

Capítulo XII

Los mosquitos (Culicidae)

Podemos detectar mosquitos en casi cualquier región del globo terráqueo, excepto Antártica. Se desarrollan en una amplia gama de comunidades bióticas, desde la tundra ártica, bosques boreales, altas montañas, llanuras, desiertos, bosques tropicales, pantanos saldos y de agua dulce, y la zona de playa. La mayor diversidad de especies de mosquitos se observa en los bosques tropicales, pero altas densidades de ellos son comunes en áreas con una baja diversidad, como en la tundra. Muchas especies se benefician de las alteraciones que el ser humano ha hecho en el medio ambiente y algunos se han domesticado.

Taxonomía

La familia Culicidae, nombre derivado de *culex*, nombre latín para “mime”, es un miembro de los Nematocera, de la infra-orden Culicomorpha de los Diptera. Contiene dos super-familias que incluyen a todos los nematoceros que pinchan y chupan, ambas depredadores y consumidores de sangre. La super-familia Chrinomoidea contiene a las familias Chrinomidae y Thaumaleidae que tienen partes bucales que no pinchan o penetran la piel. Y los Simulidae y Ceratopogonidae que pican vertebrados e invertebrados, la superfamilia Culicoidea comprende a los; Dixidae, Corethrellidae, Chaoboridae y los Culicidae, el segundo y el cuarto se alimentan de sangre de vertebrado. Sin embargo, entre todos los culicomorfos, la probosis larga de los mosquitos es particular. Está considerada como la parte bucal para picar más especializada entre los Nematocera y apunta a una asociación muy cercana entre los mosquitos y los vertebrados.

Los culícidos consisten de unas 3,200 especies descritas. Se considera que quedan muchas especies por describir, sobre todo de bosques tropicales. Las especies más estudiadas dejan entrever que consisten de complejos de especies parecidas lo que apunta a la capacidad de especialización atendiendo a las particularidades de los nichos que se hacen disponibles en un ecosistema. La clasificación presente de los culícidos (Tabla I.) reconoce tres sub-familias: Anophelinae, Culicinae, y la Toxorhynchitinae. Estudios cladísticos recientes apoyan el concepto de que los Anophelinae están remotamente distantes de los otros dos grupos y que los Toxorhynchitinae no merecen el estatus de sub-familia. Los huevos de anofelinos tienen flotadores característicos, las larvas carecen de tubos de aire y los adultos tienen palpos largos en los dos sexos. Las larvas de culícinos y de toxorinchitinae tienen tubos de aire y las hembras tienen palpos cortos. Los Toxorhynchitinae son depredadores como larvas y típicamente más grandes de lo normal, con probosis curva adaptada para alimentarse de néctar.

TABLE I
Classification of Culicidae

Subfamily	Tribe	Genera
Anophelinae		<i>Anopheles</i> (An.), <i>Bironella</i> (Bi.), <i>Chagasia</i> (Ch.)
Culicinae	Aedeomyiini	<i>Aedeomyia</i> (Ad.)
	Aedini	<i>Aedes</i> (Ae.), <i>Ochlerotatus</i> (Oc.), <i>Verrallina</i> (Vc.), <i>Ayurakitia</i> (Ay.), <i>Armigeres</i> (Ar.), <i>Eretmapodites</i> (Er.), <i>Haemagogus</i> (Hg.), <i>Heizmannia</i> (Hz.), <i>Opifex</i> (Op.), <i>Psorophora</i> (Ps.), <i>Udaya</i> (Ud.), <i>Zeugomyia</i> (Zc.)
	Culicini	<i>Culex</i> (Cx.), <i>Deinocerites</i> (De.), <i>Galindomyia</i> (Ga.)
	Culisetini	<i>Culiseta</i> (Cs.)
	Ficalbiini	<i>Ficalbia</i> (Fi.), <i>Mimomyia</i> (Mi.)
	Hodgesiini	<i>Hodgesia</i> (Ho.)
	Mansoniini	<i>Coquillettidia</i> (Cq.), <i>Mansonia</i> (Mn.)
	Orthopodomyiini	<i>Orthopodomyia</i> (Or.)
	Sabethini	<i>Sabethes</i> (Sa.), <i>Wyeomyia</i> (Wy.), <i>Phonimosia</i> (Ph.), <i>Limatus</i> (Li.), <i>Trichoprosopon</i> (Tr.), <i>Shannoniana</i> (Sb.), <i>Runchomyia</i> (Ru.), <i>Jolmbelkinia</i> (Jb.), <i>Isostomyia</i> (Is.), <i>Tripteroidea</i> (Tp.), <i>Malaya</i> (Ml.), <i>Topomyia</i> (Tv.), <i>Maurigoeldia</i> (Mg.)
	Uranotaeniini	<i>Uranotaenia</i> (Ur.)
Toxorhynchitinae		<i>Toxorhynchites</i> (Tx.)

The classification of all mosquitoes into 3 subfamilies, 10 tribes of Culicinae, and 38 genera is based on Knight and Stone (1977). In parentheses are the two-letter generic abbreviations recognized by the American Mosquito Control Association and used in several journals and books.

Hay 38 géneros de mosquitos, 34 en la sub-familia Culicinae. Estos están organizados en 10 tribus, la más diversa son la Aedini y la Sabethini, en términos del número de géneros y especies a través del globo. Hay 14 géneros al norte de México, el número de especies de cada uno es: *Anopheles* (16); *Aedes* (7); *Ochlerotatus* (69); *Psorophora* (15); *Haemagogus* (1); *Culex* (29); *Deinocerites* (3); *Culiseta* (8); *Coquillettidia* (1); *Mansonia* (2); *Orthopodomyia* (3); *Wyeomyia* (4); *Uranotaenia* (4); *Toxorhynchites* (1).

Morfología

Los huevos de la mayoría de los mosquitos son alargados, ovoides y en forma de huso (spindle), otros esféricos y otros son romboides (Figura 12.1). La capa más externa, el corion, tiene estructuras intrincadas y patrones diagnósticos de la especie. El corion de *Anopheles* tiene unos compartimentos transparentes a cada lado que le sirven de flotadores. Los huevos de *Anopheles*; *Aedes*; *Ochlerotatus*; *Psorophora*; *Haemagogus*; *Wyeomyia*; *Toxorhynchites* son depositados uno a uno. Mientras que *Culex*, *Culiseta*, *Coquillettidia* y *Mansonia* son depositados formando una masa o balsa de huevos. Los huevos de *Culex* tienen una *corolla* en forma de taza en un extremo, que les permite mantenerse verticales en la superficie del agua formando una balsa (Figura 12.2A). Los terminales superiores tienen un químico en la parte apical que les ayuda a mantener la balsa derecha.

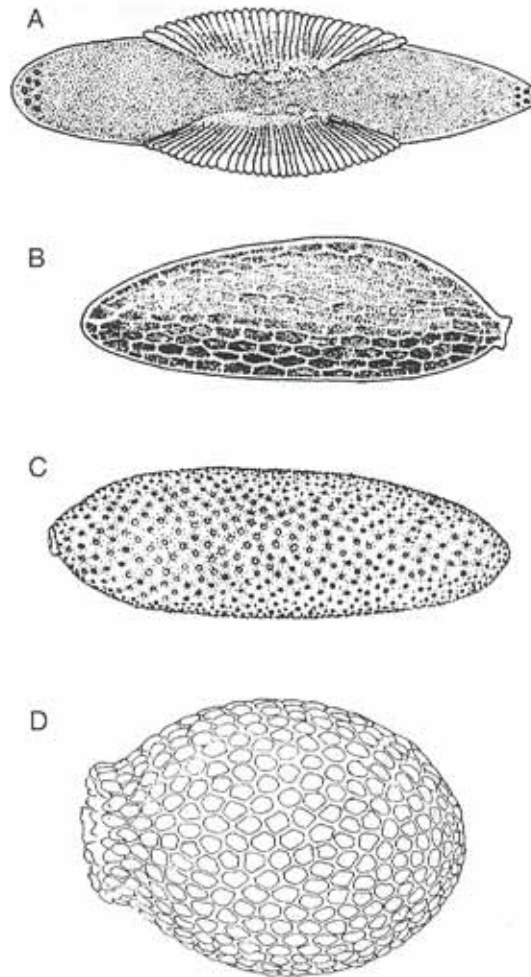


FIGURE 12.1 Eggs of mosquitoes, showing variations in shape and chorionic sculpturing. (A) *Anopheles*; (B) *Culex*; (C) *Aedes aegypti*; (D) *Toxorhynchites brevipalpis*. (A and B from Ross, 1947; C and D from Harbach and Knight, 1980.)

