

CAPÍTULO 1

Una introducción a los artrópodos vectores

María V. Micieli y Arnaldo Maciá



Metodologías de muestreo utilizadas para la vigilancia entomo-viológica en el contexto de un estudio de epidemiología de enfermedades transmitidas por vectores.

Foto: Evangelina Muttis y María V. Micieli.

Historia de la disciplina

El estudio moderno de los artrópodos que poseen importancia médico-veterinaria comenzó a finales del siglo XIX cuando se probó por primera vez el papel de un insecto hematófago como vector de un patógeno al hombre.

En 1877, el médico inglés Patrick Manson, fue el primero en demostrar la transmisión de un patógeno por un vector al descubrir que los estados larvales de la filaria *Wuchereria bancrofti*, se desarrollaban en el cuerpo del mosquito *Culex pipiens fatigans*. A partir de este descubrimiento

pionero, una rápida sucesión de estudios fueron confirmando el rol vectorial de diferentes artrópodos hematófagos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- 1891, los americanos Smith y Kilbourne implicaron a la garrapata *Boophilus annulatus* como vector de *Babesia bigemina*, agente causal de la fiebre bovina de Texas, lo cual generó un programa de erradicación de esta garrapata en Estados Unidos.

- 1898, Ronald Ross demostró la transmisión de la malaria de las aves por medio de mosquitos. En el mismo año, Giovanni Grassi describió el desarrollo cíclico de los parásitos de la malaria en los mosquitos del género *Anopheles*.

- 1898, Simond estudió la transmisión del agente etiológico de la peste de rata a rata por medio de pulgas.

- 1901, Walter Reed, Carroll, Lazear y Agramonte comprobaron la transmisión del virus de la fiebre amarilla por medio del mosquito *Aedes aegypti*, lo cual ya había sido postulado en 1881 por el médico cubano Carlos Finlay.

- 1902, Graham verificó la transmisión del virus dengue por medio de mosquitos.

- 1903, Bruce y Navarro demostraron la transmisión de la enfermedad del sueño en el hombre por medio de la mosca tsé-tsé.

- 1907, el brasilero Carlos Chagas comprobó que *Trypanosoma cruzi* era el agente causal de la enfermedad de Chagas, transmitido por triatominos.

Estos descubrimientos prácticamente establecen los fundamentos de la disciplina “entomología médica y veterinaria”, que trata, en síntesis, el estudio de los insectos en relación con la salud humana y animal. Actualmente, el campo de la entomología médica y veterinaria es muy complejo y especializado, siendo absolutamente necesaria la cooperación de especialistas en áreas diferentes, para llevar a cabo investigaciones interdisciplinarias.

Importancia médica y veterinaria de artrópodos

En este libro abordaremos el estudio de los artrópodos (no solamente insectos) que revisten importancia desde el punto de vista médico y veterinario, pudiendo causar condiciones patológicas por sí mismos, por su propia alimentación hematófaga o comportándose como vectores, transmitiendo organismos patógenos al hombre o animales.

Como agentes directos de la enfermedad o el malestar

1. **Entomofobia:** es cuando el miedo a la presencia de insectos, arañas, u otros artrópodos (aún aquellos inocuos) inducen a la aparición de cuadros de desorden nervioso, frecuentemente con reacciones histéricas y alucinaciones.

2. **Molestia:** resulta difícil estimar la importancia de la molestia que pueden ocasionar los insectos. En general la molestia se relaciona con la abundancia de las poblaciones, el pequeño

tamaño, o el hábito de volar cerca o alrededor de ojos, nariz, y oídos; un ejemplo es el contacto accidental con pelos urticantes de lepidópteros transportados por el viento. En algunos casos los insectos pueden convertirse en verdaderas plagas para el hombre especialmente en sitios de recreación al aire libre, como parques, lagos y lagunas. Este malestar que producen, salvo raras excepciones, no es tan importante para humanos; sin embargo la producción animal puede reducirse drásticamente debido a la interferencia con el descanso y alimentación normal del ganado.

3. **Toxinas y venenos:** la acción de inyectar un veneno o toxina en tejidos de un animal es llamado envenenamiento. Las toxinas producidas por artrópodos presentan un amplio rango de sustancias químicas, desde simples compuestos inorgánicos u orgánicos hasta complejos compuestos. Los venenos suelen contener varios componentes farmacológicamente activos y dependiendo del tipo de tejidos o células que afectan, se pueden caracterizar como neurotoxinas, citotoxinas o hemotoxinas. Los síntomas que producen dependerán del tipo de veneno y la cantidad de toxina inoculada, entre otros factores.

4. **Dermatitis:** los artrópodos pueden causar irritaciones debido al simple contacto, por picadura, por secreciones, o por invasión de la piel.

5. **Invasión de tejidos del hospedador:** algunos artrópodos invaden los tejidos y órganos, existiendo varios grados que van desde infestaciones subcutáneas hasta la invasión de órganos como los intestinos. Usualmente los estados inmaduros de los artrópodos parasíticos suelen ser los que invaden tejidos y uno de los más comunes ejemplos es la miasis producida por larvas de dípteros. Ciertos ácaros también invaden la piel y los folículos asociados.

