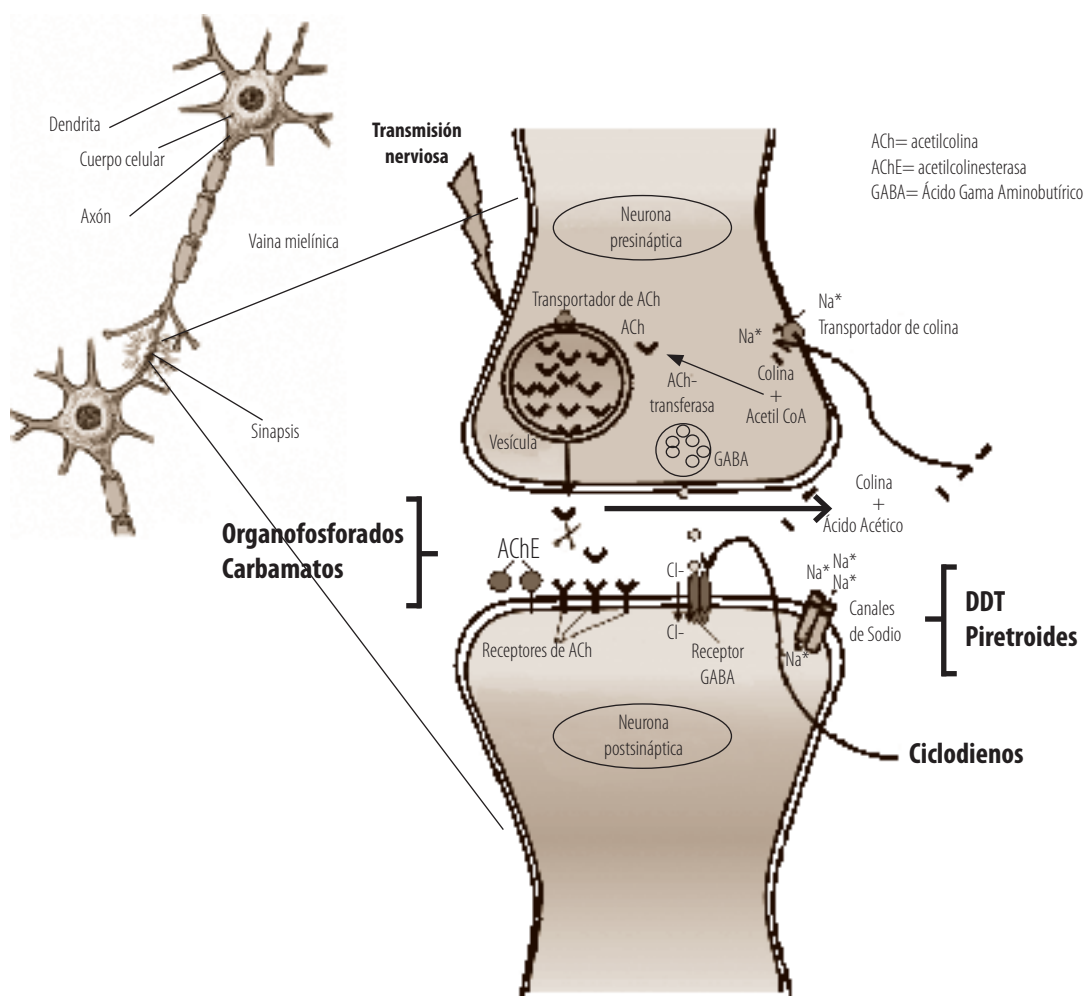
Los bioensayos sirven para medir o determinar si en una población existe o no resistencia a insecticidas, o bien para detectar el grado en que se encuentra la resistencia. Es la forma más directa, ya que el insecto es sometido a una

Cuadro XIII

Principales tipos de mecanismos de resistencia y grupos toxicológicos involucrados

Mecanismo	Sitio donde se presenta	Grupo toxicológico
Alteración del sitio de acción	Canales de sodio (KDR) (fig. 10) AChE (acetilcolinesterasa alterada) (fig. 10) Receptores GABA (receptores GABA alterados) (fig. 10)	Organoclorados y piretroides Organofosforados (OP) y carbamatos (CARB) Ciclodienos
Metabolismo incrementado (resistencia metabólica)	Glutación S-transferasa Esterasas Citocromos P ⁴⁵⁰ (conocidos también como monooxigenasas)	DDT, piretroides (en algunos casos) Organofosforados, piretroides Piretroides, en algunos casos activan (hacen más tóxico) a OP

Figura 10 Sinapsis nerviosa con la acetilcolinesterasa, los canales de sodio y los receptores GABA en la membrana dendrítica de una célula nerviosa. (Tomado de Public Health 2006 y modificado por Felipe Dzúl y Patricia Penilla).³⁷



concentración o concentraciones conocidas: si muere, es susceptible; si no, es resistente a ese insecticida y concentración en particular.

Los bioensayos pueden usarse para diagnosticar el estado de resistencia mediante una concentración discriminante preestablecida y normalmente avalada por el comité de expertos de la OMS. En el cuadro XIV se proporcionan algunas concentraciones para los insecticidas (adulterados) más usados. La concentración discriminante es establecida como el doble de aquella que ejerce 100% (o bien la CL 99.9) de mortalidad en una población normal susceptible.

Los bioensayos también sirven para establecer una línea basal y comparar las respuestas entre dos poblaciones de la misma especie, determinar concentraciones letales (CL) 50, 90, 99, etc., así como para determinar una concentración discriminante. Para establecer las CL en un bioensayo, se debe realizar un análisis Probit.

Para cada bioensayo se debe contar con un grupo control, que debe ser sometido a la misma técnica de exposición

pero sin ingrediente activo en el papel (en caso de mosquitos adultos) o la solución (en caso de larvas). Esto permite corregir la fórmula de Abbott en las tasas de mortalidad observadas en cada una de las concentraciones probadas por insecticida, y así descartar efectos ajenos al tóxico.⁴²

Bioensayos con larvas

La prueba de susceptibilidad de la OMS es la más utilizada para determinar susceptibilidad o resistencia en larvas de mosquitos; algunos investigadores la han modificado, pero en esencia puede ser seguida como guía.

Las variantes referidas en la literatura consisten básicamente en: volúmenes de exposición para las larvas, cómo establecer las diluciones a partir de la solución madre (stock), el manejo de las larvas y los tiempos de exposición al insecticida.

En esta sección se describe el método de la OMS,⁴³ con las modificaciones realizadas por el CRISP (antes CIP) durante su larga experiencia en la vigilancia de resistencia y evaluación de insecticidas.

Material necesario:

- Micropipeta de volumen variado de 100-1000 µl de capacidad.
- Puntillas desechables amarillas y azules.
- Goteros.
- Un tamiz pequeño, que puede fabricarse con malla de nylon, tul o tricot de 3-5 cm de diámetro; un alambre de 15 cm de longitud con un extremo en forma de asa (del mismo diámetro que el nylon), y pegamento para plástico.
- Formatos de registro de datos (cuadro XV).
- Vasos desechables de 250 ml de capacidad.
- Programa log-probit

Preparación de las soluciones o de las suspensiones, y de las concentraciones de la prueba

Los materiales técnicos de muchos compuestos orgánicos son insolubles en agua. Estos materiales tienen que ser disueltos en solventes orgánicos apropiados, como acetona o etanol (se recomienda consultar al fabricante), para preparar las soluciones diluidas para la prueba de laboratorio. Los materiales formulados son, sin embargo, miscibles con agua. No

Cuadro XIV
Concentraciones discriminantes de insecticidas para mosquitos adultos (una hora de exposición - WHO/CDS/CPC/MAL/98.12)⁴¹

Clase	Insecticida	Anofelinos	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>
Organoclorados	DDT	4%	4% ^a	4% ^b
Organofosforados	Fenitrothion	1% ^c		1% ^d
	Malathion	5%	0.8%	5%
Carbamatos	Bendiocarbó	0.1%		
	Propoxur	0.1%	0.1%	0.1% ^e
Piretroides	Cipermetrina			
	Bifentrina			
	Ciflutrina	0.15%		
	Deltametrina	0.05%		0.025%
	Etofenprox	0.5%		
	Lambdacihalotrina	0.05% ^e	0.03%	0.025%
	Permetrina	0.75%	0.25%	0.25%

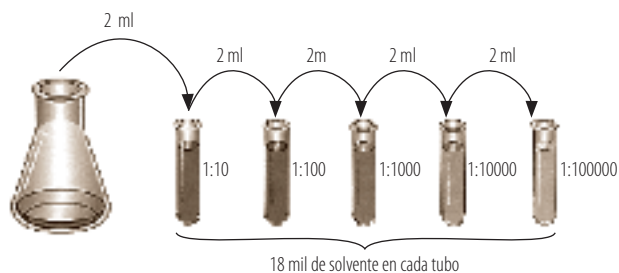
a Media hora de exposición.
b Cuatro horas de exposición.
c Dos horas de exposición para *Anopheles sacharovi*.
d 0.1% para *Anopheles sacharovi*.
e Dos horas de exposición.

Formato sugerido para captura de datos (adaptado de WHO CDS WHOPES GCDPP 2005.13)

Experimento No: _____ Investigador: _____ Localidad: _____
 Material: _____ Fecha de tratamiento: _____
 Especie: _____ Formulación: _____ Temp: _____
 Agua: grifo/destilada Estadio larvario: _____
 Fecha de prep. de sin. stock: _____ Larvas/recipiente: _____
 Vol. de agua: _____ ml Alimento: _____

[illegible]

1. Pesar 200 mg de material técnico y aforar a 20 ml con solvente. Agitar con vigor para diluir el material en el solvente y mantener en frasco con tapón de rosca. Nota: si el material técnico no viene al 100%, deben efectuarse los ajustes necesarios para calcular el peso del insecticida.
2. Diluir en serie (diez veces) en etanol u otro solvente, tomando 2 ml de la solución madre, que se agregan a 18 ml de solvente. Tomar de esta nueva solución 2 ml y agregarlos a otros 18 ml de solvente, y así de manera sucesiva hasta llegar a las diez diluciones (figura 11).

Figura 11 Diluciones seriadas

3. Las concentraciones finales para la prueba se obtienen agregando de 0.1 a 1.0 ml (100-1 000 μ l) en 100 ml de agua, o el doble (0.2 a 2.0 ml) si es en 200 ml de agua (y se desea tener la misma concentración que en 100 ml). Para más detalles, véase el cuadro XVI.

Algunas consideraciones incluyen:

- 1) Al hacer una serie de concentraciones, la concentración más baja se debe preparar primero.
- 2) Los volúmenes pequeños de diluciones se deben transferir a los recipientes de la prueba mediante pipetas con puntillas desechables.
- 3) El procedimiento de la OMS para preparar la solución madre, así como la tabla de diluciones, asume que el insecticida viene al 100%, por lo que el cálculo de ppm es directo. En caso de que se requieran ajustes porque el insecticida no está al 100% o porque la presentación del ingrediente activo es líquido, se deben seguir los ejemplos de los ejemplos presentados más adelante.

En caso de que el grado técnico no esté al 100%

Si el cálculo de 200 mg fue al 100%, y si, por ejemplo, el producto viene al 95%, entonces:

$$\frac{(200 \times 100)}{95}$$

Cuadro XVI

Diluciones y concentraciones finales para volúmenes de prueba de 100 y 200 ml

Solución inicial		Alícuota (ml)*	Concentración final (ppm)	
%	Ppm		En 100 ml	En 200 ml
1	10000	1	100	50
		0.5	50	25
		0.1	10	5
0.1	1000	1	10	5
		0.5	5	2.5
		0.1	1	0.5
0.01	100	1	1	0.5
		0.5	0.5	0.25
		0.1	0.1	0.05
0.001	10	1	0.1	0.05
		0.5	0.05	0.025
		0.1	0.01	0.005
0.0001	1	1	0.01	0.005
		0.5	0.005	0.0025
		0.1	0.001	0.0005
0.00001	0.1	1	0.001	0.0005
		0.5	0.0005	0.00025
		0.1	0.0001	0.00005

*Si se toma el doble de la alícuota y se prepara a 200 ml, la concentración quedará igual que a 100 ml.

En lugar de 200 mg, hay que pesar 210.53 mg y agregarlos al mismo volumen de disolvente.

Si el ingrediente activo viene en presentación líquida

Aplicar fórmula $V_1C_1 = V_2C_2$, donde

V_1 = a lo que se debe agregar del ingrediente activo (es la incógnita)

C_1 = a la concentración a que venga el ingrediente activo en su presentación líquida; puede ser cualquier porcentaje.

En este ejemplo se usa 100%

$V_2 = 20$ ml de disolvente

$C_2 = 1\%$, que es el porcentaje al que se quiere preparar la solución madre

Entonces,

$$V_1 = \frac{(V_2 C_2)}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(20 \text{ ml} \times 1\%)}{100\%}$$

$V_1 = 0.2$ ml

se toma 0.2 ml del ingrediente activo y se afora hasta 20 ml.

Procedimiento del bioensayo

Al inicio, las larvas de mosquito se exponen a un amplio rango de concentraciones de prueba y a un control para detectar el rango de actividad de los materiales bajo prueba. Cuando no se tiene ninguna referencia sobre el efecto del insecticida en esa especie en particular, otra opción es buscar una concentración que ocasione 50% de mortalidad en los mosquitos expuestos. Si se parte de esa concentración, hay que probar un rango amplio hacia arriba y hacia abajo (es decir, mayores concentraciones y menores concentraciones). Después de determinar la mortalidad de larvas en esa amplia gama de concentraciones, se determinan los valores CL50 y CL90 en un rango más estrecho (de cuatro a cinco concentraciones, que produzcan mortalidades entre 10 y 95% (en 24 o 48 h).

1. Rotular los recipientes o vasos de prueba (de 200 ml o más de capacidad, de acuerdo con el volumen de prueba) con la fecha de la prueba, concentración, insecticida y especie de mosquito. Se deben usar al menos cuatro réplicas por concentración. Agregar la cantidad de agua que se vaya a usar en la prueba (100 a 200 ml).
2. Mediante un colador, tamiz o gotero, transferir con cuidado grupos de 25 larvas de tercero o cuarto estadio a los recipientes desechables previamente rotulados. Desechar las larvas pequeñas, enfermas o dañadas.
3. Agregar el volumen apropiado de dilución (de acuerdo con el volumen, a 100 ml o 200 ml de agua) en los recipientes, para obtener la dosificación o concentración

deseada, comenzando con la concentración más baja (cuadro XVI). Antes de agregar la alícuota, retirar la misma cantidad de agua de cada vaso de prueba; es decir, si se va a agregar 1 ml de alícuota, antes hay que retirar 1 ml de agua.

4. Los controles deben ser tratados de la misma manera, pero se les agrega solamente el solvente, en un volumen igual al usado en las concentraciones de prueba.
5. Dejar los tratamientos y controles expuestos por 24 horas, al término de las cuales se deberán registrar las mortalidades (cuadro XV).
6. Se recomienda correr cada prueba tres veces en diferentes días.
7. Los recipientes de las pruebas deben mantenerse entre 25 y 28°C, y de preferencia en un fotoperiodo de 12 h de luz seguidas por 12 h de oscuridad (12L:12D).

Si se desea conocer el estado de susceptibilidad o resistencia de una población de larvas de acuerdo con las concentraciones discriminantes de la OMS, se pueden solicitar a la OMS²⁵ los paquetes para bioensayos en larvas, o bien preparar las soluciones a las concentraciones diagnóstico de la OMS (cuadro XVII). También es posible solicitar a la OMS otras concentraciones, tanto para diagnóstico como para establecimiento de una línea base. Si se decide preparar las soluciones con base en la tabla antes citada, se deben tomar las concentraciones con cautela, ya que son tentativas y fueron establecidas en 1981.

Cuadro XVII

Concentraciones diagnóstico (mg/l) tentativas para larvas de mosquitos

Insecticida	Anofelinos	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Aedes aegypti</i>
DDT	2.5	-	0.05
Dieldrin	0.1	-	0.1
Malation	3.124	1.0	1.0
Fenitrothion	0.125	0.125	0.06
Fention	0.05	0.05	0.05
Temefos	0.25	0.02	0.02
Clorpirifos	0.025	0.01	0.01

Bioensayos con adultos

Se recomienda realizar cuatro repeticiones por cada concentración recomendada por la OMS, así como usar mosquitos sin alimentar de un día postemergencia de la F1 de los recolectados en campo. Si esto no es posible, todos los mosquitos de campo deben estar alimentados con sangre. Siempre se deben reportar las condiciones de los mosquitos usados en las pruebas: si fueron de un día de edad y de la F1, sin alimentar, o bien de campo y todos alimentados con sangre.

La técnica de exposición a los insecticidas se realiza por medio del equipo estándar para pruebas de susceptibilidad de la OMS,⁴⁴ que consiste en dos tubos cilíndricos unidos por medio de una base con roscas a ambos lados, la cual tiene una placa deslizante que los interconecta (figura 12). En los extremos de cada tubo tiene una tapadera de rosca con malla. En cada equipo, los tubos de observación y exposición están marcados con unos puntos verde y rojo, respectivamente. En su pared interior, el tubo de observación lleva papel bond de 12 X 15 cm, sostenido mediante dos aros de acero inoxidable (en cada extremo). Dentro de este se introducen los mosquitos por un agujero circular localizado en la placa deslizante. Después, se procede a co-

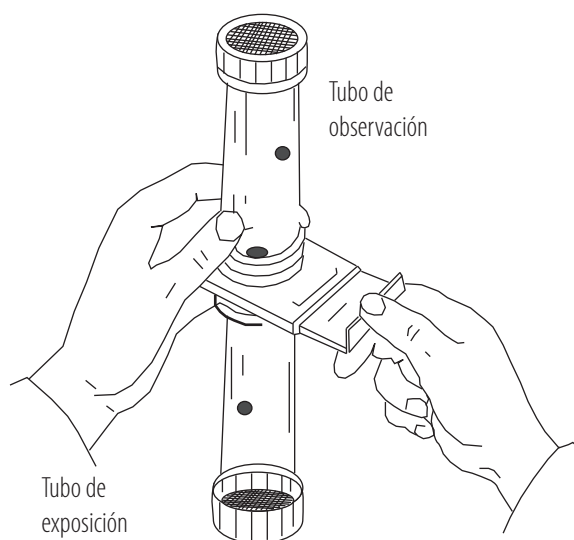
nectar el tubo de exposición, el cual lleva en su interior papel filtro (Whatman núm. 1) de 12 X 15 cm impregnado con insecticida* y sostenido también por medio de dos aros de acero inoxidable. Se recomienda usar de 15 a 25 mosquitos por cada tubo de exposición. Si se usan mosquitos de ambos sexos, se debe contar el número de machos y hembras por cada tubo. Los tubos de las pruebas deben mantenerse a 25-28°C y de preferencia en un fotoperiodo de 12 h de luz seguido por 12 h de oscuridad (12L:12D); luego, se deben leer los resultados de mortalidades.

Ensayos bioquímicos

Están diseñados para conocer en un simple insecto los niveles cuantitativos de las cuatro enzimas que provocan la resistencia a insecticidas. Si se carece de un espectrofotómetro lector de placas, pueden llegarse a distinguir diferencias visuales en los ensayos que dan reacción colorimétrica, como AChE, esterasas y citocromos P⁴⁵⁰, pero aun así se deben comparar contra los blancos y la reacción colorimétrica de mosquitos de una cepa susceptible. Los ensayos bioquímicos determinan las actividades enzimáticas de la AChE, GST, esterasas y citocromos P⁴⁵⁰ de colonias de mosquitos de campo, y si los niveles de alguna de estas enzimas sobrepasan los de la cepa susceptible, entonces esa enzima puede ser la causa de la resistencia metabólica al insecticida. Sin embargo, estos resultados deben confirmarse en ensayos de metabolismo, los cuales brindarían el dato exacto del insecticida que se esté metabolizando por la enzima producida en cantidades elevadas. De los ensayos bioquímicos también puede detectarse la presencia de la AChE alterada o mutada, la cual ya no puede ser inhibida por organofosforados o carbamatos. La OMS cuenta con un manual específico para el desarrollo de varias técnicas, entre ellas las pruebas bioquímicas, para la detección de los mecanismos de resistencia a insecticidas.⁴⁴

Los ensayos bioquímicos son técnicas que se deben realizar con un cuidado extremo en cada uno de los pasos a seguir. El CRISP, en Tapachula, Chiapas, procesa

Figura 12 Equipo estándar de la OMS para exposición de mosquitos adultos a insecticidas



* Las papeletas impregnadas deberán solicitarse a la OMS de acuerdo al documento descrito en WHO/CDS/CPE/PVC/2001.2, ya que la técnica de impregnación requiere de mucho entrenamiento para lograr una impregnación uniforme.

muestras de mosquitos congelados de cualquier especie que le sean enviadas, y entrega los resultados a manera de un reporte de diagnóstico. Sin embargo, es posible realizar esos ensayos si se cuenta con un insectario y un laboratorio que cuente al menos con micropipetas de 8 o 12 canales, puntillas amarillas y azules, botellas transparentes de un litro, potenciómetro, balanza analítica, centrífuga preferentemente para placas de 96 pozos y, de ser posible, una plancha magnética para agitación y un lector para cinéticas en microplacas. También se debe contar con una cepa susceptible a todos los insecticidas. El CRISP cuenta con las cepas Panamá (*An. albimanus*) y Rockefeller (*Aedes aegypti*), que cualquiera puede solicitar si en su laboratorio cuenta con un insectario.

Si sólo se desea tener un panorama de las enzimas que pudieran causar la resistencia a organofosforados, carbamatos y piretroides en una población de mosquitos, a continuación se presenta una descripción básica para realizar los ensayos bioquímicos que pueden visualizarse por su reacción colorimétrica, sin necesidad de una centrífuga, un lector de placas, ni cálculos cuantitativos.

Preparación de soluciones

Las soluciones tampón o amortiguadoras para bioensayos se deben preparar antes de iniciar los ensayos y pueden mantenerse a temperatura ambiente en frascos de vidrio transparente (esterilizados) y protegidos de la luz con papel aluminio por varios meses. No deben usarse cuando haya formación de algas en el fondo del frasco. También se debe preparar propoxur al 0.01M y α -naftilacetato al 30 mM (este último se puede cambiar por el β -naftilo, de acuerdo con el sustrato que mejor reaccionen las esterasas de la especie de mosquitos a tratar), y mantenerlas a 4°C. El resto de las soluciones o sustratos se deben preparar justo antes de cada ensayo (anexo).

Ensayo de acetilcolinesterasa (AChE)

Método colorimétrico basado en la detección de la liberación de tiocolina que emplea como indicador el reactivo de Ellman (DTNB).⁴⁵ El diseño de este ensayo permite reportar en forma directa y cualitativa la presencia del gen de resistencia AChE, insensible tanto a carbamatos como

a organofosforados. La relación entre el incremento en su actividad enzimática y la resistencia a insecticidas no se ha identificado en mosquitos.

A la microplaca etiquetada como AChE con 25 μ l de homogeneizado/pozo:

- Vaciarle 15 ml del amortiguador de fosfato 0.1M y pH 7.8 con tritón X-100 al 1% en un recipiente en “V” para disposición por una pipeta multicanal. Agregar 145 μ l de este amortiguador a cada pozo (solubiliza la AChE unida a la membrana celular en los homogeneizados). Evitar las burbujas en el centro del pozo; si las hay, introducir una aguja para romperlas.
- Pesar 0.0079 g de 5,5-ditiobis-(2-ácido nitrobenzoico) (DTNB, PM = 396.3) en un contenedor de plástico para pesar; diluirlo en el mismo contenedor con 2 ml del amortiguador de fosfato 0.1M y pH 7.0. Aplastar los granos con una espátula pequeña y mezclar. Vaciarlo a un recipiente en “V” para disposición por una pipeta multicanal. Agregar a cada pozo 10 μ l del sustrato DTNB 0.01M.
- Preparar el sustrato yoduro de acetiltiocolina 0.01M (ASCHI, PM = 289.2). Pesar 0.0173 g del ASCHI y disolver en 6 ml de H₂O (0.01M). Pasar 3 ml a cada uno de los dos recipientes en “V” y agregar al último 6 μ l de propoxur 0.1M. La concentración final del propoxur es de 0.2% en el pozo.
- Agregar 25 μ l del ASCHI sin propoxur a un duplicado (filas A, C, E y G). Éste es el pozo control, donde ocurre la actividad normal de la enzima.
- Agregar 25 μ l del ASCHI con propoxur al otro duplicado (filas B, D, F y H). Éste es el pozo tratado, donde ocurre la inhibición de la enzima por el propoxur si el mosquito es susceptible.
- Observar a los 20 minutos.

Ensayo del citocromo P⁴⁵⁰

Esta técnica es una modificación del ensayo de la oxidasa de Brogdon y colaboradores (1997),⁴⁶ que mide la cantidad total de proteína que contiene al grupo hemo (el citocromo P⁴⁵⁰) por mosquito. Las hembras no deben contener sangre en su estómago.

A la microplaca etiquetada como P⁴⁵⁰ con 20 µl de homogeneizado/pozo:

- Vaciarle 8 ml del amortiguador de fosfato de potasio 0.625M y pH 7.2 en un recipiente en “V” para disposición por pipeta multicanal. Agregar 80 µl del amortiguador a cada pozo.
- Mezclar 0.011 g de 3,3',5,5'-tetrametilbencidina en 5.5 ml de metanol absoluto con 16.5 ml de amortiguador de acetato de sodio 0.25M y pH 5.0. Vaciar la solución en un recipiente en “V” para disposición por pipeta multicanal. Agregar 200 µl de la solución TMBZ a cada pozo.
- Vaciar 2.5 ml de peróxido de hidrógeno al 3% en un recipiente en “V” para disposición por pipeta multicanal. Agregar 25 µl del peróxido a cada pozo.
- Incubar a temperatura ambiente por 1 h y observar.

Ensayo de esterasas basado en el sustrato naftilacetato

La esterasas hidrolizan el sustrato naftilo. La reacción es detenida con el detergente SDS, y se forma un complejo del colorante *fast blue* B con el naftol, producto de la hidrólisis del sustrato. El ensayo estima de manera indirecta el producto al medir el complejo.⁴⁷

A la microplaca etiquetada como esterasas con 20 µl de homogeneizado/pozo:

- Mezclar 210 µl del 1-NA 30mM en 21 ml del amortiguador de fosfato 0.02M y pH 7.2 en un recipiente en “V” para disposición por pipeta multicanal. Agregar 200 µl de la solución a cada pozo.
- Incubar a temperatura ambiente por 15 minutos o hasta 30 minutos, según el contenido de la enzima en la especie de mosquito analizada.
- Diluir 0.018 g de la sal de *fast blue* B en 1.8 ml de agua destilada y mezclarlo con 4.2 ml de amortiguador de fosfato 0.1M y pH 7.0 con SDS al 5% en un recipiente en “V” para disposición por pipeta multicanal. Agregar 50 µl de esta solución a cada pozo.
- Incubar por 5 minutos a temperatura ambiente y observar.

Interpretación visual de los ensayos bioquímicos

Descartar los ensayos donde los bancos hayan salido con reacción colorimétrica.

Ensayo de AChE. Descartar las muestras donde el pozo control (sin propoxur) no haya desarrollado actividad (no esté amarillo) y donde haya desarrollado menos actividad que su duplicado con propoxur (menos amarillo que su duplicado).

A los 20 minutos de agregar el sustrato, el pozo control de una muestra debe tener un color amarillo. Cuando el duplicado que contiene el propoxur tiene el mismo color amarillo, el mosquito es resistente y presenta el gen de resistencia de la AChE alterada. Si no desarrolla el color amarillo, el mosquito es susceptible (figura 13); pero si desarrolla sólo la mitad de la intensidad amarilla, puede que se trate de mosquitos resistentes heterocigotos; esto debe ser verificado con lecturas de absorbancias en un espectrofotómetro, comparadas con las absorbancias de una cepa susceptible.

Figura 13 Muestra de una población de *Anopheles albimanus* de campo susceptible a carbamatos y organofosforados. Los pozos control (ejemplo A1) presentan la actividad normal de la AChE, mientras que sus duplicas (ejemplo B1) no desarrollaron actividad debido a la presencia del propoxur. Los pozos G12 y H12 fueron los blancos



Figura 14 Muestra de una población de *An. albimanus* de campo. Los individuos con alto contenido de citocromo P-450 (ejemplos E y F6; G y H6) son probables candidatos a resistencia contra organofosforados o piretroides. Los pozos G12 y H12 fueron los blancos y aquellos individuos con igual intensidad a éstos se consideran susceptibles a los insecticidas probados

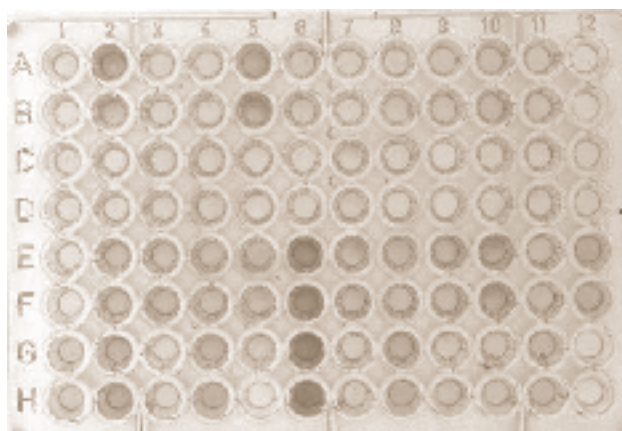
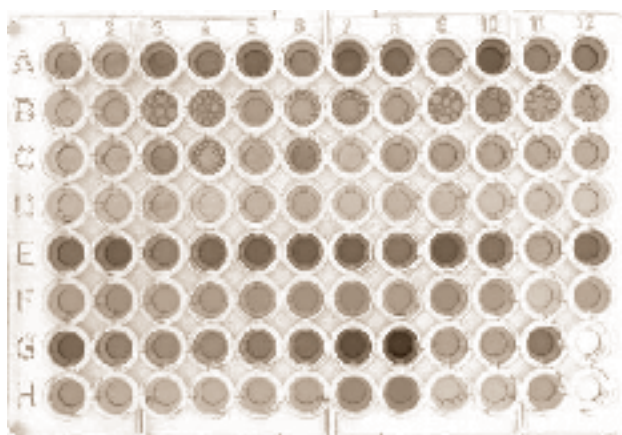


Figura 15 Muestra de una población de *An. albimanus* de campo. Los individuos con alta actividad de esterasas (ejemplo A y B10; G y H8), son probables candidatos a la resistencia contra organofosforados o piretroides. En este ensayo se usaron los dos sustratos de naftilacetato para los diferentes duplicados del mismo individuo. El color oscuro es el producto 1-naftol y el color claro es el producto 2-naftol. Los pozos G12 y H12 fueron los blancos



Ensayo de citocromos P^{450} : los pozos con un color celeste intenso presentan un contenido de citocromos P^{450} mayor que los de color celeste pálido; por lo tanto, se consideran candidatos resistentes a organofosforados o piretroides.

Ensayo de esterasas: los pozos con un color azul morado más intenso presentan mayor cantidad de esterasas y por lo tanto se consideran candidatos resistentes a organofosforados o piretroides.

Control integrado de vectores de paludismo

El control del vector del paludismo debe concebirse como un programa de control integrado de vectores, en el cual se aprovechen todos los recursos humanos y materiales existentes en el contexto local, y donde se apliquen métodos y actividades de control basados en evidencia, en especial con base en el impacto sobre el vector y la transmisión de la enfermedad. Una estrategia de control integrado consiste en combinar diferentes métodos de control vectorial disponibles, de manera más eficaz, económica y efectiva, para reducir la transmisión del paludismo.⁵

Los programas de control integrado de vectores pueden realizarse sobre las dos etapas de vida del mosquito: la larvaria o acuática y la adulta o aérea. Se deben aprovechar los hábitos de reposo y alimentación del vector, así como el conocimiento que se tenga de sus sitios de reproducción.^{8,48}

El objetivo del control integrado de mosquitos es:

- Reducir la densidad de la población del vector
- Reducir el contacto hombre-vector
- Reducir la sobrevivencia del vector

Los puntos más importantes que deben considerarse para que un control integrado sea exitoso son:

- Definir los factores de riesgo locales que influyen en la biología del vector y la transmisión de la enfermedad, para elegir los métodos de control más adecuados.
- Conocer la efectividad de los métodos de control seleccionados sobre: reducción de la densidad de adultos y del número de picaduras, reducción de la densidad de larvas, y reducción de la prevalencia de la enfermedad en la comunidad.

- Identificar los problemas o errores durante la implementación de la estrategia, para corregirlos.
- Usar intervenciones combinadas y sinérgicas.
- Tomar en cuenta la infraestructura y recursos disponibles, para lograr medidas viables y efectivas de control vectorial.
- Debe estar basado en evidencia y requiere tener un esquema sostenible.
- Debe ser costo-efectivo.
- Debe utilizar un sistema de vigilancia, supervisión y evaluación de la eficacia (implementación de la medida) respecto de la efectividad (resultados), traducida en la reducción de las poblaciones del vector y de la incidencia de la enfermedad.
- Requiere personal con experiencia en técnicas de control vectorial y en manejo y planeación de programas.
- Requiere aceptabilidad y colaboración del sector salud, otros sectores públicos, privados y de la comunidad.

Métodos de control que pueden combinarse o integrarse para reducir las poblaciones de mosquitos

Dentro de un mismo tipo de control existen varios métodos de control vectorial que pueden combinarse para lograr un mayor impacto (mejores resultados); también hay diferentes tipos de control que pueden aplicarse en combinación; a esto se le llama *control integrado de vectores*. El cuadro XVIII muestra los más importantes.⁸

Cuadro XVIII
Métodos de control vectorial para *Anopheles spp*

- Control químico	• Rociado residual intradomiciliario • Impregnación de materiales (pabellones impregnados) • Rociado espacial (ULV) • Aplicación de larvicidas
- Control ambiental	• Modificación ambiental • Manipulación ambiental
- Control biológico	• Enemigos naturales (entomopatógenos y entomófagos)
- Control etológico	• Atrayentes (trampas) y repelentes
- Control legal	• Establecimiento de leyes y reglamentos en general

Combinaciones para integración

El diagrama de Philips (figura 16) permite realizar diferentes ejercicios de propuestas integrales de control de acuerdo con los factores de riesgo y las condiciones de transmisión de la enfermedad en el contexto local, así como la disponibilidad de herramientas y equipo humano locales.

En su momento, el control integrado puede estar constituido por diversos métodos que ataquen ambas fases del mosquito, siempre y cuando esta estrategia sea costo-efectiva para el programa de control.

El cuadro XVIII presenta información relevante respecto de los métodos de control vectorial y su efecto sobre las poblaciones de *Anopheles* (efectos esperados) que puede ayudar a tomar decisiones al momento de la planificación del control integrado, siempre de acuerdo con las condiciones locales y la especie del vector.