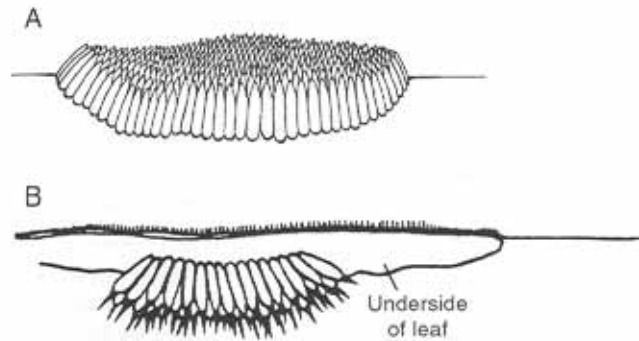


FIGURE 12.2 Mosquito egg rafts and clusters. (A) Floating egg raft of *Culex restuans*; (B) submerged egg cluster of *Mansonia*, attached to underside of floating leaf. (A, from Ross, 1947; B, from Gordon and Lavoipierre, 1962.)

Las larvas de mosquito, pasan por 4 instars, que se parecen mucho entre si, excepto por el tamaño. Las larvas contienen muchas características útiles en la identificación que son fácil de ver en laminilla bajo un microscopio compuesto (Figura 12.3). La cabeza esta definida por una cápsula distintiva que tiene un par de ojos compuestos de agrupaciones de ocelos laterales, un par de antenas de tamaño y forma variable y partes bucales que tienen una variedad de cerdas, peinillas y limpiadores utilizados en la alimentación (Figura 12.4). Los cepillos palatales laterales en el labrum crean corrientes de agua que traen partículas suspendidas hacia la boca. Los limpiadores, cepillos de las mandíbulas y los cepillos en las maxilas recogen y empacan las partículas removidas del agua y hacen un bolo alimenticio en la faringe. En larvas depredadoras, las mandíbulas y/o maxilas son fuertes y con dientes afilados para agarrar y aguantar la presa. El tórax es ancho con tres segmentos distintivos, sin patas.

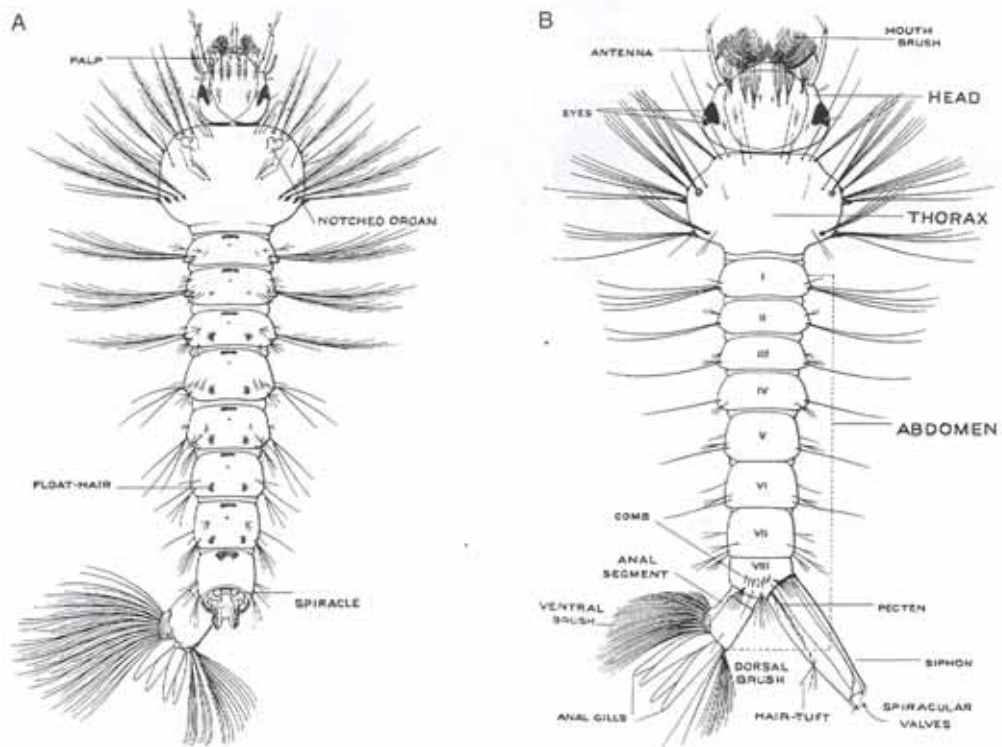


FIGURE 12.3 External anatomy of mosquito larvae, dorsal view, with anal segment and siphon at posterior end rotated to provide better view. (A) Anopheline form (*Anopheles maculipennis*); (B) culicine form (*Aedes cinereus*). (From Marshall, 1938.)

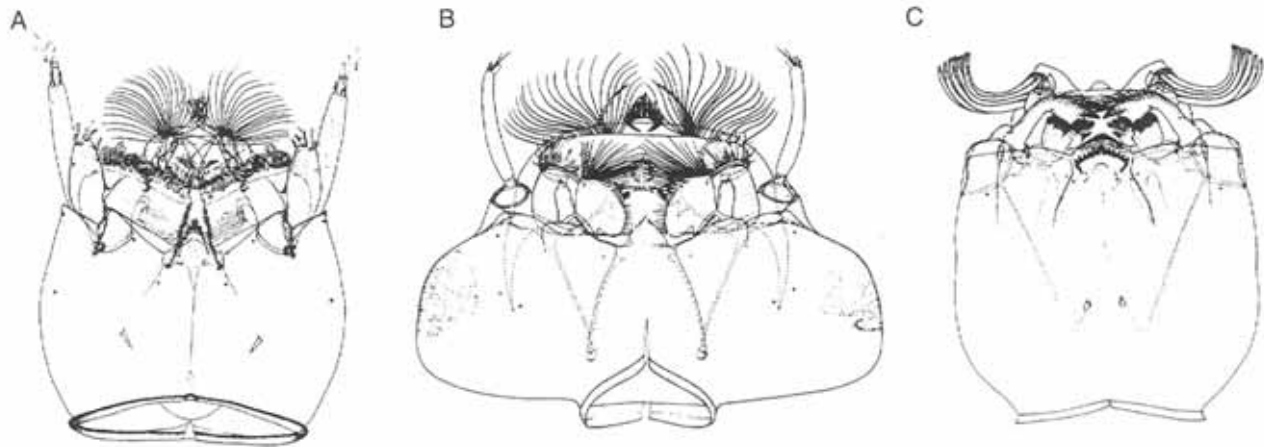


FIGURE 12.4 Heads of mosquito larvae, postero-ventral view. (A) Anopheline form (*Anopheles quadrimaculatus*); (B) culicine form (*Ochlerotatus fulvus pallens*); (C) toxorhynchitine form (*Toxorhynchites brevipalpis*). The lateral palatal brushes of most larvae are used to generate water currents for filter feeding; in *Toxorhynchites* they are modified for seizing prey. (From Harbach and Knight, 1980.)

El abdomen de las larvas es menos ancho que el tórax, cilíndrico y compuesto de aparentemente 8 segmentos. En los culicinos y en los toxorhynchitinos los espiráculos abren al terminal del sifón respiratorio, un tubo alargado que se extiende

dorsalmente. El sifón de *Coquillettidia* y *Mansonia* es corto y termina en un punto fuertemente esclerotizado con un borde en forma de serrucho, utilizado para penetrar y agarrarse de tejido vegetal. En los anofelinos no hay sifón y los espiráculos nacen de la corta placa espiracular. El segmento 10 o segmento anal, se extiende ventralmente a un ángulo del resto del abdomen. Típicamente tiene 4 papilas anales que se utilizan en osmoregulación. La región terminal tiene varias estructuras utilizadas en la identificación. Estas incluyen las escamas peinillas en el segmento 8, las espinas pecten en el sifón y el esclerito silla o saddle que bordea el segmento anal y varias motas de pelos y cepillos de setas. Algunas de estas estructuras terminales aparentemente son utilizadas para limpiar las partes bucales cuando la larva se dobla para hacer un “loop”.

