Victoria Pando Robles, Aldo I. Ortega Morales y Herón Huerta

Mosquitos vectores de arbovirus

Diferentes especies de mosquitos son vectores de arbovirus; a continuación, se describirán sus características, su ciclo de vida y su participación en el ciclo de transmisión. En México, 60% del territorio nacional tiene las condiciones ambientales ideales para el desarrollo del mosquito vector, por lo que hay áreas en las que se reportan casos de dengue, zika y chikungunya.

Síntomas, diagnóstico y prevención

Las enfermedades arbovirales como dengue, zika y chikungunya presentan sintomatologías diversas: fiebre con dolor muscular, dolor de ojos, conjuntivitis, sarpullido (cambios en la piel que afectan su apariencia en el color o la textura), fiebres hemorrágicas y encefalitis. Sin embargo, es importante resaltar que la mayoría de las infecciones (60-80%) puede cursar de manera asintomática; es decir, la persona no se da cuenta de que está infectada.

Las personas infectadas con algún arbovirus presentan síntomas similares, por lo que el diagnóstico clínico de un paciente no es diferencial; para conocer la identidad del patógeno responsable de la sintomatología se debe realizar el diagnóstico en el laboratorio. No existe un tratamiento específico para combatir estas enfermedades, el tratamiento clínico es de soporte. La clave está en la identificación temprana de la enfermedad; una buena atención primaria reduce el número de hospitalizaciones y salva la vida de los pacientes.

En cuanto a la prevención, las vacunas están limitadas a la fiebre amarilla y a la encefalitis japonesa. Ante ello, las medidas de control y prevención de las arbovirosis recaen en el control de la población del vector.

Los vectores son hematófagos

Se denominan vectores todos aquellos organismos capaces de transmitir patógenos (agentes que causan enfermedad) al ser humano y a otros animales, ya sea

por picadura o mordedura. La transmisión puede ser mecánica o biológica; en la primera, el patógeno no requiere del vector para completar su ciclo de vida y, en la segunda, la participación del vector es una condición necesaria para que el agente causal de la enfermedad complete su ciclo biológico.

Los vectores más conocidos son los mosquitos, las garrapatas, las chinches (triatomas), las pulgas, los flebótomos y las moscas tsé-tsé. Una peculiaridad de estos animales es que todos son hematófagos, es decir, en algún momento de su vida se alimentan con sangre. En este artículo nos referimos exclusivamente a los mosquitos pertenecientes a la familia Culicidae, por su importancia como vectores de arbovirus.

En el planeta existen alrededor de 3 500 especies de mosquitos, pero no todas están involucradas en la transmisión de patógenos. Entre los vectores, los mosquitos de los géneros *Aedes* y *Culex* son muy importantes, ya que transmiten diferentes arbovirus (virus transmitidos por artrópodos).

Las especies *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* transmiten el virus Dengue (DENV), el virus Zika (ZIKV) y el virus Chikungunya (CHIKV), principalmente, aunque también pueden transmitir el virus de la Fiebre Amarilla (YFV) o el virus Mayaro (MAYV), entre otros.

Del género *Culex* existen diversas especies. Las que más destacan como vectores son *Culex quinquefasciatus* (en América, África y Asia) y *Culex pipiens* (en Europa, parte de África y Argentina), que son responsables de transmitir el virus del Nilo Occidental (WNV), el virus de la encefalitis japonesa (JEV), el virus de la encefalitis equina venezolana (VEEV) y el virus de la encefalitis de San Luis (EVSL), entre otros.

Mosquitos de los géneros *Aedes, Culex* y *Haemagogus*

Las especies más conocidas por su papel como vectores son los mosquitos *Ae. aegypti* (originario de África), *Ae. albopictus* (originario de Asia) y *Culex* spp. Estos mosquitos pertenecen a la clase Insecta, orden Diptera, familia Culicidae y subfamilia Culicinae, que incluye varios géneros de importancia médica, como *Aedes*, *Culex* y *Haemagogus*.

El género *Aedes* está constituido por más de 950 especies con distribución mundial; estos mosquitos se han propagado hacia diferentes regiones geográficas, principalmente por la actividad humana: viajes, comercio, crecimiento poblacional, urbanización desordenada, cambio climático, etcétera.