La figura 17 representa las diferentes medidas de control antivectorial que pueden formar parte de una estrategia de control integrado, basadas en una situación problema (casos de paludismo + presencia del vector). Las medidas elegidas guardarán relación con la situación local que se presente.

Criterios para elegir los métodos que formarán parte de un control integrado

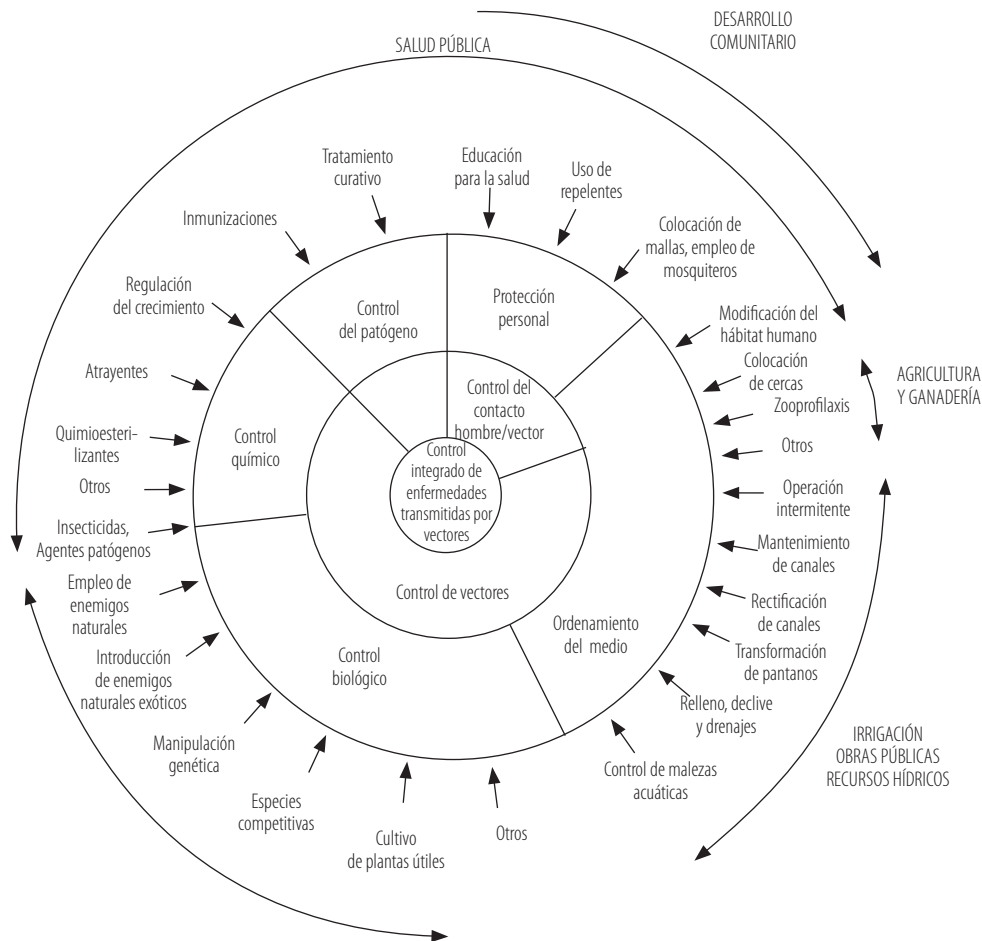
Tanto para el control de adultos como de larvas, la participación de la comunidad es de vital importancia. Por lo tanto, la promoción de la salud y la educación comunitaria son parte fundamental de toda estrategia de control integrado de vectores, esto con la finalidad de lograr una mejor aceptación y participación de la población en las actividades de prevención y control.

Control de adultos

Las alternativas de control más comunes para la reducción o eliminación de adultos incluyen control físico y químico, con la ayuda de la participación comunitaria. A continuación se presentan medidas que pueden aplicarse en forma conjunta y los criterios que deben tomarse en cuenta para su uso.

El control físico involucra métodos que impiden o evitan el acceso de los mosquitos al interior de las viviendas o el contacto hombre-vector; entre los principales métodos se

Figura 16 Diagrama de Phillips⁴⁹



pueden mencionar: pabellones, mallas en puertas, ventanas y aberturas de la vivienda. Estas barreras físicas se fortalecen con la integración de un control químico, por ejemplo, si se impregnan los pabellones con insecticidas piretroides sintéticos. En estas actividades se debe contar con la participación de la comunidad, con lo que se garantiza la aceptación y uso de la medida de control.

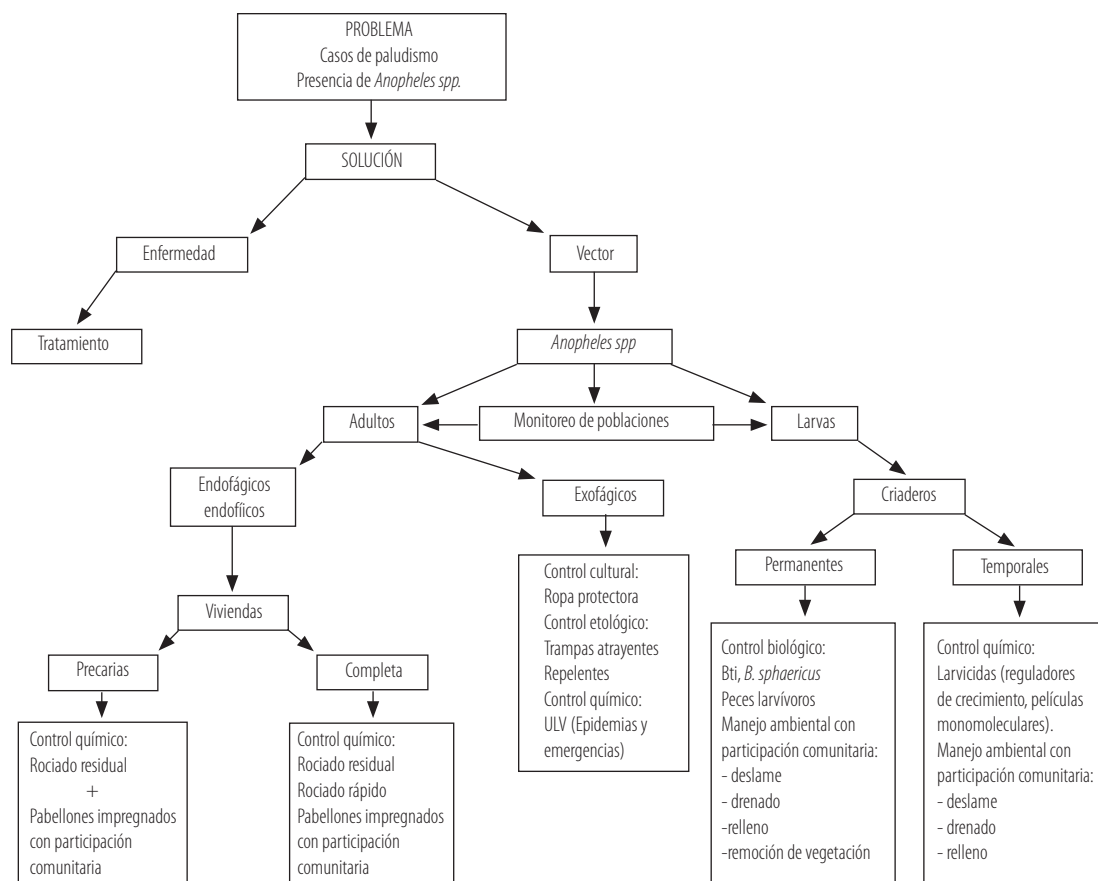
El uso de pabellones impregnados es muy necesario en localidades donde las viviendas son precarias (paredes discontinuas, ventanas sin protecciones, etc.), para reforzar el efecto del rociado residual y la aplicación de insecticidas en forma de volumen ultrabajo (UBV), o para sustituir estas medidas

de control, cuando las localidades y sus viviendas son de difícil acceso, o en situaciones de desastre y emergencia.

Control de larvas

Algunas estrategias de control que pueden incluirse dentro de un manejo integral para controlar la fase larvaria son:

- Aplicación de bacterias como *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* H14 y *Bacillus sphaericus*. La primera se usa en aguas limpias, mientras que la segunda se utiliza en cuerpos de agua con poca oxigenación y gran cantidad

Figura 17 Flujograma para toma de decisiones en el control integrado

de materia orgánica. Para un mejor efecto, estas bacterias se pueden utilizar en combinación con películas monomoleculares.

- Siembra de peces larvívoros nativos en cuerpos de agua permanentes.
- Aplicación de reguladores de crecimiento en criaderos temporales o producto de la actividad del hombre.
- Manejo ambiental combinado con cualquiera de estas estrategias mencionadas (ideal porque ayuda a disminuir la cantidad y frecuencia del uso de larvicidas).

Limitaciones del control integrado:

- Aceptabilidad por parte de la comunidad
- Costo-efectividad

- Disponibilidad de recursos
- Condiciones ambientales adversas
- Condiciones geográficas
- Aspectos legales y éticos

Análisis de casos de control integrado

A continuación se presentan tres casos de control integrado que ayudan a ilustrar este tipo de programas de control.

Caso 1. Control integrado en Oaxaca, México, 1999⁵⁰

Situación:

Brote de paludismo con *Plasmodium vivax* en 1998 en la costa de Oaxaca.

Cuadro XIX

Aspectos de la población del vector que se espera sean afectados por los diferentes métodos de control vectorial²⁶

Método	Densidad de adultos	Supervivencia de adultos	Picaduras a humanos
Control larvario			
Reducción de fuentes	+	-	-
Peces larvivoros	+	-	-
Larvicidas	+	-	-
Control del contacto hombre-vector			
Pabellones impregnados	+/-	+/-	+
Mejorar la vivienda	-	-	+
Uso de repelentes y trampas con atrayentes	-	-	+
Control de mosquitos adultos			
Rociado residual intradomiciliario	+	+	+
Rociado espacial	+	+/-	-

+ reducción esperada, - sin efecto, +/- efecto en algunas situaciones

- En Oaxaca, la incidencia de paludismo se concentró en menos de 5% de la población.
- Un número importante de casos fue repetidor (recaídas y reinfecciones) o entre familiares.
- Menos de 30% de los pobladores de las localidades afectadas presentó paludismo.
- El 70% de la incidencia de casos de paludismo ocurrió durante el primer semestre del año.
- El principal vector fue el mosquito *An. pseudopunctipennis*.

Solución:

En primer lugar, se dio tratamiento focalizado. En segundo lugar, se suspendió el rociado intradomiciliario en todas las áreas endémicas de transmisión por *An. pseudopunctipennis*, y en su lugar se estableció la limpieza de las algas verdes filamentosas en criaderos, y se incorporó a la comunidad al Programa “Eliminación de Criaderos de Anofelinos” (ECA).

Criterios:

- Las larvas de este vector se desarrollan en ríos y arroyos donde crecen algas. Por lo tanto, al eliminar las algas, disminuyen las poblaciones de larvas de mosquitos,

además de que las lluvias las arrastran y como resultado desaparecen las larvas.

- Con los rociados domiciliarios mueren sólo los mosquitos que entran a las viviendas y logran posarse en las paredes rociadas con insecticida; además, es una medida adulticida. Por su parte, la ECA evita que los mosquitos nazcan.
- Todas las casas positivas a paludismo tuvieron criaderos en un radio de 500 m de distancia de las viviendas, por lo que la ECA se estableció en un perímetro de 2 km alrededor de las localidades.

En tercer lugar, se estableció una dinámica de revisión sistemática de la información epidemiológica y técnica para interpretar la evolución del paludismo, evaluar los resultados y adecuar la intensidad y orden de las acciones en forma permanente.

Resultados:

En Oaxaca se controló el brote de 1998. En el año 2000 el número de casos se redujo de 17 855 a 672, la cifra más baja en la historia de esa entidad.

El rociado residual de las viviendas se redujo de 212 mil en 1999 a menos de 15 mil en 2000, como resultado de la incorporación de la ECA con participación comunitaria al nuevo modelo de “México sin DDT”, y por el uso racional de nuevos productos y la participación comunitaria. Esta medida se ha propuesto a los países de América Central.

En resumen, el tratamiento focalizado del paludismo en México ha modificado las formas tradicionales de control, y de él destaca:

- La eliminación del insecticida DDT para el control de los vectores a partir del año 2000.
- La estratificación epidemiológica y entomológica debido a que el paludismo manifiesta distintos patrones relacionados con los diferentes vectores y ecología. El punto de partida es un modelo activo en lugar del reactivo.

Cuando se aplica la ECA, no es necesario aplicar el rociado intradomiciliario, lo que implica reducción de los costos. De esa manera, el uso de insecticidas ya no es la alternativa

estratégica del programa de control. Por lo tanto, las opciones para el control de los diferentes vectores se basan en:

- La integración de la comunidad de manera responsable y activa en la ECA. El cambio consistió en el paso de un programa vertical de comando central, a uno descentralizado y con participación de la comunidad.
- Una participación cada vez más activa de las autoridades municipales.

Caso 2. Programa de control integrado de paludismo en Colombia⁵¹

Situación:

- 23 comunidades de la parte norte de la Costa Pacífica de Colombia con incidencia de paludismo
- 5 a 8 casos de paludismo por año
- 90 a 110 casos de paludismo cerebral al año

Solución: se emplearon tres medidas:

1. Educación comunitaria
2. Diagnóstico oportuno y tratamiento adecuado
3. Control de vectores

Las estrategias de prevención y control incluyeron:

- Promoción de la salud mediante charlas educativas a la comunidad
- Prevención de la enfermedad con medidas de protección (como el uso de pabellones impregnados de insecticida)
- Vigilancia epidemiológica, diagnóstico precoz y tratamiento oportuno y adecuado de los pacientes
- Control integrado y selectivo de vectores por medio del empleo de:
 - o Pabellones protectores
 - o Petrolización de aguas estancadas
 - o Control biológico con peces larvívoros
 - o Control químico focalizado en el intra y peridomicilio de las viviendas

Resultados:

- La incidencia disminuyó 45.36%
- No hubo más muertes por paludismo
- No hubo un solo caso de paludismo cerebral en los ocho años del programa
- La duración de los episodios de paludismo disminuyó de 7.52 a 3.7 días por episodio
- El beneficio económico para la comunidad superó el costo total de la inversión en el programa

Caso 3. Uso de repelentes para la prevención del paludismo⁵²

Situación:

Cuando los mosquitos tienen un comportamiento exofílico y endofágico, no reposan en la pared; por lo tanto, el rociado intradomiciliario no es efectivo.

Control recomendado:

Uso de pabellones impregnados.

Limitaciones:

La medida no tendrá éxito sin la aceptación de la comunidad y una cobertura completa de la localidad.

Solución:

Integrar el uso de repelentes tópicos (aplicados en las partes descubiertas de las personas) durante las horas de mayor actividad del mosquito para reforzar la protección brindada por el uso de pabellones impregnados.

Recomendación:

Para lograr el mayor grado de éxito de esta estrategia integrada, es necesario concienciar a la comunidad sobre el uso de estas medidas.

Referencias

- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. Control selectivo de vectores de malaria: guía para el nivel local de los sistemas de salud. Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud 1999: 48 pp. ISBN 92 75 32278 3.
- Secretaría de Salud [SSA]. Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2002, para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector. México, Diario Oficial de la Federación, lunes 21 de julio de 2003: 20-56.
- Fundacao Nacional de Saúde [FUNASA]. Controle de vetores. Procedimentos de Segurança. Brasil, Ministério de Saúde,. Fundação Nacional de Saúde 2001: Brasil. 204 p.
- Moquillaza JA, Calderón G. Manual de conocimientos básicos sobre plaguicidas, métodos de control vectorial y uso adecuado de equipos. Ecuador, Ministerio de Salud, Ecuador 2006: 199 p.
- Mancheno M, Kroeger A, Ordóñez-González J. No más problemas de salud causados por insectos. Manual técnico para el control de la malaria, dengue, chagas, leishmaniosis y oncocercosis. México, Editorial Pax 2001:264.
- Vaca-Marín MA, Rodríguez López MH, Bown DN, Ríos R. Aplicación intradomiciliar de malatión y deltametrina en bajo volumen para el control de *Anopheles sp.* Salud Publica Mex 1991;33(5):482-492.
- World Health Organization [WHO]. Pesticides and their application. For the control of vectors and pests of public health importance. WHO/CDS/NTD/WHOPES/GC-DPP/2006.1 2006: 104 p.
- World Health Organization [WHO]. Vector control for malaria and other mosquito-borne diseases. WHO, Technical Report Serie 1995;857: 91 p.
- World Health Organization [WHO]. (2007.3). Manual for indoor residual spraying. Application of residual sprays for vector control. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2000.3: Third Edition.
- Nájera JA, Zaim M. Malaria vector control. Insecticides for indoor residual spraying. WHO/CDS/WHOPES/2001.3. 2001:94 p.
- World Health Organization [WHO]. Operation manual on the application of insecticides for control of the mosquito vectors of malaria and other diseases. Geneva, World Health Organization, Document WHO/CTD/VDC96.1000Rev1 1996.
- World Health Organization [WHO]. Space spray application of insecticides for [FAO] Food and Agriculture Organization of United Nations, and [WHO] World Health Organization. 2006. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues. Rome, FAO Plant Production and Protection Paper 187. Rome, Italy. 2006.
- World Health Organization [WHO]. Operational manual on the application of insecticides for control of the mosquito vectors of malaria and other diseases.WHO/CTD/VBC/96.1000 REV.1. 1997. 196 pág.
- Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez MH, Bown DN, Loyola EG. Indoor low-volume insecticide spray for the control of *Anopheles albimanus* in Southern Mexico, village-scale trials of bendiocarb, deltamethrin and cyfluthrin. J Amer Mosquito Contr Assoc 1993;9(2): 210-220.
- Villarreal C, Rodríguez MH, Bown DN, Arredondo-Jiménez JI. Low-volume application by mist-blower compared with conventional compression sprayer treatment of houses with residual pyrethroid to control the malaria vector *Anopheles albimanus* in Mexico. Medical Veter Entomol 1995;9:187-194.
- Nájera JA, Zaim M. Criterios para guiar la toma de decisiones y procedimientos para el uso sensato de insecticidas. Document WHO/CDS/WHOPES/2002.5, World Health Organization. Geneva, Switzerland. 2002.
- World Health Organization [WHO]. Temephos 10 g/kg sand granules. Document WHO/SIT/40.R1. World Health Organization. Geneva, Switzerland. 1989.
- Fernández I. Biología y control de *Aedes aegypti*. Manual de operaciones. UANL, México: 1999.
- Hudson RH, Tucker RK, Haegel MA. Handbook of toxicity of pesticides to wildlife. Washington, Department of Interior, Fish and Wildlife Service. S. Resource Publication 1984;153.
- Environmental Heath Protection Agency [EPA]. Registration eligibility decision (RED) diflubenzuron. Washington, Document EPA 738-R-97-008 D.C., USA 1997.
- Food and Agriculture Organization of United Nations [FAO]. Report of the Joint Meeting on Pesticide Residues. FAO Plant Production and Protection Paper 67. Rome, Italy 1984.
- Food and Agriculture Organization of United Nations [FAO]. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues. FAO Plant Production and Protection Paper 84. Rome, Italy. 1987.
- Food and Agriculture Organization of United Nations [FAO]. FAO specifications and evaluations for plant protection products Novaluron. Food and Agriculture Organization of United Nations 2004. Rome, Italy.
- Rozendaal J. Vector control. Methods for by individuals and communities. Geneva: Switzerland: World Health Organization 1997.
- World Health Organization [WHO]. Report of the Fourth WHOPES Working Group Meeting. Review of IR3535, KBR3023 (RS), Methoprene 20% EC, Pyriproxyfen 0.5% GR and Lambda-Cyhalothrin 2.5% CS. Document WHO/CDS/WHOPES/2001.2. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2001.
- World Health Organization [WHO]. Report of the Sixth WHOPES Working Group Meeting. Review of Delthametrin 25% WG & WP and Agnique MMF. Document WHO/CDS/WHOPES/2002.6. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2002.
- World Health Organization [WHO]. Report of the Eight WHOPES Working Group Meeting. Review of Novaluron 10% EC. Document WHO/CDS/WHOPES/2005.1. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2005a.

28. World Health Organization [WHO]. Report of the Ninth WHOPES Working Group Meeting. Review of Dimilin GR, DT Vectobac, DT Aqua K-Othrine & Aqua Reslin Super. Document WHO/CDS/WHOPES/2006.2. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2006a.
29. World Health Organization [WHO]. WHO specifications for pesticides used in public health. <http://www.who.int/whopes/quality/newspcif/en/>. 2006b.
30. Csontos A. Environmental fate of methoprene. Department of Pesticide Regulations. Sacramento, CA: 2004. 6 pág.
31. Food and Agriculture Organization [FAO] of United Nations, and World Health Organization [WHO]. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues. Geneva, Switzerland: FAO Plant Production and Protection. 2001.
32. Arredondo-Jiménez JI, Valdez-Delgado K M. Effect of Novaluron (Rimon® EC) on the mosquitoes *Anopheles albimanus*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* from Chiapas, México. Med Vet Entomol 2006;20:277-387.
33. World Health Organization [WHO]. Report of the WHO informal consultation on the "Evaluation and testing of insecticides". Document CTD/WHOPES/IC/96.1. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 1996.
34. Arredondo-Jiménez JI, Valdez-Delgado KM. Control Integrado de poblaciones larvianas de *Anopheles albimanus*. Informe técnico final. Sistema de Investigación Regional Benito Juárez. Oaxaca, Oaxaca: CONACYT 2003:63 p.
35. Penilla RP, Rodríguez AD, Hemingway J, Torres JL, Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez MH. Resistance management strategies in malaria vector mosquito control. Baseline data for a large-scale field trial against *Anopheles albimanus* in Mexico. Med Vet Entomol 1998;12:217-233.
36. Penilla RP, Rodríguez AD, López AD, Solís F, Domínguez I, Hemingway J, Rodríguez MH. Insecticide resistance in the Mexican malaria vectors from the transmission foci. The EMBO Workshop on the "Molecular and Population Biology of Mosquitoes and Other Disease Vectors". Kolimbari, Greece. 2005. http://anobase.org/embo_meeting/2005/abstracts/penilla.pdf
37. Rodríguez AD, Penilla RP, Rodríguez MH and Hemingway J. A Mexican trial shows sustainability. Public Health. Bayer Environmental Science Journal 2006; 18 Nov, 2006.
38. Foster SP, Young S, Williamson MS, Duce I, Denholm I, Devine GJ. Analogous pleiotropic effects of insecticide resistance genotypes in peach-potato aphids and houseflies. Heredity 2003;91:98-106.
39. Mourya DT, Hemingway J, Leake CJ. Changes in enzyme titres with age in four geographical strains of *Aedes aegypti* and their association with insecticide resistance. Med Vet Entomol 1993;7(1):11-16.
40. Hodjati MH, Curtis CF. Evaluation of the effect of mosquito age and prior exposure to insecticide on pyrethroid tolerance in *Anopheles* mosquitoes (Diptera: Culicidae). Bull Entomol Res 1999;89(4):329-337.
41. World Health Organization [WHO]. Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces. Document WHO/CDS/CPC/MAL/98.12. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 1998.
42. Abbott WS. A method for computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol 1925;18:265-267.
43. World Health Organization [WHO]. Guidelines for Laboratory and Field Testing of Mosquito Larvicides. Document WHO/CDS/WHOPES/2005.13. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2005b.
44. World Health Organization [WHO]. Techniques to detect insecticide resistance mechanisms (field and laboratory manual). Document WHO/CDS/CPC/MAL/98.6. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 1998.
45. Jiménez-Díaz M, y Martínez-Monge V, 2000. Validación de la determinación de colinesterasa plasmática humana a 340 nm. Rev Biomed 11:91-98.
46. Brogdon WG, McAllister JC, Vulule J. Heme peroxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. J Am Mosq Control Assoc 1997;13(3):233-237.
47. He X. A continuous spectrophotometric assay for the determination of diamondback moth esterase activity. Archives of Insect Biochemistry and Physiology. 2003;54(2):68-76.
48. Phillips M, Mills A, Dye C. Directrices para el análisis del costo-eficacia de la lucha antivectorial. Geneva, World Health Organization, Serie de Directrices CEOM 3. Document WHO/CWS//93.4. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 1993.
49. Secretaría de Salud (SSA). Programa de acción: enfermedades transmitidas por vector. México, D.F.: Secretaría de Salud 2001: 74 p.
50. Curtis CF, Lines JD, Carnevale P, Robert V, Boundin C. Impregnated nets and curtain against malaria mosquitoes. En: Curtis CF (ed.): Appropriate technology in vector control. Boca Ratón, FL.: 1990:5-46. King Saud Library Book.

ANEXO

Preparación de reactivos para ensayos bioquímicos

- a) Soluciones madre de amortiguador de fosfato de sodio monobásico y dibásico al 0.1M.
 - Pesar 7.1 g de Na_2HPO_4 (PM 142) y disolver en 500 ml de agua destilada (H_2O_d) en una botella etiquetada.
 - Pesar 6 g de NaH_2PO_4 (PM 120) y disolver en 500 ml de H_2O_d en otra botella etiquetada.
- b) Amortiguador de fosfato de sodio 0.1M y de pH 7.0.
 - Agregar con lentitud NaH_2PO_4 0.1M a 20 ml de Na_2HPO_4 0.1M en una botella etiquetada hasta alcanzar un pH 7.0.
- c) Amortiguador de fosfato de sodio 0.02M y de pH 7.2.
 - Mezclar 50 ml de NaH_2PO_4 0.1M en 200 ml de H_2O_d en una botella etiquetada.
 - Mezclar 50 ml de Na_2HPO_4 0.1M en 200 ml de H_2O_d en otra botella etiquetada.
 - Agregar poco a poco NaH_2PO_4 0.02M a los 400 ml de Na_2HPO_4 0.02M hasta alcanzar el pH 7.2.
- d) Amortiguador de fosfato de sodio 0.1M y de pH 7.0 con SDS al 5%.
 - Agregar de manera lenta NaH_2PO_4 0.1M a 50 ml de Na_2HPO_4 0.1M en una botella etiquetada hasta alcanzar el pH 7.0.
 - Adicionar SDS hasta el 5% (5 g en 100 ml).
- e) Amortiguador de fosfato de sodio 0.1M y de pH 7.8 con tritón X-100 al 1%.
 - Agregar de manera gradual NaH_2PO_4 0.1M al resto del Na_2HPO_4 0.1M (aprox. 230 ml) en una botella etiquetada hasta alcanzar el pH 7.8.
 - Adicionar tritón X-100 hasta el 1% (1 ml por cada 100 ml de solución).
- f) Amortiguador de fosfato de potasio 0.0625M y de pH 7.2.
 - Pesar 1.08875 g de K_2HPO_4 (PM 174.18) y disolver en 100 ml de H_2O_d en una botella etiquetada.
 - Pesar 0.8506 g de KH_2PO_4 (PM 136.09) y disolver en 100 ml de H_2O_d en otra botella etiquetada.
 - Agregar poco a poco KH_2PO_4 0.0625M a los 100 ml de K_2HPO_4 0.0625M hasta alcanzar el pH 7.2.
- g) Amortiguador de acetato de sodio 0.25M (PM 82.03) y pH 5.0.
 - Pesar 7.1776 g de $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ y disolverlo en 350 ml de H_2O_d en una botella etiquetada.
 - agregar HCL hasta alcanzar el pH 5.0.
- h) Propoxur 0.1M (analítico).
 - Pesar 0.292 g y diluir en 10 ml de acetona. Mantener refrigerado por varios meses.
- i) Alfaftilacetato 30 mM (PM 186.2).
 - Pesar 0.0559 g en 10 ml de acetona. Mantener refrigerado por varios meses.
- j) Peróxido de hidrógeno al 3%.
 - Diluir 5 ml de H_2O_2 al 30% en 45 ml de H_2O_d .

Preparación de homogeneizados de mosquitos

- Trabajar con 47 mosquitos a la vez. Se coloca un mosquito por pozo en una microplaca de 96 pozos sobre hielo, de preferencia en una hilera de machos y otra de hembras, de manera alternada (24 machos y 23 hembras). El pozo D12 se llenará sólo con agua destilada, el cual dará lugar a los blancos en los pozos G12 y H12 de las placas ya etiquetadas. Para cada ensayo estos blancos contendrán todas las soluciones a excepción del homogeneizado, el cual se sustituye por agua.
- Los mosquitos se homogeneizan en forma individual en 100 μl de agua destilada, y a continuación con otros 100 μl se lavan los homogeneizadores; de esta manera, quedan 200 μl en cada pozo.
- Se pasan duplicados de 25 μl del homogeneizado de cada muestra a una microplaca limpia con pozos de fondo plano y etiquetada como AChE, de tal manera que las 12 muestras de la hilera A en la placa son las mismas de la hilera B, y así sucesivamente, hasta que sean las 47 muestras por placa. Las puntillas amarillas se pueden enjuagar y escurrir sobre una toallita seca de dos a tres veces, cada vez que se cambie de homogeneizado.
- Se pasan duplicados de 20 μl del homogeneizado centrifugado de cada muestra con una pipeta multicanal a dos placas limpias y etiquetadas como esterasas y P^{450} .

Estrategias ambientales de control

Guillermo Bond Compean,
Kenia Mayela Valdez Delgado,
Maria Guadalupe Vázquez Martínez,
Rogelio Danis Lozano

Control ambiental

El comité de expertos en biología y control de vectores de la Organización Mundial de la Salud (OMS) definió el manejo ambiental como “la planeación, organización y vigilancia de actividades llevadas a cabo para la modificación o manipulación de factores ambientales o sus interacciones con el hombre, con la finalidad de prevenir o reducir la propagación del vector y reducir el contacto vector-hombre”.^{1,2}

Antes de iniciar las acciones de manejo ambiental se debe conocer:

- La ubicación y extensión de los criaderos en la comunidad
- La temporalidad de los criaderos
- La vegetación presente en los mismos
- El equipo y el personal con que se cuenta
- Las acciones que se pueden realizar
- La frecuencia requerida para las acciones
- La vigilancia de su eficacia

Siempre que se elija el manejo ambiental como alternativa de control, se debe pensar en que resulte lo menos costoso posible y que sea sustentable. Es importante señalar que la correcta aplicación de las acciones de manejo ambiental en los criaderos disminuye la necesidad o la frecuencia de aplicación de algún otro tipo de intervención.

El cuadro I presenta las acciones de manejo ambiental e indica el personal y el equipo necesarios para realizarlas, así como la frecuencia recomendada.

Participación de la comunidad

Con el fin de asegurar la sustentabilidad a largo plazo de este método de control, es de suma importancia que la comunidad participe en la planeación, realización y seguimiento de las actividades de manejo ambiental, por lo cual se recomienda que se le involucre de manera activa.

El manejo ambiental se puede programar una vez por mes y para ello se recomienda organizar a los miembros de la comunidad en grupos. Es necesario que, además de las pláticas educativas previas, una persona de apoyo técnico sirva de guía y supervisor durante las primeras sesiones de esta actividad.

El manejo ambiental incluye las siguientes técnicas: a) modificación ambiental, b) manipulación ambiental y c) manejo del entorno, dirigido a la protección del individuo.²⁻⁶ A continuación se detalla cada técnica.

Modificación ambiental

Esta técnica proporciona una forma de manejo ambiental permanente o a largo plazo consistente en cualquier trans-

Cuadro IAcciones de manejo ambiental recomendadas para criaderos de *An. albimanus*

Tipos hidrológicos	Acciones*	Personal necesario**	Frecuencia
Temporales • Pastos inundados • Charcas de lluvia • Lagunas temporales • Pozas de río	Modificación ambiental • Drene • Relleno Manipulación ambiental • Remoción de vegetación • Pastos-vegetación emergente	1 supervisor 6 técnicos de campo 1 ingeniero***	Única
Permanentes • Lagunas permanentes • Márgenes de ríos y arroyos • Esteros		1 supervisor 6 técnicos de campo	Mensual
Artificiales producto de la actividad humana • Canales de irrigación • Charcos	Modificación ambiental • Canalización (muros de concreto) • Drene • Relleno	1 supervisor 6 técnicos de campo 1 ingeniero***	Única

Fuente: World Health Organization, (1982).

*Técnicas recomendadas para el manejo ambiental.

**Se sugiere involucrar a la comunidad en la realización de las actividades.

***Si se requiere drenar grandes extensiones.

formación física de la tierra, el agua o la vegetación de los hábitats de cría de los vectores, para prevenir o eliminar su desarrollo. La modificación ambiental incluye: a) remoción o destrucción, b) drenado, c) llenado y nivelado y d) transformación de márgenes de los hábitats de cría.^{2,3,6,7}

Remoción o destrucción de criaderos

Este método no es usado para controlar vectores de paludismo, pero es de uso general para controlar *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*. Se le conoce como descacharrización y consiste en retirar o destruir los depósitos de agua pequeños, como los de latas, botellas, cáscaras de coco, baldes de agua, floreros, macetas y neumáticos.⁶

Drenado

Está diseñado para remover y disponer del exceso de agua no deseada, de preferencia antes de que las larvas de mos-

quitos alcancen su desarrollo completo y se conviertan en adultos. Según lo extenso de la cobertura del agua, de la topografía del terreno, de la textura del suelo, del clima y de la localización de las viviendas, se puede realizar mediante la construcción de zanjas, diques abiertos, drenado del subsuelo o bombeo del agua de los diferentes criaderos de mosquitos. Es una de las técnicas de control de mosquitos más antiguas y efectivas. Por lo general, para alcanzar un control adecuado de mosquitos, basta con drenar cuerpos de agua ubicados dentro de un radio de 1.5 a 2 km alrededor de la localidad.^{2,5,6}

Llenado y nivelado

El rellenado de las depresiones que contienen agua y la nivelación del suelo son las técnicas que proporcionan los resultados más duraderos. Estimular la participación de la comunidad en estas actividades es de vital importancia para su éxito, lo cual puede formar parte de los programas

generales de desarrollo. En la figura 1 se ejemplifica una modificación ambiental que consiste en rellenar charcas de lluvia, dado que constituyen criaderos temporales de mosquitos.

Transformación de las márgenes de los hábitats de cría

Se realiza en criaderos de mosquitos como canales de irrigación, márgenes de ríos y cuerpos de agua accesibles para la modificación ambiental, la cual consiste, por ejemplo, en la realización de bordes artificiales en canales de irrigación de zonas de cultivo (figura 2).