La pupa es en forma de del signo de coma, con la cabeza y tórax fusionado en un cefalotórax y el abdomen curvo y doblado debajo (Figura 12.6). Proyectándose de la parte dorsal del mesotórax sale un par de tubos respiratorios o trompetas de aire a través de las cuales obtiene oxígeno del aire. En el cefalotórax los apéndices que están en el proceso de formación, albergan aire haciendo un espacio de aire ventral que asiste a la pupa a mantenerse en la superficie del agua. Esta tiene un par de paletas o remos en el segmento 8 que son utilizados para desplazarse por el agua cuando experimenta un disturbio. Los adultos son delgados y con patas delgadas y estrechas, con alas alargadas (Figura 12.7). La superficie del cuerpo está cubierta de escamas, setas y vellosidad fina, creando las marcas y coloración características de cada especie. Los ojos compuestos tiene de 35-900 omatidios, cubren alrededor del frente y lados de la cabeza. La antena sale de entre los ojos y son largas y filamentosas, exhibiendo dimorfismo sexual. En especies que utilizan sonido para atraer a la hembra en el vuelo, el flagellum de la antena del macho tiene espirales de fibrillas largas que le dan la apariencia de ser plumosa (Figura 12.8). El pedicelo de la base de la antena es ancho y globular, y contiene el órgano de Johnston, una masa de mecanoreceptores que responden a las vibraciones inducidas en el flagellum por el sonido. La probosis del mosquito es prominente, proyectándose anteriormente por lo menos 2/3 partes del largo del abdomen. Tanto la mandíbula como las maxilas penetran la piel y permiten que la fasicula de la hembra (Figura 12.9) entre en el tejido del huésped.

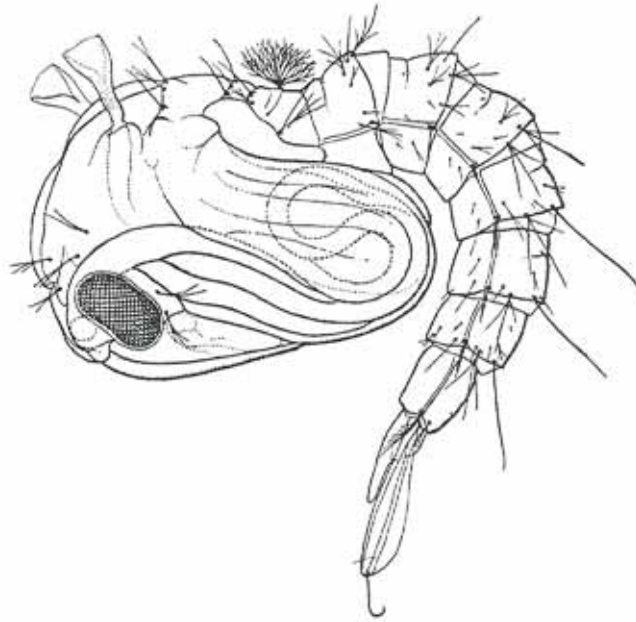


FIGURE 12.6 Mosquito pupa. Lateral view of *Anopheles gambiae* in resting position at water surface; presence of adult structures visible within pupal cuticle. (From Smart, 1948.)

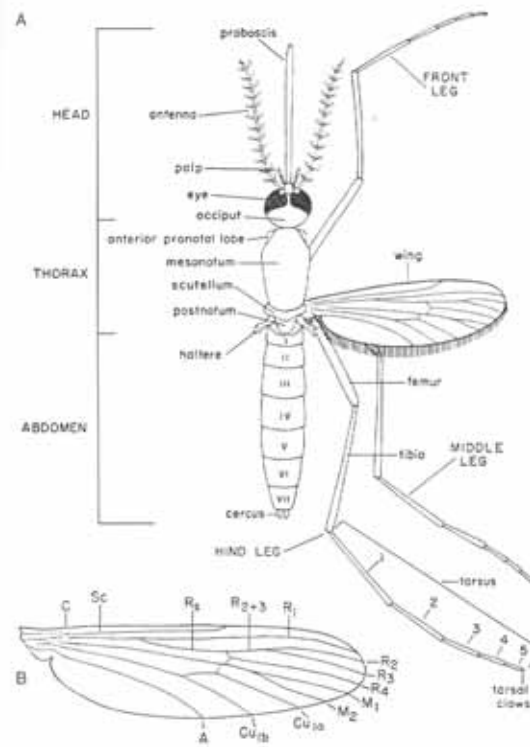


FIGURE 12.7 External anatomy of mosquito adult. (A) Generalized adult, dorsal view; (B) wing, showing typical venation and vein nomenclature. (From How and Hearshill, 1965.)

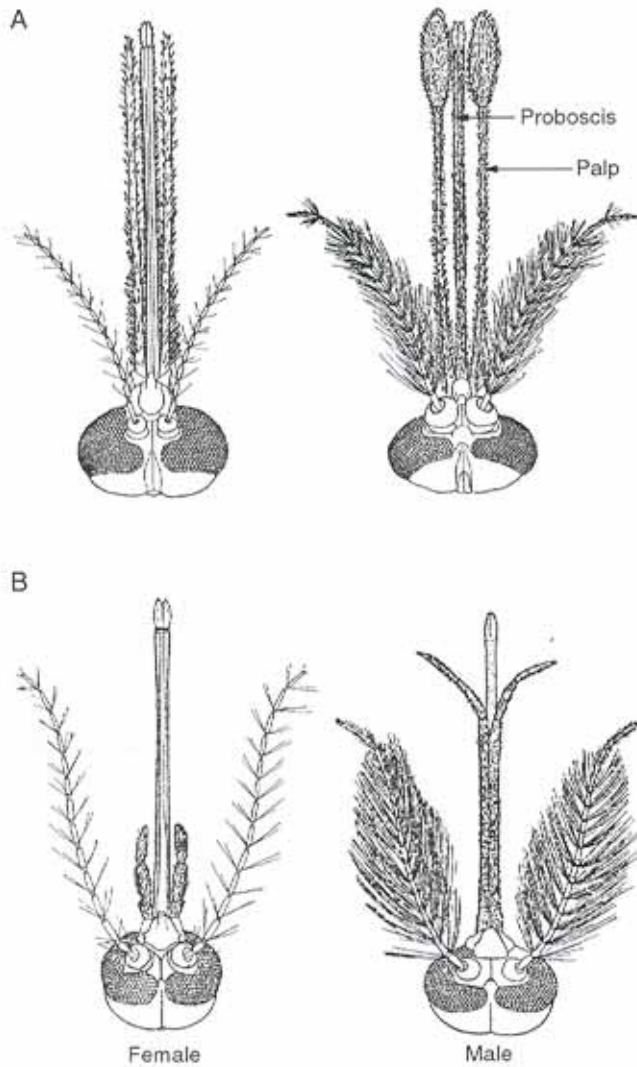


FIGURE 12.8 Heads of anopheline and culicine mosquitoes, females (left) and males (right); males, typically, with plumose antennae. (A) *Anopheles* (anopheline), both males and females with palps about as long as the proboscis; male with plumose antennae and tips of palps broadened; (B) *Culex* (culicine), females typically with short palps and males with long, curved, or brushlike palps. (From Gordon and Lavoipierre, 1962.)

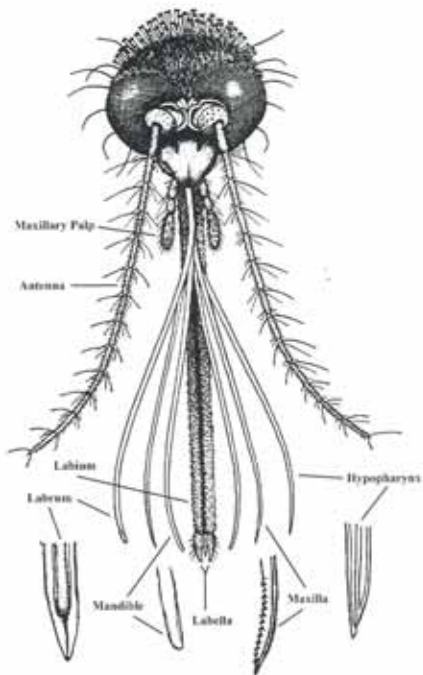


FIGURE 12.9 Mouthparts of adult female mosquito, showing labium, splayed stylets, and variations in structure of their tips. (From Matheson, 1944.)