Ae. aegypti o mosquito de Egipto (el primer mosquito descrito en dicho país) es de un color oscuro o negro, tiene bandas de color blanco o plateado en el dorso, con escamas que asemejan la forma de una lira, y su característica más notoria es que sus patas tienen bandas en blanco y negro (véase la Figura 1).

Si es un mosquito de origen africano, ¿cómo fue que llegó a América? Se cree que fue introducido desde Europa en barriles de agua transportados en barcos durante las expediciones de los colonizadores; otra teoría dice que este mosquito llegó a nuestro continente debido al tráfico de esclavos.

Vector	*Aedes aegypti*	*Aedes albopictus*	*Culex quinquefasciatus*	*Haemagogus* spp.
Ciclo de transmisión	Urbano	Urbano y rural	Urbano y rural	Selvático y rural
Patógenos que transmite	DENV, ZIKV, CHIKV, YFV	DENV, CHIKV, ZIKV	WNV, JEV	YFV, MAYV

Figura 1. Principales vectores de arbovirus de importancia médica. Se muestran los vectores, los virus que transmiten y los ciclos de transmisión en que están involucrados.

Ae. aegypti puede transmitir el virus de la Fiebre Amarilla y se sabe que desde el siglo XV hubo brotes devastadores de esta enfermedad entre los colonizadores y la población nativa americana, que no tenía inmunidad para este patógeno. La primera epidemia confirmada de fiebre amarilla en América ocurrió en Barbados en 1647; en ese entonces no se conocía la enfermedad y su aparición fue todo un misterio. En 1881, el médico cubano Carlos Finlay descubrió la participación del mosquito *Ae. aegypti* como agente transmisor del virus de la Fiebre Amarilla. En 1937, Max Theiler desarrolló una vacuna, la cual es muy efectiva y se sigue usando.

Los machos de esta especie consumen néctar de plantas, mientras que las hembras se alimentan de sangre preferentemente humana. Éstas requieren los nutrientes para la producción de sus huevos y la **ovoposición**, por lo que su capacidad reproductiva está muy influenciada por la frecuencia de la ingestión.

Estos mosquitos pican de manera activa durante el día o al anochecer. Su hospedero preferido es el humano, por lo que se les considera antropofílicos. Ovipositan a nivel de la interfase agua/aire en recipientes de agua limpia naturales o artificiales, como tanques de agua, floreros, cubetas, macetas, fuentes, bebederos de animales, llantas desechadas, entre otros. Sorprendentemente, se ha encontrado una gran cantidad de mosquitos en los cementerios y las iglesias, donde los floreros les sirven de residencia para el desarrollo de sus huevos. Cabe resaltar que 60 % del territorio mexicano presenta las condiciones ambientales ideales para el desarrollo de estos mosquitos. Por su estrecha relación con los seres humanos, *Ae. aegypti* es considerado un mosquito urbano.

Por otra parte, *Ae. albopictus* es un vector secundario del virus Dengue, pero cabe resaltar que en Asia es el vector principal. Asimismo, aunque se le ha atribuido un menor potencial de transmisión, estudios recientes revelan que desempeña un papel importante en la transmisión del virus Chikungunya en el ciclo urbano.

Morfológicamente se caracteriza por presentar un diseño de escamas plateadas, en la cabeza y en el dorso del tórax, que presenta la forma de franja longitudinal. Al igual que *Ae. aegypti*, también tiene un anillado blanco en las patas (véase la Figura 1).

Su entrada en el continente americano es más reciente, aproximadamente a finales de la década de 1980, y se cree que fue por el transporte pasivo de huevos y larvas relacionado con el comercio internacional de llantas usadas, pues éstas pueden acumular agua de lluvia y constituyen un sitio ideal para el desarrollo de las larvas. *Ae. albopictus* es más tolerante a las bajas temperaturas, vive en zonas rurales y mantiene una amplia variedad de hábitats, en recipientes tanto artificiales como naturales.

Ambas especies conviven en algunas regiones alrededor de las ciudades y existe entre ellas una competencia por los mismos tipos de criaderos. En México, se encuentran también otras especies de *Aedes* de importancia médica, como *Ae. vexans*, *Ae. scapularis*, *Ae. fluviatilis*, *Ae. trivittatus* y *Ae. taeniorhynchus*;

Ovoposición
Cuando la hembra deposita los huevos.

