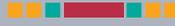


Lorena González López y Fidel de la Cruz Hernández Hernández



Malaria: vectores

La malaria es transmitida por mosquitos *Anopheles* spp. hembra, los cuales adquieren los parásitos *Plasmodium* cuando toman sangre de un individuo infectado. Los parásitos se desarrollan, van a las glándulas salivales y cuando el mosquito pica, los inyecta en un nuevo hospedero. Las medidas efectivas de control de la malaria son resultado del conocimiento de la biología del mosquito; los estudios continúan para combatir la transmisión de otras enfermedades, como dengue, zika y chikunguña.

Generalidades

Los insectos son parte de los artrópodos, palabra que significa “con patas articuladas”. Su cuerpo está formado por tres segmentos: cabeza, tórax y abdomen. Tienen un esqueleto externo (exoesqueleto), un par de antenas con las que tocan y huelen, y las formas adultas tienen seis patas y dos pares de alas que se unen al tórax.

Los insectos son el grupo de animales más diverso e importante que hay sobre la Tierra; han desarrollado todas las estrategias posibles de sobrevivencia: son depredadores, presas, parásitos o huéspedes; los hay venenosos, útiles, etcétera.

Insectos vectores

Las enfermedades transmitidas por insectos causan más de 17% de todas las infecciones y provocan más de un millón de muertes al año. Los insectos transmisores o vectores de enfermedades son succionadores de sangre; de hecho, de un huésped infectado (humano o animal) ingieren los microorganismos que producen la enfermedad, para después inyectarlos en otro hospedero durante una nueva alimentación con sangre.

En el grupo de los dípteros –insectos que tienen dos alas– está el más importante y conocido de los transmisores de enfermedades: el mosquito. Existen alrededor de 3 500 especies de mosquitos que se agrupan en 41 géneros y se encuentran en

todos los hábitats del planeta. Se les considera entre los animales más peligrosos del mundo, ya que las enfermedades que transmiten son las que presentan la mayor cantidad de casos y de muertes; entre éstas está la parasitosis más importante, la malaria o paludismo, así como enfermedades virales como dengue y chikunguña.

Transmisión de la malaria

 La malaria humana es transmitida únicamente por las hembras de entre 30 y 40 especies de mosquitos del género *Anopheles*, formado por 430 especies. Los anofelinos se encuentran en todo el mundo, excepto en la Antártica, y están principalmente en las regiones tropicales. Éstos se distinguen de otros géneros por sus características morfológicas, lo que permite saber de manera fácil y rápida qué tipo de mosquito está presente en cierta localidad; por ejemplo, se pueden distinguir por su postura al momento de pararse en una superficie para alimentarse, ya que al picar, el mosquito *Anopheles* dispone su abdomen en forma vertical –se ve como un alfiler–, a diferencia de otros géneros, que colocan el abdomen de forma paralela a la superficie.





Entre los mosquitos transmisores más relevantes se encuentra un conjunto de especies llamadas *Anopheles gambiae*, que transmiten al parásito más letal en África (*Plasmodium falciparum*). La capacidad de transmitir malaria por esta especie causó durante años problemas a los médicos y biólogos encargados de controlar la infección, ya que donde encontraban al mosquito, a veces existía transmisión y a veces no. Gracias al uso del microscopio para estudiar los cromosomas y de la biología molecular para estudiar el ADN, se descubrió que hay al menos ocho especies que no se pueden distinguir por su morfología.

En México existen varias especies de *Anopheles*, de las cuales *An. albimanus* y *An. pseudopunctipennis* transmiten al parásito que causa la malaria y están distribuidas en muchas partes del país. Por sus características geográficas y ambientales, México tiene las condiciones indicadas para que se dé la transmisión del **paludismo**; de hecho, en la primera mitad del siglo XX ésta llegó a ser una de las primeras cinco causas de muerte. Gracias al trabajo del sector salud se tiene controlada la transmisión y, actualmente, México es considerado como ejemplo del control de la malaria. Sin embargo, aún no se erradica esta

enfermedad y existen focos endémicos que pueden reactivar la transmisión, como ocurrió en la década de 1980 cuando, al abandonar las medidas de control, en menos de seis meses ocurrió un aumento exponencial de la transmisión de paludismo; por lo que las medidas de vigilancia no se deben abandonar.