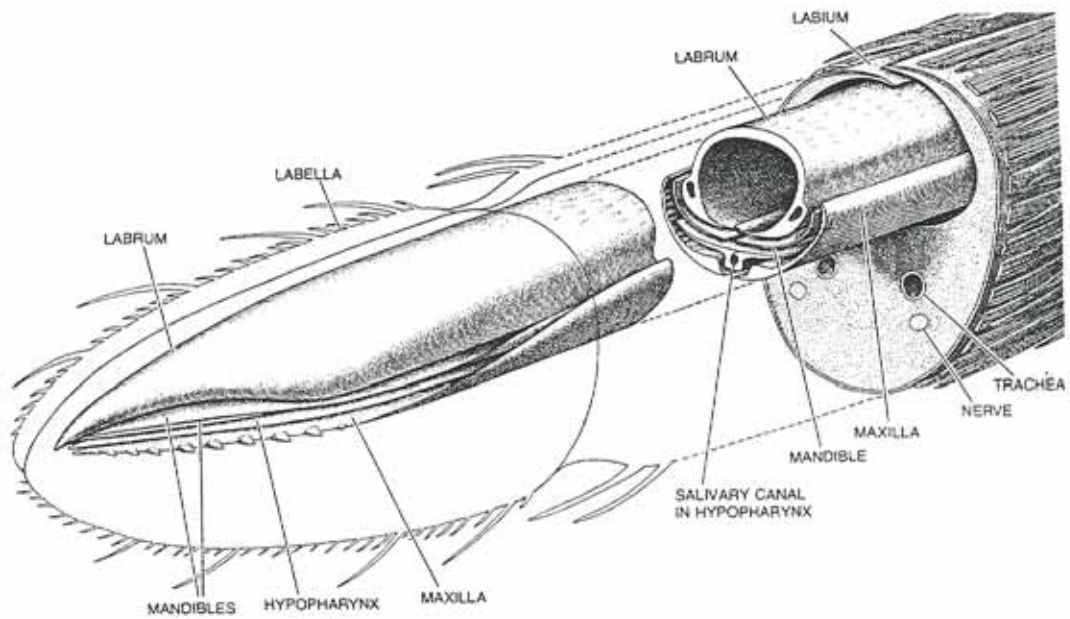


FIGURE 12.10 Fascicle of stylets of adult female mosquito. Mouthparts near tip of proboscis, showing natural arrangement of stylets in a single bundle, or fascicle, within a groove in the labium, which forms a sheath. (From Jones, 1978; illustration by Tom Prentiss.)

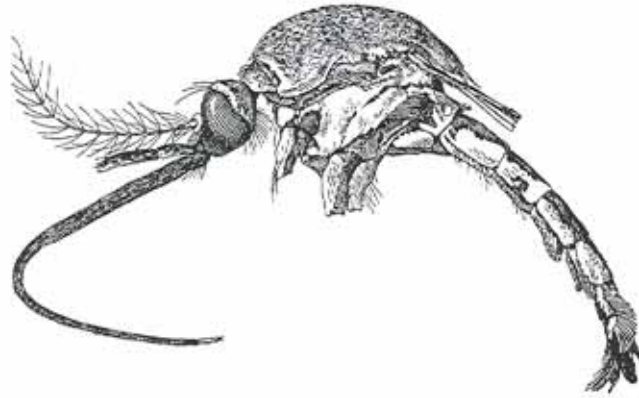


FIGURE 12.11 *Taxorhynchites* sp., adult female; legs not shown. The form of the palps and antennae in females and males is similar to that of culicines; however, the proboscis of both sexes is bent downward at an angle of 90° or more. (From Smart, 1948.)

El tórax del mosquito es una sola unidad que alberga los músculos locomotores con segmentación no aparente. Las delgadas patas salen todas del mismo punto ventral del tórax. Las alas son delgadas, tienen patrones distintivos de venas y tienen escamas a lo largo de las venas y del margen anal. Los alterios están localizados directamente detrás de las alas frontales o delanteras y se utilizan para dar estabildades en el vuelo. En el tórax hay una serie de glándulas salivares que en los machos producen saliva para alimentarse de néctar (Figura 12.13). En las hembras producen saliva para alimentarse de néctar y de sangre.

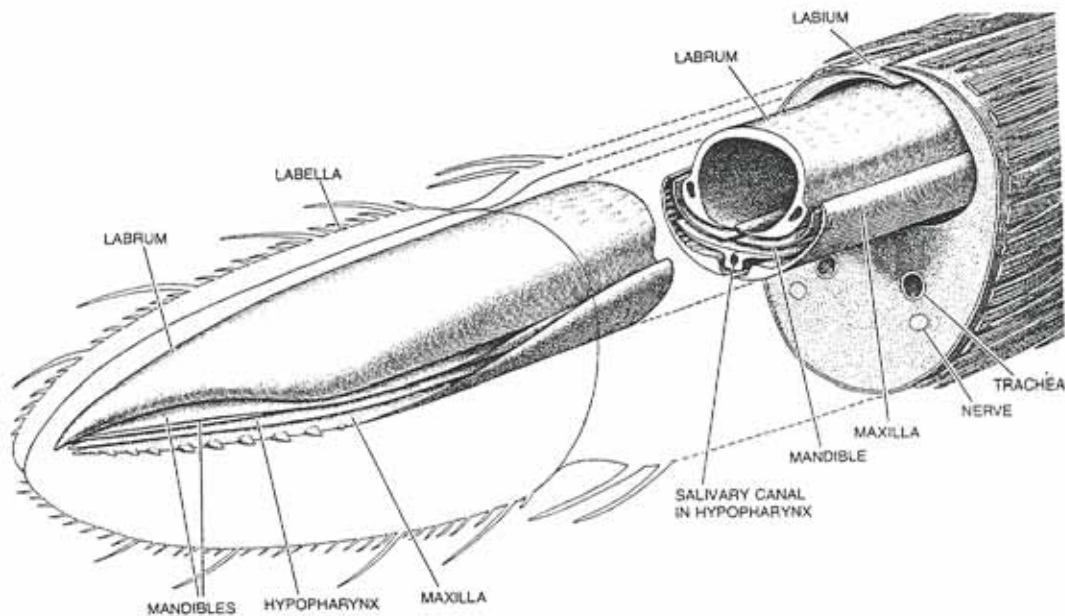


FIGURE 12.10 Fascicle of stylets of adult female mosquito. Mouthparts near tip of proboscis, showing natural arrangement of stylets in a single bundle, or fascicle, within a groove in the labium, which forms a sheath. (From Jones, 1978; illustration by Tom Prentiss.)

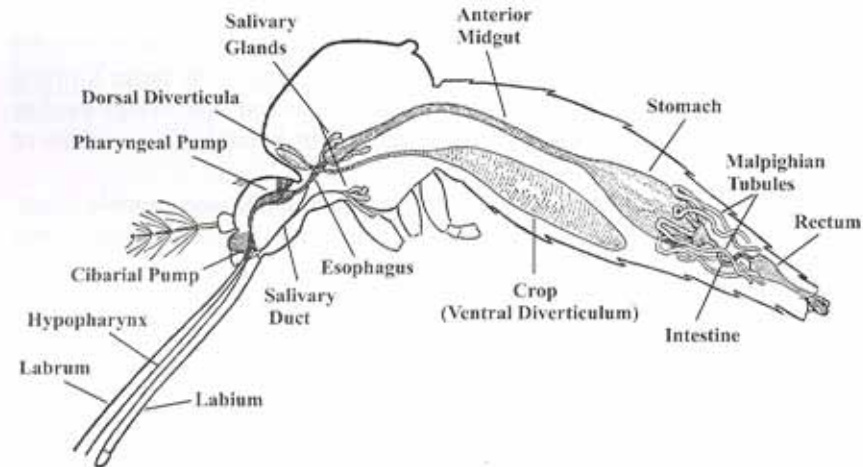


FIGURE 12.13 Digestive system of the adult mosquito. Semidiagrammatic view of major structures, including the salivary glands, foregut-midgut junction, and rectum. (From Snodgrass, 1959.)