Recuadro 1. Fiebre amarilla

En los últimos tres años, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Perú y Surinam han notificado casos de fiebre amarilla. Por este motivo y con la intención de prevenir brotes en otros países, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda "que todo viajero internacional debe vacunarse contra la fiebre amarilla, al menos 10 días antes de viajar a zonas donde circula el virus".

En el actual brote de fiebre amarilla en Brasil, que inició desde 2017, existe el temor de que los mosquitos *Aedes aegypti* de la ciudad adquieran el virus y se adapten, lo que puede generar una dispersión de la enfermedad similar al dengue.

Actualmente, la fiebre amarilla sólo está presente en algunas regiones del mundo, donde se reportan casos en 47 países: en África (34) y en América Central y del Sur (13), que son considerados endémicos o tienen regiones endémicas para la fiebre amarilla. Anualmente, tres millones de viajeros visitan zonas de transmisión del virus en estos países; sin embargo, el riesgo de infectarse para los viajeros de Sudamérica es 10 veces menor que el de los viajeros de África. Como se mencionó anteriormente, se recomienda vacunarse contra la fiebre amarilla si se realizará un viaje a zonas endémicas.

sin embargo, su papel como vectores se ha estudiado poco.

En el género *Culex* existen alrededor de 1 000 especies. Algunas de las especies presentes en México son *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. nigripalpus*, *Cx. tarsalis*, *Cx. taeniopus*, *Cx. pedroi* y *Cx. spissipes*, vectores de patógenos con gran impacto en la salud.

Cx. quinquefasciatus (véase la Figura 1), también llamado mosquito común casero, tiene una gran capacidad de adaptación a distintos nichos ecológicos en estado de larva (desde aguas limpias y cristalinas hasta aguas muy contaminadas con restos orgánicos) y su gran resistencia en estado adulto a las variaciones de temperatura hace que sea uno de los mosquitos de más amplia distribución y abundancia, en ambientes tanto rurales como urbanos. Presenta una marcada preferencia antropofílica nocturna.

Por otro lado, los mosquitos del género *Haemagogus* (véase la Figura 1) no son tan conocidos; sin embargo, también conforman un grupo importante en la familia Culicidae. Este género se distribuye principalmente en las zonas selváticas y boscosas donde predomina un ambiente tropical. Muchas especies del género *Haemagogus* presentan una coloración en tonos azul-metálicos. La hembra ovoposita sobre los huecos de algunos árboles, con la finalidad de que los huevos se mantengan adheridos a la superficie del sustrato y, con ayuda del agua de la lluvia, sean capaces de desarrollarse y convertirse en larvas. Cabe resaltar que ciertas especies de este género pueden ser los principales vectores del virus de la Fiebre Amarilla; algunas especies son zoofílicas y en América del Sur se ha comprobado que adquieren el virus al alimentarse del mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*), el cual actúa como reservorio.

Diversas especies del género *Haemagogus* pueden transmitir también el virus Mayaro. En años recientes Bolivia, Brasil y Perú han reportado brotes localizados de esta enfermedad producida, cuya sintomatología es muy parecida al chikungunya.

Las especies del género *Haemagogus* que se encuentran en México son *Hg. anastasionis*, *Hg. equinus*, *Hg. mesodentatus* y *Hg. regalis*. Aunque *Hg. mesodentatus* se considera un vector importante de fiebre amarilla en el ciclo selvático, en México no se han reportado casos de esta enfermedad recientemente, ni tampoco de Mayaro.

Dónde vive y cómo se reproduce el mosquito

Ae. aegypti se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, entre las latitudes 35° Norte y 35° Sur, y por debajo de los 1 000 metros sobre el nivel del mar (msnm); aunque también se ha registrado su presencia a una altitud mayor (2 000 msnm, en Colombia y Ciudad de México). Esta especie se desarrolla principalmente en recipientes con agua acumulada en los alrededores de las casas, como se mencionó anteriormente.