Impacto de la modificación ambiental

Las consecuencias de esta técnica dependen en parte de la escala de la operación, ya que los proyectos a gran escala, como los de drenado permanente de pantanos o lagunas naturales, tienen un fuerte impacto sobre el ecosistema al eliminar los hábitats acuáticos y, por consecuencia, las poblaciones de organismos no blanco que dependen de ellos.⁸

Si se opta por realizar acciones de modificación ambiental, se deben considerar los siguientes aspectos:³

Figura 2 Modificación ambiental; construcción de bordes artificiales



- Extensión y número de criaderos
- Asesoría de un ingeniero o un supervisor capacitado en la realización de estas acciones
- Maquinaria que se va a utilizar, costos y conocimientos para su uso y mantenimiento
- Fondos y personal de apoyo con el que se cuenta

En el cuadro II se listan las ventajas y desventajas de la modificación ambiental.

Manipulación ambiental

Esta técnica consiste en cualquier actividad planeada y dirigida en forma repetida a producir condiciones desfavorables para la reproducción y sobrevivencia de los vectores en su hábitat, con lo que disminuyen sus poblaciones, pero sin eliminarlas del todo. Los cambios introducidos suelen ser temporales y reversibles, con efectos mínimos en el ambiente. Dentro de estas técnicas se incluye el manejo de niveles de agua, inundación o desecación, irrigación intermitente, cambios de salinidad del agua, así como manejo

Figura 1 Modificación ambiental; relleno de charcas



Cuadro II**Ventajas y desventajas de la modificación ambiental**

Ventajas	Explicación	Desventajas	Explicación
Eficacia	Se ha demostrado la efectividad de esta estrategia cuando se aplica con suficiente cobertura	Laborioso	Su implementación inicial requiere un gran número de personas que ayuden a realizar las actividades
Seguridad	Al ser bien planeada y ejecutada, la estrategia tiene un impacto adverso mínimo hacia el ambiente y casi nulo para el hombre. No presenta riesgos de toxicidad, como los asociados al control químico	Se crean nuevas condiciones*	Se pueden crear nuevas condiciones ecológicas para el establecimiento y propagación de otros vectores que no eran abundantes o estaban ausentes
Efecto a largo plazo	Una vez aplicada, y con mantenimiento mínimo, la estrategia es efectiva durante años.	Ineficiente para criaderos de otras especies de mosquitos**	En otras especies, como <i>An. albimanus</i> , es poco eficaz debido a la gran variedad de hábitats en donde se cría el mosquito
Tasa costo-beneficio favorable	Con base en su eficacia a largo plazo, su costo es menor comparado con el de otros métodos de control		
Viabilidad	Se puede implementar sin la necesidad de equipo sofisticado y con presupuesto mínimo		
Ventajas colaterales	Ayuda a controlar otras enfermedades		

Fuentes: Rafatjah (1988);² Ault (1994);⁵ Rozendaal (1997)⁶ y Walker (2002).⁸

* Service (2000).

** Shiff (2002).

y remoción de la vegetación (figura 3), y la sombra de los criaderos.^{2,3,6,7}

Bases ecológicas para la manipulación ambiental

Las técnicas de manipulación ambiental aplican principios ecológicos sobre los requerimientos de hábitat de los vectores, las interacciones ecológicas entre sus estadios inmaduros y los factores bióticos y abióticos que conforman el hábitat.

La mayoría de los vectores de paludismo pasa sus estadios acuáticos asociada con algún tipo de vegetación,⁹ ya que ésta ejerce una influencia importante en la reproducción de los mosquitos.¹⁰⁻¹² Esta interacción involucra la disposición de sitios favorables para la oviposición,^{10,11,13,14} un microhábitat que proporciona refugio contra depredadores^{10,14,15}

y disturbios físicos,¹¹ y una importante fuente de alimento para larvas.^{9,14,16-19}

Las variables fisicoquímicas en los hábitats larvarios de *Anopheles* representan factores esenciales para la sobrevivencia de las larvas de estos mosquitos. En numerosos estudios se demuestra la asociación de larvas con variables como presencia de vegetación (macrofitas), altitud, exposición al sol, concentración de oxígeno, etc.; asimismo, algunas especies de anofelinos muestran relación negativa con la precipitación pluvial y el contenido de materia orgánica, entre las principales variables.^{16,20-23} Dichos vínculos representan una aportación notable al conocimiento de la bionomía e interacciones ecológicas de las larvas de anofelinos con su entorno biótico y abiótico, y representan un factor determinante para el desarrollo de estrategias de control de sus poblaciones.²²

Figura 3 Participación comunitaria para remover la vegetación (chaporreo)



Manipulación de los hábitats larvarios para el control de poblaciones de *Anopheles pseudopunctipennis* mediante la eliminación de su vegetación

Anopheles pseudopunctipennis se cría sobre todo durante la temporada de seca en remansos de ríos y arroyos soleados, en donde se desarrollan diferentes tipos de algas filamentosas, en especial de los géneros *Spirogyra sp.* y *Cladophora sp.* Las hembras de este mosquito depositan sus huevos en estos tipos de vegetación, para asegurar que las larvas que eclosionan obtengan la alimentación y el refugio que garantizan su desarrollo y sobrevivencia hasta la etapa adulta. Por ello, la eliminación de estos tipos de vegetación representa una estrategia clave para el control de las poblaciones de larvas y adultos.^{23,24}

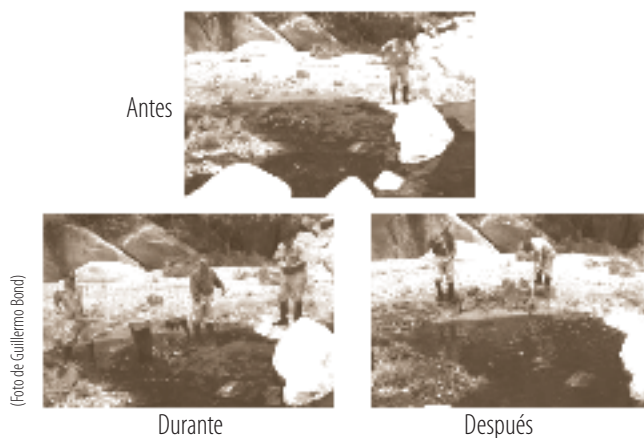
El procedimiento para eliminar la vegetación en los hábitats larvarios de *An. pseudopunctipennis* es el siguiente:

- a) Seleccionar comunidades con presencia de criaderos (hábitats larvarios) de *Anopheles pseudopunctipennis* e incidencia de casos de paludismo en los últimos cinco años.
- b) Identificación de los diferentes tipos de hábitats larvarios (temporales y permanentes) distribuidos a una distancia de 2 km alrededor de las comunidades; determinar en

mapas de distribución o croquis sus características y ubicación respecto de las comunidades.

- c) Contactar a las autoridades de la comunidad y promotores de salud para que mediante una asamblea se plantee a la comunidad el problema que representa la existencia de los criaderos de mosquitos en la localidad y su relación con la transmisión del paludismo.
- d) Divulgar los beneficios de la eliminación de la vegetación de los criaderos larvarios para el control de la transmisión del paludismo.
- e) Organizar y capacitar a los grupos de voluntarios que participarán en el programa de control y acompañarlos a realizar dichas actividades.
- f) El personal capacitado realizará cuando menos dos evaluaciones entomológicas previas a la intervención (una o dos semanas antes), en las que se estimarán las densidades de larvas (expresadas como número de larvas por calado, calados positivos y/o larvas por m²) y adultos (número de mosquitos por hombre por hora o por hombre por noche) para cada comunidad. Estos datos servirán de referencia para evaluar el programa de control.
- g) Posteriormente, se organiza a los grupos de trabajo para realizar las actividades de eliminación de algas en todos los criaderos ubicados dentro de un radio de 2 km alrededor de la comunidad. Esta actividad se realiza mediante el empleo de rastrillos para jardín forrados de tela de mosquitero (figura 4) y cepillos que permitan eliminar las algas adheridas a piedras y otros sustratos.
- h) Resultados. Después de la eliminación de las algas, con frecuencia semanal se llevan a cabo nuevas estimaciones de las poblaciones de larvas y adultos de este mosquito y se comparan con los valores de referencia (antes de la intervención). Se determina el impacto de la manipulación sobre las poblaciones del vector, además de la duración del efecto de la medida de control y la periodicidad de aplicación de la misma, para mantener las poblaciones de mosquitos por debajo de los valores de referencia y disminuir así el riesgo de transmisión del paludismo.
- i) Se informa a la comunidad y a las autoridades los resultados de la implementación de esta estrategia de control; si se detectan fallas, se deben repetir los procedimientos.

Figura 4 Eliminación de las algas filamentosas de los hábitats larvarios de *Anopheles pseudopunctipennis* por personal de CRISP (antes CIP) en el río Coatán, Chiapas, México



(Foto de Guillermo Bond)



(Foto de Guillermo Bond)

Eficacia de la eliminación de algas filamentosas en criaderos de *An. pseudopunctipennis*:

- En estudios realizados en Chiapas, Bond y colaboradores (2004) comunicaron el control de las poblaciones de larvas de *An. pseudopunctipennis* hasta por siete semanas, con densidades de larvas por debajo de los muestreos previos a la intervención.²³
- De igual forma, después de la extracción de las algas, las poblaciones de adultos disminuyeron de manera significativa hasta por seis semanas.
- Con la técnica de marcado-liberación-recaptura, la dispersión de esta especie de mosquito no fue mayor de 1 000 m con respecto a su punto de liberación; aplicar esta estrategia de control en un radio de 2 km alrededor de la comunidad es suficiente para controlar de manera efectiva las poblaciones de *An. pseudopunctipennis*.

Esta estrategia de control aplicada mediante participación comunitaria ha sido incorporada a la Norma Oficial Mexicana para la vigilancia, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector.²⁵ Fue evaluada en Oaxaca, México, en donde se demostró su eficacia para reducir las poblaciones larvarias de *An. pseudopunctipennis* y su efecto sobre la incidencia de casos de paludismo;²⁶ además, fue integrada en la *Guía para la implementación y demostración de alternativa sostenible para el control integrado de la malaria en México y América Central*, dentro del proyecto DDT/GEF.²⁷

Manipulación de la vegetación para el control de larvas de mosquitos *An. albimanus*

La influencia de las plantas acuáticas sobre la cría de mosquitos ha sido observada y estudiada por muchos años.²⁸ La mayoría de los vectores de paludismo pasa sus estadios acuáticos relacionada con algún tipo de vegetación,^{9,29,30} ya que ésta ejerce una influencia positiva o negativa para la reproducción de los mosquitos.¹⁰⁻¹²

Interacción positiva

Involucra la disposición de sitios favorables para la oviposición,^{210,11,13,14} microhábitat que proporciona refugio contra

disturbios físicos¹¹ y depredadores,^{10,14,15} y una importante fuente de alimento para larvas.^{9,14,16-19}

La relación estrecha entre la presencia de una determinada especie de vegetación y la densidad de larvas de mosquitos³¹ puede utilizarse para el control larvario mediante la manipulación o remoción de la vegetación que favorece la presencia de larvas de mosquitos:

- La presencia de pastos en los cuerpos de agua es indicadora de densidades altas de larvas de anofelinos. Las especies de pastos en cada zona pueden variar, pero algunas especies identificadas como de asociación positiva son: *Brachiaria mutica*, *Paspalum vaginatum*, *Jouwea straminea*, *Fimbristylis spadiacea* e *Hymenachne amplexicaulis*.
- La vegetación flotante, como el lirio acuático o jacinto de agua *Eichhornia crassipes*, favorece la presencia de larvas de mosquitos.
- La vegetación sumergida en los cuerpos de agua, como *Ceratophyllum demersum*, favorece la presencia de larvas de mosquitos.

Interacción negativa

Se ha observado que ciertas plantas y sus productos son letales para el desarrollo de mosquitos, pero su evaluación a gran escala como estrategia de control larvario no se ha demostrado. No obstante; existe la posibilidad de que las larvas de mosquitos desarrollen resistencia a los compuestos tóxicos derivados de plantas como resultado de las interacciones fisiológicas de las larvas con los mismos. Sin embargo, la posibilidad de que tales compuestos sean inofensivos a los organismos no blanco los hace muy convenientes para el control integrado de las poblaciones de larvas de mosquitos vectores de enfermedades.³²⁻³⁴ Un ejemplo de compuestos letales son las toxinas producidas por las algas verdes *Chlorella ellipsoidea*, que ejercen un efecto letal contra larvas de mosquitos *Culex quinquefasciatus*.³⁵ La vegetación flotante que cubre por completo el cuerpo de agua presenta una asociación negativa con las poblaciones larvarias y, por lo tanto, es poco probable que sea un buen criadero de anofelinos.³¹

Las plantas acuáticas son de gran valor para la eliminación de la cría de larvas de mosquitos, como son:

- *Chara fragilis*, que ejerce un efecto deterrente para el desarrollo de las poblaciones larvarias.
- Si *Pistia stratiotes*, *Salvinia minima*, *Salvinia auriculata* y *Nymphaea conardii* cubren por completo la superficie del agua, se produce una asociación negativa con respecto a la presencia de larvas.³¹
- *Utricularia* captura y destruye animales acuáticos pequeños, incluidas las larvas de mosquitos.
- *Lemna*, *Azolla* y *Wolffia* son plantas flotantes que forman capas densas sobre la superficie del agua y actúan como barreras para el desarrollo de las larvas y la oviposición de las hembras de mosquitos.³⁶

Esos efectos deterrentes de las plantas flotantes sobre las larvas de anofelinos se basan en el hecho de que al ocupar la superficie total del criadero, las plantas impiden la respiración de las larvas y la oviposición de las hembras de anofelinos al bloquear la superficie del agua; además, no permiten que las larvas se escondan en su follaje para eludir a los depredadores.²⁸ Por lo anterior, estas plantas pueden ser consideradas una medida de control natural en ciertos tipos de criaderos.

Si se decide realizar acciones de manipulación ambiental (remoción de vegetación), se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Sólo se debe remover la vegetación del tipo emergente o los pastos, porque es la que más favorece las condiciones para la cría de larvas anofelinas.
- No hay por qué remover las plantas flotantes, ya que éstas pueden participar como agentes de control al bloquear o cubrir la superficie del cuerpo de agua, lo que imposibilita el desarrollo de larvas y pupas de mosquitos.^{10,28}

Manejo del entorno dirigido a la protección del individuo

Esta técnica se orienta a disminuir el contacto vector-hombre-patógeno por medio de estrategias como la reducción de las fuentes de producción de vectores, medidas de protección personal y el empleo de barreras físicas.^{3,6}

Reducción de las fuentes de producción de vectores

Debido a que muchos anofelinos adultos pueden volar hasta a 3 km de sus hábitats larvarios, las localidades ubicadas de 1.5 a 2 km de los criaderos pueden reducir de manera significativa la transmisión si reducen las fuentes de producción de mosquitos vectores de enfermedades. Para ello, deben realizar estrategias de modificación o manipulación de criaderos, y así evitar la producción de poblaciones de mosquitos que entren en contacto con los individuos de las localidades. La participación comunitaria es muy importante para alcanzar un buen control.^{3,6}

Medidas de protección personal

Los métodos de protección personal se usan para protegerse contra las picaduras de los insectos vectores de enfermedades y previenen el contacto entre el humano y los insectos. Para aplicar esta medida, se usan sustancias y métodos para repeler los mosquitos vectores; cuando son utilizados por una proporción grande de la comunidad, ofrecen un nivel adecuado de protección contra la infección y sobre la transmisión.⁶

Repelentes

Los repelentes se hallan entre los métodos más usados para la prevención de picaduras por insectos vectores. Previenen el contacto vector-humano pero, a diferencia de los insecticidas, se evaporan con rapidez y no producen derribo ni muerte de los insectos. Se aplican en forma directa sobre la piel, la ropa y pabellones. Su rango de protección varía entre 15 minutos y 10 horas; su efectividad y duración dependen del tipo de repelente (ingrediente activo y formulación). Bajo ciertas condiciones, su uso ofrece una protección completa, mientras que en otras es limitada. La gente que vive, viaja o trabaja en bosques tropicales húmedos requiere aplicaciones repetidas debido a la remoción rápida del repelente por la humedad.⁶

Básicamente existen los repelentes tradicionales o naturales y los sintéticos o modernos.

Repelentes tradicionales o naturales

Desde tiempos remotos se han empleado varias sustancias y métodos de aplicación para repeler los insectos vectores. El humo de una fogata repele a los insectos, en especial en viviendas mal ventiladas o con aire inmóvil. El efecto repelente del humo aumenta cuando se queman ciertos materiales, como resinas de madera aromáticas o varios tipos de plantas. En la India meridional, los pobladores queman hojas de *Vitex negundo* (“nochi”) para repeler los mosquitos de las casas.⁶ Los aceites de algunas plantas, como citronela, son repelentes contra insectos cuando se aplican directamente sobre la piel o la ropa. También se usan otros productos o extractos de plantas como repelentes seguros para los seres humanos:

- *Citronella citronella*: el aceite de la planta *Cymbopogon nardus*, (L.) Rendle (*Gramineae*) se produce en forma industrial y se utiliza como ingrediente activo de algunos repelentes comerciales. Su efecto es muy corto cuando se aplica en la piel o ropa, por lo que para prolongar su duración se mezcla con grasa animal o aceite y así se reduce la tasa de evaporación.
- Piretro: los pueblos del desierto colgaban flores secas de piretro, *Tanacetum* (sinónimo *Chrysanthemum cinerariaefolium*, (L.) (*Asteraceae*, sinónimo *Compositae*) para ahuyentar los insectos. Después, quemaban el polvo de las flores con incienso para repeler moscas y mosquitos. Su ingrediente activo son las piretrinas, que tienen baja toxicidad en mamíferos, se fotodegradan con facilidad y rapidez a residuos atóxicos y por lo tanto presentan muy poco efecto residual.^{37,38}
- Árbol de nim: en África, Asia y América Latina, se queman hojas secas de *Azadirachta indica* A. Juss (*Meliaceae*) en el interior de las casas para producir un olor desagradable y repelente contra mosquitos. Algunas personas creen que los árboles del nim cerca de las casas mantienen los mosquitos lejos de las casas. Sin embargo, no existe evidencia científica que sustente lo anterior. Los extractos de las semillas del nim se utilizan como insecticidas agrícolas.

- Árboles aromáticos: la madera o la resina extraída de ciertos árboles aromáticos se quema para usarse como repelente de mosquitos. En algunos países africanos estas maderas se venden en mercados locales.

Repelentes sintéticos modernos

Durante la última mitad del siglo veinte se produjeron varios repelentes sintéticos que tienen larga duración, no son tóxicos y son cosméticamente aceptables sobre la piel y efectivos contra una amplia variedad de insectos.

Los repelentes más exitosos y efectivos para el uso sobre piel humana contienen como ingrediente activo el DEET (N,N-dietil-m-toluamida) o permetrina, el cual repele una gran variedad de insectos, ácaros y garrapatas y exhibe mayor duración (persistencia) que otros repelentes. Estos repelentes tienen diversas presentaciones: lociones, cremas, espumas, ceras sólidas o aerosol en envases presurizados. Los repelentes se mezclan con una base aceitosa o alcohólica y un perfume agradable. El N,N-dietilfenilacetamida (DEPA) es otro producto tan eficaz para repeler insectos como DEET, pero menos costoso.⁶

Barreras físicas

Las barreras físicas que evitan que los vectores lleguen a la gente y la infecten constituyen un componente importante en el control de enfermedades. Ejemplos de éstas son la ropa protectora y los mosquiteros, así como la instalación de mallas en las puertas y ventanas de las casas.

Pabellones o mosquiteros

Los pabellones o mosquiteros (figura 5) han funcionado desde hace muchos años para proteger a la gente de los piquetes de insectos hematófagos nocturnos, vectores de enfermedades; además, mantienen alejados a otros animales, como arañas, cucarachas, escarabajos, lagartijas, serpientes y ratas. Cuando están hechos de materiales opacos y gruesos, los mosquiteros también protegen del frío, el polvo y proporcionan privacidad. De manera habitual, la malla mide entre 1.2 a 1.5 mm, que es lo suficientemente pequeño para evitar que los mosquitos entren; sin embargo, insectos aún más pequeños, como los flebotómidos, sí pueden entrar. En

lugares con climas cálidos, disminuir el tamaño de malla implica menor ventilación e incremento del calor.⁶

El efecto protector de los pabellones para disminuir el contacto vector-hombre se puede potenciar mediante la impregnación de repelentes e insecticidas, lo cual ha demostrado tener un efecto positivo sobre la transmisión de enfermedades como el paludismo.⁴

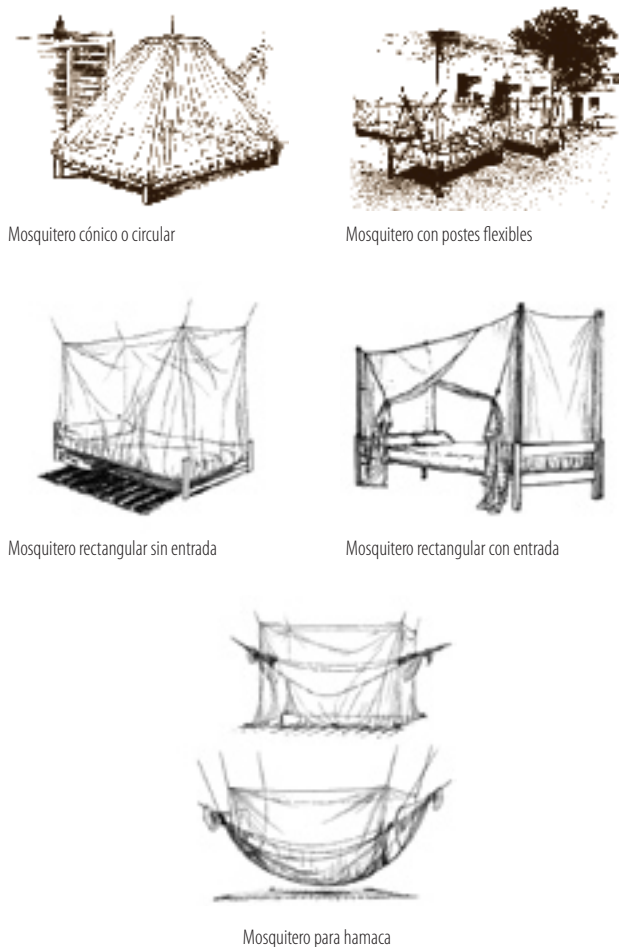
Selección y uso de mosquiteros

Los mosquiteros para cama pueden ser naturales o sintéticos. Dentro de los naturales están el de algodón, yute y lino. En los sintéticos están el de nylon, fibra de poliéster, polietileno u otros materiales. La calidad del mosquitero depende del grueso y la fuerza de los hilos, y del proceso de producción. Los mosquiteros sintéticos son más baratos y suelen durar más que un mosquitero de algodón; además, permiten una mejor impregnación del insecticida. Es recomendable usar mosquiteros claros, ya que dejan observar si adentro del mosquitero hay algún insecto. Existe gran variedad de mosquiteros para cama que varían en tamaño y forma, por lo que antes de realizar cualquier compra, se recomienda medir las camas o los colchones. Se sugiere utilizar los mosquiteros rectangulares porque, a diferencia de los cónicos o redondos, dan mayor espacio y no entran en contacto con las paredes. En áreas abiertas, se recomienda el uso de mosquiteros para hamacas, y desplegarlos hasta el suelo (figura 5).

Es recomendable enrollar a diario el mosquitero después de levantarse; esto permite que no se queden dentro mosquitos que pudieran molestar durante la noche; también se sugiere que el mosquitero se baje y coloque en forma adecuada a la hora del crepúsculo.

Impregnación de mosquiteros con insecticidas

La efectividad de los mosquiteros aumenta si son impregnados con algún insecticida que irrita o mata los mosquitos que buscan entrar al mismo; además, protegen a grupos susceptibles, como niños menores, personas de edad avanzada y enfermos. Se presume que cuando la mayoría de los pobladores usa los mosquiteros impregnados, se reduce la morbilidad de casos de paludismo³⁹

Figura 5 Tipos de mosquiteros

Fuente: Vector control. Methods for use by individuals and communities WHO. Geneva. (Rozendaal 1997).⁶

La impregnación de mosquiteros con insecticidas se puede realizar en mosquiteros naturales y sintéticos. Sin embargo, la impregnación se realiza con mayor rapidez y mejor en mosquiteros sintéticos. Los mosquiteros naturales absorben volúmenes más altos de insecticida y la impregnación no es uniforme dentro de las telas.

La impregnación con insecticidas sintéticos, como piretroides (por ejemplo, permetrina, deltametrina y lambdacialotrina), ha demostrado ejercer una acción rápida que irrita o mata a los mosquitos que buscan entrar a los mosquiteros (cuadro III).

La impregnación de mosquiteros debe hacerse afuera de la casa; se deben lavar y secar todos los mosquiteros que hayan sido usados antes de aplicar el tratamiento; también se debe tener en consideración la cantidad de mosquiteros a sumergir, su tamaño, la cantidad de agua que absorben y la cantidad de insecticida requerida.

Las siguientes son indicaciones para el cálculo del área del mosquitero:

- En el caso de un mosquitero rectangular, se emplea la siguiente fórmula (se muestran cifras corrientes a manera de ejemplo):

$$\begin{aligned} &\text{Área total de la superficie en metros cuadrados (m}^2\text{)} \\ &= 2 \times \text{lados (2 x 1.6 m x 1.9 m = 6.08 m}^2\text{)} \\ &+ 2 \times \text{extremos (2 x 1.6 m x 1.4 m = 4.48 m}^2\text{)} \\ &+ 1 \times \text{altura (1 x 1.4 m x 1.9 m = 2.66 m}^2\text{)} \\ & (= 13.22 \text{ m}^2) \end{aligned}$$

- Si el mosquitero es circular, hay que estirarlo sobre una superficie plana. Se debe medir la base circular y la altura: área total de la superficie en metros cuadrados (m²) = base x altura (3 m x 2.2 m = 6.6 m²)

Aunque el insecticida no es peligroso cuando está diluido, puede irritar la piel; por ello, se recomienda utilizar guantes

Cuadro III

Insecticidas para tratar mosquiteros por inmersión

Nombre	Concentración	Expresado como	Dosificación
Permetrina	200	20%	200 mg/m ²
	500	50%	200 mg/m ²
Deltametrina	25	2.5%	25 mg/m ²
Lambdacialotrina	25	2.5%	10 mg/m ²
Ciflutrina	50	5%	50 mg/m ²
Etofenprox	100	10%	200 mg/m ²
Alfacipermetrina	100	10%	20 mg/m ²

La cantidad (en ml) de insecticida necesaria = dosificación recomendada [mg/m² x superficie de tela (m²)/concentración de insecticida (%) x 10]

Fuente: Vector control. Methods for use by individuals and communities WHO. Geneva (Rozendaal 1997).⁶

de plástico durante el procedimiento. La impregnación se realiza con facilidad: se diluye un insecticida piretroide en la medida correcta con agua; se remoja cada mosquitero y se exprime. Después, se coloca el mosquitero en una superficie plana, para su secado.

Mantenimiento y reimpregnación

Gran parte del éxito de los programas de control que utilizan telas tratadas con insecticidas depende de que se cumplan los ciclos de reimpregnación a fin de restituir la efectividad del insecticida. Se recomienda que el lavado se realice cada seis meses, y la impregnación, en sitios determinados, lo que evita que disminuya la efectividad de los mosquiteros y prolonga su calidad.

Referencias

1. WHO, Expert Committee on Vector Biology and Control. 1980. Environmental Management for Vector Control. Third Report of the WHO Expert Committee on Vector Biology and Control. World Health Organization Tech. Rep. Ser 1980; 649.
2. Rafatjah, H. A. 1988. Malaria vector control: environmental management., pp. 1135-1172. En: W.H. Wernsdorfer, and I. McGregor [(eds.)], Malaria: Principles and practice of malariaology. Vol. 2. Churchill Livingstone. Edinburgh, United Kingdom: Churchill Livingstone 1988:1135-1172.
3. WHO, World Health Organization 1982. Manual on environmental management for mosquito control, with special emphasis on malaria vectors. Geneva, Switzerland, World Health Organization, Offset Publication 1982; No. 66, Geneva, Switzerland.
4. WHO, World Health Organization 2005. Guidelines on the Use of Insecticide-treated Mosquito Nets for the Prevention and Control of Malaria in Africa 2005. Disponible en <http://www.who.int/malaria/docs/pushba2.htm>.
5. Ault, S.K. 1994. Environmental management: a re-emerging vector control strategy. Am J Trop Med Hyg 1994; 50: 35-49.
6. Rozendaal, J. A. 1997. Vector Control. Methods for use by individuals and communities. Geneva, Switzerland, World Health Organization (WHO) 1997: Geneva (Switzerland). 412 pp.
7. Lindsay, S., T. Ekwang, A. Kebba, D. Oyena M, G. Matwale G. 2003. First year summary report. Development of a community-based environmental management program for malaria control in Kampala and Jinja, Uganda. USAID Mission to Uganda under EHP project 26568/E.V.4.UG. DESIGN. Environmental Health Project. Activity Report 122, 2003.
8. Walker, K. 2002. A review of control methods for African malaria vectors. Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau for Global Health, U. S. Agency for International Development, under EHP project 26568/CESH. OPR.MAL.LIT. Environmental Health Project. Activity Report 108 2002.
9. Hall, T. F. 1972. The influence of plants on anopheline breeding. Am. J. Trop. Med. Hyg 1972; 21: 787-794.
10. Orr, B. K. V. H. Resh V.H. 1989. Experimental test of the influence of aquatic macrophyte cover on the survival of *Anopheles* larvae. J. Am. Mosq. Control Assoc 1989; 5: 579-585.
11. Orr, B. K. V. H. Resh V.H. 1992. Influence of *Myriophyllum aquaticum* cover on *Anopheles* mosquito abundance, oviposition, and larval microhabitat. Oecologia 1992; 90: 474-4482.
12. Kant, R., S. D., Pandey SD S. K. Sharma SK. 1996. Mosquito breeding in relation to aquatic vegetation and some physico-chemical parameters in rise fields of central Gujarat. Indian J Malariol 1996; 33: 30-40.
13. Rejmankova, E. H., M. Savage HM, D. R. Roberts DR, S. Manguin S, K. O. Pope KO, J. Komárek J R. A. Post RA. 1996. *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) and cyanobacteria: an example of larval habitat selection. Environ Entomol 1996; 25: 1058-101087.
14. Bond J G, JI Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez MH, Quiroz-Martínez H Williams T. 2005. Oviposition habitat selection for a predator refuge and food source in a mosquito. Ecol Entomol 2005; 30: 255-263.
15. Sih, A. 1986. Antipredatory responses and the perception of danger by mosquito larvae. Ecology 1986;67: 434-441.
16. Rejmankova, E, Savage HM, Rodríguez MH, Roberts DR Rejmanek M. 1992. Aquatic vegetation as a basis or classification of *Anopheles albimanus* Wiedemann (Diptera: Culicidae) larval habitats. Environ Entomol 1992; 21: 598-603.
17. Marten G G, Suarez MF R. Astaeza R. 1996. An ecological survey of *Anopheles albimanus* larval habitats in Colombia. J Vect Ecol 1996; 21: 122-1131.
18. Vázquez-Martínez, M.G., Rodríguez MH, Arredondo JI, Méndez JD, Bond JG Gold M. 2002. Cyanobacteria associated with *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) larval habitats in southern México. J Med Entomol 2002; 39:825-832.
19. Vázquez-Martínez, M.G., Rodríguez MH, Arredondo-Jiménez JI Méndez-Sánchez JD. 2003. *Phormidium animalis* (Cyanobacteria: Oscillatoriaceae) supports larval development of *Anopheles albimanus*. J Am Mosq Control Assoc 2003; 19:155-158.
20. Savage, H M, Rejmankova E, Arredondo-Jiménez JI, Roberts DR y Rodríguez MH. 1990. Limnological and botanical characterization of larval habitats for two primary malarial vectors, *Anopheles pseudopunctipennis* and *Anopheles albimanus*, in coastal areas of Chiapas state, Mexico. J Am Mosq Control Assoc 1990; 6: 612-6620.

21. Fernández-Salas, I, Roberts DR, Rodríguez MH Marina-Fernández CF. 1994b. Bionomics of larval populations of *Anopheles pseudopunctipennis* in the Tapachula foothills area, southern Mexico. J Am Mosq Control Assoc 1994b;10: 477-486.
22. Manguin, S, Roberts DR, Peyton EL, Rejmankova E Pecor J. 1996. Characterization of *Anopheles pseudopunctipennis* larval habitats. J Am Mosq Control Assoc 1996; 12: 619-626.
23. Bond, JG, Rojas JC, Arredondo-Jiménez JI, Quiroz-Martínez HJ Valle J, T. Williams T. 2004. Population control of the malaria vector *Anopheles pseudopunctipennis* by habitat manipulation. Proc R Soc Lond 2004; B. 271: 2161-2169.
24. Bond J G 1999. Dinámicas de criaderos larvarios de *Anopheles pseudopunctipennis* Theobald (Diptera:Culicidae) en el Sur de Chiapas., México. Tesis de Maestría de Entomología Médica. Universidad Autónoma de Nuevo León. México 1999: Pp 105.
25. Secretaría de Salud. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2002, Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector; pp. 19-60. En: Diario Oficial de la Federación. México, D. F., Lunes 21 de julio del 2003. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos 21 de julio de 2003:19-60.
26. Chanon, KE, Méndez-Galván JF, Galindo-Jaramillo JM, Olguín-Bernal H, V.H. Borja-Aburto VH. 2003. Cooperative actions to achieve malaria control without the use of DDT. Int J Hyg Environ Health 2003;206: 387-394.
27. Méndez-Galván, J F, Betanzos-Reyes AF, Velázquez-Monroy O, Tapia-Conyer R. 2004. Guía para la implementación y demostración de alternativas sostenibles de control integrado de la malaria en México y América Central. México, Secretaría de Salud de México 2004.
28. Hobbs, J H Molina PM. 1983. The influence of the aquatic fern *Salvinia auriculata* on the breeding of *Anopheles albimanus* in Coastal Guatemala. Mosquito News 1983;43:456-459.
29. Hess, A D Hall TF. 1943. The intersection line as a factor in anopheline ecology. J Nat Mal Soc 1943;3: 93-98.
30. Hess, A D 1984. Ecological management of malaria vectors. Bull Soc Vect Ecol 1984; 9: 23-26.
31. Vázquez-Martínez, M G 1991. Influencia de la estructura de la vegetación sobre las poblaciones larvarias de *Anopheles albimanus* en el sur de Chiapas, México. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas 1991, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura.
32. Sherif, A. Hall. RG 1986. The utilization of plant ingredients as aids in mosquito control. Proc Calif Mosq Vect Contr Assoc 1986; 53: 113-116.
33. Sukumar, K, Perich MJ Boobar LR. 1991. Botanical derivatives in mosquito control: a review. J Am Mosq Contr Assoc 1991; 7: 210-237.
34. Legner, E. F. 1994. Biological control of Diptera of medical and veterinary importance. J Vector Ecol 1994; 20: 59-120.
35. Dhillon, M S Mulla MS. 1981. Biological activity of the green alga *Chlorella ellipsoidea* against immature stages of mosquitoes. Mosquito News 1981;41: 368-372.
36. King, W V, Bradley GH, Smith CN, McDuffe WC. 1960. A handbook of Southeastern United States. Agriculture. Handbook. 173. Agric Res Dep Agriculture 1960.
37. Gupta, R K Rutledge LC. 1994. Role of repellents in vector control and disease prevention. Am J Trop Med Hyg 1994; 50: 82-86.
38. Rodríguez, H C 1998. Repelentes naturales contra mosquitos. La Jornada Ecológica 1998. Suplemento de Octubre. <http://www.laneta.apc.org/emis/jornada/octubre98/repelen1.htm>
39. Lines, J D, Myamba J Curtis CF. 1987. Experimental hut trials of permethrin-impregnated mosquito nets and cave curtains against malaria vectors in Tanzania. Med Vet Entomol 1987; 1: 37-51.