El abdomen es claramente segmentado y capaz de moverse y de expandirse considerablemente. Esto permite obtener una gran cantidad de sangre durante la alimentación. Al emerger la genitalia del macho está invertida, durante las primeras horas los segmentos 8 y 9 rotan 180° para asumir la posición madura. Las estructuras de la genitalia son un elemento importante en la identificación a especie.

Ciclo de vida

El ciclo holometábolo de los mosquitos es completado en dos ambientes diferentes; uno acuático y uno terrestre. Las larvas y pupas se desarrollan en una amplia gama de hábitáculos acuáticos. Esto incluye cuerpos de agua que son de carácter temporero, como aguas de inundaciones, lluvia fuerte, charcos que se forman por el efecto de mareas, y también en cuerpos de agua permanentes como lagos, estanques, ríos y quebradas y una variedad amplia de sistemas que retienen agua tanto naturales como construidos por el ser humano (envases y receptáculos, gomas de carros, bebederos - bromelias, axilas de hojas, cáscaras de frutas, conchas de varios animales).

Los huevos son blancos inmediatamente luego de depositados, pero se van tornando negros según pasan las horas, según se esclerotiza el corion. La larva eclosiona en 2-3 días en ambientes cálidos del trópico y sub-trópico, pero se puede dilatar hasta una semana si la temperatura es menor.

Dependiendo de la especie y de las condiciones particulares, las larvas pasan la mayoría de su tiempo en la superficie del agua o en el fondo, subiendo sólo para respirar. Bajo condiciones de temperatura ideal (26-28°C) *Aedes aegypti* completa su desarrollo en 5-6 días. Los primeros tres instar se toman un día cada uno y el cuarto, menos de tres días. En los machos esto se toma un día menos.

La pupa pasa casi la totalidad del tiempo en la superficie del agua. Para el momento en que muda a *adulto farate* dentro de la cutícula pupal, ya es muy oscuro. Bajo condiciones de temperatura adecuada, esta etapa dura dos días en ambos sexos.

Los machos adultos tienden a emerger antes que las hembras. Antes de emerger, el abdomen se estira y se pone derecho por unos 10-15 minutos. El adulto emerge rompiendo la cutícula al ingerir aire lo que rompe la cutícula por el cefalotórax y permite que el mosquito salga y se pose sobre el agua. Puede volar un poco en varios minutos, pero vuelos sostenidos no son posibles hasta horas después, cuando se completa el proceso de esclerotización. Durante los primeros días ambos sexos se alimentan de néctar para terminar su desarrollo y encontrar fuentes de alimento, ya maduros sexualmente, copulan. Las hembras generalmente copulan una sola vez. Las hembras se alimentan de sangre para poder iniciar el desarrollo de huevos. Esto a su vez es iniciado por el efecto de ingerir y digerir la sangre y las hormonas que este proceso activa y pone en circulación.

En la mayoría de las especies las hembras son anautógenas. Luego de alimentación con sangre se desarrolla un grupo de huevos al mismo tiempo lo que se conoce como *concordancia gonotrópica*. Pero también se da el caso de hembras que son *autógenas facultativas*; no obstante, esto es sólo para el primer grupo de huevos, de ahí en adelante tienen que alimentarse con sangre para poder producir huevos. También se da el caso de especies que son *autógenas obligadas*, tiene los estiletes para alimentarse atrofiados, nunca se alimentan de sangre y subsisten de néctar. Si hay ingestión de sangre, los huevos se desarrollan en sincronía en 2-5 días luego de la alimentación.

Comportamiento y ecología

Los huevos que son puestos en o sobre el agua no son resistentes a la desecación y emergen poco después de la embriogénesis. Los que son depositados sobre superficies húmedas resisten la desecación y pueden permanecer quiescentes por meses o años hasta que las condiciones sean favorables. Esto puede estar controlado por la humedad, pero con mayor frecuencia es el resultado de una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto causado por actividad microbiana o descomposición de materia orgánica. Luego de una inundación del predio, sólo parte de los huevos de una masa eclosionen o que eclosionen en días sucesivos.

Las larvas se alimentan de una amplia gama de artículos; bacterias, protistas, hongos, algas, micro-invertebrados y macro-invertebrados pequeños y de material orgánico particulado de origen animal y vegetal. Se colecta alimento de cinco formas diferentes; filtrando, recogiendo, raspando, moliendo y cazando.

Las pupas tienden a ser menos activas o inactivas en la superficie del agua con las puntas de las trompas o trompetas de aire torácicas en contacto con la superficie del agua. Pero bajan al fondo cuando perciben un disturbio.

Los adultos, emergen y buscan un área protegida entre la vegetación. Cada especie de mosquito tiene un patrón característico de *actividad diel*, bajo control de ritmos circadianos endógenos. Por lo general hay uno o dos periodos de vuelo al día, caracterizados por ser diurno, nocturno o crepuscular. La dispersión de algunas especies es de varias docenas de metros de su hábitat larval y lo típico es que sean menos de 2km. Otras especies utilizan claves de viento y luz y son dispersadas por cientos de km.

El comportamiento de localización de huésped involucra el uso de compuestos volátiles para localizar al vertebrado. Entre las claves más importantes que se han estudiado esta el dióxido de carbón, el ácido láctico, y el octenol. Se entiende que los ácidos grasos que produce la flora bacteriana de la piel, sobre todo de los pies, también es importante.

Importancia veterinaria

Además de la importancia como vectores de agentes infecciosos, los mosquitos causan irritación, pérdida de sangre y reacciones alérgicas. No solamente son una incomodidad sino que alteran el comportamiento normal del animal y de animales en el alrededor. Enjambres de mosquitos pueden llevar a que el animal deje de comer y busque una forma de alivio. El mecanismo de rascarse puede llevar a dañar la piel, pérdida de pelo e infecciones secundarias. El vuelo y la picada puede llevar a que el animal pierda peso o que no lo gane a la razón normal, disminución en producción de leche o de huevos, e inclusive la muerte como resultado de anemia.

Virus originados por mosquitos

Los virus originados por mosquitos que afectan animales están incluidos en el grupo de los alphavirus asociados con la encefalitis equina, todos causan encefalitis aguda con fiebre alta en équidos (caballos, burros y mulas). Otros virus originados por mosquitos de importancia veterinaria incluye al virus de la encefalitis japonesa, el virus de la fiebre del Rift Valley, el virus Wesselsbron, fowlpox virus, y el virus de la mixomatosis. El virus de la anemia equina infecciosa (AEI) un lentivirus de la familia Retroviridae puede que sea transmitido mecánicamente por el mosquito, pero el vector más importante lo son las moscas grandes que pican, como la mosca del venado, la mosca del caballo y la mosca del establo.

Virus de le encefalitis equina oriental

Este virus es una causa importante de muerte entre caballos y otros équidos, faisanes en cautiverio, cigüeñas whooping y emus. Ocurre en áreas endémicas de los EUA, en Texas, a lo largo de la costa del Golfo y del Atlántico. Los caballos sucumben rápidamente luego de un corto periodo de incubación de 2-5 días. Exhiben comportamiento anormal y temperatura alta, se caen al piso, se van en coma y mueren (Figura 12.34). Pocos animales logran sobreponerse a la infección. Examen

del tejido cerebral indica lesiones al tejido nervioso acompañado de bandas perivasculares con macrófagos; se detecta antígeno viral en las neuronas (Figura 12.35). En el caso de las aves como el faisán, un ave infectada y que exhibe comportamiento de debilidad es picada por otras y el virus es adquirido sin que medie el mosquito. También se ha reportado la condición para cerdos y perros.



FIGURE 12.34 Horse dying from infection with eastern equine encephalomyelitis virus in Michigan outbreak in 1980. (Photo by H. D. Newson.)

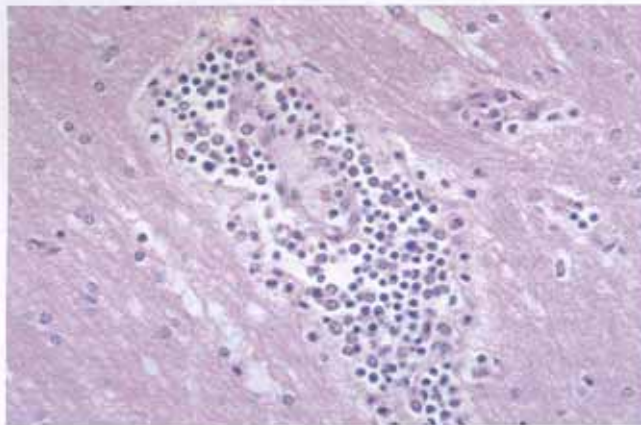


FIGURE 12.35 Section of horse brain (cerebrum) infected with eastern equine encephalomyelitis virus, showing neutrophil invasion around capillary. (Photo by J. D. Patterson.)