El ciclo de vida de *Ae. aegypti* (véase la Figura 2) comprende cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto; dura de 8 a 15 días y ocurre en el agua para las primeras etapas. El mosquito adulto vive entre 15 y 21 días, por lo general dentro de las casas, y puede volar hasta 600 metros para encontrar recipientes donde colocar sus huevos. Después del apareamiento, la hembra necesita alimentarse con sangre para la producción de los huevos; en cada ovoposición puede producir aproximadamente 150 huevos que son depositados en las paredes internas de los recipientes con agua. Los huevos pueden sobrevivir sin estar dentro del agua por un periodo de hasta 8 meses (desecación y diapausa), lo que constituye un problema para los programas de control vectorial, ya que pueden sobrevivir huevos infectados y, en la siguiente época de lluvia, desarrollarse y pro-

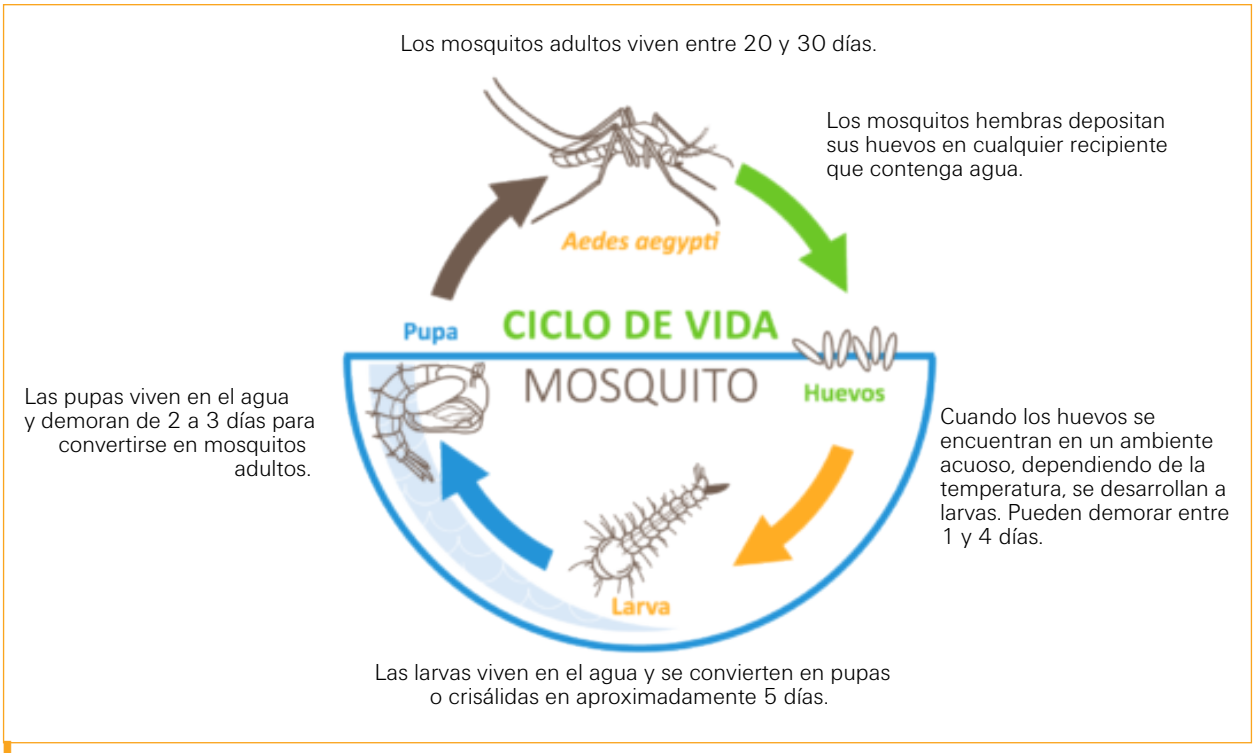

Figura 2. Ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti*. El mosquito se desarrolla en el agua hasta que emerge como adulto.

ducir mosquitos infectados. Afortunadamente, la **transferencia vertical** es baja: se ha estimado que, de cada 1 000 huevos, 1 puede estar infectado.

Los mosquitos se reproducen mejor en la época de lluvia, por lo que durante el verano aumenta su densidad poblacional y, en consecuencia, también se incrementa la posibilidad de transmisión de los arbovirus. Si el lector vive en una zona endémica, puede comprobar en su vida diaria que los casos de dengue aumentan en dicho periodo.