Estrategias de control biológico

María Guadalupe Vázquez Martínez,
Guillermo Bond Compean,
José Luis Torres Estrada,
Jaime A. Juárez Sandoval,
Carlos F. Marina Fernández,
Teresa López Ordóñez

El control biológico tiene como objetivo la manipulación intencional (uso) de organismos vivos como agentes para el control de plagas.¹ El control biológico busca reducir las poblaciones de mosquitos sin el empleo de insecticidas químicos, por lo que es necesario que sea competitivo en términos económicos, en particular respecto del control químico.¹ A menudo, la introducción de agentes de control biológico es más amigable con el medio ambiente (seguro y sin riesgos en términos ambientales), por lo que su uso posee muchas ventajas y algunas limitaciones² como las siguientes:

Ventajas:

- Poco o ningún efecto nocivo hacia otros organismos, incluido el hombre.
- El desarrollo de resistencia es muy rara.
- El control es relativamente a largo término y con frecuencia permanente.
- El tratamiento con insecticidas puede eliminarse por completo o de manera sustancial.
- La relación costo/beneficio es muy favorable.
- Se puede utilizar en el contexto del control integrado.

Desventajas:

- Ignorancia sobre los principios del método.
- Carencia de apoyo económico.
- Falta de personal especializado.
- Inasequible en la gran mayoría de los casos.
- Susceptibilidad, de la gran mayoría de los enemigos naturales, a los insecticidas.
- Resultados más bien modestos y de acción más lenta que los insecticidas.

El control biológico se lleva a cabo mediante el uso de agentes entomopatógenos o entomófagos que reducen las poblaciones de mosquitos. Los enemigos naturales que se emplean son:

a) Entomopatógenos: bacterias, hongos, nemátodos, protozoarios y virus.

Patógenos. Microorganismos que infectan y que suelen matar a su hospedero. Por su tamaño diminuto y su rápida reproducción en el hospedero, los patógenos son más fáciles de producir de forma masiva en comparación con los parásitos y depredadores, y pueden liberarse mediante el uso de equipos desarrollados para la aplicación de insecticidas químicos.

b) Entomófagos: depredadores y parasitoides.

Depredadores. Individuos que consumen varios organismos durante su vida y buscan alimentarse con ellos de manera activa. Al organismo que es consumido se le denomina *presa*; por lo general los depredadores son más grandes que las presas. Los peces larvívoros son ejemplos exitosos de depredadores en el caso que nos ocupa.

Parasitoides. Clase especial de depredador que, por lo común, es del mismo tamaño que el organismo que ataca; también se caracteriza porque se desarrolla dentro o sobre un organismo, el cual casi siempre muere al parasitarse.

Entomopatógenos

Son organismos que infectan al insecto y se reproducen en él hasta causarle la muerte. Los entomopatógenos se clasifican en cinco grandes grupos: bacterias, hongos, nemátodos, protozoarios y virus.

Las bacterias, los hongos y los nemátodos son los organismos que muestran potencial para usarse como agentes de control biológico de mosquitos. Por desgracia aún no existen productos comerciales de todos estos.³ Debido a que es muy difícil adquirir nuevos equipos para la aplicación de productos destinados al control biológico, los agentes entomopatógenos se formulan de manera que sean compatibles con los equipos y la metodología existente para la aplicación de insecticidas químicos.

A continuación se detalla cada grupo de entomopatógeno y se mencionan los agentes de control más importantes de estos grupos.

Bacterias

Las bacterias ofrecen la mejor alternativa para el control de los mosquitos. Son los únicos entomopatógenos que se desarrollan de manera industrial y se utilizan de forma extensiva en muchos países. Las bacterias que más se emplean para el control de los mosquitos son *Bacillus thuringiensis* serovariedad *israelensis* (nombre común: Bti) y *Bacillus sphaericus*.⁴ La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda el uso de estos dos bioinsecticidas (*B. sphaericus* y Bti H-14) por su eficacia para la eliminación de larvas de mosquitos.

La utilización exitosa de productos basados en estas bacterias depende de elegir una formulación adecuada a la biología y el hábitat de la especie de mosquito que se desea controlar. Para que estos productos sean eficaces se deben tener en cuenta factores físico-químicos y bióticos como la temperatura del agua, el pH, la exposición a la luz del sol, la tasa de sedimentación de las esporas, la contaminación del agua, la vegetación, la densidad larvaria, el estadio, etc.⁴ A continuación se explican algunos de estos factores:

Temperatura: tiene influencia directa sobre la toxicidad de estos bioinsecticidas. Por ejemplo, la eficacia de productos a base de la bacteria *B. sphaericus* sobre larvas de *Anopheles* se reduce al disminuir la temperatura de 31 a 21°C, y algo similar se observó con algunos productos a base de Bti, por lo que estas formulaciones podrían ser inútiles en climas fríos.

pH del agua: en bioensayos de laboratorio se observa que pH mayores de 10 reducen la actividad de algunos productos de *B. sphaericus* y Bti sobre *An. stephensi*.

Exposición a la luz del sol: la exposición a la luz directa durante seis horas reduce de 20 a 50% la eficacia de algunos productos bacterianos.

Bacillus thuringiensis svar. *israelensis* (Bti)

Esta bacteria es el entomopatógeno más estudiado y utilizado como agente de control microbiano de mosquitos. Para que esta bacteria lleve a cabo su efecto tóxico, debe ingerirla un insecto susceptible como las larvas de mosquitos y jejenes. Su capacidad insecticida se debe a un cristal proteínico que se forma junto a la espora.⁵ Su modo de acción se relaciona con la ingestión de esporas y cristales tóxicos que producen parálisis intestinal y envenenamiento de la fase larvaria del mosquito.

Las formulaciones de Bti son más efectivas contra larvas de *Aedes* y *Culex*, y en menor grado contra *Anopheles*. Contra larvas de *Ae. aegypti*, Bti es muy activa a una CL₅₀ de 20 ng/ml. No se presenta resistencia contra esta bacteria a pesar de su uso extendido.

La concentración de los productos a base de Bti suele variar entre 2 y 5%, de acuerdo con la actividad de la cepa y de la potencia que se requiera del producto.^{6,7}

Ventajas:

- Especificidad contra mosquitos y jejenes.
- Inocuidad para otro tipo de organismos.

Su seguridad para insectos benéficos y vertebrados (incluido el hombre), así como para el ambiente, hace que Bti sea una de las alternativas ecológicas más atractivas para el control de mosquitos,⁸ ya sea sola o como un componente en programas de control integrado de vectores. Una formulación apropiada puede mejorar el control y sobrellevar varios de los factores que limitan o reducen la actividad larvívora, al permitir mayor contacto del producto con la larva. La necesidad de controlar las larvas de mosquitos en una diversidad de hábitats llevó al desarrollo de múltiples formulaciones (cuadro I). Los gránulos, por ejemplo, permiten que el bioinsecticida penetre en hábitats con vegetación densa (arrozales, marismas, huecos de árboles, etc.). Como las larvas de *Anopheles* se alimentan en la superficie de los cuerpos de agua, para controlarlas se recomienda usar formulaciones que permanezcan en la superficie, como gránulos flotantes y concentrados flotantes ULV aplicados por vía aérea. Asimismo, hay que considerar que las gotas pequeñas (volumen de diámetro promedio de 80 µm) producidas con el Beecomist penetran en vegetaciones densas y permanecen por mayor tiempo sobre la superficie del cuerpo de agua en comparación con las gotas grandes o los gránulos.⁹

En general, cada formulación comercial se acompaña de un instructivo de uso, en el cual el fabricante indica la cantidad que se debe utilizar según la superficie a tratar. Los fabricantes recomiendan que las formulaciones en polvo

humectable se agiten de manera constante para conseguir una aplicación homogénea, que no se aplique en lugares expuestos por completo al sol, ya que la radiación solar destruye las esporas, y desaconsejan su aplicación en aguas muy contaminadas por el efecto competitivo de las otras bacterias y material orgánico en descomposición.

Bacillus sphaericus

Al igual que Bti, necesita ingerirse para ser tóxica.¹⁰ Los productos de esta bacteria son más efectivos contra larvas de *Culex* que de *Anopheles*, y es inofensiva en larvas de *Ae. aegypti*.⁴ El reciclaje de esta bacteria ocurre a través de la germinación y el crecimiento de las bacterias en el intestino de la larva, seguido de la formación de nuevas esporas, las cuales se liberan cuando el cadáver de la larva se desintegra, lo que ocasiona un efecto residual prolongado.

En años recientes se utilizan de forma masiva algunos bioinsecticidas a base de esta bacteria en diferentes formulaciones (cuadro II) en Camerún, Brasil, India, Tanzania, Francia, España, Alemania, entre otros países.

Ventajas de *B. sphaericus*:

- Actividad insecticida muy específica, restringida sólo a las larvas de mosquitos, en particular, al género *Culex*.
- Capacidad para mantenerse en el hábitat acuático por un lapso de tiempo mucho mayor que Bti.¹¹

Por desgracia, durante los últimos años se detectaron poblaciones de *Culex quinquefasciatus* (de laboratorio y campo) en China, India, Francia, Estados Unidos y Brasil con

Cuadro I

Uso de formulaciones de Bti para el control de larvas de mosquitos *Anopheles* en diferentes hábitats

Formulación	Hábitat	Especie blanco
Gránulos	Arrozales, pastizales inundados, charcos de lluvias, marismas	<i>Anopheles quadrimaculatus</i> , <i>An. crucians</i> , <i>An. freeborni</i> , <i>An. franciscanus</i> , <i>An. gambiae</i> , <i>An. albimanus</i>
Polvo humectable	Hábitats peridomésticos	<i>An. stephensi</i>
Concentrado flotante	Pozas de lluvia	<i>An. quadrimaculatus</i>
Cebos flotantes	Contenedores	<i>Anopheles spp.</i>
Concentrado flotante (ULV)	Arrozales	<i>An. quadrimaculatus</i>

significativos niveles de resistencia hacia la toxina de esta bacteria.

Las formulaciones comerciales más populares son los líquidos concentrados y los gránulos dispersables. En el caso de los líquidos, éstos deben diluirse en agua, con cuidado de agitar de manera constante la suspensión para lograr una aplicación homogénea. Los fabricantes desaconsejan su uso en lugares expuestos a la radiación solar porque ésta destruye las bacterias. Las aguas muy contaminadas pueden inhibir la replicación de las bacterias, por lo que tampoco se recomienda para este tipo de ambiente.

Equipo para la aplicación de biolarvicidas

En cuanto al equipo de aplicación, es necesario contar con: a) el equipo aspersor recomendado, b) el equipo de protección personal necesario y c) el personal adecuado, como se describe en el cuadro III.

Proceso de aplicación

La aplicación depende del producto, su formulación, el porcentaje del ingrediente activo, la dosis a aplicar y el equipo que se utilice para rociarlo. A continuación se detalla un ejemplo del procedimiento que se recomienda seguir para una aplicación adecuada:

Determinar la cantidad de descarga/min del equipo. Muchos aparatos cuentan con un estimado de su descarga; sin embargo, se recomienda corroborar este dato, puesto que para cada formulación la descarga será diferente. Se utiliza un cronómetro y se coloca una bolsa o contenedor a la salida de la máquina, después se enciende la máquina por un minuto y, por último, se pesa la cantidad que se obtenga (en caso de formulaciones sólidas) o se mide el volumen de solución que se consiga en este tiempo.

Si por ejemplo se aplica *Bacillus sphaericus* a una tasa de aplicación de 11.2 kg/ha (NOM 2003), y una hectárea es

Cuadro II
Uso de formulaciones de *Bacillus sphaericus* para el control de larvas de mosquitos en diferentes hábitats

Formulación	Hábitat	Especie blanco
Gránulos	Pozas artificiales, arrozales, canales de irrigación, charcos de lluvia	<i>Anopheles quadrimaculatus</i> , <i>An. albimanus</i> , <i>An. crucians</i> , <i>An. freeborni</i> , <i>An. franciscanus</i> , <i>An. gambiae</i>
Concentrado flotante/Suspensión acuosa	Arrozales, pozas, lagos, charcas de lluvias	<i>Anopheles quadrimaculatus</i> , <i>An. albimanus</i> , <i>An. funestus</i> , <i>An. gambiae</i>
Cápsulas de microgel	Arrozales	<i>An. culicifacies</i> , <i>An. subpictus</i>

Cuadro III
Equipo necesario para la aplicación de biolarvicidas¹²⁻¹⁴

Larvicida	Personal	Equipo de aplicación	Equipo de protección
Bti/Bs	• Un supervisor • Dos técnicos por equipo de aplicación	Líquidos (CE, SRS, SC, WP, S). Bomba de compresión (X Pert®, Hudson®, etc.) Gránulos/Pellets Bombas aspersoras tipo motomochila (Cifarelli®, Solo®, etcétera) Briquettes. Aplicación manual	• Overol • Guantes • Lentes protectores • Botas de hule • Gorra

igual a 10 000 m², se necesita aplicar 0.00112 kg/m², es decir, 1.12 g/m².

Por otra parte, si se cuenta con un equipo cuya descarga es de 200 g/min, es decir 3.33 g/seg., se deben cubrir 3 m² en un segundo, a una velocidad de desplazamiento tal que se cubra esta superficie en un segundo. Hay que procurar aplicar el larvicida del modo más homogéneo posible (recuérdese que aunque se vea el larvicida en ciertas áreas del criadero, el ingrediente activo que viene inmerso en la formulación se dispersa). Por último, se debe aplicar en un ángulo de 45 grados respecto de la posición del cuerpo y a una distancia mínima de un metro del cuerpo de agua.

- La velocidad de la aplicación depende de las características del terreno. Por ello, es muy importante que si hay dificultad de acceder o de moverse a través del cuerpo de agua, la descarga de las bombas se adapte a estas condiciones (cuadro IV).

Hongos

Los hongos se consideran bioinsecticidas de contacto, ya que penetran en los mosquitos a través de su cutícula externa y aberturas naturales (boca, espiráculo y ano). A pesar de

que se conocen más de 750 especies de hongos que infectan a insectos, sólo algunas se han desarrollado de manera comercial en Estados Unidos, Europa, América Latina y China. Por lo común estos hongos son entomopatógenos de acción lenta. Los insectos infectados por la aplicación inicial del hongo patógeno mueren y la enfermedad se dispersa a medida que los insectos muertos liberan de nuevo el inóculo. Los dos géneros más importantes que invaden a las larvas de mosquitos son *Coelomomyces* y *Lagenidium*.

Coelomomyces

Son patógenos obligados de estados acuáticos de mosquitos, quironómidos y simúlidos. Las larvas infectadas con *Coelomomyces* presentan una coloración amarillo óxido.¹⁶

Desventajas:

- Baja especificidad; pueden atacar a varias especies de mosquitos.
- Difícil reproducción en laboratorio debido a su muy complejo ciclo reproductivo.
- Bajo potencial como agente de control.

Cuadro IV

Larvicidas recomendados para el control de larvas de *Anopheles spp.*¹²⁻¹⁵

Tipo de criadero	Larvicida	Formulación	Dosis i.a./ha ³	Residualidad ¹	Factores que limitan la residualidad
• Estanques artificiales	<i>Bacillus thuringiensis</i> H14	BR, CE, GR, PH, GDA	100-6 000 g	1- 2 semanas	Abundante presencia de algas
• Lagunas permanentes					Abundante materia orgánica
• Pozas de río	<i>B. sphaericus</i>	BR, CE, GR	500-5 000 g	2-8 semanas	Suelos pantanosos
• Esteros					
• Manglares					
• Arroyos ¹					
• Ríos ¹	NA	NA	NA	NA	NA

BR: briquetes (donas); CE: concentrado emulsionable; GR: gránulos; S: suspensión; PH: polvo humectable; GDA: gránulo dispersable en agua.

¹ El efecto residual de los larvicidas varía mucho según la calidad del agua. Las dosis más altas se recomiendan para aguas con gran cantidad de materia orgánica. Las dosis y la frecuencia de aplicación también dependen de lo que establece la norma oficial de cada país.

² En estudio.

³ En el caso de ríos y arroyos es desaconsejable si poseen corriente; en estos casos es mejor aplicar una medida de manejo ambiental en las orillas del afluente.

Lagenidium

La especie más estudiada de este hongo es *L. giganteum*; se caracteriza por infectar larvas de mosquitos. Las larvas que ataca se observan blancuzcas con micelio visible en la cabeza y el sifón. Las oosporas pueden permanecer viables hasta siete años y, en condiciones favorables, germinar y liberar zoosporas que atacarán a otras larvas.¹⁷

Lagenidium giganteum

Este bioinsecticida se desarrolla de manera comercial y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos lo registró como agente de control de mosquitos.^{18,19} En la actualidad es el único hongo disponible en el comercio para el control de mosquitos.

Ventajas:

- Especificidad sobre mosquitos.
- Capacidad de reciclarse por semanas, meses e, incluso, años en el hábitat donde se aplicó.²⁰

El producto comercial a base de esta especie de hongos se recomienda para el control de larvas de la mayoría de las especies de mosquitos; su presentación es líquida y se aplica disuelto en agua a razón de 700 ml por acre (0.405 ha) de superficie, por medio de bombas de aspersión convencionales. La aplicación se restringe a lugares con temperaturas por arriba de 30 grados centígrados.

Metarhizium anisopliae y Beauveria bassiana

Los hongos entomopatógenos *Metarhizium spp.* y *Beauveria spp.* se usan desde hace varios años para controlar insectos que constituyen plagas agrícolas. La entrada del hongo en el insecto se produce a través de aberturas naturales (boca, espiráculo y ano) o el integumento por medio de un proceso mecánico-enzimático.

Ventajas:

- Tienen amplia distribución en el mundo.
- Se consideran inocuos para el ambiente.

- Presentan mayor persistencia en el tiempo que cualquier entomopatógeno, ya que convierten al insecto muerto en nueva fuente de inóculo.²¹

En fechas recientes se llevó a cabo la aplicación de formulaciones de hongos entomopatógenos en aceite, lo que permitió la viabilidad de las esporas en un rango amplio de condiciones ambientales.²² Además, se demostró la eficacia de los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* para el control de mosquitos adultos de *An. stephensi* y *An. gambiae* en laboratorio y campo, respectivamente.^{22,23}

Nemátodos

Los nematodos demuestran eficacia para el control de larvas de mosquitos en condiciones de laboratorio y de campo.^{24,25} Las especies más conocidas y probadas como agentes de control son *Romanomermis culicivorax* y *R. iyengari*.

Ventajas:

- Pueden permanecer por varias generaciones en el medio donde se liberaron debido a que se reciclan y mantienen un control biológico en el mediano plazo.
- Pueden aplicarse con algunos productos químicos para potenciar su acción.

Desventajas:

- Son parásitos obligados, se producen *in vivo* como agentes de control y utilizan grandes colonias de mosquitos, aunque existen algunos estudios de producción *in vitro*, pero los medios son muy caros.²⁶

Los nematodos entomopatógenos pueden aplicarse con algunos productos químicos, pero hay que ser precavidos dado que ciertos grupos químicos reducen de manera significativa la virulencia de estos nematodos.²⁷

En el estado de Oaxaca, México, se estableció una planta de producción masiva del nemátodo *Romanomermis culicivorax* y *R. iyengari*, en la cual se producen nemátodos con materias primas locales y a bajo costo.²⁸ Para su aplicación en el campo, se utilizan los estados juveniles infectivos.

Hace algunos años se creó un producto comercial a base de *Romanomeris culicivora*, pero se distribuyó de manera muy restringida para efectos de evaluación. El producto se recomendó para toda clase de larvas de mosquitos, a una dosis de 2 500 huevos por metro cuadrado, ya que fue la concentración que alcanzó 85% de mortalidad en las evaluaciones, aunque el almacenamiento era por poco tiempo (menor de un mes) y a temperaturas por debajo de 25 grados centígrados.

Protozoarios

Los protozoarios patógenos de insectos son un grupo con características muy variadas y poca relación taxonómica entre grupos.

Desventajas:

- Tienen ciclos de vida complicados, algunos con hospederos intermediarios.
- Son parásitos obligados.
- Presentan efectos crónicos más que agudos en sus hospederos.
- Necesitan producirse *in vivo*.
- Baja persistencia en campo.
- Dificultades para almacenamiento a largo plazo.²⁹

Aunque muchas especies son patógenos de artrópodos, sólo los microsporidios se estudian como agentes de control biológico, con mayor detalle, sobre dípteros de importancia médica.

Anncaliia algerae (sinónimo *Nosema algerae*, Sin. *Brachiola algerae*)

Se probó contra *An. albimanus* en Panamá,³⁰ con lo que se logró una infección de 86% con cuatro aplicaciones de 2.2×10^9 esporas/m².³¹ La aplicación inundativa de una solución de esporas es la de mayor uso. Se aplica por medio de bombas motomochilas sin presentar un efecto adverso aparente sobre la viabilidad de las esporas. La concentración de esporas que se utiliza debe considerarse para lograr una infección de 100% de las larvas. Para lograr una distribución uniforme de esporas es necesario estimar, previo a la

inoculación, la densidad larvaria y el volumen de agua de cada criadero.³⁰

El descubrimiento reciente de que este microsporidio afecta a humanos con inmunodeficiencia, al causarles inflamación y daño a las fibras musculares ha ocasionado que se evalúen otras especies de microsporidios como opciones para el desarrollo de agentes de control biológico.³²

Virus

Los virus patógenos de insectos pertenecen a diferentes familias, algunas de las cuales infectan sólo a artrópodos. Una característica de muchos virus de insectos es que se encuentran envueltos en un cuerpo protéico.³³ Algunos de estos virus son patógenos de mosquitos, y ejemplos de ellos son los virus de la poliedrosis citoplásmica, los densovirus y los virus iridiscentes de invertebrados. En la actualidad no existen formulaciones comerciales para la utilización en campo de ninguno de estos virus.

Poliedrosis citoplásmica

Las larvas infectadas con el virus de la poliedrosis citoplásmica (VPC) se pueden reconocer en el tercer o cuarto estadio cuando los ciegos gástricos del intestino y el estómago posterior adquieren un color blanco opaco y están hipertrofiadas. La coloración se debe a la acumulación de los cuerpos de oclusión en los intestinos y/o en la porción posterior del estómago. Estos virus infectan a varias especies de mosquitos incluidos los anofelinos. Algunos trabajos mencionan la infección a *Anopheles bradleyi*, *An. crucians*, *An. quadrimaculatus* y *An. stephensi*.³⁴⁻³⁷ La mortalidad que causan estos virus de manera natural puede alcanzar 16%, aunque en el último estadio es de sólo uno por ciento.³⁸

Densonucleosis (Densovirus)

Estos virus son parte de la familia *Parvoviridae*. Por lo regular, las larvas infectadas con densovirus se muestran inactivas y sus abdómenes se incurvan en forma de “s” de manera anormal y después de tres días se observan moribundas. Algunas veces se observan malformaciones o destrucción parcial de los segmentos torácicos laterales y abdominales (incluidas alas, antenas y partes bucales), adquieren un color

blanco y la cutícula se pone transparente.^{33,39} Se sabe que estos virus infectan a *An. freeborni* y *An. crucians*.³⁹ La mortalidad que causan estos virus es muy variable según la especie de mosquito que infecten y se notifica una mortalidad entre 16 y 88 por ciento.⁴⁰

Virus iridiscentes de invertebrados (VIs)

Éstos causan dos tipos de infección: patente y enmascarada. La infección patente es letal en etapas larvarias y su principal signo es el cambio de color del insecto hacia uno iridiscente. Los colores de las infecciones patentes de VIs más comunes son el lavanda y el azul, y dependen del tamaño de la partícula viral y del espacio interpartícula.⁴¹ Las infecciones crónicas o enmascaradas producen efectos debilitantes que reducen el éxito reproductivo de los individuos con infecciones subletales.⁴² Este tipo de infecciones permite al insecto vivir hasta la etapa adulta, porque la infección no es letal en etapas tempranas del desarrollo del hospedero y los infectados parecen normales.⁴³ El porcentaje de incidencia de infección patente en campo es por lo general bajo, de alrededor de cinco por ciento.³⁸

Entomófagos

El término *entomófago* se refiere a cualquier organismo que se alimenta de insectos. En esta sección sólo se abordan los ejemplos de aquellos que son eficaces como agentes de control biológico de larvas de mosquitos de importancia médica.

Copépodos

Los copépodos son depredadores capaces de atacar a las larvas de los mosquitos y devorarlas.⁴³ Los copépodos (del griego *kope*, "remo", y *podos*, "pie") son microcrustáceos cuyos tamaños van de 0.35 a 1.5 mm y se consideran los metazoarios más abundantes del planeta, incluso por encima de los insectos y los nematodos. Aunque la gran mayoría de estos microcrustáceos es acuática, hay también de hábitats semiterrestres. Existen 210 familias, 2 280 géneros y 14 000 especies de copépodos.⁴⁵

Clasificación taxonómica y distribución

Reino: *Animalia*

Phylum: *Arthropoda*

Subdivisión del Phylum: *Enclicerata*

Clase: *Crustacea*

Subclase: *Copepoda*

Órdenes: *Ormonilloidea*, *Harpacticoida*, *Poecilostomatoida*, *Phonostomatoida*, *Monstrilloidea*, *Misophrioida*, *Cyclopoida*, *Gelyelloidea*, *Calanoida*, *Platycopioidea*.

Ventajas:

- Se multiplican con rapidez al introducirlos en hábitats acuáticos.
- Matan a todas las larvas de primeros estadios de mosquitos.
- Se reproducen de forma masiva a muy bajo costo
- Son fáciles de transportar.⁴⁶

Ciclo de vida. El ciclo de vida de los copépodos varía según la especie y las condiciones del hábitat, ya que puede durar desde uno hasta varios meses. El ciclo consta de huevos, larvas divididas en nauplios y copepoditos, y adultos.

Huevos. Después del acoplamiento entre hembra y macho, se forman los huevos en el interior de la hembra, que luego se dividen en dos sacos que portan las hembras fuera del cuerpo y por debajo del abdomen. Éstos se encuentran envueltos en una masa de secreciones que les brinda protección y alimento hasta el momento de la eclosión. En cada cópula se fecundan en promedio de 100 a 200 huevos.

Larvas. Éstas se dividen en dos estadios:

1. *Nauplios:* se inicia con la eclosión de los huevos, y termina con la primera muda, cuando alcanzan tamaños de 1 a 20 micrómetros. Por lo general tienen sólo tres pares de accesorios encargados de la locomoción y de la alimentación. Al completar esta etapa se terminan de formar todos los accesorios, como son mandíbulas y patas traseras.

2. *Copepodito*: comienza con la segunda muda, y termina con la quinta. En este proceso larvario cada muda se acompaña de cambios morfológicos importantes, con lo que el copepodito se asemeja cada vez más al adulto debido al incremento en el número de segmentos del cuerpo y de sus accesorios, que son más funcionales.

Adultos. Al concluir la quinta muda el copepodito se considera adulto. Todos sus segmentos y accesorios son funcionales y, por tanto, la reproducción es posible.⁴⁷

Colecta de copépodos en el campo

Existen dos formas de recolectar copépodos en el campo, que dependen de la cantidad de copépodos requeridos y del número de especímenes en el cuerpo de agua.

1. Si se requiere una pequeña cantidad de especímenes, o si existe gran cantidad de ellos en el agua, los copépodos pueden recolectarse por medio de un calador estándar para larvas de mosquitos. El calador debe dirigirse alrededor de la vegetación sumergida y calar el agua de forma que provoque una corriente rápida dentro del calador (los copépodos son nadadores muy potentes y pueden escapar si esto se hace con lentitud). Luego se debe depositar el agua en un contenedor de plástico de color oscuro (para que contraste los copépodos, que son blancos y traslúcidos) para recolectar primero los copépodos por medio de una pipeta de plástico de 5 ml y luego colocarlos en un recipiente con agua declorada.
2. La segunda forma de recolección se realiza cuando la presencia de copépodos en el agua es escasa, o cuando las necesidades de colecta requieren un gran número de especímenes. Para ello se necesita una red entomológica (el tamaño de la malla debe ser muy pequeño, más o menos de 100 μm , para permitir el paso del agua y la retención de los copépodos). Una vez realizados los arrastres sobre la vegetación sumergida, la red debe invertirse y colocarse a nivel del agua de un contenedor de plástico para que los copépodos entren en contacto con el agua y comiencen a nadar con libertad. Otra forma de liberarlos de la red es aplicar un ligero chorro de agua declorada con una pizeta y remover los copépodos

sobre un recipiente lleno de agua libre de cloro hasta tres cuartos de su capacidad.

A manera de precaución, el contenedor con los copépodos no debe colocarse en espacios que tengan exposición directa a los rayos del sol, ya que los copépodos no soportan temperaturas altas.

Principales copépodos usados como controladores de larvas de mosquitos

Macrocyclus albidus. Este copépodo es ligeramente azul verdoso y más oscuro que *Mesocyclops*. Su cuerpo es más grueso y la ramificación caudal se asemeja más a una U que a una V. Cada ramificación caudal tiene cuatro largas setas caudales. Los sacos de huevos son cortos y gruesos y contienen pocos ejemplares (figura 1a).

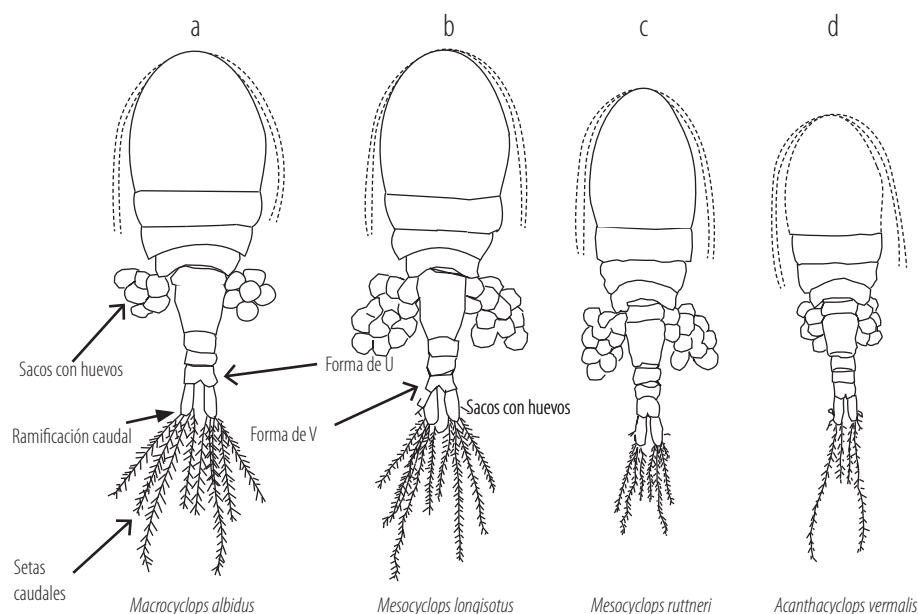
Mesocyclops longisetus. El cuerpo es de tamaño similar a *Macrocyclus*, pero la ramificación caudal es en forma de V. Los sacos de huevos son transparentes y largos, con mayor número de ejemplares que *Macrocyclus* y *Acanthocyclops* (figura 1b).

Mesocyclops ruttneri. Muy parecido a *Mesocyclops longisetus*, excepto que es un poco más pequeño. Sus setas caudales son más cortas que el abdomen del cuerpo (figura 1c).

Acanthocyclops vernalis. El cuerpo es menor que los de *Macrocyclus* y *Mesocyclops*. Cada ramificación caudal tiene sólo dos setas caudales. Estos copépodos mantienen los sacos de huevos cerrados mientras nadan (figura 1d). Es relativamente fácil observar estas características si el movimiento de los copépodos es reducido. Esto se puede realizar al exponer a los copépodos a temperaturas de 13 a 16 grados centígrados.

Cría masiva de copépodos. El inicio de la cría, así como la purificación, se debe realizar de manera tal que se coloque una hembra con sus sacos de huevos en forma individual en un solo recipiente. Como la fertilización de la hembra ocurre de inmediato después de la emergencia del adulto, es posible que en las colectas se capture a las hembras ya fertilizadas. Estas producen una serie de sacos de huevos cada 5 a 7 días en ambientes favorables.

Para la cría se necesita disponer de cultivos de protozoarios como *Chilomonas*, del cual se alimentan los estadios

Figura 1 Características de las principales especies de copépodos usadas en control de mosquitos.⁴⁶

juveniles (nauplios y copepoditos), y de cultivos de *Paramecium caudatum*, del que se alimentan los copépodos adultos. También el alimento comercial para peces es excelente para la cría de los nauplios.

Añadir 200 ml de la suspensión con *P. caudatum* y 0.3 g de comida comercial para peces a los contenedores de 4 L con copépodos. Una vez que aparezcan los primeros especímenes, se recomienda preservar algunos para su identificación.

Pruebas de depredación. Cuando la cría se establezca y se purifique, es necesario probar los copépodos para determinar cuáles especies son las mejores para aplicarse a los diversos criaderos y contra qué especies.

El primer paso es probarlos en el laboratorio de la siguiente forma:

1. Colocar 10 copépodos del mismo lote en un contenedor de plástico (250-500 ml de capacidad) con la mitad de agua sin cloro.
2. Colocar 500 larvas recién emergidas de la especie problema (*Aedes aegypti*, *Ae. albopictus*, *Culex sp.*, *Anopheles sp.*) y mantener una temperatura apropiada ($27 \pm 3^\circ\text{C}$) durante 24 horas.

3. Después de las 24 horas, contabilizar el número de larvas sobrevivientes en el contenedor. Si todas las larvas murieron, repetir el experimento con cinco copépodos en lugar de 10.

Los copépodos que matan cuando menos 30 larvas de primer estadio en 24 horas son excelentes candidatos para el control de mosquitos.

Prueba en campo. Colocar 25 copépodos por cada uno de cuando menos 50 contenedores de agua, y liberar de 500 a 1 000 copépodos en cuerpos de agua. Muestrear cada mes los contenedores y cuerpos de agua para poblaciones de larvas y de copépodos.

Es importante recordar que el éxito del control de mosquitos al usar copépodos se basa sobre todo en su adaptación y sobrevivencia en condiciones de campo.