Descripción y ciclo de vida

Los mosquitos tienen un ciclo de vida muy interesante, ya que se van transformando y pasan por cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. Las tres primeras fases son acuáticas y tienen una duración de 5 a 14 días según la especie, la temperatura y la humedad ambiental. Los huevos de los anofelinos se depositan en el agua, sobre la cual se mantienen por medio de estructuras tipo flotadores a los lados. Del huevo sale una larva en forma de gusano segmentado, que se alimenta y crece realizando cuatro mudas (se quita su esqueleto externo para crecer). Finalmente, se mete en un capullo (pupa) en el que ocurre una transformación llamada metamorfosis, donde la larva acuática se desarrolla en un mosquito adulto.

Paludismo
Enfermedad causada por parásitos del género *Plasmodium* que se transmiten al humano por la picadura de mosquitos hembra del género *Anopheles*.

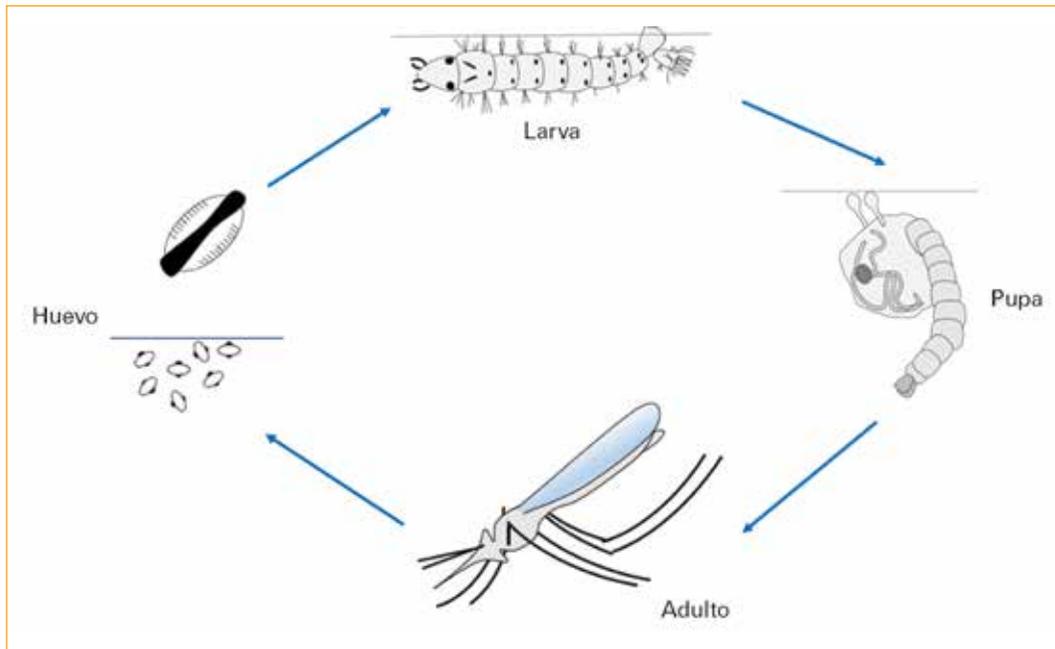


Figura 1. Ciclo de vida de *Anopheles* spp. El ciclo del mosquito inicia en el agua con el huevo, que pasa a la fase de larva y realiza cuatro mudas de crecimiento. Después pasa a la fase de pupa, donde ocurre la metamorfosis que produce al mosquito adulto. El mosquito sale de la pupa para vivir parte de su vida en el aire.