El mosquito adquiere el virus y lo transmite

El ciclo de transmisión de cualquier arbovirus empieza cuando la hembra del mosquito se alimenta de la sangre de una persona o de un animal que estén infectados con el virus. El arbovirus ingresa al mosquito y el primer tejido en infectarse es el intestino medio; posteriormente el virus sale a la hemolinfa y se propaga hacia otros tejidos del mosquito, hasta llegar a las glándulas salivales, donde también se replica para luego ser secretado en la saliva durante la siguiente alimentación sanguínea. Como resultado, el virus se transmite a otra persona o a un animal sanos. El tiempo de replicación del arbovirus en el mosquito se denomina periodo de incubación extrínseca (EIP) y dura de 7 a 14 días, dependiendo del tipo de virus y de la cantidad de virus con que se alimente el mosquito. Por ejemplo, para el virus Dengue es de 14 días, mientras que para el virus Chikungunya es de 4 días. Esto significa que este último se replica más rápido: desde que el virus ingresa al mosquito sólo pasan 5 días para que se amplifique, llegue a la saliva y, potencialmente, se transmita. La infección del mosquito *Ae. aegypti* con cualquier arbovirus es persistente; queda infectado de por vida. Esto significa que el virus puede ser transmitido por el mosquito durante sus 15 a 21 días de vida.

Transferencia vertical
Cuando la hembra transmite el virus a su descendencia.

Los arbovirus se mantienen en ciclos de vida complejos, que involucran a un hospedero mamífero, el cual garantiza la amplificación del virus, y a un vector artrópodo (mosquito), que asegura su diseminación. Diferentes especies de mosquitos pueden actuar como vectores para el mismo virus en diferentes

hospederos vertebrados, dependiendo de la ubicación geográfica y la ecología. Con excepción del virus Dengue, la mayoría de los arbovirus circulan en un ciclo de transmisión independiente del humano, en el que los mosquitos zoofílicos (que se alimentan de sangre animal) transmiten el virus. Este ciclo selvático se puede romper cuando los humanos se entrometen accidental o intencionalmente en los hábitats naturales y se infectan por vectores antropozoofílicos (también llamados vector puente), que son aquellos mosquitos que se alimentan con sangre de algún animal y también con sangre humana.

Posteriormente, puede ocurrir un brote, ya que el virus se introduce en un ambiente permisivo donde coexisten vectores antropofílicos competentes y poblaciones humanas susceptibles. Los vectores antropofílicos aseguran la diseminación de los arbovirus entre humanos en áreas urbanas, durante el ciclo urbano. En tanto, el ciclo epizoótico o rural ocurre cuando el virus circula entre animales domésticos y mosquitos, se presenta en áreas geográficas definidas, pero tiene capacidad de causar brotes o epidemias con morbilidad y mortalidad que pueden ser de importancia significativa.

Los arbovirus se mantienen en la naturaleza en tres ciclos de transmisión: *1)* ciclo selvático (enzoótico), *2)* ciclo epizoótico, y *3)* ciclo urbano, a los que también podemos considerar como estado de preemergencia, emergencia localizada y emergencia, respectivamente (véase la Figura 3). Los factores implicados en la transmisión de los arbovirus se caracterizan por ser dinámicos, interdependientes y complejos, de los cuales destacan (con algunos ejemplos): los factores demográficos (incremento de la población humana), factores sociales (globalización), factores ecológicos (cambio climático), factores virales (evolución de los virus), factores vectoriales (susceptibilidad a la infección o competencia vectorial) y factores de salud pública (control vectorial). El entendimiento de esta compleja dinámica nos permitirá prever la emergencia de un nuevo patógeno.