Insectos acuáticos

Algunos enemigos naturales (depredadores, parásitos y patógenos) coexisten con las larvas de mosquitos y desempeñan un papel importante en el mantenimiento de sus poblaciones por debajo de los umbrales de transmisión

de enfermedades.⁴⁸⁻⁵⁰ Los insectos depredadores regulan muchas interacciones bióticas como la reducción de la sobrevivencia y el tamaño de la población de las larvas de mosquitos.⁵¹

Se observan numerosas especies de insectos que depredan larvas de mosquitos; sin embargo, entre los cientos de especies registradas, sólo algunas pocas se desarrollan para control biológico.⁵² De los 13 órdenes de insectos acuáticos registrados, sólo tres (*Hemiptera*, *Coleoptera* y *Odonata*) se registran como depredadores eficientes de poblaciones de larvas de mosquitos.^{51,52} Algunos estudios informan que la presencia de coleópteros, hemípteros y odonatos disminuye la cantidad de larvas de mosquitos *Culex australicus* y *Cx. annulirostris*.⁵³

Coleópteros

Los coleópteros se utilizan mucho en el campo para el control de larvas de mosquitos, y las familias *Dytiscidae* e *Hydrophilidae* son las que presentan las especies más efectivas.^{51,52} En un estudio reciente, al evaluar a la especie de coleóptero *Rhantus sikkimensis* (*Coleoptera: Dytiscidae*), se determinó que desempeña un papel importante en la regulación de las poblaciones larvarias de *Cx. quinquefasciatus* y causa un fuerte impacto sobre la composición e interacción de especies de las comunidades acuáticas de Darjeeling Hills, India.⁵⁴

Odonatos

Los odonatos están entre los primeros insectos que se evaluaron para el control de larvas de mosquitos, pero las dificultades de su colonización, producción y manejo han impedido su desarrollo.^{51,52,55} El único ejemplo exitoso del empleo de odonatos para el control de mosquitos fue el trabajo de Sebastian y colaboradores,⁵⁵ en el que utilizaron larvas de la especie *Crocothemis servilia* (*Odonata: Libellulidae*) en contenedores de agua domésticos en Yangon, Myanmar (Birmania); ellos lograron mantener las poblaciones larvarias de *Ae. aegypti* en valores tan bajos nunca alcanzado antes por otro método de control, ni siquiera con el químico. Asimismo, se informa que otra especie de ninfas de odonata, *Brachythemis contaminata* es un buen depredador de larvas de *An. stephensis*, *Cx. quinquefasciatus* y *Ae. aegypti*, por lo que

encierra potencial para emplearse como agente de control biológico de poblaciones larvarias de mosquitos.^{56,57}

Hemípteros

Los insectos del orden *Hemiptera*, sobre todo aquéllos pertenecientes a las familias *Notonectidae*, *Corixidae* y *Belostomatidae*, se consideran importantes depredadores para el control de larvas de mosquitos de relevancia médica.^{51,52,58,59} Los hemípteros son eficaces para reducir las poblaciones de larvas de mosquitos, pero los costos de su colonización y producción masiva, así como las dificultades para su manejo, impiden su desarrollo como agentes de control biológico.^{51,52} Las especies de hemípteros *Buenoa scimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata* constituyeron las especies más exitosas para el control de larvas de *Ae. aegypti* en Monterrey, México, donde se desarrolla la cría masiva de los mismos, y luego se realizaron liberaciones de huevecillos, ninfas y adultos en depósitos artificiales, con lo que se logró la disminución de la densidad larvaria de estos mosquitos.⁶⁰

Dípteros

Existe gran variedad de larvas de dípteros que depredan a larvas de mosquitos de importancia médica; sin embargo, sólo algunas especies del género *Toxorhynchites* se desarrollan como agentes de control biológico.

Toxorhynchites. El género *Toxorhynchites* incluye mosquitos de distribución cosmopolita que no se alimentan de sangre sino de néctar y de otros carbohidratos que toman de las plantas. Las larvas de este mosquito son depredadores de larvas de otros mosquitos, sobre todo vectores de enfermedades de los géneros *Aedes*, *Culex* y *Anopheles*. La especie *Toxorhynchites splendens* se evaluó en campo contra 30 especies de larvas de anofelinos y culicinos y demostró ser un agente de control biológico eficiente contra poblaciones larvarias de mosquitos.^{57,61,62} La cría y liberación de *Toxorhynchites sp.* para el control biológico de larvas de *Aedes* y *Culex* fue una práctica común durante las postrimerías de la década de 1970 y comienzos de la siguiente;⁶³⁻⁶⁵ sin embargo, dichos programas fracasaron, en primer lugar por su costo elevado y el manejo tedioso de la cría masiva,⁶⁵ además de factores biológicos y ecológicos como la baja producción de huevos,

la falta de sincronía entre el ciclo biológico del depredador y de la presa, así como por la selección de un número limitado de criaderos.⁵²

Peces

Los peces larvívoros fueron los primeros agentes de control biológico empleados para el control de mosquitos.⁵⁷ Muchos países recurren a éstos para el control de los vectores de paludismo y otras enfermedades transmitidas por mosquitos.¹³

Las especies de peces que pueden ser candidatos a agentes de control biológico deben reunir las siguientes características:

- Preferencia por las larvas de mosquitos que por otro tipo de alimento disponible en sus hábitats.
- Tamaño más bien pequeño, que les permita el acceso en aguas poco profundas y penetrar en la vegetación.
- Alta tasa de reproducción.
- Tolerancia a contaminación, salinidad, fluctuaciones de temperatura y transportación.
- Ser nativos de la región en donde se usarán para el control larvario.

Entre las numerosas especies de peces que se han evaluado en cuanto a su eficiencia para controlar a las larvas de mosquitos vectores de enfermedades, las más exitosas son las del pez mosquito (*Gambusia affinis*) y Gupis (*Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops*) (figura 2).

Ventajas y desventajas del uso de peces larvívoros¹³

Ventajas:

- En ambientes adecuados los peces pueden establecerse por sí solos y proveer un método de control larvario autosostenible.
- Bajos costos de introducción y mantenimiento, sin necesidad de equipos caros para su aplicación.
- Inocuidad de los peces para el ambiente y dejan el agua apropiada para consumo.

Figura 2 Las dos especies de peces más exitosas para controlar a las larvas de mosquitos vectores de enfermedades. (Tomado de Rozendaal, 1997)¹²



Desventajas:

- Efectividad condicionada a su capacidad de autoestablecimiento y aun así no garantiza un control total. Las larvas de mosquitos pueden mantener una reproducción a bajas densidades.
- Lento control con peces, ya que toma de 1 a 2 meses; por ende, no se recomienda mucho cuando se requieren resultados inmediatos.
- Disminución de la efectividad de los peces cuando la densidad de la vegetación es alta o existe basura en el hábitat.
- Necesidad de que los peces se críen en hábitats especiales; su transporte y almacenamiento también requiere cuidados especiales.

Transporte y distribución. Los peces se transportan mejor en contenedores menores de 40 litros, como baldes, bidones y bolsas de plástico, que deben llenarse a tres cuartos de su capacidad para permitir el suministro de oxígeno, sobre todo en viajes largos. Los peces deben aclimatarsen en muestras de agua recolectada de los hábitats en donde se van a introducir para llevar a cabo el control larvario. La densidad de peces en los contenedores de transporte respecto del volumen de agua de los mismos debe ser apropiada; por ejemplo, colocar 50 peces *Gambusia* en ocho litros de agua, y seis peces del género *Gambusia* son suficientes para hábitats de 5 a 10 metros cuadrados.¹³

Gambusia affinis

Es la especie que se utiliza más contra larvas de mosquitos. Perteneció a la familia *Poeciliidae*. Su boca está adaptada para alimentarse en la superficie, que es donde se localizan las larvas de mosquitos. Es originaria de América Central pero, debido a su éxito en el control biológico se introdujo en muchas partes del mundo. Estos peces pueden soportar fluctuaciones grandes en temperatura y la contaminación del agua, pero son más productivos en aguas relativamente limpias y con temperatura moderada.¹³

Poecilia reticulata

Son peces cuya boca se localiza en la parte superior de la cabeza y está adaptada para alimentarse de preferencia en la superficie del agua. Son originarios de Trinidad, Barbados, Venezuela y el norte de Brasil, y son muy populares para acuarios. Esta especie se utiliza para el control de larvas de mosquitos en muchos países, en particular en América del Sur y Asia; prefiere temperaturas más altas que *G. affinis* y puede soportar aguas muy contaminadas, por lo que es la especie más exitosa contra las larvas de *Culex* que se crían en aguas contaminadas.¹³

Poecilia sphenops

Su distribución se extiende desde el sur de Estados Unidos hasta Colombia. Tienen una tasa de reproducción muy alta y su tamaño es más pequeño que los peces del género *Gambusia*, lo que les confiere una gran ventaja para penetrar en la vegetación y depredar a las larvas de mosquitos. Su alimentación es de tipo omnívoro, por lo que algunos trabajos en Chiapas, México, informan que son agentes de control muy eficientes para las larvas de mosquitos *Ae. aegypti* en tanques domésticos⁶⁶ y *An. pseudopunctipennis* en pozas de río.⁶⁷

Aplicaciones en el campo de los peces

Para la utilización de peces nativos en el control de larvas de anofelinos se recomienda hacer evaluaciones previas de la densidad larvaria de los criaderos con el fin de seleccionar a los peces que han realizado un control efectivo de las

larvas de mosquitos de aquellos criaderos con densidades bajas (0-1 larvas/m²). Después de evaluar la capacidad entomófaga de dichos peces, se recolectan 300 ejemplares y se siembran en criaderos con densidades larvarias de medias a muy altas (6-20 larvas/m² y > 100 larvas/m², respectivamente).⁶⁸

En 2002 se inició en Guatemala el estudio “Acciones para fortalecer la vigilancia y control de la malaria en Petén”, con el uso de peces como control biológico. Esta metodología consistió en liberar los peces en criaderos de larvas permanentes y temporales, en los cuales se realizó una limpieza previa para facilitar que los peces accedieran a toda las partes del criadero. Para ello se utilizaron peces de los géneros *Gambusia sp.* y *Poecilia sp.* como depredadores, con excelentes resultados. La densidad de siembra fue de un promedio de 10 peces por metro cuadrado, o bien 300 peces por criadero. Se sembraron hembras, machos y alevines (se priorizaron las hembras grávidas). Los recuentos de las densidades larvarias se realizaron una semana después de la siembra y a intervalos mensuales mediante la participación comunitaria.

Referencias

1. Greathead DJ, Waage JK. Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. Washington, DC: The World Bank, World Bank Technical Paper 11.
2. Summy KR, French JV. Biological control of agricultural pests: concepts every producer should understand. J Rio Grande Valley Hort Soc 1988;41:119-133.
3. Federici BA. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control. En: Hall FR, Menn JJ (eds.) Biopesticides: Use and Delivery. Totowa, NJ: Humana Press; 1999:301-320.
4. Mittal PK. Biolarvicides in vector control: challenges and prospects. J Vector Borne Dis 2003;40:20-32.
5. Höfte H, Whiteley HR. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiol Rev 1989;53:242-255.
6. González A, Restrepo A, Orduz S. Producción de *Bacillus thuringiensis*. En: Caballero P, Ferré J (eds.) Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* en el control integrado de plagas. Valencia: MV Phytoma-España, SL. 2001:109-132.
7. Couch TI. Industrial fermentation and formulation of entomopathogenic bacteria. En: Charles J-F, Delécluse A, Nielsen-Le Roux C (eds.) Entomopathogenic bacteria: from laboratory to field application. London: Kluwer Academic Publishers 2000:297-316.
8. Entwistle F, Cory JS, Bailey MJ, Higg S. *Bacillus thuringiensis*, an environmental biopesticide: theory and practice. London: John Wiley & Sons 1993.

9. Lacey LA. *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. En: Floore TG (ed). Biorational control of mosquitoes. American Mosquito Control Association 2007; Bulletin 7:133-163.
10. Porter AG, Davidson EW, Liu J-W. Mosquitocidal toxins of Bacilli and their genetic manipulation for effective biological control of mosquitoes. Microbiol Rev 1993;57:838-861.
11. Tanada Y, Kaya HK. Insect pathology. New York: Academic Press 1993.
12. WHO (World Health Organization). Pesticides and their application. WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.1.
13. Rozendaal JA. Vector control. **Methods for use by individuals and communities**. Geneva: World Health Organization (WHO) 1997, 412.
14. Najera JA, Zaim M. Malaria vector control: decision making criteria and procedures for judicious use of insecticides. WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES). Geneva: World Health Organization 2002.
15. WHO (World Health Organization). Guidelines for the treatment of malaria. WHO/HTM/MAL/2006.1108.
16. Federici AB, Tsao PW, Lucarotti ChJ. Chap. 11: *Coelomomyces* (Fungi). En: Chapman HC, Chairman ARB, Laird M, Weidhaas DE (eds). Biological control of mosquitoes. Eatontown, NJ: AMCA 1985; Bulletin 6:75-86.
17. Lacey LA, Undeen AH. Microbial control of black flies and mosquitoes. Annu Rev Entomol 1986;31:265-296.
18. Kerwin JL, Dritz DD, Washino RK. Pilot scale production and application in wildlife ponds of *Lagenidium giganteum* (Oomycetes: Lagenidiales). J Am Mosq Control Assoc 1994;10:451-455.
19. Kerwin JL, Petersen EE. Fungi: Oomycetes and Chytridiomycetes. En: Lacey LA (ed). Manual of techniques in insect pathology. New York: Academic Press 1997:251-268.
20. Flexner JL, Belnavis DL. Chap 2: Microbial insecticides. En: Rechcigl JE, Rechcigl NA (eds). Biological and biotechnological control of insects pests. Boca Ratón/London: Lewis Publishers, Agriculture and Environment Series 2000:35-62.
21. Lecuona R, Clement JL, Riba G, Joulie C, Juárez MP. Spore germination and hyphal growth of *Beauveria* sp. on insect lipids. J Econ Entomol 1997;89:119-123.
22. Blanford S, Chan BHK, Jenkins N, Sim D, Turner RJ, Read AF, Thomas MB. Fungal pathogen reduces potencial for malaria transmisión. Science 2005;308:1638-1641.
23. Scholte E-J, Ng-Habi K, Kihonda J, Takken W, Paaijmans K, Abdulla S, Killeen GF, Knols BGJ. An entomopathogenic fungus for control of adult african malaria mosquitoes. Science 2005;308:1641-1642.
24. Brown BJ, Platzer GE, Hughes DS. Field trials with the mermithid nematode *Romanomermis culicivorax* in California. Mosq News 1997;37:603-608.
25. Petersen JJ. Observations on the mass production of *Romanomermis culicivorax*, a nematode parasite of mosquitoes. Mosq News 1978;38:83-86.
26. Finney JR. Mermithid nematodes: in vitro culture attempts. J Nematology 1981;13:275-280.
27. Rovesti L, Deseó KV. Compatibility of chemical pesticides with the entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* Weiser and *S. feltiae* Filipjev (Nematoda: Steinernematidae). Nematologica 1990;36:237-245.
28. Pérez-Pacheco R, Rodríguez-Hernández C, Lara-Reyna J, Montes-Belmont R, Ramírez-Valverde G, Martínez-Martínez L. Parasitismo de *Romanomermis iyengari* en larvas de tres especies de mosquitos en laboratorio y de *Anopheles pseudopunctipennis* en campo. Agrociencia 2004;38:413-421.
29. Lacey LA, Kaya HK. Field manual of techniques in invertebrate pathology. Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests. London: Kluwer Academic Publishers 2000.
30. Solter LF, Becnel JJ. Entomopathogenic Microsporidia. En: Lacey LA, Kaya HK (eds.) Field manual of techniques in invertebrate pathology. Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests. Netherlands: Kluwer Academic Publishers 2000:231-254.
31. Anthony DW, Savage KE, Hazard EI, Avery SW, MDOSW Boston. Field tests with *Nosema algerae* Vavra and Undeen (Microsporidia, Nematidae) against *Anopheles albimanus* Wiedemann in Panama. Misc Publ Entomol Soc Am 1978;11:17-28.
32. Andrealis TG. Microsporidian parasites of mosquitoes. En: Floore TG (ed). Biorational Control of Mosquitoes. Amer Mosq Control Assoc 2007; Bull 7:3-29.
33. Hunter-Fujita FR, Entwistle PF, Evans HF, Crook NE. Insect viruses and pest management. England: John Wiley & Sons 1998.
34. Anthony DW, Hazard EI, Crosby SW. A virus disease in *Anopheles quadrimaculatus*. J Invertebr Pathol 1973;22:219-224.
35. Bird RG, Draper CC, Ellis DS. A cytoplasmic polyhedrosis virus in the midgut cells of *Anopheles stephensi* and in the sporogonic stage of *Plasmodium berghei yoelii*. Bull WHO 1972;46:337-343.
36. Chapman HC. Biological control of mosquito larvae. Annu Rev Entomol 1974;19:33-59.
37. Davies EE, Howells RE, Venters D. Microbial infections associated with plasmodial development in *Anopheles stephensi*. Ann Trop Med Parasitol 1971;63:403-408.
38. Federici BA. Viral pathogens. En: Chapman HC, Chairman ARB, Laird M, Weidhaas DE (eds). Biological control of mosquitoes. Eatontown, NJ: AMCA, 1985; Bulletin 6:62-74.
39. Kellen WR, Clark TB, Lindegren JE. A possible polyhedrosis in *Culex tarsalis* Coquillett (Diptera: Culicidae). J Insect Pathol 1963;5:98-103.
40. Lebedinets NN, Zelenko AP. Infectivity of *Aedes aegypti* L. mosquito densovirus for other species of bloodsucking mosquitoes. Vopr Virusol 1975;2:192-196.
41. Williams T. Invertebrate iridescent viruses. En: Miller LK, Ball A (eds). The insect viruses. New York: Plenum 1998:31-68.
42. Rothman LD, Myers JH. Debilitating effects of viral diseases on host Lepidoptera. J Invertebr Pathol 1996;67:1-10.
43. Williams T, Cory J. DNA restriction fragment polymorphism in iridovirus isolates from individual blackflies (Diptera: Simuliidae). Med Vet Entomol 1993;7:199-207.
44. Dieng H, Boots M, Tuno N, Tsuda Y, Takagi M. Life history effects of prey choice by copepods: implications for biocontrol of vector mosquitoes. J Am Mosq Control Assoc 2003;19:67-73.

45. Reid JW. Workshop on taxonomic techniques for copepods 2000. Disponible en: <http://www.nmnh.si.edu/iz/copepod/techniques.htm>
46. Marten GG, Thompson G, Nguyen M, Bordes ES. Copepods and application for mosquito control. New Orleans Mosquito Control Board 6601. Lake Shore Drive New Orleans, LA 70126 1997.
47. Rietzler AC. Alimentacao, ciclo de vida e analise da coexistencia de especies de Cyclopoida na Represa de Barra Bonita, Sao Paulo. PhD Thesis, Univ. Sao Paulo 1995.
48. Service MW. Mortalities of the immature stages of species B of *Anopheles gambiae* complex in Kenya: comparison between rice fields and temporary pools, identification of predators and effects of insecticidal spraying. *J Med Entomol* 1977;13:535-545.
49. Mogi M, Okazawa T, Miyagi I, Sucharit S, Tumrasvin W, Deesin T, Khamboonruang C. Development and survival of anopheline immatures (Diptera: Culicidae) in rice fields in northern Thailand. *J Med Entomol* 1986;23:244-250.
50. Das PK, Sivagnaname N, Amalraj D. Population interactions between *Culex vishnui* mosquitoes and their natural enemies in Pondicherry, India. *J Vector Ecol* 2006;31:84-88.
51. Collins FH, Washino RK. Insect predators. Biological control of mosquitoes. En: Chapman HC, Chairman ARB, Laird M, Weidhaas DE (eds). *Biological control of mosquitoes*. Eatontown, NJ: AMCA 1985; Bulletin 6:25-42.
52. Legner EF. Biological control of Diptera of medical and veterinary importance. *J Vector Ecol* 1994;20:59-120.
53. McDonald G, Buchanan GA. The mosquito and predatory insect fauna inhabiting fresh-water ponds, with particular reference to *Culex annulirostris* Skuse (Diptera: Culicidae). *Austral Ecol* 1981;6:21-27.
54. Aditya G, Ash A, GK Saha. Predatory activity of *Rhantus sikkimensis* larvae of *Toxorhynchites splendens* on mosquito larvae in Darjeeling, India. *J Vector Borne Dis* 2006;43:66-72.
55. Sebastian A, Sein MM, Thu MM, Corbet PS. Supresión of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using augmentative releases of dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae) with community participation in Yangon, Myanmar. *Bull Entomol Res* 1990;80:223-232.
56. Singh RK, Dhiman RC, Singh SP. Laboratory studies on the predatory potential of dragonfly nymphs on mosquito larvae. *Commun Dis* 2003;35:96-101.
57. Poopathi S, Tyagi BK. The challenge of mosquito control strategies: from primordial to molecular approaches. *Biotechnol Mol Biol Rev* 2006;1:51-65.
58. Pal R, Ramalingam S. Invertebrate predators of mosquitoes. Geneva: World Health Organization 1981.
59. Neri-Barbosa JF, Quiroz-Martinez H, Rodriguez-Tovar ML, Tejada LO, Badii MH. Use of Bactimos registered briquets (B.t.i. formulation) combined with the backswimmer *Notonecta irrorata* (Hemiptera: Notonectidae) for control of mosquito larvae. *J Am Mosq Control Assoc* 1997;13:87-89.
60. Quiroz-Martinez H, Rodríguez-Castro VA, Solís-Rojas C, Badii MH. Insectos acuáticos depredadores de *Aedes aegypti*. RESPYN. Revista de Salud Pública y Nutrición Monterrey, NL 2005;6. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2005/ee-06-2005/documentos/01.htm>
61. Miyagi I, Toma T, Mogi M. Biological control of containers-breeding mosquitoes, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus*, in a Japanese island by release of *Toxorhynchites splendens* adults. *Med Vet Entomol* 1992;6:290-300.
62. Amalraj D, Das PK. Estimation of predation by the larvae of *Toxorhynchites splendens* on aquatic stages of *Aedes aegypti* Southeast Asian J Trop Med Public Health 1998;29:177-183.
63. Steffan WA. Source of type material of *Toxorhynchites*. *Mosq Syst* 1977;9:58-71.
64. Gerberg EL. Sequential biocontrol application in the use of *Toxorhynchites* spp. En: Laird M, Miles JW (eds). *Integrated mosquito control methodologies*. New York: Academic Press 1985;2:33-46.
65. Lounibos P, Campos RE. Investigaciones recientes sobre *Toxorhynchites rutilus* (Diptera: Culicidae) con referencia al control biológico de mosquitos habitantes en recipientes. *Entomotropical* 2002;17:145-156.
66. Martínez-Ibarra JA, Guillén YG, Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez-López MH. Indigenous fish species for the control of *Aedes aegypti* in water storage tanks in Southern México. *Bio Control* 2002;47:481-486.
67. Bond JG, Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez MH, Quiroz-Martínez H, Williams T. Oviposition habitat selection for a predator refuge and food source in a mosquito. *Ecol Entomol* 2005;30:255-263.
68. Méndez-Galván JF, Betanzos-Reyes AF, Velázquez-Monroy O, Tapia-Conyer R. Guía para la implementación y demostración de alternativas sostenibles de control integrado de la malaria en México y América Central. México: Secretaría de Salud 2004.

Evaluación de procesos y resultados en programas de control y prevención del paludismo

José Genaro Ordóñez González,
Armando Ulloa García

Las estrategias e intervenciones de control vectorial son parte fundamental en la lucha contra el paludismo, por lo tanto, deben ser costo-efectivas. La evaluación permanente de las mismas permite obtener información precisa y oportuna para mejorarlas, rectificarlas o, en su caso, orientar mejor las acciones que puedan comprender: ampliación de cobertura, cambio de estrategias, mejoras en la gestión, correcciones sobre la operación en campo y mejoras del costo-efectividad de las operaciones. El uso de indicadores es una herramienta que facilita la toma de decisiones y el seguimiento de los objetivos planteados. En este capítulo se analiza el tema de los indicadores de procesos (eficiencia) y resultados (eficacia), y se presentan los indicadores más representativos, vinculados al control de los vectores del paludismo.

Indicadores

¿Qué es un indicador?

Es una herramienta que sirve para clarificar y definir, de manera precisa, los objetivos e impactos de una actividad específica. Es una medida que se usa para evaluar la eficiencia, eficacia y calidad de las actividades; además, son medidas

verificables de cambio o resultado diseñadas como estándares para evaluar, estimar o demostrar el avance hacia las metas establecidas; también facilitan el reparto de insumos, lo que genera resultados y favorece el alcance de objetivos.^{1,2}

Existen muchos indicadores, pero su uso depende de los recursos disponibles. Por lo tanto, lo ideal es seleccionar un “grupo principal”, un conjunto que pueda ser usado ampliamente y que permita tomar decisiones. Hay indicadores más útiles para el contexto estratégico y otros más en el contexto operativo. Pueden definirse como indicadores operativos aquellos que reflejan o miden las actividades realizadas por los organismos encargados de su implementación. Tanto los indicadores estratégicos como los operativos admiten ajustes metodológicos.

Los indicadores pueden ser usados con diferentes propósitos, por ejemplo, en el diseño y elaboración de programas, como los siguientes:

- Estratificación de las comunidades a partir de criterios múltiples (número de casos de paludismo, índices entomológicos altos, presencia de criaderos positivos, etc.).
- Seguimiento de los programas y actividades de control.
- Evaluación de los programas.

Características principales de los indicadores

Los indicadores deben:

- Ser específicos: estar vinculados con los fenómenos sobre los que se pretende actuar.
- Ser medibles: la característica descrita debe ser cuantificable en términos de grado o frecuencia.
- Estar disponibles durante varios años: el comportamiento del fenómeno debe ser observable durante un periodo.
- Servir para describir una situación existente (líneas de base) y medir los cambios o tendencias en el tiempo (proceso y logros).
- Responder a las estrategias, objetivos y actividades de los programas.
- Poder construirse a partir de datos e información.
- Ser éticos (por ejemplo, que guarden la confidencialidad del individuo al momento de recopilar, procesar y presentar la información, etc.).
- Útiles (mostrar el proceso, útiles a nivel local, etc.).
- Robustos científicamente: válidos, específicos, sensibles y confiables.
- Representativos: comprender la población o grupos/asuntos que se espera que cubran.
- Entendibles: el indicador debe ser reconocido con facilidad por todos aquellos que lo usan (simples en cuanto a su definición y la interpretación de sus valores).
- Accesibles: los datos requeridos deben estar disponibles y deben ser fáciles de conseguir.^{1,2}

Denominadores

Los denominadores son unidades de valor que permiten tener un punto de partida para evaluar la cobertura y oportunidad de las acciones (en este caso, de las actividades de control de vectores).

Es importante contar con denominadores confiables. A continuación se mencionan sólo algunos de los principales (no todos los necesarios):

- Características de las localidades: número de viviendas, etcétera.

- Características de las poblaciones: número de pobladores, composición, datos desagregados, entre otros.
- Características medioambientales: número de criaderos o de lagunas.³

A continuación se presentan algunos indicadores importantes para la planificación y elaboración de los programas de control del paludismo.

El primer paso para obtener los índices es hacer un registro rutinario de la información y que los servicios de salud locales la analicen; de esta manera se garantizan las actividades básicas de evaluación. El manejo de esta información debe ser responsabilidad del equipo técnico local que planifica y ejecuta las intervenciones.

La información necesaria para construir estos indicadores se obtiene mediante dos componentes principales de evaluación:

- Evaluación de la ejecución de las intervenciones (eficiencia).
- Evaluación del impacto (resultados) de las medidas aplicadas (efectividad).

Con esta información se puede diagnosticar la forma como se toman las decisiones en el control vectorial, y así reorientarlas para lograr mayor efectividad.

Eficacia e impacto de las intervenciones

Evaluación epidemiológica

El seguimiento y análisis de la efectividad e impacto de las estrategias implementadas se basa en el registro regular de la morbilidad y mortalidad, e involucra, por tanto, las instancias de análisis epidemiológico en los distintos niveles. Para estas actividades (seguimiento y análisis), se proponen indicadores y alternativas de análisis que deben ser rutina de los grupos locales de epidemiología (municipio y nivel intermedio) que apoyan las intervenciones:

Por lo tanto, el objetivo es analizar las variaciones en las tasas de paludismo en las localidades antes y después de las intervenciones. Las limitaciones de este análisis radican en

las variaciones temporales del paludismo en cortos periodos. Sin embargo, se trata de un elemento básico de la evaluación de efectividad. Para controlar la influencia de otros factores, también se sugiere comparar las variaciones registradas en las localidades intervenidas con las variaciones registradas en las localidades sin intervención o en las localidades objeto de otra intervención, y compararlas con el comportamiento de la enfermedad durante el mismo lapso pero en años anteriores. Se proponen, a manera de guía, las variables de análisis expresadas en el cuadro I.

Indicadores para la evaluación del impacto

Morbilidad

- **IPA: Índice parasitario anual:**
Número de casos confirmados de paludismo por año / población en riesgo X 1000
- **IAM: Incidencia anual de paludismo:**
Número de casos febriles con parásitos / población en riesgo X 1000

Cuadro I

Análisis epidemiológico de efectividad de intervenciones de control vectorial en la rutina de los servicios*

Indicador	Antes y después, a nivel de localidad o grupos de localidades con la misma intervención	Comparaciones con años anteriores sin intervención a nivel de localidad o de grupos de localidades con la misma intervención	Comparaciones de las variaciones antes y después entre grupos de localidades objeto de diferentes intervenciones o con localidades sin intervención
Variaciones en la incidencia	• Incidencia • Núm. de casos	• Incidencia • Núm. de casos	• Incidencia • Núm. de casos
Variaciones en la fórmula parasitaria (proporción de <i>P. falciparum</i> y <i>P. vivax</i>)	• Núm. de casos de <i>P. falciparum</i> respecto del número total de casos • Núm. de casos de <i>P. vivax</i> respecto del núm. total de casos	• Núm. de casos de <i>P. falciparum</i> respecto del número total de casos • Núm. de casos de <i>P. vivax</i> respecto del número total de casos	• Núm. de casos de <i>P. falciparum</i> del núm. total de casos • Núm. de casos de <i>P. vivax</i> del núm. total de casos
Cambios en los grupos de edad afectados; razón de género; casos en embarazadas	• Núm. de casos en menores de 5 años del núm. total de casos • Núm. de casos en embarazadas del número total de casos • Núm. de casos en hombres/núm. de casos en mujeres	• Núm. de casos en menores de cinco años del núm. total de casos • Núm. de casos en embarazadas del número total de casos • Núm. de casos en hombres/núm. de casos en mujeres	
Importancia relativa de las localidades intervenidas	• Núm. de casos en localidades intervenidas del número total de casos	• Núm. de casos en localidades intervenidas del número total de casos	

* Modificado de OPS/DPC/CD/M/415/06, Anexo 7.

- ILP: Índice de láminas positivas:
Número de láminas positivas / total de láminas examinadas
- IAES: Índice anual de exámenes de sangre:
Número de exámenes de sangre / total de la población X 1000
- FRIF: Frecuencia de infecciones por *Plasmodium falciparum*:
Número de casos confirmados de *Plasmodium falciparum* / total de la población X 1000
- Porcentaje de pacientes diagnosticados con gametocitos:
Número de láminas con gametocitos presentes / total de láminas examinadas

Mortalidad

- MMC = Tasa de mortalidad por paludismo confirmado (puede ser calculada por edad, sexo y especie parasitaria):
Número de muerte con confirmación parasitológica de paludismo / población en riesgo X 1000
- Tasa cruda de mortalidad:
Total de muertes por año / población en riesgo X 1000³

Subsistema de información de la vigilancia epidemiológica

- Número de localidades reportado en un año / total de localidades X 100
(localidades/comunidades, distritos/municipios, provincias/regiones/estados)³

Evaluación entomológica

Se pueden seleccionar las intervenciones más adecuadas mediante una evaluación entomológica inicial (línea base) de las localidades palúdicas que concentran alta carga de enfermedad. Se deben definir los indicadores entomológicos mínimos necesarios a partir de la selección, para que el nivel local pueda monitorear y evaluar el efecto de la medida.

En el año 2005, en la Reunión de Directores Nacionales de Epidemiología y Programas de Malaria, organizada por Organización Panamericana de la Salud (OPS) en Costa Rica, se sugirió que la toma de decisiones de control vectorial debe ubicarse en un contexto nacional y local mediante

una estratificación epidemiológica. Se trata de que el ámbito local focalice las intervenciones de control vectorial en las localidades que representan la mayor carga de enfermedad, y que en cada localidad o grupo de localidades se instaure un ciclo de selección de intervención-evaluación basado en la información epidemiológica. Al mismo tiempo, en localidades seleccionadas se realiza un proceso de toma de decisiones basado en un estudio entomológico, antes y después de las acciones de control. Por ejemplo, en la “estrategia para racionalizar el control vectorial de malaria en la Amazonía”, la metodología de evaluación de efectividad e impacto se dirige a las “localidades priorizadas para control vectorial”. Se trata del universo de localidades donde de manera sistemática se realizan intervenciones de control vectorial, pero que carecen de una rutina de estudios entomológicos (excepto el control de criaderos); por lo tanto, la evaluación de efectividad se basa sobre todo en parámetros epidemiológicos. Las evaluaciones entomológicas se concentran en las “localidades de estudio”.

En el terreno entomológico, sólo se incluye como actividad de rutina la evaluación del efecto de intervenciones en criaderos, por su factibilidad logística y relevancia en las localidades donde se opte por esta intervención.

Indicadores

A continuación se enumeran indicadores operativos y entomológicos que deben tomarse en cuenta para la evaluación de medidas aplicadas (cuadros II - VIII).

Cuando los resultados de las actividades no son los deseados, los indicadores deben ser reevaluados. Por ejemplo: la dosis (concentración) del ingrediente activo (ia) de un insecticida piretroide para rociado residual debe ser de 25 mg/m² de pared; si los resultados esperados son menores al planificado (véase “Indicadores de intervención”), se debe aumentar la dosis o cambiar el insecticida. Esto funciona en general para todos los indicadores operativos.