En áreas templadas, la incidencia de este problema se limita a las épocas cálidas del año, pero en el trópico, este virus puede ser problemático todo el año. La muerte de caballos en un elemento indicador de la prevalencia del virus en un área lo que apunta a implantar medidas preventivas a la mayor brevedad posible.

Virus de la encefalitis equina occidental

Al igual que con el virus de la encefalitis equina oriental, el caballo es el huésped más afectado. Desde que se identificó por primera vez en el Valle de San Joaquín en California para el 1930 este virus ha sido implicado en epizooticos en caballos que va

de los cientos a lo miles. Cada verano se reportan mortandades causadas por este virus, aunque no es frecuente que llegue a proporciones epizooticas. Para ambos virus se ha desarrollado procedimientos de inmunización que han disminuido la severidad y frecuencia de incidencia.

Encefalitis equina venezolana (Complejo) EEV

La encefalomiелitis equina en équidos causada por el complejo de EEV ocurre en el norte de Sur América y México. Los virus epizooticos son transmitidos por muchas especies de mosquitos (Tabla IV). Estos animales desarrollan un título de viremia que permite infectar a otros mosquitos, por lo que la epidemia se puede mantener por la transmisión entre mosquitos y caballos; a diferencia de las dos viremias anteriores que el caballo es un huésped terminal (dead-end). Se detecta y describe por primera vez en el 1938 en Venezuela. En el 1969 se desarrolla un brote que afecta caballos y humanos, en dos años llega a México y en el 1971 se detecta en la parte sur de los EUA, en Texas. No hubo otro brote hasta el 1993 en Chiapas México y otro en Colombia y Venezuela en el 1995. El paso tan rápido de un lugar a otro se debe a que tanto los équidos como las aves fungen de reservorios. El transporte entre áreas agrava la condición.

TABLE V
Relationships of Selected Flaviviruses to Mosquito Vectors
and Vertebrate Reservoir Hosts

Virus	Vector(s)	Vertebrate reservoirs
Yellow fever	<i>Aedes aegypti</i>	Humans in urban environments
	<i>Ae. africanus</i>	Monkeys
	<i>Ae. bromeliae</i>	Monkeys
	<i>Ae. furcifera</i>	Monkeys
	<i>Ae. luteocephalus</i>	Monkeys
	<i>Ae. metallicus</i>	Monkeys
	<i>Ae. taylori</i>	Monkeys
	<i>Ae. vittatus</i>	Monkeys
	<i>Haemagogus</i> spp. <i>Sabethes</i> spp.	Monkeys
Dengue	<i>Ae. aegypti</i>	Humans
	<i>Ae. albopictus</i>	Humans (monkeys?)
	<i>Ochlerotatus niveus</i> group	Monkeys
	<i>Ae. scutellaris</i>	Humans
	<i>Ae. polynesiensis</i>	Humans
	<i>Ae. pseudoscutellaris</i>	Humans
	<i>Ae. rotumae</i>	Humans
Japanese encephalitis	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	Birds, pigs
	<i>Cx. gelidus</i>	Birds
	<i>Cx. vishnui</i> complex	Birds
St. Louis encephalitis	<i>Cx. pipiens</i>	Birds
	<i>Cx. quinquefasciatus</i>	Birds
	<i>Cx. tarsalis</i>	Birds
	<i>Cx. nigripalpus</i>	Birds
Murray Valley encephalitis	<i>Cx. annulirostris</i>	Birds
West Nile	<i>Culex</i> spp.	Birds
	<i>Cx. univittatus</i>	Birds
	<i>Cx. modestus</i>	Birds

El virus de la encefalitis japonesa (EJ)

Este virus es detectado en partes de Asia, Malaysia e Indonesia. En Japón epizooticos y epidemias ocurren en Agosto y Septiembre, varios años desde su descripción original en el 1935. El EJ causa infección aguda en caballos y cerdos. Es un elemento importante en Asia e Indonesia como resultado del alto consumo y crianza de cerdos en el área. Los cerdos son un huésped amplificador ya que desarrolla viremia suficiente para infectar mosquitos. También causa abortos y que los machos sean estériles.

El virus de la fiebre del Rift Valley (VRV)

Este virus ha causado epizooticas de enfermedad aguda y elevadas razones de abortos y muerte en ganado, cabras, y ovejas en Egipto y partes de sub-Sahara Africano. Los brotes de Egipto y Mauritania merecen mención particular. El virus es vicerotrópico y neurotrópico en estos animales. Las viremias son suficientemente altas

para infectar más mosquitos. Los brotes involucran una alta cantidad de animales, en los cientos y miles, por lo que las pérdidas económicas son altamente significativas.

Virus Wesselsbron (WSL)

Este es un flavivirus con distribución en partes del sub-Sahara africano, Madagascar y Tailandia. Causa viremia en ovejas y cabras, y en el ganado en forma más leve. En cabras causa abortos y en ovejas la muerte. Es transmitido por especies de *Aedes*, incluyendo a *Aedes macintoshi* y *Aedes circumluteolus* en Sur África.

Virus Fowlpox (varicela de las aves)

Este virus pertenece al grupo de los poxvirus que infecta vertebrados e invertebrados y que pertenecen a la familia Poxviridae. Entre los Poxviridae están los que infectan aves o los avipoxivirus. Los mosquitos pueden ser vectores mecánicos de avipoxivirus al contaminarse las partes bucales y picar a otras aves. Las gallinas y pollos son particularmente susceptibles y desarrollan papulas en la cresta y pico. Al tantear en estas papulas los mosquitos se contaminan las partes bucales con el virus.

Virus Myxoma

Esta enfermedad enzoótica llamada myxomatosis está causada por un leptovirus de lagomorfos (conejos y liebres) en algunas partes de Sur América y el oeste de EUA. Es transmitida mecánicamente por la picada de artrópodos y causa tumores vasculares dermales. Cuando los mosquitos, pulgas y mosca negra tantean estos tumores, las partes bucales se contaminan con partículas de virus. Infecciones naturales con el virus myxoma ocurren sin enfermarse agudamente en conejos del género *Sylvilagus* en Sur América y California. Sin embargo, conejos del Viejo Mundo, *Oryctolagus* son altamente susceptibles a la infección y generalmente mueren. Brotes de enfermedad aguda entre conejos del Viejo Mundo han sido documentados de Sur América y California. El virus myxoma fue introducido en Australia para los 1950 cuando se desarrollaron poblaciones de conejos europeos que llegaron a proporciones epidémicas. El virus se regó rápidamente a través de toda Australia, facilitado por mosquitos (*Culex*, *Anopheles* y *Aedes*) y pulgas.

Malaria no humana

Muchas especies de *Plasmodium* infectan otros animales como; reptiles, aves, roedores y otros primates.

Malaria de reptilios – o malaria taurina está causada por 29 especies de *Plasmodium*. Infectan una amplia gama de reptiles (15 familias). Los vectores son los majes, las moscas flebotómicas de la arena y los mosquitos del género *Culex*. Malaria leucocitocitaria y haemoprotozoaria también ocurren en reptiles, pero sus vectores no se han identificado.

Malaria aviar – La infección malarial en aves es de distribución global. Parásitos de tres géneros de hemosporidios de aves (*Hepatocystis*, *Haemoproteus* y *Leucocytozoon*) son transmitidos por vectores; majes, mosca piojo, y mosca negra. Las malarias aviarias son todas del género *Plasmodium* y son transmitidas por mosquitos.

Se han identificado unas 30 especies de *Plasmodium* aviar. Entre las más importantes están; *Plasmodium gallinaceum*, *P. hermansi*, *P. relictum*, *P. lophurae*, *P. cathemerium*, *P. circumflexum*, *P. elongatum*. El ave se infecta luego de la inoculación (picada) con esporozoitos de un mosquito infectado. En enfermedades agudas los parásitos causan anemia, daño al tuétano y otras condiciones patológicas que llegan a causar la muerte. Los mosquitos de los géneros; *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* y *Ochlerotatus* son los vectores naturales. Se tiene poca información del efecto de la malaria aviar en poblaciones silvestres de aves.