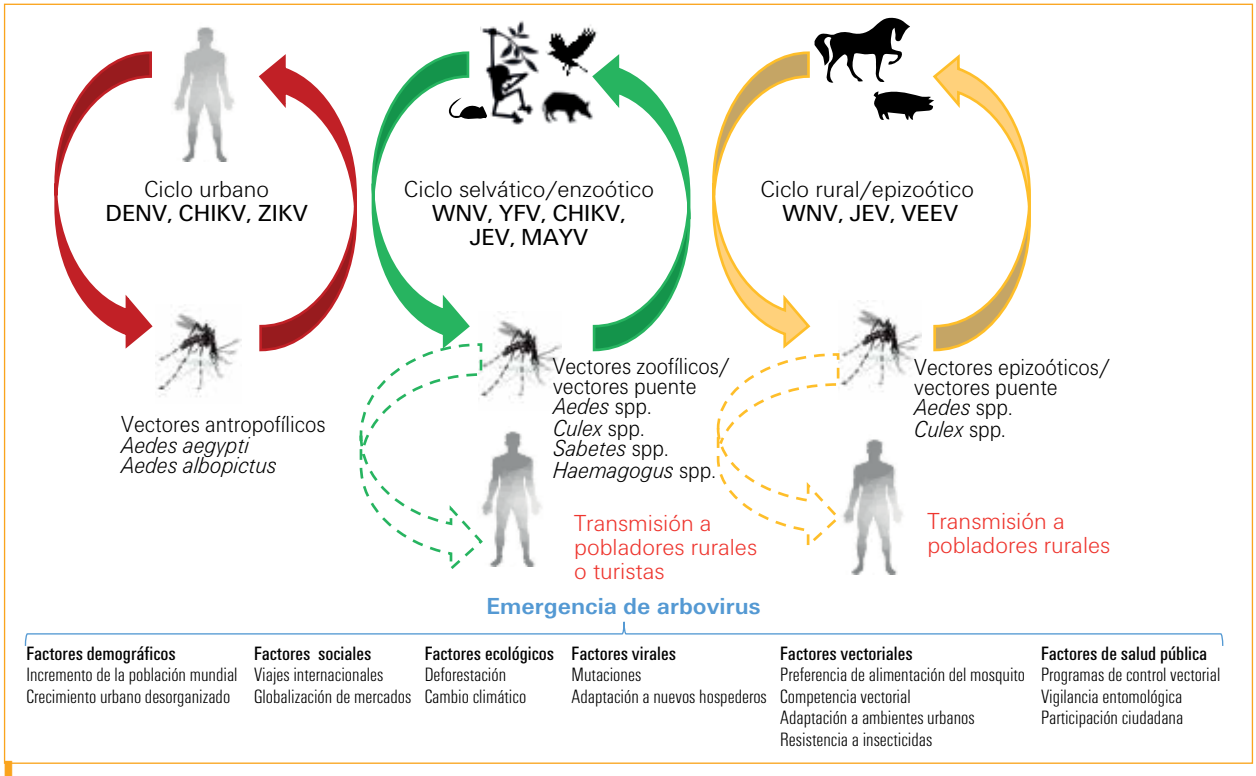

Figura 3. Ciclo de transmisión de arbovirus y factores asociados a la emergencia. Los arbovirus se mantienen en la naturaleza en tres ciclos de transmisión: *1)* ciclo selvático (enzoótico), *2)* ciclo epizoótico, y *3)* ciclo urbano.

Capacidad y competencia vectorial

La dinámica de transmisión de los arbovirus es compleja, está determinada por las interacciones entre el virus, el vector y el hospedero en un ecosistema particular y aún no se conocen todos los factores que la gobiernan. Existe evidencia de que la susceptibilidad a la infección con el virus Zika, el virus Dengue u otros arbovirus varía entre poblaciones de mosquitos *Ae. aegypti* de distintos orígenes geográficos, ya que las diferencias genéticas y ecológicas entre poblaciones pueden ser responsables de las diferentes susceptibilidades.

Desde hace muchos años se acuñó el concepto de "capacidad vectorial" para referirse a la idoneidad de los vectores para la transmisión efectiva de un patógeno a su hospedero, la cual está determinada por múltiples factores: los intrínsecos o propios del vector y los extrínsecos o ajenos al vector (véase la Figura 4). Los factores propios del vector que le confieren la capacidad de infectarse con un patógeno, diseminarlo en su organismo y transmitirlo mediante la saliva se conocen como "competencia vectorial". Esta característica es particular de la relación patógeno-vector; esto es, la susceptibilidad a la infección es diferente para cada virus. Para que un mosquito sea considerado un vector efectivo, debe tener una alta competencia vectorial y una elevada capacidad vectorial.

Trataremos de explicar este concepto con la relación entre el virus Zika y el mosquito *Ae. aegypti*. Este virus fue aislado por primera vez en 1947 de la sangre de un mono *Rhesus* que se utilizaba como centinela para virus de la Fiebre Amarilla en la selva de Zika, cerca de la ciudad de Entebbe, en Uganda. En esa época, el ciclo de transmisión era selvático y el virus circulaba entre animales (principalmente monos) y mosquitos *Aedes* spp. Probablemente, la competencia vectorial de *Ae. aegypti* para transmitir

Centinela
Un animal que está en un sitio estratégico y sirve para realizar el monitoreo de la circulación de ciertos patógenos; en este caso, un virus.