Evaluación de la ejecución de las intervenciones (eficiencia en los procesos)

La evaluación de la ejecución de las intervenciones consiste en una serie de actividades de supervisión y seguimiento de la gestión de los equipos responsables de las operaciones en el área. El punto de partida es realizar una estratificación

Cuadro II
Indicadores útiles para rociado residual

Operativos	Entomológicos	
- Dosis - Cobertura - Tiempo - Persistencia - Estado del equipo - Recursos utilizados - Costo	- Reposo intradomiciliario - Índice de picadura - Índice de sangre humana - Índice de paridad - Índice esporozoítico - Susceptibilidad del vector - Densidad de la población de adultos	Los valores de los indicadores entomológicos deben ser menores después de aplicado el rociado residual

Fuente: Nájera et al., 2002.⁴

Cuadro III
Indicadores útiles para rociado espacial (ULV)

Operativos	Entomológicos	
- Cobertura - Área de influencia - Estado del equipo - Recursos utilizados - Costos	- Índice de picadura - Densidad de adultos - Índice de paridad - Susceptibilidad del vector	Los valores de los indicadores entomológicos deben ser menores después de aplicado el ULV

Fuente: Nájera et al., 2002.⁴

Cuadro IV
Indicadores útiles para rociado rápido

Operativos	Entomológicos	
- Dosis - Cobertura - Tiempo - Persistencia - Estado del equipo - Recursos utilizados - Costo	- Reposo intradomiciliario - Índice de picadura - Índice de sangre humana - Índice de paridad - Índice esporozoítico - Susceptibilidad del vector - Densidad de la población de adultos	Los indicadores (valores) entomológicos deben ser menores después de aplicado el rociado rápido

Cuadro V
Indicadores útiles para la estrategia de pabellones impregnados

Operativos	Entomológicos	
- No. de pabellones impregnados - No. de localidades con pabellones impregnados	- Número de picaduras o contactos hombre-vector' - Reposo intradomiciliario - Susceptibilidad del vector - Densidad del vector	Los valores de los indicadores entomológicos deben ser menores después de aplicada la implementación de pabellones impregnados

Cuadro VI
Indicadores útiles para la aplicación de larvicidas

Operativos	Entomológicos	
- Cobertura - Persistencia - Recursos utilizados - Costos	- Presencia y densidad de la larva - Densidad de adultos - Susceptibilidad al insecticida	Los valores de los indicadores entomológicos deben ser menores después de aplicada la implementación de larvicidas

Fuente: Nájera et al., 2002.⁴

Cuadro VII
Indicadores útiles para control biológico

Operativos	Entomológicos	
- Núm. de criaderos tratados con Bti - Núm. de criaderos tratados con Bacillus sphaericus	- Reducción del número de larvas por criadero - Reducción del número de mosquitos adultos en las viviendas (IPHN)	Los valores de indicadores entomológicos deben ser menores después de aplicado el control biológico.

Cuadro VIII
Indicadores para control de criaderos

Operativos	Entomológicos	Los valores de los indicadores entomológicos deben ser menores después de aplicado el control de criaderos
-Reducción/eliminación del Núm. de criaderos - Reducción/eliminación de la vegetación circundante - Reducción/eliminación de la vegetación flotante - Reducción/eliminación de la vegetación emergente - Núm. de criaderos modificados - Núm. de criaderos drenados - Número de criaderos rellenados	- Reducción del núm. de larvas por criadero - Reducción del núm. de mosquitos adultos en las viviendas (IPHN)	

* Modificado de OPS/DPC/CD/M/415/06, anexo 7.

de localidades prioritarias para intervención, según las acciones de control por realizarse. Los denominadores así definidos permitirán evaluar la cobertura y oportunidad de las acciones. La figura 1 ejemplifica lo dicho.

A partir de la estratificación de las áreas y localidades palúdicas, se proponen indicadores básicos de proceso y resultado sobre la cobertura y oportunidad de las intervenciones de control. El cuadro IX presenta las variables e indicadores a tener en cuenta en estas actividades.

Indicadores para procesos

Un indicador de intervención es aquel que define o indica si las metas que se propusieron durante el diseño de una inter-

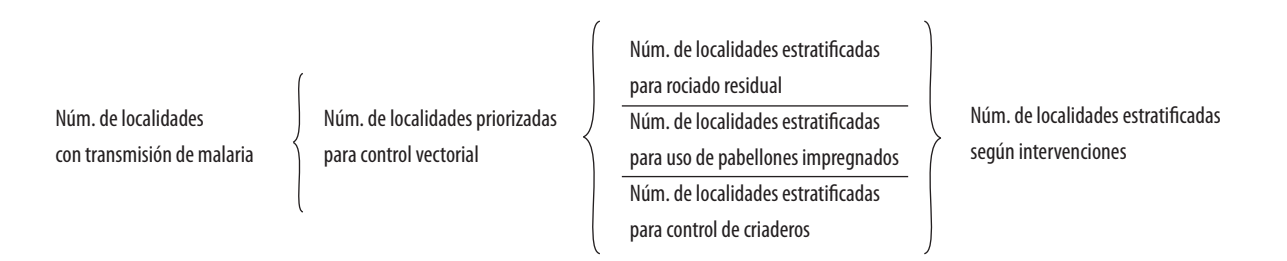
vención se cumplieron, se superaron o no fueron alcanzadas a satisfacción al final de la misma (línea final), al compararlas con los valores iniciales (línea basal). Se pueden usar durante todo el proceso de implementación y desarrollo de una medida de prevención y control. A manera de ejemplo, supóngase que en tres localidades palúdicas (A, B y C) el porcentaje de viviendas intervenidas (cobertura) con rociado residual durante el año 2006 fue de 30%. Para el año 2007 se propuso lograr una cobertura con rociado residual igual o mayor a 80%. Al final de la intervención (rociado residual) se aplican los indicadores de intervención y se obtienen los siguientes valores. Localidad A: una cobertura igual a 85%; este valor indica que el indicador de intervención alcanzó la meta propuesta y superó la línea basal. Localidad B: la cobertura fue igual a 65%; el indicador de intervención no alcanzó la meta propuesta, pero sí superó la línea basal. Localidad C: la cobertura fue menor de 30%; el indicador de intervención no alcanzó la meta propuesta ni superó la línea basal.

A continuación se presentan algunos indicadores, de gran utilidad para la vigilancia del cumplimiento de las metas propuestas en las diferentes actividades y estrategias de control planificadas.³

Indicadores de control selectivo / integrado de vectores

- Número de localidades estratificadas según tipo de intervención / total de localidades con transmisión
- Número de localidades intervenidas con rociado residual / total de localidades seleccionadas para rociado residual
- Número de localidades con intervención en criaderos / total de localidades seleccionadas para intervención en criaderos

Figura 1 Ejemplo de denominadores para evaluación*



Cuadro IX

Indicadores de gestión en control vectorial

	Intervención	Análisis a nivel local		Análisis de la gestión del municipio	
		Indicador de proceso	Indicador de resultado	Indicador de proceso	Indicador de resultado
Cobertura	Intervención en general	Núm. de localidades intervenidas/núm. de localidades prioritarias para CV		Núm. de municipios con > 80% de las localidades prioritarias intervenidas	
	Rociado residual	Núm. de localidades intervenidas con rociados residuales/ núm. LERR		Núm. de municipios con > 80% de LERR intervenidas	
	Mosquiteros impregnados	Núm. de localidades intervenidas con mosquiteros Impregnados/ núm. LEMI	Núm. de localidades con cobertura aceptable de mosquiteros impregnados/ Núm. LEMI	Núm. de municipios con > 80% de LEMI intervenidas con mosquiteros impregnados	Núm. de municipios con cobertura aceptable de mosquiteros impregnados en más de 50% de LEMI
	Control de criaderos	Núm. de localidades intervenidas con control de criaderos / # LECC	Núm. de localidades con reducción en el # de criaderos positivos/núm. LECC	Núm. de municipios con malaria urbana con intervenciones en criaderos / núm. municipios con malaria urbana	Núm. de municipios con malaria urbana con reducción en el núm. de criaderos positivos / municipios
Oportunidad	Intervenciones en general	Núm. de localidades prioritarias para CV desprotegidas por más de 6 meses		Núm. de municipios con > 50% de localidades prioritarias desprotegidas por más de 6 meses	
Recurso humano	Intervenciones en general	Núm. de operarios / núm. localidades intervenidas		Núm. de municipios con > operarios por localidad intervenida	

LERR: localidades estratificadas para rociado residual.

LEMI: localidades estratificadas para mosquiteros impregnados.

LECC: localidades estratificadas para control de criaderos.

Fuente: OPS/DPC/CD/M/415/06, anexo 7.

- Número de localidades con promoción del uso de pabellones / total de localidades seleccionadas para promover el uso de pabellones
- Cobertura de comunidades que usaron pabellones impregnados / total de comunidades maláricas
- Número de localidades con jornada de reimpregnación de pabellones/total de localidades que usaron pabellones impregnados

- Número de localidades con intervenciones específicas/número de localidades seleccionadas para control vectorial

Indicadores de estudios

- Número de localidades de estudio seleccionadas / total de localidades prioritarias para control vectorial

- Número de localidades de estudio caracterizadas / total de localidades de estudio seleccionadas
- Número de localidades de estudio evaluadas / total de localidades de estudio intervenidas

Indicadores para educación en salud

- CAPs y creencias de los diferentes grupos poblacionales
- Número de escuelas que participan en programas de escuelas saludables o actividades del paludismo / total de escuelas presentes en las áreas maláricas
- Número de profesores capacitados en programas de escuelas saludables / total de profesores de escuelas presentes en las áreas palúdicas
- Número de niños capacitados sobre prevención del paludismo / total de niños escolares en las áreas palúdicas³
- Porcentaje de población con nuevos conocimientos a partir de capacitaciones programadas

Indicadores para participación comunitaria e intersectorial

- Número de actividades realizadas / número actividades comprometidas
- Número de actividades comunitarias sobre paludismo que involucran a organizaciones comunitarias u otras instituciones / número de actividades comunitarias planificadas en general

Es imprescindible verificar que la aplicación de las estrategias programadas a nivel de campo realizadas por los técnicos y personal de salud sea lo más correcta posible, ya que de ello depende la eficacia (impacto) de las medidas aplicadas. Las verificaciones pueden realizarse mediante observación directa de la ejecución de las actividades, que permite determinar, en algunos casos en ese mismo momento, si las técnicas aplicadas son correctas o no. Por lo tanto, el personal encargado de realizar las verificaciones debe conocer bien: a) el uso de las herramientas, equipos y maquinaria adecuados para cada actividad, b) los parámetros ideales que deben existir al momento de realizar una actividad, c) el uso de los insecticidas y demás insumos (según la estrategia a aplicar) recomendados por los organismos oficiales de salud, d) las concentraciones y mezclas de los productos recomendadas por los organismos oficiales y e)

las normas de seguridad y protección personal correspondientes a cada actividad.

Asimismo, se pueden realizar entrevistas personales y grupales a los trabajadores de salud, quienes pueden explicar las razones técnicas, administrativas, entre otras, por las cuales las actividades no son o no pueden ser ejecutadas correctamente. Además, se puede aplicar estas encuestas a la población beneficiada, para establecer, desde el punto de vista social, el éxito de las mismas (colaboración y aceptación de la medida por parte de la población, rechazo, inconformidad, etc.). Con estos conocimientos, se procede a rectificar, mejorar o cambiar las estrategias, de acuerdo con los objetivos o necesidades del control.

A continuación se presentan los parámetros más importantes que deben ser observados durante la supervisión y vigilancia para cada actividad.

Rociado residual¹⁵

- Presión de la bomba: 25-55 libras/pulg² para descargar 760 ml/min
- Velocidad de rociado: debe ser de un metro por cada 2.2 segundos, es decir, 4.5 segundos por cada pared de 2 m de alto. Esto equivale a aplicar 40 ml/m². 8 L = 200 m²
- Distancia de la boquilla a la pared: 45 cm, para obtener un ancho ideal del abanico, igual a 75 cm (faja rociada)
- Traslape: las fajas rociadas deben superponerse entre 5-10 cm, para no dejar espacios sin rociar
- Atomizador (boquilla): 8002-E produce gotas de tamaño de 100-400 micras
- Dejar en la pared la suficiente cantidad de ingrediente activo (ia) para matar los mosquitos (según el insecticida)
- Rociar todas las paredes interiores, techos (hasta donde pueda alcanzarse), aleros, escaleras, corredores, barandas y superficies de la casa protegidas de la lluvia

Rociado espacial (ULV)^{6,7}

- El ángulo de la boquilla del equipo de aplicación con respecto al plano horizontal de las calles debe estar entre 30 a 45°, para garantizar que la nube del insecticida entre por las puertas y ventanas de las casas tratadas
- La velocidad del vehículo debe estar entre 8 y 16 km/h. De preferencia, el vehículo debe circular a una velocidad constante de 10 km/hora

- No aplicar el insecticida cuando el viento sea mayor a 14 km/h
- No aplicar el insecticida con presencia de lluvia
- Al momento de la aplicación, la temperatura debe estar por debajo de 24°C
- La humedad relativa debe estar en el rango de 75%
- Aplicar en las horas de mayor actividad hematófaga de las especies de vectores locales
- Calibrar con periodicidad el equipo de rociado ULV, para obtener un tamaño ideal de gotas (entre 15 y 25 micras para insecticidas de base oleosa, y de 26 a 30 micras para los de base acuosa)

Rociado rápido⁸

- El rociado a bajo volumen se aplica utilizando máquinas tipo motomochila, equipadas con boquillas núm. 1
- Descargar el insecticida en forma de niebla a 215 ml/min
- El tamaño de las gotas debe estar en un rango de 50 a 100 micras
- El alcance horizontal de la niebla en interiores debe alcanzar los ocho metros y 14 metros en exteriores
- El equipo de rociadores debe estar compuesto por dos personas, quienes deben tratar cinco casas de forma alternada
- Los operadores deben protegerse de la acción de la niebla del insecticida

Para el caso de las tres estrategias mencionadas arriba, también es importante tomar en consideración:

- La calidad del insecticida
- Su fecha de vigencia y caducidad
- Su estado
- Su almacenamiento y manipulación
- Su concentración y presentación comercial
- El cálculo de las cantidades de insecticida
- La preparación de la mezcla
- El estado del equipo de aplicación
- La manipulación del equipo de aplicación
- El mantenimiento del equipo de aplicación

Aplicación de larvicidas (Bti, B. sphaericus)

- Determinar la cantidad de la descarga/min de los equipos con la ayuda de un cronómetro durante un minuto
- Se debe procurar una aplicación del larvicida lo más homogénea posible (aunque el larvicida se vea en ciertas áreas del criadero, el ingrediente activo, que viene inmerso en la formulación, se dispersa)
- Se debe aplicar en un ángulo de 45 grados con respecto a la posición del cuerpo
- Se debe mantener la boquilla a una distancia mínima de un metro con respecto al cuerpo de agua
- La velocidad de la aplicación depende también de las características del terreno; por ello, si resulta difícil acceder o moverse a través del cuerpo de agua, la descarga de las bombas debe adaptarse a esas condiciones.
- La aplicación de larvicidas debe evitar el tratamiento de agua que el ganado o los seres humanos puedan beber o que pueda contaminar los alimentos
- No deben aplicarse insecticidas químicos donde la escorrentía del agua tratada ponga en peligro los organismos que no son objeto del tratamiento

Siembra de peces larvívoros⁹

- Verificar que los peces estén sembrados en los criaderos que consideren permanentes
- Verificar que el área superficial total del criadero tenga el número indicado de peces por metro cuadrado de superficie (alrededor de 15 hembras y un macho por metro cuadrado de superficie)
- Inspeccionar con frecuencia que hay reproducción y un número suficiente de peces

Drenado de criaderos⁹

- Verificar que los canales o zanjas principales tengan un recorrido recto o curvas anchas que permitan el drenado rápido del criadero
- Los canales o zanjas secundarios deben tener salida con pendiente para conectarse con el canal principal

Relleno y nivelado de criaderos⁹

- Verificar que todos los criaderos de mosquitos susceptibles a esta medida sean tomados en consideración para el relleno o nivelado, considerando el rango de vuelo de los vectores (estimado entre 1 a 4 km)
- Verificar que el agua de los criaderos no tenga ningún uso en particular
- Utilizar para el relleno materiales existentes en la localidad, de preferencia tierra, piedra, arena o cualquier otro material adecuado
- Supervisar que no existan depresiones que puedan acumular agua y formar nuevos criaderos

Manipulación de la vegetación relacionada con criaderos

- Verificar que todos los criaderos de mosquitos susceptibles a la medida sean tomados en consideración para el relleno o nivelado, considerando el rango de vuelo de los vectores (estimado entre 1 a 4 km).
- Supervisar que la vegetación relacionada con criaderos sea eliminada con herramientas adecuadas (rastrillos para jardín forrados de tela mosquitera y cepillos)

Impregnación de pabellones⁹

- Los pabellones que serán impregnados deben estar totalmente limpios, lavados y secos
- Verificar que la cantidad de insecticida para la mezcla coincida con la concentración requerida y la cantidad de pabellones
- Supervisar que la impregnación se realice en un lugar sombreado y bien ventilado (al aire libre)
- Transportar los mosquiteros dentro de bolsas plásticas hasta las viviendas donde serán colgados para su uso

Educación comunitaria y promoción social

Conocimientos, actitudes y prácticas (CAP's)

Se busca difundir el conocimiento de los técnicos en salud entre la población, esto es, brindarles capacitación enseñarles promoción social, organización comunitaria y estimular

la formación de líderes comunitarios para la prevención del paludismo.

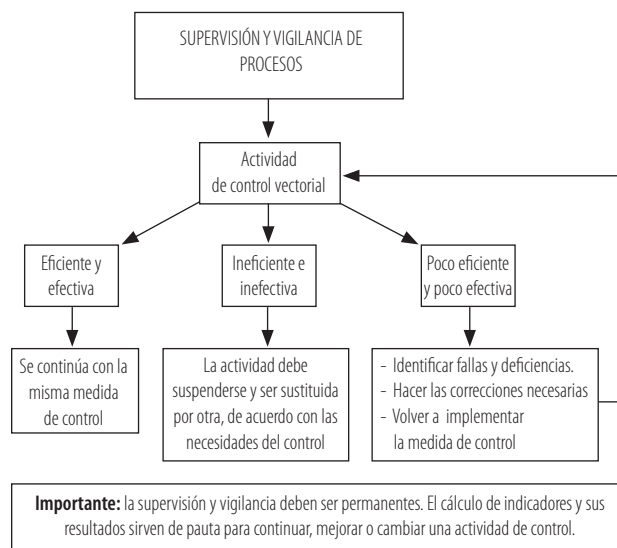
Capacitación

Número de médicos, enfermeras y técnicos en salud capacitados en la prevención y control del paludismo (tratamiento de la enfermedad y combate al vector).

Supervisión y vigilancia de procesos

Con la aplicación de un sencillo flujograma de supervisión y vigilancia (figura 2), se puede mantener actualizado el estado de desarrollo y funcionamiento de las actividades de control vectorial que se realizan en campo, así como corregir las fallas y deficiencias y tomar decisiones sobre las medidas pertinentes para mejorar la eficiencia y la efectividad.

Figura 2 Flujograma de supervisión y vigilancia de actividades de control vectorial en campo



Referencias

1. Mondragón, A. 2002. ¿Qué son los indicadores? Notas. Revista de Información y Análisis 2002;núm. 19.
2. (OPS) (ONU) Organización de las Naciones Unidas. 1999. Integrated and coordinated implementation and follow-up of major. Nueva York, United Nations Conferences and

- Summits. Nueva York, Estados Unidos de América, 10 y 11 de mayo de 1999.; p. 18. Distr. General 7 April 1999 Original: English. Consultado en internet en la página www.un.org/documents/ecosoc/docs/1999/e1999-11.
3. Mancero, T. 2005. Indicadores para malaria. Presentación Malaria-OPS. San José, Costa Rica, Reunión de Directores Nacionales de Epidemiología y Programas de Malaria. Presentación Malaria-OPS2005. Costa Rica.
4. Nájera, J.A., and. M. Zaim M. 2002. Malaria Vector Control. Decisión making criteria and procedures for judicious use of insecticides. WHO/CDS/WHOPES/2002.5.
5. (WHO) World Health Organization. 2007. Manual for indoor residual spraying. Application of residual sprays for vector control. WHO/NTD/WHOPES/GCDPP/2007.3.
6. World Health Organixation (WHO). Space spray application of insecticidas for vector and public health pest control. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2003.5
7. World Health Organization (WHO). Guías para la Evaluación de la Eficacia del Rociado Espacial de Insecticidas para el Control del Vector del Dengue *Aedes aegypti*. WHO/CDS/CPE/PVC/2001.1
8. Villarreal, C., M.H. Rodríguez MH, D.N. Bown DN, and J.I. Arredondo-Jiménez JI. 1995. Low-volume application by mist-blower compared with conventional compression sprayer treatment of houses with residual pyrethroid to control the malaria vector *Anopheles albimanus* in Mexico. Medical and Vveterinary Entomology 1995: 9: 187-194.
9. Mancheno, M., A. Kroeger A, y J.G. Ordóñez-González JG. 2001. No más problemas de salud causados por insectos. Manual técnico para el control de malaria, dengue, Chagas, leishmaniasis y oncocercosis. México.; Editorial PAX México 2001.

Sección III

Promoción de la salud y comunidad

Promoción de la salud y comunidad

José Genaro Ordoñez González,
Luz María Arenas Monreal,
Janine M. Ramsey Willoquet,
Mauricio Casas Martínez

La promoción de la salud se define como la acción de “proporcionar a los pueblos los medios necesarios para controlar su vida y su salud”. Se han señalado múltiples elementos para poder llevar a la práctica este nuevo concepto:¹

1. La importancia del trabajo de promoción a nivel local, es decir, el que se desarrolla en las comunidades o localidades.
2. La necesidad de enfrentar los problemas de salud-enfermedad de manera intersectorial
3. Sustento sinérgico en cinco líneas estratégicas:
 - Elaboración de políticas públicas saludables
 - Creación de ambientes favorables para la salud
 - Reforzamiento de la acción comunitaria
 - Desarrollo de aptitudes personales
 - Reorientación de servicios sanitarios
4. Planeación a múltiples niveles: nacional, estatal o local

El proceso salud-enfermedad está vinculado a las condiciones de vida de la población, en las que se incluyen las características de la vivienda y los servicios de agua, drenaje, manipulación de la basura, ocupación, educación, alimentación, acceso a los servicios de salud y recreación.

El género o el grupo étnico son factores que también influyen de manera notable en las diferentes características de enfermedad y muerte de la población.

A manera de ejemplo, se puede señalar lo que ocurre en estos momentos con el tabaquismo en México: se han diseñado políticas públicas que regulan la venta de cigarrillos y los sitios libres de humo. En ese sentido, el objetivo de la norma es crear ambientes que favorezcan la salud, pero al mismo tiempo se realizan acciones educativas en la población (desarrollo de aptitudes personales), para que tenga conocimientos y habilidades respecto al tabaquismo, y de promoción, para que la población participe (reforzamiento de la acción comunitaria) en las acciones dirigidas a disminuir el tabaquismo. La reorientación de los servicios se encuentra entre las actividades preventivas para enfrentar la problemática.

Debido a que los problemas sobre salud-enfermedad difieren según el contexto socioeconómico y cultural, es importante que en el plano local se desarrollen acciones de promoción de la salud mediante líneas estratégicas. En los siguientes apartados se describen con más detalle dos de ellas: reforzamiento de la acción comunitaria y desarrollo de aptitudes personales.

Participación de la población o reforzamiento de la acción comunitaria

En general, para tener mejores resultados en el trabajo en salud, se requiere la participación activa de la población, sobre todo en el plano local. Una manera de conseguir que la población participe es mediante un diagnóstico de salud participativo en el que la población se involucre en la identificación de la problemática que la aqueja, el modo de resolverla y la evaluación de los logros o dificultades.

La participación de la comunidad asegura que:

- Los intereses y las necesidades de la mayoría estén incluidos en el proceso de planificación.
- El conocimiento de la comunidad y la capacidad de sus miembros sean la base de las decisiones.
- El conocimiento de la comunidad y sus aportes sean la base para el diseño y ejecución de programas, políticas y servicios.
- Se representen los intereses de la comunidad en la salud ambiental, de modo que se desarrollen estrategias específicas para atender los problemas críticos y la comunidad se comprometa con la ejecución de las estrategias.

La participación de los ciudadanos en el proceso de evaluación se enfoca en:

- Identificar y cuantificar los recursos necesarios durante todo el proceso, para emprender y concluir la evaluación.
- Identificar y definir la gama de problemas de salud u otros que preocupan a la comunidad.
- Identificar los recursos que puedan facilitar la evaluación, y contribuir a mejoras de largo plazo en la salud de la comunidad.
- Documentar las condiciones locales de salud, para su estudio; elegir los indicadores y los estándares apropiados para medir tanto las tendencias como el mejoramiento en el estado de salud ambiental.
- Evaluar el impacto de los programas en la salud, en términos de resultados y riesgos por exposición.
- Clasificar en forma sistemática los problemas de salud según su relevancia respecto al riesgo, con el reconoci-

miento de que las clasificaciones pueden diferir entre barrios y localidades.

- Establecer prioridades y objetivos realistas de salud ambiental.
- Desarrollar políticas de salud ambiental avaladas por la comunidad, así como planes y estrategias para lograr tales objetivos.
- Preparar planes de acción basados en los conocimientos de la ciencia que sean sanos y reflejen las características políticas, económicas, legales y sociales propias de la comunidad.
- Reevaluar con periodicidad la efectividad de las estrategias y valorar los planes de acción que reflejen los problemas emergentes y las soluciones de problemas anteriores.

Desarrollo de aptitudes personales

La educación para la salud (EPS), o educación sanitaria, y la comunicación en salud son las dos herramientas metodológicas que posibilitan que la población desarrolle aptitudes a partir de conocimientos y prácticas que contribuyan a mejorar su salud.

De manera general, la EPS se puede entender como el proceso de enseñanza-aprendizaje que se realiza de manera directa (cara a cara) con la población. La comunicación en salud son aquellos mensajes e información que se transmiten por medios masivos de comunicación o medios locales (perifoneo, bardas pintadas, mantas con mensajes, carteles, etc.).

El incremento de conocimientos e información entre la población contribuye a que ésta participe de manera más activa y relevante en la creación de espacios saludables, en el diseño y proposición de políticas públicas que potencien y mejoren la salud, y en la orientación de los servicios de salud, con mayor énfasis en la prevención y la promoción de la salud.

El marco educativo que se propone para realizar EPS no es el modelo tradicional que ubica a la población en un papel pasivo, sólo como receptora de información. Por el contrario, se pretende que la población juegue un papel activo en el proceso enseñanza-aprendizaje y que realice un análisis crítico y reflexivo de las causas socioeconómicas y

biológicas involucradas en el proceso salud-enfermedad. Un modelo educativo con estas características tiene la finalidad de que la población:

- a) Se apropie del conocimiento.
- b) Incremente su conciencia.
- c) Se organice para la transformación de las condiciones de vida adversas que afectan la salud.

La intención es que la EPS, con estas características, contribuya a que la población adquiera capacidad de decisión y confianza en sí misma.

Este modelo de EPS retoma elementos de la educación popular propuesta por Paulo Freire, la cual, en el caso de la educación para la salud, incluiría tres etapas:

- 1) *Práctica*: partir de los conocimientos y prácticas de la población.
- 2) *Teoría*: el personal de salud se transforma en un educador que facilita la reflexión y discusión colectiva de conocimientos e información técnica.
- 3) *Regreso a la práctica*: después del proceso educativo, se regresa a una práctica, pero diferente de la realizada en el punto inicial, ya que con los conocimientos y la práctica adquirida se transforma el entorno.

A este ciclo se le llama *práctica-teoría-práctica* o *acción-reflexión-acción*.

A continuación se explica con más detenimiento cada una de las etapas:

1. *Práctica*: inicia con un diagnóstico, constituido por la identificación de conocimientos y prácticas de las personas acerca del tema y el contexto (cultural, político, económico y social) donde se desarrollan. Mediante una reflexión colectiva, el educador señala las contradicciones que hay entre lo que se sabe, lo que se hace y las condiciones en donde esto se realiza. Este primer momento es muy importante porque se desprende de la *práctica* y la experiencia de las personas, y porque da la pauta para el diseño de los elementos teóricos que se analizan más tarde. Además, en esta etapa se escucha y se reconocen los saberes de los participantes, lo que contribuye a elevar la autoestima personal y colectiva.

Este primer momento es el punto de partida y se conforma con la práctica de las personas en su cotidianidad.

2. *Teoría*: la finalidad consiste en analizar entre todos las causas profundas y estructurales de ciertos problemas. Para tal fin, se revisan contenidos y elementos en los que se esclarece la relación del proceso salud-enfermedad con los determinantes sociales. Aquí resulta de gran utilidad el uso de diversas técnicas educativas que contribuyen a la reflexión y discusión colectiva. Se trata de propiciar que cada persona dentro de la colectividad, descubra y construya el conocimiento. Se utilizan códigos, como palabras clave o dibujos, y a partir de la reflexión se decodifica y construye el significado y las interrelaciones entre los distintos determinantes de una problemática, siempre acotado a la realidad local, regional, nacional e internacional. Por ejemplo, en una experiencia con mujeres respecto a la nutrición infantil, se analizó la disparidad existente (tanto en recursos económicos como en fuerza física) entre el esfuerzo realizado por las familias (incluidas las mujeres) de esa zona para el cultivo de sus productos (frutas, hortalizas, flores) y el precio que el intermediario pagaba por ellos. Este ejercicio facilitó que el grupo constatará que la riqueza generada por su trabajo no era percibida por ellos sino que se quedaba en otras manos, sobre todo en las de los intermediarios y grandes comerciantes. Este proceso educativo contribuyó a que las mujeres buscaran otras estrategias para comercializar sus productos.

En el caso del paludismo, es de gran valor reflexionar sobre las condiciones de la vivienda, el entorno inmediato y el ambiente que favorece la aparición del problema.

3. *Práctica*: el regreso a la práctica se da con nuevos elementos, de manera que ésta es, ahora, cualitativamente diferente; la integración de nuevos conocimientos permite transformar el entorno y provoca una manera diferente de relacionarse con el mundo. En este momento los grupos toman decisiones para enfrentar y dar solución a sus problemas.

Como han señalado los diversos autores de educación popular, la *práctica-teoría-práctica*, o *acción-reflexión-acción*, es un proceso de razonamiento lógico, y el trabajo educativo con la población y el personal de salud se puede mover en forma

La etnoeducación es un proceso socializador permanente que parte de la cultura misma. Consiste en adquirir conocimientos y desarrollar valores y actitudes que preparen al individuo para el ejercicio de su pensamiento y su capacidad social de decisión, conforme a las necesidades y expectativas de la comunidad a la que pertenece.

continúa dentro del proceso de desarrollo y producción del conocimiento.

Otro elemento del modelo EPS es la etnoeducación, que cobra relevancia para el contexto de América Latina.

El reconocimiento de la pluralidad étnica en México y Latinoamérica es muy importante

Por lo demás, la etnoeducación presupone la diversidad cultural, puesto que las comunidades, así pertenezcan a la misma etnia, son diferentes porque viven en circunstancias diferentes.

Al mismo tiempo, se basa en los principios de integralidad, interculturalidad, diversidad lingüística, participación comunitaria, flexibilidad y progresividad. Los elementos anteriores aplicados a la EPS se materializan en una serie de acciones.

Un proyecto educativo para grupos étnicos implica:

- Reconocer los diversos procesos de socialización, que en la mayoría de las comunidades se hallan estrechamente ligados a las relaciones que se establecen entre trabajo, naturaleza, territorio, organización e historia.
- Adentrarse en el universo simbólico con el que la comunidad da sentido y significado a todos y cada uno de los eventos y sucesos de la vida cotidiana.
- Reflexionar y valorar las particulares maneras de ver y entender el mundo, haciendo referencia a las concep-

ciones e historias compartidas, a los orígenes y episodios del pasado lejano e inmediato, a cómo se genera la identidad que da cohesión a los miembros de una colectividad, a la manera de afrontar las necesidades y situaciones del presente, a los sueños e ideales del futuro, en fin, al proyecto de vida por el cual se trabaja y se lucha.

- Identificar en forma crítica los aportes de otras culturas y de las ciencias universales para el enriquecimiento cultural de las diversas etnias.
- Identificar los problemas y necesidades colectivos y buscar soluciones adecuadas.
- Considerar la participación activa de los miembros de las comunidades (niños, mujeres, jóvenes, ancianos, autoridades tradicionales) como condición fundamental para el desarrollo y consolidación de proyectos organizativos autogestionarios e integrales, en los cuales la educación cobre vigencia como estrategia de desarrollo cultural y humano.

Para que las acciones educativas representen y valoren las diferencias culturales y sociales y se traduzcan en el logro de los objetivos y metas propuestos, es necesario tener en cuenta los siguientes principios:

- Concertación: la EPS con comunidades debe ser concertada. Esto significa que las acciones se planean y ejecutan de manera conjunta, y que el proceso se basa en la negociación, por lo que implica identificar las responsabilidades y competencias de cada uno de los participantes.
- Biculturalidad e interculturalidad: el desarrollo de acciones basadas en estos principios implica que en el proceso de enseñanza-aprendizaje ambas partes (población y personal de salud o educador) se enriquecen, se cuestionan y aprenden de manera recíproca. Dado que no hay una cultura que posea el saber absoluto y otra que viva en la ignorancia total, ambas pueden y deben estar abiertas al diálogo y a la valoración de los saberes y conocimientos de la otra.
- Coordinación intersectorial: el trabajo de EPS con comunidades indígenas debe ser interinstitucional e intersectorial puesto que, como se ha señalado, tanto el problema de la salud como el de la educación y la

La etnoeducación tiene como finalidad afianzar los procesos de identidad, conocimiento, socialización, protección y uso adecuado de la naturaleza, los sistemas y las prácticas comunitarias de organización, el uso de las lenguas indígenas y la investigación en los ámbitos de la cultura.

promoción deben ser tratados desde las competencias y responsabilidades de cada sector e institución (salud, ambiente, agricultura, economía, etc.).

- Participación: éste es el principio por excelencia en el que debe basarse cualquier acción educativa que se emprenda con las comunidades. Para que la participación sea real, deben tenerse en cuenta las necesidades y expectativas de las comunidades y sus propias dinámicas y características, las cuales, antes que ser un simple agregado, deben constituirse en el motor que impulse cada una de las acciones.
- Mejoramiento de la calidad de vida: en este punto es importante tener en cuenta que el concepto de calidad de vida es inherente a cada cultura y que, en consecuencia, no es posible establecer un modelo único de lo que es una vida de calidad.

Antes de iniciar el trabajo educativo se deben considerar aspectos generales básicos que permitan fundamentar las acciones. Es indispensable realizar un diagnóstico participativo y concertado con las comunidades. El establecimiento de un diagnóstico es lo único que permite que las acciones sean apropiadas y respetuosas de las necesidades y expectativas de las comunidades. Para realizar este diagnóstico y para las fases ulteriores del trabajo, es importante conformar un equipo con un perfil educativo en el que participen no sólo representantes de las instituciones sino las comunidades. En lo que se refiere a estos equipos de trabajo, sería conveniente que surgieran de un trabajo de sensibilización previa frente a la problemática y las potencialidades de solución de la misma, trabajo que debe realizarse con los funcionarios de las instituciones del sector salud y con las comunidades mismas.