Malaria de roedores – Se han identificado 12 *Plasmodium* en roedores llamadas malarias de roedores o malaria murina, todas son de África y Asia. Se presume que el vector es un mosquito *Anopheles*, pero no se sabe con certeza. *P. berghei*, *P. vinckei*, *P. yoelli*, *P. chabaudi* y *P. aegyptensis* parasitan roedores murinos de África.

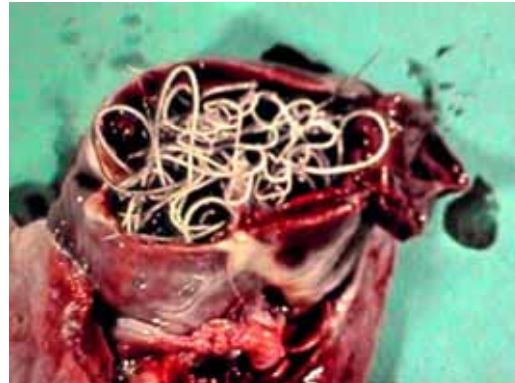
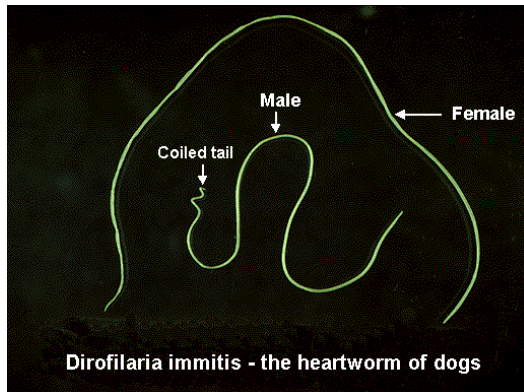
Malaria de otros primates – Se han identificado unas 25 especies de *Plasmodium* en primates no humanos, todas se parecen a la malaria humana. Siete de ellas infectan lemures en Madagascar. Las otras 18 tienen ciclos de vida muy similares a los de la malaria humana. Trece de las 18 ocurren principalmente en el sureste de Asia en macacos, langures, sobones y orangutanes. El mosquito *Anopheles* es el vector principal. Tres malarias de primates no humanos ocurren en África en mangabeys, mandriles, chimpancés y gorilas. Dos especies de *Plasmodium* (*P. simium* y *P. brasilianum*) infectan primates en Sur América; monos araguatos o “hoolar monkeys”, “wooly spiders”, mono araña, titis, capuchinos, los sakis barbudos y el mono ardilla. Ambas especies suramericanas son transmitidas por el mosquito *Anopheles cruzi*, un importante vector de la malaria humana. La larva habita las axilas llenas de agua de las hojas de varias bromelias en las que los adultos coinciden con los primates arbóreos.

Gusano del corazón del perro

El gusano del corazón del perro es un nematodo filaria de origen-mosquito, *Dirofilaria immitis*, de la familia Onchocercidae. El adulto de *Dirofilaria immitis* ocupa el ventrículo derecho del corazón y de la arteria pulmonar del perro (Figura 12.36). Los gusanos tienen de 12-31cm de largos y forman agregaciones de hasta 50 más individuos. Bajo condiciones de infestaciones altas se pueden pasar al ventrículo

izquierdo. Contrario a lo que piensa la mayoría de las personas la enfermedad no es simplemente una consecuencia de la carga de animales en el corazón y la reducción en flujo de sangre; sino el resultado de deterioro del endotelio y de la integridad de las paredes de las arterias pulmonares. Lo que lleva a hipertensión pulmonar e hipertrofia del ventrículo derecho. El desarrollo progresivo de estas condiciones lleva a una disminución en la producción cardiaca a los pulmones, debilidad, letargo, tos crónica y por último falla cardiaca congestiva.

Izquierda - *Dirofilaria immitis* macho y hembra; Derecha - corazón de un perro afectado por este nemátodo.



El ciclo de vida de *Dirofilaria immitis* involucra a los caninos y los mosquitos. Los perros se infectan al ser picados por un mosquito cuyo labrum carga larvas del tercer estadio. Las larvas se pasan a la picada cuando el labrum se mueve hacia al frente durante la alimentación. Sólo un 10% de las larvas entran al animal. Permanecen in situ subcutáneamente hasta pasar a la cuarta etapa larval, entonces migra a otros tejidos musculares y adiposos en donde muda nuevamente a la quinta etapa larval. Ahora aproximadamente de 18mm de largo, entran al sistema circulatorio y se establecen en el ventrículo derecho y la arteria pulmonar. Esto ocurre típicamente unos 79-90 días luego de la infección. Allí se desarrollan en adultos maduros sexualmente. Luego de copular a los 6-7 meses, las hembras empiezan a liberar microfilarias al sistema sanguíneo, etapas embrionicas de ciclo de vida que son de 300µm de largo y 7µm de ancho. El número puede variar entre 1,000 y 100,000 por mililitro. Es típicamente sub-periódica nocturna con picos ocurriendo en la sangre periférica al atardecer. Algunos perros no desarrollan microfilarias, sólo la condición causada por los adultos y se les conoce como *infecciones ocultas*.

Los mosquitos se infectan cuando chupan sangre de un perro que tiene microfilarias circulando en la sangre. En una alimentación típica de unos 5µl un mosquito puede ingerir entre 5 y 500 microfilarias. Una vez en el mosquito, en 48 horas las microfilarias migran posteriormente al lumen del mesenterón y a los Túbulos de Malpigio y luego a la parte posterior de los túmulos en donde asumen una forma de salchicha que es la forma de la primera etapa larval. La segunda etapa se da en 8-10 días luego de la ingestión inicial. Según crecen los Túbulos de Malpigio éstas se agrandan. A los 12-14 días de la ingestión mudan a la tercera etapa.

Otros nemátodos filaria que afectan animales.

Otras especies de *Dirofilaria* infectan mamíferos. Estas incluyen a *D. ursi*, un parásito del oso que transmite la mosca negra *Simulium venustum*; *D. roemeri*, que parasita a un tipo de canguro y transmitido por la mosca de caballo *Dasybasis hebes*; y las siguientes especies transmitidas por mosquitos; *D. repens* en cánidos y *D. magnilarvatum* en monos; *D. scapiceps* en conejos; *D. tenuis* en mapaches y *D. subderamta* en puercoespines.

Además de las especies de *Dirofilaria*, un gran número de nematodos filaria en otros géneros de los Onchocercidae infectan animales silvestres y domésticos. Los vectores incluyen mosquitos y una amplia gama de Dípteros que se alimentan de sangre, piojos, pulgas, ácaros y garrapatas. Otras géneros de oncocercosisi causadas por mosquitos son; *Aproctella*, *Breinlia*, *Brugia*, *Cardiofilaria*, *Conspiculum*, *Dirofilaria*, *Deraiphoronema*, *Folyella*, *Loiana*, *Molinema*, *Pelecitus*, *Oswaldofilaria*, *Saurositus*, *Skrjabinofilaria*, *Waltonella* y *Wuchereria*.

Prevención y control

Las metas de todo programa de control de mosquitos deben ser; (1) evitar la picada del mosquito, (2) mantener las poblaciones a un nivel aceptable, (3) minimizar el contacto entre mosquito y el vertebrado, y (4) disminuir la fertilidad de las hembras. Todas estas acciones intentan minimizar la incomodidad y el efecto negativo de la picada y de la pérdida de sangre e interrumpir la transmisión de patógenos. La erradicación de los mosquitos es un concepto que se ha visto no es factible, por lo menos sobre grandes extensiones de terreno.