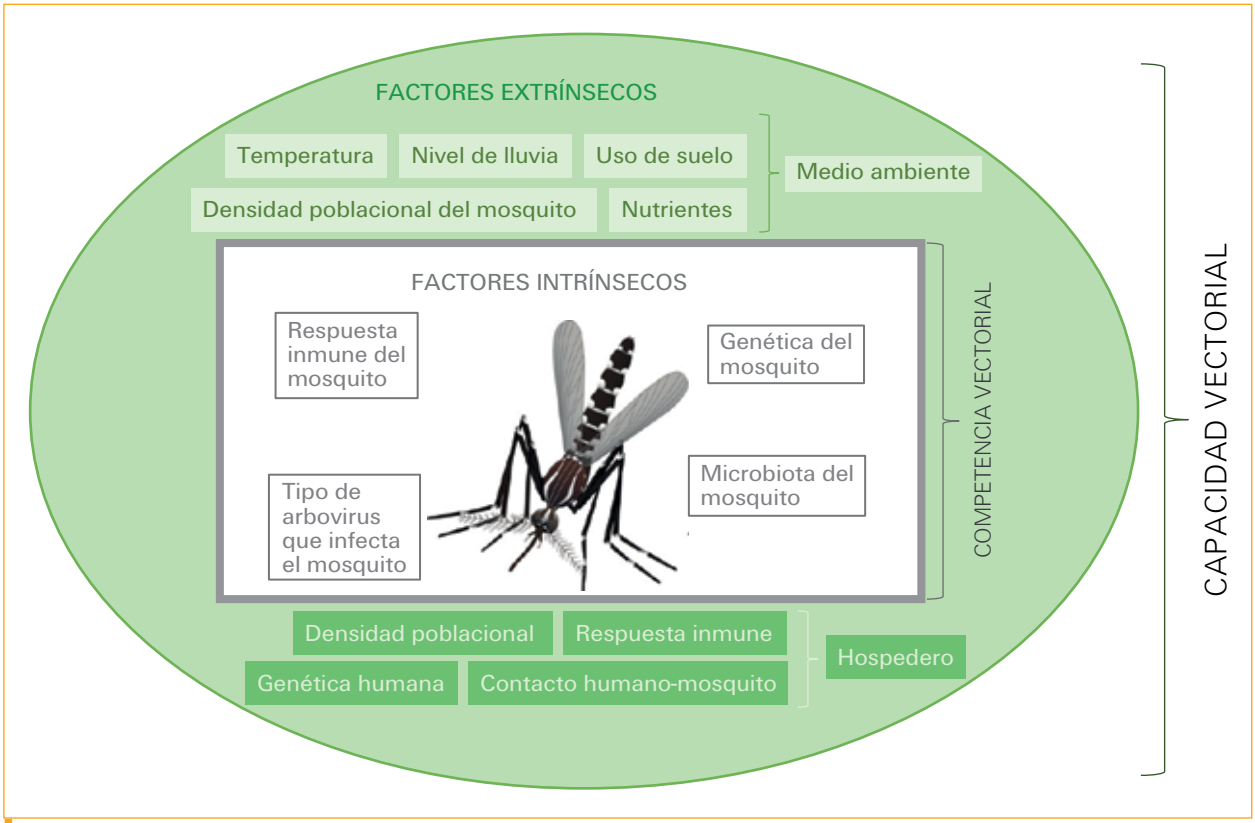

Figura 4. Capacidad y competencia vectorial. La capacidad vectorial está determinada por factores extrínsecos e intrínsecos al vector. La competencia vectorial se define por la genética y la respuesta inmune del vector, así como por la interacción con el patógeno y con la microbiota. La competencia vectorial es un componente de la capacidad vectorial.

el virus Zika era baja y la capacidad vectorial también era baja. En los siguientes 50 años se reportaron aproximadamente 50 casos de la enfermedad zika en humanos y el virus fue cambiando o evolucionando. El brote epidémico en 2007, cuando el virus infectó a miles de personas en las islas Yap, sorprendió a la comunidad científica; posteriormente ocurrió el brote en la Polinesia Francesa (2014) y después el virus llegó a Brasil (2015), desde donde se diseminó a toda América y otros continentes. Estudios retrospectivos muestran que el genotipo viral que invadió Asia y América es diferente del genotipo africano y, además, encuentran una mutación en una proteína viral (NS1) que le confiere una mayor replicación en el mosquito *Ae. aegypti* (esto demuestra que su competencia vectorial aumentó); al ser un mosquito urbano, los factores extrínsecos, como densidad poblacional o globalización, también contribuyeron en la dinámica de la infección y en la dispersión del virus causante del zika, es decir, aumentó la capacidad vectorial.