Definición del área de influencia de la participación comunitaria

El proceso de organización comunitaria se inicia delimitando el área geográfica con un levantamiento de información recolectada por la unidad operativa y que será representada en un croquis. El equipo de salud local a cargo del programa de control de paludismo debe definir su área de trabajo con la ayuda de un croquis o mapa, sobre el cual identificará, con símbolos, el entorno-ambiente, las características im-

Recuerde: la información del croquis debe actualizarse de manera periódica con base en los cambios de las comunidades y los logros de los programas de control; debe representar la situación tanto en época seca como en época de lluvia.

portantes (cuerpos de agua o de inundación, áreas de mantenimiento de animales, ubicación de las casas, criaderos de mosquitos) y la información básica que se considere útil para organizar y programar mejor las actividades de control. Es importante buscar la participación de la comunidad desde esta etapa, por ejemplo, en la elaboración misma del mapa, en la identificación de los factores de riesgo y los criaderos de mosquitos, así como en la discusión de las estrategias para su eliminación.^{2,3}

Acercamiento a la comunidad

Es importante coordinar acciones con los distintos grupos y representantes de la comunidad, por lo cual se debe:

- Identificar a las autoridades locales: civiles, de salud, de educación, etcétera.
- Identificar a los líderes sociales y comunitarios locales.
- Identificar las organizaciones sociales y comunitarias existentes y sus respectivos comités (p. ej., el comité de salud).

El promotor de salud es el único que tiene como oficio en la comunidad “promover la salud”, por lo que puede ser un agente importante durante una intervención educativa; por

Líder comunitario

Es una persona con influencia y capacidad de convocatoria en la comunidad. Su liderazgo puede ser natural –líder natural– (mayordomo, curandero, partera, etc.) o ser consecuencia de la función que realiza (médico, enfermera, auxiliar de enfermería, promotor de salud, curandero, colaborador voluntario, sacerdote, etc.).

Comité de salud

Es una organización formal, conformada con representantes de la comunidad que en asamblea aceptan de manera voluntaria ser elegidos como miembros del comité (presidente, vicepresidente, secretario y vocales).

Algunas funciones del comité son:

- Motivar la participación de los habitantes en las acciones de prevención de las enfermedades y contribuir a mejorar el estado de salud de la población.
- Realizar reuniones con la comunidad para identificar los problemas de salud, discutirlos y plantear soluciones.
- Conocer la labor del promotor de salud o colaborador voluntario y apoyarlo en la realización de sus actividades.

ejemplo, puede ayudar a que la población tome conciencia o reflexione sobre el autocuidado contra el paludismo.

El mantenimiento de los programas de control del paludismo en las áreas endémicas depende en gran parte de los presupuestos financieros asignados por los gobiernos.

Desde el enfoque del desarrollo sustentable, el capital humano, natural, físico, social y financiero de las comunidades palúdicas son recursos clave en la implementación

Para alcanzar la participación comunitaria es necesario:

- Realizar un diagnóstico y priorizar acciones con participación de la comunidad
- Definir con la comunidad los objetivos y metas.
- Crear espacios para que con frecuencia se reflexione y discutan los objetivos del programa.
- Aclarar que las personas que asumen la responsabilidad de coordinar acciones en la comunidad lo deben hacer con dedicación.
- Respetar las organizaciones y líderes naturales.
- Cumplir con las obligaciones y responsabilidades adquiridas.
- Vigilar y evaluar el programa junto con la comunidad.
- Asegurar que todos los miembros de la comunidad tengan el mismo derecho a opinar y participar.

de estrategias alternativas para el control de vectores. Sin embargo, el involucramiento de la sociedad en la búsqueda de soluciones es, hasta el presente, una tarea difícil por diversas razones sociales y culturales.

A continuación se presenta el procedimiento para efectuar un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas adecuado para su aplicación en localidades palúdicas. El análisis FODA es una metodología que ayuda a sistematizar las ideas de un grupo social sobre una situación o problema particular y es utilizada como una herramienta para la planeación participativa. Permite la participación ordenada, equilibrada y democrática de los integrantes de un grupo social homogéneo para un fin concreto.⁴

En lo básico, consiste en el análisis de un problema de salud (paludismo) en la comunidad y el contexto externo en el que se desenvuelve la colectividad social. En otras palabras:

- Análisis interno: fortalezas y debilidades
- Análisis externo: oportunidades y amenazas

Utiliza técnicas participativas, como la lluvia de ideas, el diagrama de afinidad, la síntesis, la priorización individual y colectiva y, por supuesto, el análisis

Para llevar a la práctica el análisis FODA con la finalidad de concienciar a la población y encontrar alternativas comunitarias que contribuyan a reducir los niveles entomológicos en las áreas palúdicas, se recomienda que el entomólogo o el promotor de salud sigan los pasos que a continuación se describen:

- 1) Integrar grupos de trabajo pequeños y homogéneos.
- 2) Distribuir tarjetas de papel o cartulina y marcadores gruesos de un color determinado para cada grupo.
- 3) Análisis interno: “fortalezas”. Cada integrante escribe cinco ideas concretas y claras, una en cada tarjeta, en forma de telegrama, con letra legible a cierta distancia (duración, 10 minutos).
- 4) Cada integrante del grupo lee su idea. Si es concreta y clara, y el grupo lo aprueba, se pega la tarjeta en la pared o un rotafolio.
- 5) De manera ordenada, cada integrante plantea su idea y el grupo las avala; las ideas parecidas o similares se pegan a la pared en una misma columna, una debajo de la otra.

- 6) Después que todas las tarjetas con las ideas escritas se pegaron en la pared, el grupo revisa que las ideas afines quedaron en una misma columna. Se pueden formar cuantas columnas sea posible, de acuerdo con el número de ideas.
- 7) Se nombran comisiones para resumir la columna de ideas, con una redacción clara y objetiva, y se caracteriza con un título. El resumen se entrega al coordinador del grupo para su registro inmediato.
- 8) Una vez que se tienen todos los títulos, se numeran (p. ej., las fortalezas):
 - I. Experiencia
 - II. Recursos económicos
 - III. Conocimientos
- 9) De manera individual, cada integrante prioriza a manera de lista los títulos, respetando el orden numérico de acuerdo con su criterio.
- 10) Priorización colectiva: ésta se hace numéricamente mediante una matriz como la que se presenta abajo:

Títulos o ideas	Priorización individual				Priorización colectiva
	Juan	Pedro	Pablo	Suma	
Experiencia	3	1	3	7	Experiencia
Recursos	1	2	1	5	Conocimientos
Conocimientos	2	3	3	8	Recursos
Etc.					
Etc.					
Etc.					

- 11) Se procede igual con las Debilidades, Oportunidades y Amenazas. Se debe tener cuidado al interpretar el resultado. La forma de presentar los resultados finales es del menor al mayor puntaje, es decir, los números más bajos fueron considerados por la mayoría con prioridad 1; por lo tanto, la sumatoria será menor que la de aquéllos a los que se les dio mayor prioridad.
- 12) Antes de concluir, se discuten y proponen los procesos y estrategias (compromisos) que la comunidad debe asumir para disminuir el problema del paludismo.

Reuniones de vinculación, información, colaboración y acuerdos de trabajo

Es necesario informar y discutir con la comunidad todos los objetivos, procesos y actividades que se pretende desarrollar; para ello se recomienda programar reuniones con las autoridades, comités y organizaciones de la comunidad, de manera grupal, focal o individual.

Puntos importantes que deben informarse y discutirse durante la vinculación:

- Información epidemiológica actualizada sobre el paludismo a nivel local
- Guía sobre: densidad de mosquitos, casos de febriles, época del año, hora de mayor picadura, medidas preventivas
- Actividades de diagnóstico social: CAPs
- Necesidades de promoción y difusión

Diseño de materiales educativos y de promoción social

Cuando se diseñan materiales educativos, de promoción y difusión, es importante elaborarlos pensando en la población a la cual se dirigen, para así garantizar la transmisión de los conocimientos y su aceptación por parte de la comunidad.

Estos grupos pueden ser, entre otros:

- Niños (diferentes edades)
- Mujeres
- Hombres
- Grupos organizados: clubes deportivos, sociales, etcétera

Recuerde: el lenguaje de los materiales educativos y de promoción social debe ser local, común y de fácil comprensión. El mensaje principal debe centrarse en invitar a la población a: 1) reflexionar sobre la malaria (a nivel individual, familiar y colectivo) y 2) participar en forma activa en la planificación e implementación de las actividades de prevención y control de la malaria.

Encuestas CAP

El diseño de las encuestas CAP (conocimientos, actitudes y prácticas) debe enfocarse a conseguir la información necesaria para identificar y diagnosticar las prioridades de la comunidad, la prioridad de la salud y enfermedad, los conocimientos asociados con la enfermedad o su transmisión y las formas tradicionales para evitar la infección. Este análisis sirve de guía en la planificación y ejecución de actividades en la comunidad.^{2,3}

Información básica por obtener:

Datos socioeconómicos y conocimientos sobre la enfermedad, el mosquito vector y los métodos de prevención practicados por la comunidad.

Para la aplicación de las encuestas, debe haber coordinación con las autoridades comunitarias y de salud.

Actividades de intervención

Planificación de las actividades de control del paludismo con la comunidad

Es posible lograr una buena participación comunitaria en los programas de control del paludismo cuando el personal de salud planifica las acciones junto con la misma comunidad. Para lograrlo, es necesario integrar un equipo de autoridades de salud, autoridades locales y comités de organizaciones comunitarias.^{2,3}

Los miembros de la comunidad deben comprender que “planificar es preparar y organizar acciones para enfrentar un problema, con responsabilidad en su ejecución, seguimiento y evaluación”.

Las estrategias se basan en:

- Presentación y discusión del diagnóstico (CAP)
- Propuestas de la comunidad
- Estrategias comunitarias probadas

El plan de acción de la comunidad debe considerar:

- Estudio de los recursos disponibles
- Uso de herramientas y tecnología locales
- Organización de las actividades por realizar
- Compromisos entre todos los grupos participantes
- Nombramiento de los responsables y de las personas que van a participar
- Distribución del tiempo que tomarán las acciones
- Ejecución de las actividades y su evaluación continua (vigilancia)
- Evaluación de las actividades y resultados

Durante esta etapa deben observarse los siguientes puntos:

Coordinación interinstitucional

Es necesario lograr la participación de instituciones comprometidas con el saneamiento del ambiente e involucrarlos en la planificación, programación, ejecución y evaluación de las medidas de prevención y control.

Organización de la participación comunitaria

Con la participación de la comunidad se consigue aumentar el porcentaje de éxito de las actividades implementadas, es decir, que sean sustentables. Asimismo, se gana la confianza y se asegura la colaboración en las actividades de control, desde la planificación hasta su ejecución y evaluación.

La mayor o menor participación de la comunidad en los programas depende directamente del mayor o menor grado de organización de la misma. El primer paso es reconocer e identificar las organizaciones comunitarias (comité de padres de familia, de agua, ejidatarios, comuneros, etc.) e integrarlas a la ejecución de actividades de prevención y control del paludismo.

Preguntas necesarias al planificar:

- ¿Qué deseamos mejorar en la salud de la comunidad?
- ¿Queremos cambios a corto o largo plazo?
- ¿Cómo podemos lograr los cambios?
- ¿Cuánto tiempo exige cada actividad?
- ¿Qué materiales y cuánto dinero necesitamos?
- ¿Quiénes serán los responsables de las diferentes tareas?
- ¿Cómo evaluaremos las actividades?

Selección de medidas preventivas

Al ejecutar las medidas de prevención, es importante considerar la clasificación general de los métodos de control, cuya selección depende del comportamiento del vector de la enfermedad específica (como hábitos de picadura) y los de las poblaciones expuestas (actividades durante los periodos de presencia del vector).

Medidas individuales

- Uso de ropa protectora adecuada a la hora del día en que pican los vectores
- Impregnación de pabellones con insecticidas piretroides
- Uso de repelentes, cuando hay posibilidades económicas
- Notificación al voluntario de salud cuando se presenten síntomas

Medidas colectivas

- Protección de las casas con mallas o telas mosquiteras
- Control de criaderos de mosquitos mediante: drenajes, relleno, etcétera
- Participación en discusiones de estrategias y realización de actividades

Diagnóstico y tratamiento

- Control de calidad y manejo de voluntarios y laboratorios de diagnóstico
- Diagnóstico de laboratorio: examen de sangre
- Tratamiento según normas nacionales

Vigilancia epidemiológica

- Sistema de información adecuada
- Sistemas de vigilancia clínica, laboratorio, entomológica
- Control de epidemias

Ejemplo de una matriz para planificar las actividades con la comunidad:

¿Qué?	¿Para qué?	¿Cómo?	¿Con qué?
Describir la actividad	Lo que se va a lograr después de ejecutada la actividad (objetivo)	Los pasos a seguir en la ejecución de la actividad (subactividades)	Recursos humanos, materiales y financieros necesarios para ejecutar la actividad

Programación de educación sanitaria para la población

A manera de ejemplo para guiar un programa de educación sanitaria, a continuación se presenta un modelo de actividades de educación y promoción para la vigilancia y el control del paludismo.^{2,3}

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Capacitar al personal de salud y a la población para que puedan informar a los demás, en especial respecto al papel del ambiente en la enfermedad del paludismo, destacando la vivienda, los criaderos y su entorno.
- Orientar a los habitantes de las viviendas sobre las manifestaciones clínicas del paludismo, e indicar la necesidad de acudir lo más temprano posible a la unidad de salud más cercana cuando se presenten los síntomas.
- Elaborar materiales educativos, con cierta frecuencia, sobre medidas de prevención individuales y colectivas, después de una discusión entre los miembros de la comunidad.
- Capacitar a los comités de salud, padres de familia y estudiantes sobre la etiología, el diagnóstico y el tratamiento del paludismo.

Se puede diseñar un programa de EPS y comunicación en salud dirigida a la comunidad basado en:

- Visita a viviendas e instituciones públicas y privadas
- Procesos educativos con grupos organizados
- Uso de medios de comunicación masiva
- Uso de medios locales (teatro, bardas, mantas, perifoneo etc.)

Como resultado de esta educación, cada familia sabrá que:

- El paludismo es una enfermedad ligada a factores del ambiente y la vida social.
- La enfermedad afecta la economía familiar y a la comunidad.
- La responsabilidad para controlarla es de todos y no sólo de los servicios de salud.
- El paludismo es transmitido por mosquitos que se crían en colecciones de agua alrededor de las viviendas y a cierta distancia de ellas.
- Los brotes epidémicos son prevenibles si la población mantiene el ambiente libre de criaderos del vector y si reporta de inmediato al personal de salud cuando se presentan síntomas.
- Es posible reducir la presencia del vector mediante acciones comunitarias de prevención y control intradomiciliares.

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud/Canadian Public Health Association. Carta de Ottawa para la promoción de la salud. Ottawa, OMS, Canadian Public Health Association 1986.
2. González M, Kroeger A, Meyer R. Paludismo en Nicaragua. ¿Una lucha para ganar? Nicaragua, Ministerio de Salud 1996.
3. Mancheno M, Kroeger A, Ordóñez-González J. No más problemas de salud causados por insectos. Manual técnico para el control de la malaria, dengue, chagas, leishmaniosis y oncocercosis. México, Editorial Pax México 2001.
4. Jarquín R. Desarrollo regional, modos de vida sustentables. Material didáctico del Curso Desarrollo Regional. Tapachula, México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula, México 2008.

Bibliografía

- Academia Nacional de Medicina. 1999. Simposio internacional. Buenos Aires, 19-20 abril 1999
- Academia Nacional de Medicina. Simposio Internacional. Buenos Aires, del 19 al 20 de abril 1999.

- Arenas Monreal, L., A. Paulo Maya, H. López González. 1999. Educación popular y nutrición infantil: Una experiencia de trabajo con mujeres en una zona rural de México. *Rev Saúde Pública*. 1999; vol 33, no.2, 1999:113-121.
- Arenas Monreal, Luz., A. Paulo Maya, I. Hernández Tezoquipa, y R. Valdez Santiago. 2005. "Educación popular en salud con mujeres campesinas del estado de Morelos". En: Esperanza Tuñon (coord.). Género y educación. México, ECOSUR/CO-ESPO. México, DF 2005.
- Ávila, G., M. Martínez, C. Ponce, E. Ponce, y R. Soto. 1998. La enfermedad de Chagas en la zona central de Honduras: conocimientos, creencias y prácticas. *Rev Panam Salud Publica* Washington 1998;3:3.
- Briceño, R. Una perspectiva sociológica de la enfermedad de Chagas en la Amazonía. Caracas, Laboratorio de Ciencias Sociales, (LACSO) Caracas, Venezuela. 2005.
- Briceño-León, R. 1996. Siete tesis sobre la educación sanitaria en para la participación comunitaria. *Cad Saúde Pública Rio de Janeiro* 1996; 12;1:7-30.
- Briceño-León, R. 2003. Participación comunitaria y enfermedad de Chagas: control vectorial y cambio social. Taller nacional de prevención y control en la vigilancia epidemiológica y vectorial de la enfermedad de chagas en México Huatulco, Oaxaca, Taller Nacional de Prevención y Control en la Vigilancia Epidemiológica y Vectorial de la Enfermedad de Chagas en México 2003. México..
- Bronfman, M., y M. Gleizer. 1994. Participación Comunitaria: ¿Necesidad, Excusa o Estrategia? O de qué hablamos cuando hablamos de PC. *Cad. Saude Púb, Rio de Janeiro* 1994; 1:111-112.
- Cabrera, R., C. Mayo, N. Suárez, C. Infante, C. Náquira, M. García. 2003. Conocimientos, actitudes y prácticas sobre la enfermedad de Chagas en población escolar de una zona endémica del Perú. *Cad. Saúde Pública Rio de Janeiro* 2003;19(1):147-154, jan-fev.
- Calderón-Arguedas, O., A. Troyo, M. E. Solano, A. Avendaño. 2007. Impacto de una iniciativa de participación comunitaria sobre los índices larvales tradicionales para *Ae. aegypti* (Diptera: culicidae) en una comunidad urbana en riesgo de dengue en San José, Costa Rica. *Rev Biomed* 2007; 18:27-36.
- Carreño, E., C. Dde Lima, A. Núñez, N. Seijo, M. Ferreira, A. Presto. 2007. La enfermedad de Chagas y la transmisión de *trypanosoma cruzi* en una localidad rural de Tacuarembó. *Rev Med Uruguay* 1989;5:11-19
- Cerqueira, M.T. 1997. Promoción de la salud y educación para la salud: retos y perspectivas. En: HV Arroyo HV, MT Cerqueira MT. (eds.). La promoción de la salud y la educación para la salud en América Latina. Un análisis sectorial. San Juan, Puerto Rico; OPS/Editorial de la Universidad de Puerto Rico, 1997:7-48.
- Chamber, R. 1991. Métodos directos y participativos para obtener información social para proyectos. En *Putting People First Sociological Variables in Rural Development*. Oxford, University Press. NY 1991.
- De Keiser, B. En: Prácticas populares, ideología médica y participación social Menéndez, E y García de Alba, D., U de G. y ciencias. Guadalajara 1992. CIESAS.

- De Roux G. 1993. Participación y coestión de la salud. Educ Med Salud. Colombia 1993; Vol 27; No.1.: 50-61.
- Gurtler R.E., M. Castañera, M. Cecere, y R. Rotondaro. 1997. Control de triatominos. Manejo ambiental y participación comunitaria en áreas rurales del noreste argentino. Simposio Internacional sobre Control Epidemiológico de vectores. Buenos Aires, Biblioteca Nacional, Auditorio Borges, Buenos Aires Argentina 1997.
- Hersh-Martínez. 1992. "Participación social en salud: espacios y actores". Salud Pública de México, Nov Dic, 1992; Vol. 34; No.6.678-688.
- León, M, y D. Páez. 2001. Representaciones sociales de la enfermedad de Chagas en comunidades en riesgo: creencias, actitudes y prevención. Revista Interamericana de Psicología Venezuela 2001; 36 (1 y 2): 215-236.
- Level, J. 2005. Salud, un enfoque ecosistémico. Alfaomega Bogota, Colombia, Alfaomega 2005.
- Mitelman, J., N. Gonzalo, F. Sosa, F. Nuñez, O. Mordini, J. Beloscar. 2006. La atención de la enfermedad. Red argentina de Chagas. Revista de la FAC Córdoba. Argentina 2006; 35: 81-90.
- Morgan, L.1993. La economía política de la participación. En Morgan L. Participación comunitaria en salud. La economía de atención primaria en Costa Rica: San José, EDDNASSS, San José 1993;257-269.
- Muñoz-Valenzuela, V. 2004. Resiliencia en una comunidad urbana. Tesis de maestría en desarrollo Humano. México, Universidad Iberoamericana México 2004: 33-73.
- Nutbeam, D. 1996. Glosario de promoción de la salud. En: OPS. Promoción de la salud: una antología. Washington DC.; OPS/OMS Publicación Científica 1996; No. 557, 1996:383-403.
- (OPS) Organización Mundial de la Salud 1978. Informe de la Conferencia Internacional sobre la Atención Primaria de Salud, Alma Ata, URSS, del 6- al 12 de Septiembre, Ginebra, OMS 1978:OMS;Ginebra.
- Parks, W, L. Lloyd. 2004. Planificación de la movilización y comunicación social para la prevención y el control del dengue. Guía paso a paso. WHO/CDS/WMC/2004.2
- Pinto-Días, J.C. 2001. La comunidad y el control de la enfermedad de Chagas: integración, rol, supervisión y evaluación de su participación. Montevideo, Grupo de Trabajo OPS en Enfermedad de Chagas Uruguay.2001.
- Rodríguez, D. 1997. Recursos comunitarios para vivir. Centro Internacional de Investigación y Estudios sobre Resiliencia. 1997. Consultado en: G:\resiliencia\Página-12 Web Psicología "Recursos comunitarios para sobrevivir".mht Acceso: 29-07-07.
- Rojas, A. 2003. Control y vigilancia de Chagas con la PC de etnias indígenas. XII a Reunión Intergubernamental INCOSUR/Chagas, Santiago, XII Reunión Intergubernamental INCO-SUR/Chagas Chile.2003.
- Salomón, O. Aspectos de prevención de la enfermedad de Chagas con participación de la comunidad. Mesa Debate "Prevención Primaria Enfermedad de Chagas". Buenos Aires, Centro Nacional de Diagnóstico e Investigación en Endemo-Epidemias (CeNDIE) Argentina 2002.
- Sánchez, L., D. Pérez, y G. Cruz. 2004. PC en el control de *Aedes aegypti*: opiniones de la población en un municipio de la Habana, Cuba. Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 15(1);2004.
- Sanmartino, M, y L. Crocco. Conocimientos sobre la enfermedad de Chagas y factores de riesgo en comunidades epidemiológicamente diferentes de Argentina. Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 7(3);2000.
- Segura, E., S. Sosa, M. Esquivel, A. Gomez, O. Salomón. 1999. Control de la transmisión de *Trypanosoma cruzi* en la Argentina: problemática de la enfermedad de Chagas. Medicina Buenos Aires 1999; 59 II: 91-96.
- Sigerist, H. 1998. Hitos en la historia de la salud pública. 4a. edición. México:, Siglo XXI Editores 1998.
- Suárez, J. Los proyectos locales de promoción de la salud. Nuevos escenarios para el desarrollo de la salud pública. Consultado en: www.boletinaps.org/boletin/boletin3/articulos35.pdf
- Ugalde, A. 1987. Las dimensiones ideológicas de la participación comunitaria. Cuadernos médicos sociales no. 41:27-44. UNICEF. (2003). www.unicef.org/argentina. 14/6/07, 1987.

Glosario

Adulto o imago: es el último estado de desarrollo de un insecto y donde adquiere la madurez sexual.

Agente etiológico: entidad biológica, física o química capaz de causar enfermedad.

Agente infeccioso: microorganismos (virus, rickettsia, bacteria, hongo, protozooario), o parásitos (helminto y otros) capaces de producir una infección o una enfermedad infecciosa.

Aislamiento: es la separación de personas o animales infectados durante el periodo de transmisibilidad de la enfermedad en lugares y condiciones tales que eviten o limiten la transmisión directa o indirecta del agente infeccioso a personas susceptibles o que puedan transmitir la enfermedad a otras.

Ambiente: medio circundante en que nacen, crecen, se reproducen y mueren los seres vivos y en el que se relacionan con todos los elementos físicos, químicos, biológicos y sociales que los constituyen.

Anatoxina (toxoides): toxina tratada con formol u otras sustancias que pierde su capacidad toxigénica, pero conserva su inmunogenicidad.

Anopheles: género de la clase *Insecta*, orden *Diptera*, de la familia *Culicidae*, subfamilia *anophelinae*.

Anticuerpo: globulina que se encuentra en líquidos tisulares o en suero, producida en respuesta a un estímulo de antígenos específicos, es capaz de combinarse con los mismos para neutralizarlos o destruirlos.

Antígeno: porción o producto de un agente biológico capaz de estimular la formación de anticuerpos específicos.

Antitoxina: anticuerpos protectores que inactivan proteínas solubles tóxicas de bacterias.

Antropofágico: se refiere a la preferencia del *Anopheles* para alimentarse de sangre humana. Si la preferencia es por animales se designa como zoofilia.

Apirexia: que no presenta fiebre.

Asperjar: rociar un líquido en gotas de tamaño de 100 a 400 micras.

Bioética: es el estudio sistemático de la conducta humana en el ámbito de la ciencia, de la vida y el cuidado de la salud, examinada a la luz de los valores morales y sus principios.

Bioinsecticida: es un agente de control biológico cuyo ingrediente activo puede ser una sustancia natural de origen animal, vegetal, un organismo vivo, un virus o algún mineral.

Brote: episodio en el cual dos o más casos de la misma enfermedad tienen alguna relación entre sí: por el momento

de inicio de los síntomas, por el lugar donde ocurrieron, por las características de las personas enfermas, por ejemplo edad (niños de la misma escuela), grupo étnico, ocupación (trabajadores de la misma fábrica), pasajeros en un mismo medio de transporte, etcétera.

Calador: herramienta entomológica para el muestreo de larvas y pupas de *Anopheles*.

Carga de insecticida: cantidad de un preparado de insecticida, en polvo o líquido, necesaria para abastecer el depósito de una bomba aspersora.

Caso autóctono: caso contraído por el enfermo en la zona habitual de su residencia (país).

Caso confirmado: persona de la cual fue aislado e identificado el agente etiológico o de la que fueran obtenidas otras evidencias clínicas, epidemiológicas y/o laborales que siguen los criterios y definiciones para cada enfermedad específica.

Caso esporádico o aislado: caso que según las informaciones disponibles no presenta relación epidemiológica con otros casos.

Caso importado: caso contraído en un país y detectado en otro, siempre que sea posible situar el origen de la infección en una zona conocida, y se cumplan los periodos de transmisión e incubación específicos para cada enfermedad.

Caso índice: primero entre varios casos de naturaleza similar y con relación epidemiológica. Muchas veces el caso índice se identifica como fuente de contaminación o infección.

Caso inducido: caso de una determinada enfermedad que puede atribuirse a una transfusión de sangre u otra forma de inoculación parenteral; por lo tanto, no ocurre por transmisión natural.

Caso introducido: caso en el que se puede probar que constituye el primero de transmisión local, luego de un caso importado conocido.

Caso secundario: caso nuevo de una enfermedad transmisible, surgido a partir del contacto con un caso índice. (Malaria) caso que resurge con un nuevo episodio de la enfermedad por malaria producto de la reinfección por picadura de un mosquito infectado, de una recrudescencia de parásitos en sangre (específicamente por *P. falciparum*) o de recaídas en infecciones por *P. vivax* o *P. ovale*.

Caso sospechoso: persona cuya historia clínica, síntomas y posible exposición a una fuente de infección sugieren que pueda tener o va a desarrollar una enfermedad infecciosa.

Caso-control, estudio de: tipo de estudio epidemiológico en el cual se busca inferir una asociación entre un determinado factor de riesgo y la ocurrencia de una determinada enfermedad en grupos seleccionados a partir de la presencia de la enfermedad en cuestión en el grupo de estudio y su ausencia en el grupo control.

Cebo: hospedero vertebrado (humano o animal) que sirve para atraer a las hembras que buscan una fuente de alimentación sanguínea.

Cepa: en microbiología, una cepa es una variante genética de una especie o, incluso, de un taxón inferior.

Chapear: acción de quitar la hierba de los alrededores del domicilio.

Clasificación taxonómica: es un método para agrupar en diferentes niveles a los seres vivos por características que comparten entre sí.

Cobertura vacunal: indicador que expresa la proporción de población blanco que fue vacunada conforme a las normas establecidas en la estrategia de vacunación según el biológico.

Comportamiento de riesgo: comportamiento de las personas que facilite adquirir o transmitir una enfermedad.

Comunicación educativa: proceso basado en el desarrollo de esquemas novedosos y creativos de comunicación social que permite la producción y difusión de mensajes gráficos y audiovisuales de alto impacto con el fin de reforzar los conocimientos en salud y promover conductas saludables en la población.

Contacto: persona o animal que mantiene o mantuvo una relación suficiente con una persona o animal infectado o con un ambiente contaminado, de forma tal que ha creado la oportunidad de contraer el agente etiológico.

Contaminación: acción o momento por el cual una persona, animal o elemento (ambiente, agua, aire, tierra, alimento) se convierte en vehículo mecánico de diseminación de un agente patógeno.

Control biológico: procedimiento que se basa en productos de origen biológico (natural) y modelos ecológicos depredador-presa para la regulación y control de las poblaciones vectoriales.

Control de las enfermedades: acciones o intervenciones desarrolladas con el objetivo de reducir la incidencia y/o prevalencia de enfermedades al más bajo nivel posible.

Control físico: procedimiento aplicado para disminuir o evitar el riesgo del contacto vector-humano, lo que implica

efectuar modificaciones en el medio ambiente para eliminar, reducir o modificar el hábitat de los transmisores de la malaria en forma temporal o definitiva.

Control integrado: una combinación de métodos con y sin insecticidas para controlar los mosquitos que incluye un enfoque ecológico y sostenible, métodos biológicos, mecánicos y químicos.

Control químico: procedimiento aplicado contra los anofelinos en cualquiera de sus fases de desarrollo mediante sustancias tóxicas con efecto insecticida.

Cosmopolita: un término relacionado con la biología de los seres vivos, cuyo significado es que un organismo puede hallarse en una diversidad de lugares del mundo.

Criadero: sitio en donde una hembra de *Anopheles* deposita sus huevos y donde se desarrollarán los estadios inmaduros del mosquito (larvas y pupas).

Criaderos estacionales: criaderos que solo contienen agua durante un periodo determinado del año y son positivos a la presencia de larvas de *Anopheles*.

Criaderos permanentes: aquellos que se encuentran durante todo el año con agua y con frecuencia con larvas.

Desinfección concurrente: aplicación inmediata de medidas de desinfección después de cada expulsión de material infeccioso del organismo de una persona infectada, o después que se hayan contaminado con dicho material algunos elementos.

Desinfección terminal: es la que se hace en el lugar donde estuvo un caso clínico o un portador, por lo cual tiene lugar después que la fuente de infección dejó de existir (por muerte o curación) o después que abandonó el sitio.

Desinfección: destrucción de agentes infecciosos que se encuentran fuera o en la superficie del cuerpo de personas o elementos contaminados por medio de la exposición directa a agentes químicos o físicos.

Desinfestación: cualquier proceso físico o químico por medio del cual se destruyen o eliminan artrópodos o roedores indeseables causantes de enfermedades que se encuentren en el cuerpo de una persona, en la ropa, en el ambiente o en animales domésticos.

Detección: proceso de diagnóstico mediante la identificación del parásito de la malaria en una persona enferma o asintomática a través de la toma de muestra de gota gruesa, tinción y observación en laboratorio.

Dosis: cantidad de producto químico que se aplica en una determinada superficie o volumen.

Ecología: ciencia que estudia las relaciones de los organismos o grupos de organismos con su medio.

Ecosistema: unidad estructural, funcional y de organización consistente en organismos (incluido el hombre) y las variables ambientales (bióticas y abióticas) en un área determinada, en la que actúan de manera recíproca e intercambian materiales.

Educación para la salud: proceso de enseñanza-aprendizaje que mediante el intercambio y análisis de la información permite desarrollar habilidades y cambiar actitudes con el propósito de inducir comportamientos para cuidar la salud individual, familiar y colectiva.

Efectividad: es el resultado de las acciones de salud sobre la población objeto de las mismas. Se mide en términos de reducción de morbilidad.

Efecto knockdown: efecto de un insecticida que hace caer al suelo a los mosquitos después de una exposición, aunque es posible que algunos de ellos se recuperen.

Efecto residual: es el tiempo que el producto insecticida (adulticida, larvicida) permanece activo después de su aplicación, para lo cual conserva las propiedades tóxicas en relación con el organismo a controlar.

Efecto: es el resultado final, deseado o no.

Eficacia: capacidad de obtener resultados satisfactorios, ajustados a los objetivos y las metas.

Eficiencia: obtención de resultados lo más satisfactorios posibles al menor costo.

Eliminación: es la reducción a cero de la incidencia de una enfermedad con mantenimiento indefinido en el tiempo de las medidas de control, mientras no se erradique el agente.

Encuesta epidemiológica: obtención de información a través de la recolección ocasional de datos, casi siempre por muestreo y que aporta datos sobre factores de riesgo y/o la prevalencia de casos clínicos o portadores en una determinada población.

Endemia: presencia continua de una enfermedad dentro de una zona geográfica determinada.

Endofagia: comportamiento del anofelino hembra de alimentarse de preferencia dentro de las viviendas. También se define como el hábito alimenticio de los mosquitos de

picar (alimentarse) en el interior de las viviendas. Exofagia es hacerlo fuera de la vivienda.

Endofilia: se refiere al comportamiento natural del *Anopheles* de reposar o posar de preferencia dentro de las viviendas.

Exofilia: se refiere al comportamiento natural del *Anopheles* de reposar o posar de preferencia fuera de las viviendas.

Enfermedad infecciosa: enfermedad con manifestaciones clínicas, del hombre o de los animales, causada por un agente microbiano.

Enfermedad emergente: es aquella enfermedad que aparece o se diagnostica por primera vez.

Enfermedad reemergente: es una enfermedad conocida que aumenta después de una disminución significativa de la incidencia.

Enfermedad transmisible: cualquier enfermedad causada por un agente infeccioso y/o parasitario específico, o por sus productos tóxicos, o por los productos tóxicos de otros agentes biológicos. Puede transmitirse en forma directa o indirecta, por medio de un huésped intermediario de naturaleza vegetal o animal, de un vector, o del ambiente.

Enfermo: persona portadora del agente causal de las enfermedades transmitidas por vectores, incluida la malaria, con la presencia o no de síntomas, la cual es detectada por el sistema de vigilancia epidemiológica, con apoyo del diagnóstico de laboratorio.