Como ya se mencionó, sólo los mosquitos hembras de *Anopheles* son responsables de la transmisión del parásito que provoca la malaria. Además de alimentarse de néctar, las hembras también se alimentan de sangre para obtener elementos nutritivos que utilizarán para fabricar sus huevos, por lo que su estómago, aparato chupador y glándulas salivales son diferentes a los de los machos. Cuando pica a una persona enferma o infectada, el mosquito hembra se lleva con la sangre a los parásitos. La sangre infectada llega a su intestino medio o “estómago”; gracias a los cambios de temperatura y acidez, el parásito —que la mayor parte de su vida vive dentro de un glóbulo rojo— se libera y se desarrolla en células sexuales maduras llamadas gametos. En el mismo estómago del mosquito un gameto masculino se fusiona con uno femenino para formar un **cigoto** que madura y da lugar a una forma móvil llamada **oocineto**; éste atraviesa el estómago del mosquito para formar una cápsula (ooquiste) en donde se desarrollan miles de parásitos. Después de 8 a 15 días (dependiendo de la especie de *Plasmodium*) el ooquiste se rompe y libera miles de parásitos móviles, llamados esporozoítos, que viajan por el cuerpo del mosquito para llegar a las glándulas salivales, en donde el parásito madura y espera para ser transmitido a través de la saliva cuando el mosquito vuelva a picar. El ciclo de infección continúa cuando el mosquito necesita alimentarse nuevamente de sangre y pica a una persona sana; en ese momento la saliva, junto con los parásitos, se inyectan al torrente circulatorio del nuevo hospedero.

Antes de que la infección pueda ser transmitida al humano, el ciclo de vida del parásito dentro del mosquito tiene una duración de 10 a 21 días, dependiendo de la especie del parásito y de la temperatura ambiente. Otros factores que afectan la capacidad de transmisión son las preferencias alimentarias del mosquito —si pica a un humano o al ganado, dentro o fuera de la vivienda, al amanecer o al anochecer—, cuál es su resistencia a los insecticidas y su longevidad.

Control

Una de las principales estrategias para el control y la erradicación de enfermedades transmitidas por

insectos vectores es el uso de insecticidas; sin embargo, la exposición prolongada a éstos puede conducir a la selección de mosquitos resistentes. Se sabe que al menos en 64 países los mosquitos *Anopheles* han desarrollado resistencia a los principales tipos de insecticidas, lo que puede llevar a un aumento sustancial de los casos de malaria.

Por todo esto, es necesario diseñar nuevas estrategias de control, basadas en el estudio de la biología del mosquito y su interacción con los parásitos, sobre todo en tres puntos clave: el estómago, el sistema inmune y las glándulas salivales. Ahora se puede trabajar con mosquitos genéticamente modificados, usados en el laboratorio para investigar las relaciones parásito-vector. Asimismo, se tienen expectativas de crear mosquitos resistentes al parásito de la malaria o que causen una disminución importante en la población de los mosquitos en el campo, como ya existen para los mosquitos transmisores del dengue. En el futuro, estos productos biotecnológicos podrían convertirse en una estrategia útil para el control de la transmisión de esta enfermedad.

Lorena González López es profesora del Departamento de Microbiología y Parasitología en la Facultad de Medicina, UNAM. Realizó una estancia en la Universidad de California, Irvine (2011); el doctorado en Ciencias (2015) en el Cinvestav, IPN; la maestría en Ciencias (2008) en la Facultad de Ciencias, UNAM; la licenciatura en Biología en la Universidad Simón Bolívar (2003), y un intercambio académico en la Universidad de Málaga (2002).
lgonzalezl@cinvestav.mx

Fidel de la Cruz Hernández Hernández es biólogo experimental de la UAM-I, y maestro y doctor en Ciencias por el Cinvestav, IPN. Programa Biology of Disease Vectors, Colorado State University; programa Biology of Parasitism, Modern Approaches, Woods Hole; profesor invitado del Departamento de Parasitología, Rijks Universiteit Leiden, Holanda; Premio Jorge Rosenkranz, ROCHE 2008 y 2009; y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.
cruzacruz@cinvestav.mx

Cigoto

En biología, se refiere a la célula que resulta de la unión de un gameto femenino y uno masculino en la reproducción sexual de los organismos eucariontes.

Oocineto

Del griego *oón* (huevo) y *kynesis* (movimiento). Cigoto con capacidad de movimiento, presente en el ciclo de vida de los parásitos del filo Apicomplexa.