En condiciones de laboratorio, cepas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* son competentes para transmitir 26 diferentes arbovirus; sin embargo, en condiciones naturales, la competencia vectorial de estos mosquitos por un virus en particular ha sido poco evaluada, principalmente en México.

Actualmente, nuestro grupo de investigación trabaja en un proyecto cuyo objetivo es determinar la distribución geográfica de la competencia vectorial para transmitir diferentes arbovirus en mosquitos *Ae. aegypti* de distintos estados de la república mexicana. Pensamos que los resultados de este trabajo serán útiles para generar un mapa de riesgo entomológico de la diseminación de estos arbovirus en el territorio nacional y para establecer medidas de control de la población del vector basadas en evidencia científica.

Perspectivas

Los mosquitos pueden transmitir diferentes arbovirus al ser humano y generar enfermedades de sintomatología parecida, como fiebre, dolor de huesos o sarpullido; sin embargo, los desenlaces son distintos, pues algunos arbovirus –como Dengue– provocan cuadros hemorrágicos, y otros –como Zika– pueden causar encefalitis. Conocer los vectores que circulan en México, los factores responsables de la competencia vectorial y los factores de riesgo para

la emergencia de los arbovirus nos ayudará a tener medidas de control más adecuadas para combatir las arbovirosis. Para ello, la participación de la población con el fin de evitar que se desarrollen los mosquitos es fundamental.

Victoria Pando Robles

Centro de Investigación sobre Enfermedades Infecciosas, Instituto Nacional de Salud Pública.

victoria.pando@insp.mx

Aldo I. Ortega Morales

Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.

agrortega@hotmail.com

Herón Huerta

Laboratorio de Entomología, Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos.

cerato_2000@yahoo.com

Referencias específicas

AMSE, Asociación de Médicos de Sanidad Exterior (2017), *Inf. Epidemiológica. Fiebre amarilla. Epidemiología y situación mundial*. Disponible en: <https://www.amse.es/informacion-epidemiologica/69-fiebre-amarilla-epidemiologia-y-situacion-mundial>, consultado el 15 de noviembre de 2019.

Chan-Chable, R. J., A. Martínez-Arce, P. C. Mis-Ávila y A. I. Ortega-Morales (2019), "DNA barcodes and evidence of cryptic diversity of anthropophagous mosquitoes in Quintana Roo, Mexico", *Ecol Evol*, 9(8):4692-4705.

Ciota, A. T. y L. D. Kramer (2013), "Vector-virus interactions and transmission dynamics of West Nile virus", *Viruses*, 5(12):3021-3047.

Elizondo-Quiroga, D., A. Medina-Sánchez, J. M. Sánchez-González, K. A. Eckert, E. Villalobos-Sánchez, A. R. Navarro-Zúñiga, G. Sánchez-Tejeda, F. Correa-Morales, C. González-Acosta, C. F. Arias, S. López, R. M. del Ángel, V. Pando-Robles y A. E. Elizondo-Quiroga (2018), "Zika virus in salivary glands of five different species of wild-caught mosquitoes from Mexico", *Sci Rep*, 8(1):809.

Gaffigan, T. V., R. C. Wilkerson, J. E. Pecor, J. A. Stoffer y T. Anderson (2015), *Systematic Catalog of Culicidae*. Disponible en: <www.mosquitocatalog.org>, consultado el 15 de noviembre de 2019.

Liu, Z.Y., W. F. Shi y C. F. Qin (2019), "The evolution of Zika virus from Asia to the Americas"; *Nat Rev Microbiol*, *17*(3):131-139.

Ortega-Morales, A. I., R. Méndez-López, J. A. Garza-Hernández, V. H. González-Álvarez, I. Ruiz-Arrondo, H. Huerta-Jiménez, L. M. Rodríguez-Martínez y M. A. Rodríguez-Pérez (2019), "The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tabasco, Mexico", *J Vector Ecol*, *44*(1):57-67. doi: 10.1111/jvec.12329

Souza-Neto, J. A., J. R. Powell y M. Bonizzoni (2019), "*Aedes aegypti* vector competence studies: A review", *Infect Genet Evol*, 67:191-209.