Entomófagos: organismos que se alimentan de insectos, como los depredadores.

Entomopatógenos: organismos que infectan (enferman) al insecto y se reproducen en él hasta causarle la muerte.

Enzootia: presencia continua, o prevalencia habitual, de una enfermedad o agente infeccioso en la población animal de un área geográfica.

Epidemia por fuente común: epidemia en que aparecen muchos casos clínicos dentro del periodo de incubación de la enfermedad, o que sugiere la exposición simultánea (o casi simultánea) de muchas personas al agente etiológico. El ejemplo típico es el de las epidemias de origen hídrico.

Epidemia progresiva o por fuente propagada: epidemia en la cual las infecciones se transmiten de persona a persona, o de animal a persona, de modo tal que los casos identificados no pueden atribuirse a agentes transmitidos a partir de una fuente única.

Epidemia: manifestación de un número de casos de alguna enfermedad que excede de manera evidente a la incidencia prevista, en un periodo de tiempo determinado, en una colectividad o región.

Epidemiología: es el estudio de la distribución y los determinantes de estados o acontecimientos relacionados con la salud en poblaciones específicas y la aplicación de este estudio en la prevención y control de las enfermedades.

Epizootia: ocurrencia de casos de naturaleza similar en una población animal que excede en forma obvia la incidencia esperada en un periodo de tiempo determinado, en un área geográfica particular.

Equipo de aspersión: aparatos o bombas que se utilizan para rociar los insecticidas al aire (sobre refugios de anofelinos, criaderos o sobre superficies).

Equivalencia terapéutica: característica de diferentes productos farmacéuticos que, cuando se administran en un mismo régimen, presentan resultados con el mismo grado de eficacia y/o toxicidad.

Erradicación: cese de toda transmisión de la infección por la extinción artificial de la especie del agente en cuestión. La erradicación presupone la ausencia completa de riesgo de reintroducción de la enfermedad, de forma que permite la suspensión de toda medida de prevención y control.

Especificidad de un sistema de vigilancia epidemiológica: es la capacidad que tiene un sistema de excluir los NO CASOS. Cuando las tasas de diagnóstico falso positivo son altas ocurre una baja especificidad.

Especificidad: es la capacidad del procedimiento de diagnóstico de identificar correctamente la ausencia de enfermedad cuando la misma está ausente (verdaderos negativos).

Espora: es una célula reproductiva producida por las plantas (musgos, helechos) y por algunos protozoarios, hongos y bacterias.

Esporogónico, ciclo: es la etapa del ciclo biológico de la malaria que se desarrolla en el *Anopheles* hembra. Representa la fase de reproducción sexual del parásito que se lleva a cabo en el intestino del mosquito vector, y comprende desde la ingesta de los gametocitos (microgametocitos o masculinos y microgametos o femeninos) o formas sexuales del parásito hasta la liberación de los esporozoítos o formas infectantes para el huésped humano.

Estado fisiológico: condición biológica (alimentación o reproductiva) de los mosquitos al ser capturados.

Estado inmaduro: cualquiera de las etapas acuáticas de desarrollo de los mosquitos.

Estrategia: definición de acciones para poder alcanzar un objetivo.

Evaluación: se refiere a la acción que permite señalar, estimar, apreciar o calcular el valor de algo.

Exoeritrocítico: referido a la fase del parásito que no se desarrolla en los eritrocitos del hombre. Es una fase no pigmentada, ya que los plasmodios parasitan las células parenquimatosas del hígado donde no utilizan la hemoglobina.

Exposición, medida de: es la medición directa o indirecta o la estimación indirecta de una exposición presente o pasada a agentes físicos, químicos o biológicos.

Exposición: contacto directo o indirecto de una persona con un agente físico, químico o biológico capaz de producir daño a la salud.

Extradomiciliario: fuera del domicilio. Cualquier sitio ubicado en el exterior del domicilio.

Factor de riesgo: variable que muestra asociación estadística con la aparición de una enfermedad o de un fenómeno sanitario. Se distinguen factores endógenos (propios del individuo), exógenos (ligados al ambiente), predisponentes (que hacen vulnerable al sujeto) y precipitantes (que inician el fenómeno patológico).

Factores abióticos: son aquellas características físicas o químicas que afectan a los organismos. Dentro de los factores abióticos están la temperatura, humedad, viento, altitud y latitud.

Foco natural (nicho): circulación del agente causal que se establece en un ecosistema por un tiempo indefinidamente largo, sin su importación de otra región. El nicho es una entidad natural, sus límites pueden demarcarse en un mapa.

Fomento a la salud: proceso cuyo objetivo es lograr la autorresponsabilidad social para el cuidado de la salud.

Foto-degradación: es el daño ocasionado por la incidencia de la radiación ultravioleta (rayos solares).

Fuente de infección: es la persona, animal, objeto o sustancia de la cual el agente infeccioso pasa a un huésped. Debe distinguirse con claridad de la fuente de contamina-

ción como, por ejemplo, la que produce el derrame de una fosa séptica en un abastecimiento de agua.

Fuente notificadora: son los servicios de salud, u otros segmentos formales o informales de la sociedad, que notifican a las autoridades sanitarias la ocurrencia de las enfermedades de notificación obligatoria.

Fumigación: aplicación de sustancias gaseosas capaces de destruir la vida animal, en especial de insectos y roedores.

Giemsa: solución alcohólica de colorante Giemsa compuesta por ese colorante en polvo (0.75 g), alcohol metílico (65.0 ml) y glicerina pura (35.0 ml).

Grado técnico: el grado más alto de pureza que tiene un insecticida.

Grupo de riesgo: grupo en la población con mayor exposición y probabilidad de adquirir la enfermedad en un tiempo y lugar determinado.

Hábitat: área o espacio con todos sus componentes físicos, químicos, biológicos y sociales en donde los seres vivos encuentran condiciones propicias para vivir o reproducirse.

Hifas: filamentos vegetativos de los hongos y además corresponden a la unidad estructural del micelio.

Higiene personal: son las medidas de protección que competen a cada individuo y mediante las cuales se fomenta la salud y se limita la propagación de enfermedades infecciosas, como conservar el cuerpo limpio por medio de baños diarios con agua y jabón, entre otros.

Hiperendemia: transmisión intensa y persistente.

Hipertrofiadas: es un aumento del tamaño de un órgano debido al aumento correlativo en el tamaño de las células que lo forman; de esta manera, el órgano hipertrofiado tiene células más grandes y no más células.

Holoendemia: nivel elevado de infección que comienza a partir de una edad temprana y afecta a la mayor parte de la población.

Huésped definitivo: es aquél en que el parásito alcanza su madurez o pasa por su fase sexual.

Huésped: organismo simple o complejo, incluido el hombre, que en circunstancias naturales permite la subsistencia o el alojamiento de un agente infeccioso. También se conoce como hospedero.

In vivo: significa “que ocurre o tiene lugar dentro de un organismo vivo”. En ciencia, *in vivo* se refiere a experimentación realizada dentro o en el tejido vivo de un organismo vivo.

Incidencia, tasa de: número de casos nuevos de una enfermedad en una población particular durante un periodo específico de tiempo.

Incubación, periodo de: intervalo entre la exposición efectiva del huésped susceptible a un agente biológico o sus productos tóxicos y el inicio de los signos y síntomas clínicos de la enfermedad en tal huésped.

Índice de Breteau: número de recipientes habitados por formas inmaduras de mosquitos, en relación con el número de casas examinadas para encontrar criaderos.

Índice predial (o de vivienda): número de viviendas habitadas por formas inmaduras de mosquitos en relación con el número de casas examinadas para encontrar criaderos.

Individuo infectado: es la persona o animal que alberga un agente infeccioso y que presenta manifestaciones de la enfermedad o una infección inaparente.

Individuo inmune: persona o animal que posee anticuerpos protectores específicos o inmunidad celular, como consecuencia de una infección o inmunización previa, por lo que puede reaccionar con eficacia para protegerse contra la infección o una enfermedad clínica, después de haber estado expuesto al agente infeccioso específico de ella.

Infección nosocomial: cualquier infección adquirida a partir de la internación del paciente manifiesta durante la internación, o después del alta, cuando puede relacionarse con la internación o procedimientos realizados durante su estadía hospitalaria.

Infección: penetración y desarrollo o multiplicación de un agente infeccioso en el organismo de una persona o animal. Infección no es sinónimo de enfermedad infecciosa; el resultado puede ser manifiesto o no (aparente o inaparente). La presencia de agentes vivos en la superficie del cuerpo o en prendas de vestir o artículos sucios no constituye infección, sino contaminación de dicha superficie u objetos.

Infestación: se entiende por infestación de personas o animales al alojamiento, desarrollo y reproducción de artrópodos en la superficie del cuerpo o en la ropa. Los objetos o locales infestados son los que albergan o sirven de alojamiento a los animales, en especial artrópodos y roedores.

Ingrediente activo (ia): es la parte con actividad biológica del producto insecticida, presente en una formulación.

Inmunidad humoral: la inmunidad humoral pasiva se consigue de manera natural por la transmisión transplacentaria desde la madre o de modo artificial por inoculación

de anticuerpos protectores específicos provenientes de animales inmunizados o suero hiperinmune de convaleciente, o seroglobulina inmune (humana); es breve, de días o meses. La inmunidad humoral activa, que suele durar años, puede adquirirse en forma natural como consecuencia de una infección con manifestaciones clínicas o sin ellas o en forma artificial por inoculación del propio agente, muerto o modificado o en forma variante, o de fracciones o productos de tal agente.

Inmunidad: estado de resistencia general vinculado a la presencia de anticuerpos o células que poseen acción específica contra el microorganismo causante de una enfermedad infecciosa o contra su toxina.

Inmunoprofilaxis: prevención de una enfermedad a través de la inmunidad conferida por la administración de vacunas o suero a una persona o animal.

Insecticida: sustancia química o biológica que elimina a los vectores o evita el contacto con el humano; está dirigido a cualquiera de sus estadios de desarrollo (huevo, larva, pupa y adulto o imago).

Insecticidas adulticidas: productos insecticidas que matan a las fases adultas de los mosquitos.

Insecticidas larvicidas: productos insecticidas que atacan y matan a los estados inmaduros de los mosquitos.

Insecto: artrópodo de la superclase Hexapoda que, como su nombre lo indica tiene tres pares de patas y su cuerpo se divide en tres regiones bien diferenciadas: cabeza, tórax y abdomen.

Integumento: tegumento o pared del cuerpo que lo recubre por completo, tanto por su superficie externa como en numerosas cavidades internas.

Intradomiciliario: interior de la vivienda humana (cualquier sitio bajo techo).

Investigación epidemiológica de campo: son estudios efectuados a partir de casos clínicos o de portadores para identificar las fuentes de infección y los modos de transmisión del agente. Puede ser realizada frente a casos esporádicos o brotes.

Larvitrapas: recipiente con agua donde se observan las larvas de los mosquitos después de la eclosión.

Latencia: periodo en la evolución clínica de una enfermedad en el cual los síntomas desaparecen a pesar de que el huésped todavía está infectado y de que ya sufrió el ataque primario, una o varias recaídas u otras manifestaciones.

Letalidad, tasa de: relación entre los muertos por una enfermedad y los enfermos que padecen esa enfermedad en un determinado periodo de tiempo. En general se expresa en porcentaje.

Magnitud: indica el tamaño del problema. Se expresa por la incidencia, prevalencia, mortalidad y años de vida potencial perdidos. Es uno de los criterios epidemiológicos para definir prioridades en salud pública.

Malaria: enfermedad transmitida por mosquitos que puede manifestarse clínicamente o cursar con infecciones asintomáticas; desde el punto de vista clínico se caracteriza por episodios paroxísticos (fiebre, escalofríos y sudación). Cuando no se trata con oportunidad y en forma adecuada, puede presentar anemia, esplenomegalia y evolucionar de manera crónica.

Malla, pabellón: red protectora con determinado número de orificios por pulgada cuadrada.

Manipulación ambiental: consiste de cualquier actividad planeada y dirigida en forma repetida con el fin de producir condiciones desfavorables para la reproducción y sobrevivencia de los vectores en su hábitat, con lo que disminuyen sus poblaciones, pero sin eliminarlas por completo.

Marcadores biológicos de exposición: indican la exposición presente o pasada del organismo a un agente externo (virus, agente químico, tóxico, etc.). Se trata de medidas cuya calidad (sensibilidad, especificidad) puede ser conocida y pueden ser utilizadas en poblaciones extensas.

Mediata: sin contacto físico. La transmisión se hace por medio de secreciones oronasales (gotitas de Pflugge).

Metamorfosis: es un proceso de cambios en el transcurso de vida del insecto. Los mosquitos presentan una metamorfosis de tipo completa u holometábolos, ya que pasa por lo estados de huevo, larva, pupa y adulto.

Micelio: está constituido por una masa de hifas y constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.

Micra: unidad de medida igual a una milésima de milímetro.

Modificación ambiental: esta técnica proporciona una forma de manejo ambiental permanente o a largo plazo consistente en cualquier transformación física de la tierra, el agua o la vegetación de los hábitats de crianza de los vectores, para prevenir o eliminar su desarrollo

Monitoreo: según los campos de actividad, se definen como: a) mediciones continuas que buscan detectar cambios en el ambiente o en el estado de salud de la comunidad. No debe confundirse con vigilancia. b) Medición continua del desempeño del servicio de salud o de los profesionales, o del grado con que los pacientes se apegan a sus recomendaciones. c) Desde el punto de vista administrativo, es la observación continua de la implementación de una actividad con el objeto de asegurar que la liberación de los recursos, los esquemas de trabajo, los objetivos establecidos y las restantes acciones necesarias se están procesando de acuerdo con lo planeado.

Mortalidad, tasa de: es la medida de frecuencia de fallecidos en una población durante un periodo determinado, por lo regular, un año.

Muestreo entomológico: colecta representativa de una población de insectos o vectores mediante el empleo de algún método o técnica para su captura.

Nebulización térmica: tratamiento de un área con aerosoles calientes, tiene lugar por medio de generadores de niebla que transforman una solución de baja concentración en una nube espesa de humo que lleva suspendidas las gotas de insecticida.

Nebulización ULV (volumen ultrareducido): procedimiento para la aplicación espacial de los insecticidas a dosis muy pequeñas, en grado técnico, o soluciones concentradas menores de 500 ml/hectárea en gotas fraccionadas cuyo diámetro óptimo debe fluctuar entre 15 y 50 micras.

Ojos compuestos: son órganos visuales que se encuentran en ciertos artrópodos como insectos y crustáceos. Consiste en la agrupación de entre 12 y varios miles (6.300 en *Apis mellifera*) de unidades receptoras llamadas omatidios. Los omatidios son unidades sensoriales formadas por células capaces de distinguir entre la presencia y la falta de luz y, en algunos casos, capaces de distinguir entre colores.

Oportunista: organismo que, aunque de manera habitual vive como comensal o en vida libre, pasa a actuar como parásito, por lo general en coincidencia con una disminución de la resistencia natural del huésped.

Organismos no blanco: todo organismo sobre el cual no va dirigida la acción o el procedimiento de control, entre los que se incluyen los insectos benéficos.

Ovipostura: acción y efecto de la hembra de *Anopheles* al depositar sus huevos en el criadero.

Pandemia: epidemia que alcanza grandes extensiones geográficas en forma casi simultánea o con desplazamiento rápido o lento de un continente a otro.

Parásito: organismo vivo que crece y se desarrolla dentro del hospedero, al que le causa daño.

Parasitoides: son insectos que, en general, presentan un tamaño menor que su hospedero y completan su ciclo dentro de uno de los estadios de la presa, la cual muere una vez terminado el desarrollo larvario del parasitoide.

Participación social: proceso que permite incluir a la población, autoridades locales, instituciones públicas, sector social y privado, en la planeación, programación, ejecución y evaluación de los programas y acciones de salud.

Patogenicidad: capacidad de un agente biológico de producir enfermedad en un huésped susceptible.

Peridomiciliario: exterior de la vivienda humana (cualquier sitio sin techo en el patio de la casa).

Peridomicilio: son todos los ambientes ubicados alrededor de la vivienda.

Periodo teneral: tiempo que requieren los mosquitos recién emergidos para esclerotizar su cuerpo, abrir y secar sus alas para poder volar y en machos rotar 180° los genitales.

Portador: persona o animal infectado que albergue un agente infeccioso específico de una enfermedad, sin presentar síntomas clínicos de ésta y que constituye una fuente potencial de infección. El estado de portador puede ocurrir en el curso de una infección no manifiesta, durante el periodo de incubación, en la convalecencia o en la posconvalecencia.

Potenciar : transmitir potencia, impulso o eficacia a algo o incrementar la que ya tiene.

Prepatente, periodo: abarca el tiempo que transcurre desde la picadura del mosquito que inocula los esporozoítos hasta que los parásitos invaden suficiente número de eritrocitos para ser detectados.

Prevalencia, tasa de: coeficiente que se obtiene usando como numerador el número de personas enfermas o que presentan cierto trastorno en una población específica y en un determinado momento (prevalencia puntual) o durante un periodo predeterminado (prevalencia de periodo), independientemente de la fecha en que comenzó la enfermedad

o el trastorno, y como denominador el número de personas de la población en la cual tiene lugar.

Prevención: término que en salud pública significa una acción anticipada cuyo objetivo es interceptar o anular la acción de la enfermedad. De acuerdo con las fases de su aplicación, es posible considerar las siguientes categorías de medidas preventivas: a) prevención primaria, a emplearse en el periodo prepatogénico, b) prevención secundaria, a aplicarse en el periodo patogénico, tendiente a lograr la curación o evitar el agravamiento de la enfermedad, c) prevención terciaria, utilizada en el periodo patogénico, tendiente a evitar la discapacidad, sus consecuencias y la muerte.

Prodrómico, periodo: intervalo entre los primeros síntomas de la enfermedad y el inicio de los signos o síntomas con base en los cuales puede establecerse el diagnóstico.

Promoción de la salud: proceso que permite fortalecer los conocimientos, aptitudes y actitudes de las personas para participar de manera corresponsable en el cuidado de la salud y para optar por estilos de vida saludables que faciliten el logro y la conservación de un adecuado estado de salud individual, familiar y colectiva mediante acciones de participación social, comunicación educativa y educación para la salud.

Quimioprofilaxis: administración de una sustancia química, incluidos los antibióticos, para evitar el desarrollo o la evolución de una infección hasta que la enfermedad se manifieste en forma plena.

Recaída: reanudación de las formas parasitarias latentes o hipnozoítos en las células parenquimatosas del hígado, dentro del desarrollo del ciclo exoeritrocítico, que en los casos de los parásitos *P. vivax* y *P. ovale* muestra un comportamiento particular.

Reciclaje: en este caso, se refiere a la acción de volver a introducir en el ciclo de infección al microorganismo, sea bacteria u hongo, mediante sus estructuras reproductivas, que se diseminan al ambiente.

Recrudescencia: restablecimiento del ciclo eritrocítico del *Plasmodium falciparum* a partir de densidades parasitarias en niveles subpatentes o no detectables por los procedimientos comunes.

Refugio: lugar natural o artificial donde reposan los mosquitos para protegerse de la deshidratación y los depredadores durante el día.

Relevancia económica: debido a restricciones comerciales, discapacidad, ausentismo laboral, costo de tratamiento, entre otros.

Relevancia social: significa el valor que la sociedad atribuye subjetivamente a la ocurrencia del evento.

Repelente: sustancia química que se aplica en la piel, ropa u otros sitios para evitar que el *Anopheles* se pose o pique a las personas.

Reproducción asexual del *Plasmodium*: ciclo de vida del *Plasmodium* en el huésped humano que se inicia en las células parenquimatosas del hígado (ciclo exoeritrocítico) y continúa en los glóbulos rojos (ciclo eritrocítico).

Reservorio de agentes infecciosos: cualquier ser humano, animal, artrópodo, suelo, materia, o una combinación de ellos, en el cual vive y se multiplica de manera habitual un agente infeccioso del cual depende para su supervivencia, de manera que pueda ser transmitido a un huésped susceptible.

Rociamiento: procedimiento de asperjar un insecticida en presentación gaseosa con el objeto de ocasionar mortandad en los anofelinos para controlar la transmisión de la malaria.

Sensibilidad de un sistema de vigilancia epidemiológica: es la capacidad que tiene un sistema de vigilancia de detectar los casos verdaderos del evento bajo vigilancia. Un sistema con 100% de sensibilidad detectará todos los agravios/enfermedades que ocurren en la población. Un sistema que no tenga una sensibilidad alta, no podrá ser útil para la determinación de tendencias.

Sensibilidad: es la capacidad del procedimiento de diagnóstico de efectuar diagnósticos correctos de enfermedad cuando la misma está presente (verdaderos positivos o enfermos).

Severidad: medida por las tasas de letalidad, hospitalización y secuelas.

Susceptible: cualquier persona o animal carente de suficiente resistencia contra un agente patógeno determinado que le proteja contra la enfermedad si llega a estar en contacto con el agente.

Sustentabilidad: usar los recursos de manera adecuada y racional. Se refiere a la administración eficiente de una técnica, de manera tal que sea posible mejorar la salud de la población.

Tasa bruta de mortalidad: se incluyen los fallecidos por todas las causas en la población general.

Tasa específica de mortalidad: se incluye sólo los fallecidos por una determinada causa o grupo de edad, o sexo en la población específica.

Textura del suelo: está determinada por la proporción de los tamaños de las partículas que lo conforman.

Topografía: es la ciencia que consiste en dotar de coordenadas a puntos de la superficie para representarlas visualmente; estas coordenadas están referidas a un sistema preestablecido y determinado. Topografiar es, por tanto, diseñar un modelo semejante al terreno, con unas deformaciones y parámetros de transformación perfectamente acotados. El producto final suele ser un plano o un mapa.

Trampa cortina: pabellón de tela mosquitera de gran tamaño que se utiliza para cubrir una casa (trampa cortina) o para introducir a un cebo vertebrado (trampa con cebo animal) para la colecta de mosquitos.

Trampa de luz: dispositivo electrónico para el muestreo de mosquitos que consta de una fuente de luz, ventilador de succión, malla colectora y batería.

Transmisión (transmisibilidad), periodo de: intervalo durante el cual una persona o animal infectados transfieren un agente biológico a otro individuo, al medio ambiente o al organismo de un vector hematofago, con lo que posibilitan su transmisión a otro huésped.

Transmisión directa (contagio): transferencia del agente etiológico sin presencia de vehículos.

Transmisión indirecta: transferencia del agente etiológico por medio de vehículos animados o inanimados. Para que la transmisión indirecta pueda ocurrir, es esencial que: a) los gérmenes sean capaces de sobrevivir fuera del organismo durante un cierto tiempo; b) haya un vehículo apto que lleve los gérmenes de un lugar a otro, de modo que permita sobrevivir al agente.

Transmisión, modo de: cualquier mecanismo por medio del cual un agente infeccioso se propaga desde una fuente o un reservorio hasta un nuevo huésped.

Trascendencia: uno de los criterios epidemiológicos para definir prioridades en salud pública. Es un conjunto de características que presentan las enfermedades o agravios, de acuerdo con su presentación clínica y epidemiológica.

Tratamiento de cura radical. medicación con antimaláricos (o antipalúdicos) con el objetivo de eliminar todos los parásitos hepáticos y eritrocíticos, incluidas las formas sexuales o gametocitos.

Tratamiento profiláctico: suministro de medicamentos a grupos de población o individuos en riesgo de contraer la enfermedad por residir o trasladarse en áreas endémicas.

Vacuna: preparación cuyo contenido de microorganismos vivos o muertos o sus fracciones la hace poseedora de propiedades antigénicas. Se emplean para inducir inmunidad activa y específica contra un microorganismo en un individuo.

Vector: ser viviente (insecto, roedor, etc.) que asegura la transmisión de un agente infeccioso.

Ventana inmunológica: intervalo entre el inicio de la infección y la posibilidad de detectar anticuerpos a través de técnicas de laboratorio.

Vigilancia entomológica: monitoreo sistemático de las poblaciones de vectores.

Vigilancia epidemiológica: conjunto de actividades que proporciona información indispensable para conocer, detectar o prever cualquier cambio en la ocurrencia de la enfermedad o en los factores condicionantes del proceso salud-enfermedad, con la finalidad de recomendar, con oportunidad, las medidas indicadas que conduzcan a prevenir o controlar las enfermedades.



Anexo 1. Guía de observación etnográfica

Temas:

0. Orografía, geografía y ecología (usos e importancia)
 - 0.1 Vegetación
 - 0.2 Clima
 - 0.3 Fauna
 - 0.4 Agua
1. Infraestructura
 - 1.1 Vías de acceso, carreteras, caminos y medios de transportes
 - 1.2 Medios de comunicación e información
 - 1.3 Estructura y planeación comunitaria: iglesias, jardines, calles, canchas, plaza de toros, otros espacios públicos
 - 1.4 De salud, educación, oficinas de gobierno y otras construcciones.
 - 1.5 Otros?
2. Vivienda
 - 2.1 Tipo
 - 2.2 Tamaño
 - 2.3 Material de construcción
 - 2.4 Tecorales y espacios de animales
 - 2.5 Características del peri domicilio.
3. Economía, organizaciones y ocupación comunitaria
 - 3.1 Oficial
 - 3.2 Informal
 - 3.3 Actividades productivas y recursos naturales
 - 3.4 Fuentes de trabajo, ocupación
 - 3.5 Migración
 - 3.6 Otras fuentes de financiamiento o manutención.
4. Costumbres y tradiciones relacionadas a aspectos de salud y al medio ambiente.
 - 4.1 Creencias y prácticas de salud por mujeres y hombres
 - 4.2 Grupos generacionales.
 - 4.3 ¿Con qué se curan con quién y dónde?
5. Aspectos históricos de la comunidad en general
6. Rutinas y actividades diarias por grupos etáreos
7. Redes sociales (grupos sociales)
8. Servicios urbanos y comerciales
9. Relación política y social con pueblos, municipio y Estado.

ENCUESTA - COMUNIDAD

Factores de riesgo asociados a la transmisión del paludismo en un ecosistema rural

NOMBRE DEL ENCUESTADOR: _____

MÓDULO 0. IDENTIFICACION MUESTRAL

001.	No. FOLIO / correlativo formulario _____			
002.	PAIS _____			
003.	ESTADO/DEPARTAMENTO _____			
004.	MUNICIPIO _____			
005.	CIUDAD _____			
006.	LATITUD _____			
007.	LONGITUD _____			
008.	ALTITUD _____			
009.	DIRECCIÓN/CALLE _____			
010.	No. DE CASA _____			
011.	No. DE MANZANA _____			
012.	NOMBRE DE LA FAMILIA (Apellidos) _____			
013.	No. de visitas a la vivienda	1 ^a 	2 ^a 	3 ^a
		4 ^a 		
014.	FECHA DE LA ENTREVISTA	Día 	Mes 	Año
015.	NOMBRE DEL ENTREVISTADO (Jefe/a del hogar)* _____			
016.	¿Edad del entrevistado? _____			
017.	Sexo	1. Masculino	2. Femenino	_____
018.	TIPO O RESULTADO DE LA ENTREVISTA			
	1. COMPLETA	4. AUSENTE TEMPORAL	6. PENDIENTE	
	2. INCOMPLETA	5. REHUSÓ	7. NO SE REALIZÓ	
	3. NADIE EN CASA			

Dudas: qué diferencia hay entre el punto 3 y el 4? Y entre el punto 7 y el 5? Y el 3 y 7? Y entre el 3, 4 y 6?

Cuál pongo en el recuadro??

* Responsable del hogar

101. ¿Cuántas personas viven en esta casa? _____

MÓDULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

201. ¿Cuántas habitaciones tiene su vivienda sin contar el baño, cocina, ni pasillos o corredores? No. _____
202. ¿Cuántas habitaciones son utilizadas sólo o exclusivamente para dormir? No. _____
- ¿Y cuántas personas duermen por habitación? No. _____
203. ¿Dónde está localizada la cocina? 1. Separada de la vivienda _____
2. Incorporada a la vivienda _____
204. ¿Qué servicios básicos tiene la vivienda? 1. Sí 2. No
(Leer las opciones) 1. Agua entubada _____
2. Drenaje municipal _____
3. Recolección municipal de basura _____
4. Servicio eléctrico municipal _____
205. ¿Dónde se ubica el WC? 1. Sí 2. No
(Leer las respuestas) 1. Dentro de la casa _____
2. Fuera de la casa _____
3. No hay _____
206. ¿Dónde se baña diariamente? _____
1. Baño dentro de la casa
2. Baño fuera de la casa
3. Río
4. Otro, cuál?
207. ¿El techo es continuo con las paredes?: 1. Sí 2. No

208. Las paredes tienen: 1. Sí 2. No
1. Muchas aberturas (> 10) _____
2. Pocas aberturas (< 10) _____
3. Ninguna _____
209. Tipo de vivienda: _____
1. Casa improvisada / provisional (estructura incompleta o no permanente)
3. Casa semi-formal
4. Casa Formal (tiene WC y cocina)

MÓDULO 3. ANIMALES

301. ¿Hay animales sueltos, dentro de la casa? 1. Sí 2. No

302. ¿Hay animales durmiendo dentro de la casa? 1. Sí 2. No

304. ¿Qué animales están alrededor o cerca de la casa? 1. Sí 2. No
1. Perros _____
2. Aves de corral _____
3. Cerdos _____
4. Conejos _____
5. Caballos / mulas _____
6. Vacas / cabras / ovejas _____

MÓDULO 4. PALUDISMO

401. ¿Conoce o ha oído hablar sobre la enfermedad del paludismo? 1. Sí 2. No

402. ¿Puede decirme cómo se transmite/contagia el paludismo a las personas?
1. No sabe / no responde _____
2. Por la picadura de zancudo _____
11. Otra, especifique _____
403. ¿Piensa Ud. que la picadura de un zancudo puede transmitir / causar alguna enfermedad? 1. Sí 2. No

404. ¿Qué enfermedad? 1. Dengue _____
2. Paludismo Otra, cuál? _____
405. Sabe Ud. qué síntomas tiene la persona con paludismo? 1. Sí 2. No
LEA LAS OPCIONES 1. Fiebre/Calentura _____
2. Calosfríos _____
3. Dolor de cabeza _____
4. Todos los anteriores _____
406. Sabe Ud. cómo se cura / trata la enfermedad del paludismo? 1. Sí 2. No
LEA LAS OPCIONES 1. Sin medicamentos _____
2. Analgesico _____
3. Ampolletas _____
4. Limpias con curandero _____
5. Cloroquina _____
6. Primaquina _____
7. Cloroquina y Primaquina _____
407. ¿En este momento alguien de su familia tiene paludismo? 1. Sí 2. No

408. ¿Alguien de su familia tuvo paludismo el último año? 1. Sí 2. No

409. La persona que tuvo paludismo fue a atenderse? Con quién? 1. Sí 2. No
1. Médico privado _____
2. Personal de salud en Hospital _____
3. Personal en Centro de Salud _____
4. Curandero _____
5. Notificante _____
6. Trabajadores de paludismo _____
7. Tomó pastillas que le recomendaron _____
8. Se automedicó _____
9. Otro? cuál _____
410. La persona que enfermó de paludismo, cuánto tiempo tardó en buscar atención médica?
1. Un día _____
2. Dos a tres días _____
3. Más de cinco días _____

411. Después de que le tomaron la muestra de sangre, cuánto tiempo tardó en saber si estaba enfermo?

1. Una semana o menos
2. Dos a tres semanas
3. Más de un mes
4. Tres meses
5. Nunca recibió resultado
6. No aplica

PREVENCIÓN

412. ¿Es posible evitar el paludismo?

1. Sí 2. No (pase a la 425)

Qué se puede hacer? No pregunte cada inciso, anote lo que refiere el entrevistado

1. SI 2. No contestó esta opción

413. No sabe

414. Tomando medicamentos

415. Rociar las casas con insecticidas

416. Usar raidolitos, etc.

417. Matar al zancudo

418. Destruir criaderos de zancudos

419. Limpiar la maleza de los criaderos

420. Echar abate / larvicida al agua

421. Evitar que el zancudo lo pique

422. Usar pabellones / mosquiteros impregnados

423. Sembrar peces

424. Otro, especifique _____

425. ¿Sabe Ud. dónde se cría el zancudo que transmite el paludismo

(Lea las alternativas a la persona que está entrevistando)

1. Agua limpia
2. Agua sucia
3. Cualquier agua
4. No sabe
5. Vegetación
6. Otro

426. ¿Sabe usted cómo nace (o crece) el zancudo del paludismo?

1. Sí 2. No

427. ¿Sabe usted dónde pone los huevos y donde crecen las larvas (sanguijuelas o gusanitos) del zancudo del paludismo?

1. Sí ¿Dónde? _____

2. No

428. ¿A qué distancia de su casa se encuentran los criaderos (metros)?

429. ¿Puede hacer algo para que no sean criaderos de zancudos?

1. Sí 2. No

¿Qué se puede hacer? (no preguntar cada inciso, sólo anotar lo que el entrevistado refiera)

1. Sí 2. No

430. Quitar las algas

431. Quitar la vegetación

432. Secar el criadero _____
433. Aplicar peces _____
434. Fumigar _____
435. Poner larvicidas _____
436. ¿Otros? Especifique _____
437. ¿Cuando los zancudos adultos no están picando, sabe dónde se esconden / reposan? 1. Sí 2. No sabe

438. ¿En dónde o en qué parte se esconden / reposan? 1. Dentro de la casa
2. Fuera de la casa _____

MODULO 5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

501. ¿Utilizan pabellones (mosquiteros) para dormir? 1. Sí 2. No

502. ¿Quiénes de la familia duermen con pabellón?: Todos Algunos Ninguno
503. ¿Tiene mallas mosquiteras colocadas en las aberturas de la casa? 1. Sí 2. No
1. Ventanas _____
2. Puertas _____
3. Pared, techo, o unión de pared-techo _____
504. ¿Con qué frecuencia aplica insecticidas en su casa?
1. Siempre _____
2. Algunas veces _____
3. Nunca _____
505. ¿Qué tipo? 1. Aerosol _____
2. Bomba de flit _____
3. Espirales _____
506. ¿Cuál insecticida? _____
507. ¿Por qué no aplica insecticida? 1. No le gusta/es malo _____
2. Es muy caro _____
3. No sabe _____
4. Le afecta la garganta/irrita/alergia _____
508. ¿Utiliza repelentes para evitar picaduras de zancudos? 1. Sí 2. No

509. ¿Acostumbra hacer humo o quemar hierba (u otro material) para ahuyentar a los zancudos? 1. Sí 2. No

¡FIN DE LA ENCUESTA!

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN, QUE TENGA UN BUEN DÍA!

Manual para la vigilancia y el control del paludismo en Mesoamérica

Se terminó de imprimir en diciembre de 2008.
La edición consta de 1 000 ejemplares y estuvo
al cuidado de la Subdirección de Comunicación
Científica y Publicaciones del INSP.