Modificación del hábitat - Como resultado de la estrecha relación e impacto que también tienen los mosquitos en la población humana, la modificación física de los lugares en los que el mosquito puede ovipositar, desarrollar sus larvas y pupas, los lugares donde el adulto interactúa con el ser humano y en los que se resguarda, son estrategias que han dado un resultado muy positivo. De éstos, lo que más ha trabajado es disminuir las áreas en las que el mosquito puede ovipositar y desarrollar las larvas. Esto principalmente contempla alterar el nivel o disponibilidad o eliminar el agua. Por ejemplo, colocar bolitas de plástico que floten en la superficie del agua en letrinas y otras áreas utilizadas por el mosquito para ovipositar y desarrollar sus larvas ha sido muy efectivo. Sin embargo, es obvio que esto tiene un marco de utilidad en una escala pequeña, aunque significativa. De igual forma se debe modificar la canalización de aguas a tubería soterrada, eliminar los receptáculos (naturales y artificiales) que recojan agua como las gomas de vehículos, tiestos, y cualquier recipiente que esté a la intemperie y almacene agua. Otras formas de control incluyen; poner tapas a los barriles que se utilizan para recoger y almacenar agua potable, el uso de mayas en las ventanas y puertas de residencias y facilidades en la que hay animales. Modificación regular de la vegetación de áreas acuáticas, alterar el nivel y el flujo de agua en estanques, pantanos, lagunas, lagos y reservas de agua natural o artificial. Estas estrategias se ponen en práctica basándose en la biología,

comportamiento, ciclo de vida del mosquito y del medio ambiente en el que habita. De esta forma se beneficia el ser humano y los animales domésticos, de crianza, y los silvestres.

Control biológico - En el tema de control biológico se ha tratado y se sigue tratando de dar con organismos que consuman o interfieran con alguna de las 4 etapas del ciclo de vida del mosquito. Por lo pronto podemos hacer mención de varias estrategias que han dado algún resultado, entre éstas; utilizar depredadores acuáticos que consumen larvas y pupas, los peces, *Gambusia affinis* y *Fundulus spp.* Otros peces como la *Tilapia* y *Cyprinus* remueven vegetación acuática que provee refugio para los mosquitos.

Fundulus



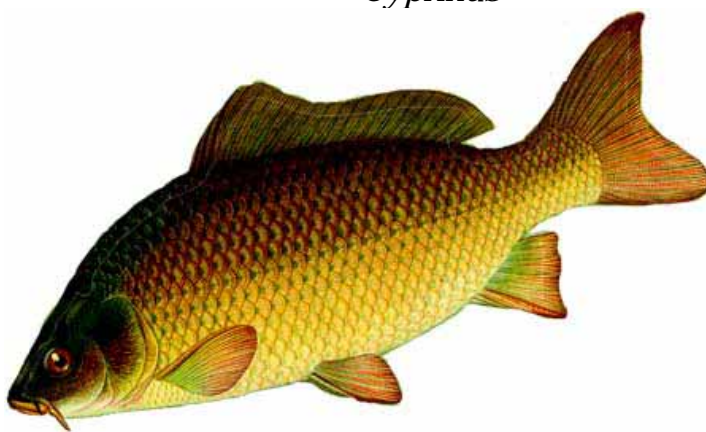
Gambusia



Tilapia



Cyprinus



Entre las muchas especies de organismos que se han buscado por que se piensa pueden ejercer algún tipo de control sobre mosquitos, hay que resaltar a la bacteria *Bacillus thuriensis* var. *israelensis* o *Bti*. En este caso es un larvicida y ésta muere como resultado de ingerir una toxina proteica cristalina producida por la célula durante la esporulación. Esta toxina afecta el mesenterón y por ende la digestión y la larva muere. La bacteria *Bacillus sphaericus* tiene un modo de acción similar, pero es más específico y afecta principalmente larvas de *Culex*. Su atractivo principal que es

que es más persistente en el medio ambiente y más tolerante a materia orgánica en el agua.

Control genético – Esto, que en realidad es un área dentro del control biológico, está en una etapa más experimental debido a lo limitado de sus resultados, pero las estrategias van dirigidas a; soltar machos estériles o incompatibles que resulte en una disminución de la población; y el remplazar vectores naturales con vectores menos eficientes o no eficientes al transmitir el agente infeccioso.

Control químico – En este caso se busca eliminar la larva o el adulto. Los larvicidas son colocados en el agua que se desarrolla la larva o en las que se acumulará agua y proveerá el ambiente propicio para la oviposición y desarrollo de la larva. Entre los aprobados para su uso hoy día están; aceite mineral, organofosforados y los reguladores de crecimiento de insectos. Los aceites de degradación rápida se dispersan y cubre la superficie del agua, así como el sistema de tráqueas lo que sofoca las larvas y pupas. Los organofosforados como el temphos, malathion, chlorpyrifos fungen como venenos del sistema nervioso. El regulador de crecimiento methoprene mimifica una hormona juvenil e interfiere con la metamorfosis y la emergencia del adulto. El uso de qué tipo y formulación de larvicida depende de la biología del mosquito, el tipo y tamaño del hábitat, el modo de aplicarlo, el ingrediente activo del compuesto químico, la composición química del agua y la presencia de organismos no tarjeta. Algunos son de acción retrasada lo que permite aplicarlos cuando el área está seca y luego es activado cuando el área se inunda.

Los adulticidas son aplicados a la superficie en la que se paran los adultos. El incorporar elementos residuales los hace más efectivos por días o meses. Anteriormente estos productos formaron parte de un arsenal de estrategias en el control de la malaria a nivel global. Esto conllevaba el asperjar con DDT las paredes internas de las residencias dos veces al año. Esto funcionó mientras los mosquitos no desarrollaron resistencia, el programa se abandonó. El uso de control químico en el exterior es de efectividad limitada dado el efecto degradable sobre el ingrediente activo que tiene la luz solar, el viento, la lluvia o se detectan problemas ambientales como consecuencia del mal uso del producto. También se utilizan adulticidas para que tengan contacto directo con los adultos, estos se basan en el uso de gotas minúsculas aéreas que entren en contacto con el insecto. Hay aerosoles termales o “thermal fogs” y los aerosoles de volumen ultra bajo “ultra low volume sprays – ULV”. Ambos pueden aplicarse de equipo de mano o motorizado e inclusive de vehículos rodantes y de aviones y helicópteros. El “thermal fog” involucra el uso de una insecticida con un combustible, típicamente diesel o keroseno, que se calienta y produce una nube de insecticida que divaga por el aire del área a tratarse. El sistema de ULV se basa en forzar la mezcla de insecticida a presión por un pistero de forma que salga una nube de partículas bien pequeñas que pase por el área a tratarse. Hoy en día tienen aprobación los organofosforados, carbamatos, piretrinas, piretroides sintéticos. El uso de control químico ha tenido como consecuencia directa el desarrollo de resistencia bioquímica, de comportamiento o genética, por parte del mosquito.

Monitoreo – Esta actividad es crucial para un programa de control efectivo y conlleva el determinar la distribución, abundancia y grado de actividad patogénica a través del

tiempo. La idea es contar con información que permita tomar acción antes de que un problema de magnitud se manifieste, por lo que típicamente se ajustan umbrales de acción o respuesta.

Las vacunas y las drogas son otras herramientas importantes en proteger o tratar a los animales y al ser humano susceptible a las enfermedades originadas por mosquitos. Esto no sólo protege al individuo; también disminuye su capacidad de ser una fuente de transmisión. Se han desarrollado varias vacunas para varios arbovirus, pero varían en la calidad y duración de la protección que proveen. Las otras vacunas que demuestran tener alguna posibilidad utilizan antígenos de esporozoitos, etapas sanguíneas y gametos; la última se llama vacuna *bloqueadora de la transmisión* ya que utiliza anticuerpos del ser humano que tienen efecto perjudicial contra etapas que se forman en el mesenterón del insecto. Entre las drogas que hay, hay varias de amplio espectro que se utilizan en la profilaxis, terapia o ambas. La más utilizada es la cloroquina, como profilaxis, pero a la cual ya hay mucha resistencia en algunas poblaciones de *Plasmodium* en cuyo caso se utiliza mefloquina. Contra las microfilarias se puede utilizar diethylcarbamazine (DEC) en un protocolo de quimioterapia estándar. Estados avanzados de la enfermedad no son tratables, excepto por cirugía. Pero tratamiento en masa de una población puede llevar la transmisión a cero si se trata por un largo de tiempo que puede ser mayor del año. La ivermectina y la DEC son dos de las drogas que prometen eficacia en el tratamiento de casos de filaria. Ambos son utilizados como en la quimioterapia contra las infecciones del gusano del corazón del perro.