6. **Reacciones alérgicas:** una amplia gama de reacciones alérgicas pueden ocurrir en humanos o animales expuestos a artrópodos o por elementos constitutivos del cuerpo, por picaduras o agujijones o por inhalación de partículas alergénicas. La gravedad de las respuestas alérgicas depende de la susceptibilidad individual (incluida la predisposición hereditaria) y del tipo y tiempo de exposición previa. Los casos mortales son debidos a anafilaxia, generalmente asociada a una exposición previa ligera a artrópodos agujijoneadores (o picadores). Una hipersensibilidad menos severa responde mediante urticaria, eczema o asma.

Como vectores de patógenos

¿Qué es un **vector**? Es todo artrópodo que es capaz de transmitir organismos que causen enfermedades en huéspedes definitivos. La **enfermedad** es la respuesta del hospedador a la invasión y/o infección por un parásito. Puede ocurrir tanto en el vertebrado como en el invertebrado.

La **inmunidad** incluye todas las propiedades del hospedador que confieren resistencia al patógeno y juegan un papel importante en el desarrollo de la enfermedad. Algunos individuos o especies tienen inmunidad natural o innata por lo que son refractarios a la infección. En este caso, este tipo de inmunidad no requiere que el hospedador tenga contacto previo con el parásito. La inmunidad adquirida se relaciona con individuos que luego de infectarse con un parásito, se

recuperan y adquieren protección contra ese patógeno, la cual puede ser parcial o completa. La respuesta parcial puede permitir la infección pero reducir la severidad de la misma, mientras que la completa resulta en la cura de la enfermedad evitando reinfecciones. La inmunidad adquirida puede ser humoral y mediada por anticuerpos o celular la cual resulta en la activación de las células T y de los macrófagos. Los anticuerpos son proteínas llamadas inmunoglobulinas con funciones específicas en la inmunidad. La inmunoglobulina G (IgG) es la más común y se encuentran en altas concentraciones en el suero de individuos, varias semanas después de una infección y pueden persistir y ser detectadas en niveles de protección hasta varios años posteriores a la primera infección. La inmunoglobulina M (IgM) aparece rápidamente luego de la infección pero es de corta duración; es por ello que en los análisis de sangre, la presencia elevada de concentraciones de IgM implica una posible infección actual o reciente.

Componentes de los ciclos de transmisión vectorial

- Un **parásito** que pueda multiplicarse dentro de tejidos de hospedadores tanto vertebrados como invertebrados.
- Un **hospedador vertebrado** que es capaz de desarrollar un nivel de infección del parásito que debe ser infectivo para un vector.
- Un **hospedador artrópodo o vector** que adquiere el parásito del hospedador vertebrado y es capaz de transmitirlo.

Parásitos

Un **parásito** es un organismo (virus, bacteria, protozoo, helminto u artrópodo) que depende de un hospedador para su supervivencia. Un parásito puede o no causar enfermedad. Cuando ocasiona enfermedad entonces se llama **patógeno** o **agente etiológico**. Los parásitos pueden ser **facultativos** (tienen formas parasíticas y de vida libre) u **obligados** (dependen totalmente de su hospedador para cumplir su ciclo de vida). Pueden ser **ectoparásitos** si viven por fuera o sobre el hospedador o **endoparásitos** si viven dentro del hospedador.

Los parásitos transmitidos por vectores han desarrollado mecanismos para tolerar tanto la temperatura alta constante y evadir el complejo sistema inmune de los vertebrados así como para tolerar la temperatura variable corporal y evitar los diferentes sistemas de defensa de los artrópodos.

Protozoos: los huéspedes vertebrados generalmente no desarrollan una fuerte inmunidad hacia este tipo de parásitos, por lo que son posibles infecciones repetidas. Se pueden reconocer, entre otros:

Phylum Apicomplexa: especies de *Plasmodium* transmitidas al hombre por mosquitos *Anopheles*, y a diferentes vertebrados por varias especies de mosquitos; *Babesia* a animales domésticos,

por ácaros; *Hepaticystis* a los monos, por Ceratopogonidae; *Leucocytozoon* y *Haemoproteus* a aves, por Ceratopogonidae y Simuliidae.

Phylum Euglenozoa: *Trypanosoma*, flagelados de la sangre humana, de animales domésticos y de otros vertebrados, transmitidas por moscas tsé-tsé, vinchucas y tábanos. *Leishmania*, flagelado transmitido por flebotominos, al hombre, perro, roedores, y otros vertebrados silvestres.

Phylum Amebozoa: *Entamoeba histolítica*, la ameba de la disentería, puede ser transmitida por cucarachas y muscoideos, por contaminación entre la fuente fecal y los alimentos. Este agente es normalmente transmitido por medio de una variedad enorme de rutas asociadas a la carencia de higiene, jugando los artrópodos un rol menor.

Helmintos: al igual que los anteriores, la respuesta inmunitaria por parte de los vertebrados es débil, y son posibles infecciones repetidas.

Varios insectos y ácaros son huéspedes de Cestodes, Trematodes, Nematodes y Acantocéfalos. Cucarachas y moscas pueden transportar huevos de helmintos en la superficie del cuerpo.

Filaroideos, parásitos de sangre, del sistema linfático, de la musculatura, y cavidades. Los más importantes son los de la familia Onchocercidae. Ejemplos: *Wuchereria bancrofti* y *Dirofilaria immitis* transmitida por mosquitos; *Loa Loa* por tábanos; *Mansonella* por ceratopogónidos y simúlidos; y *Onchocerca volvulus* por simúlidos.

Bacterias: la respuesta inmune por parte de los vertebrados es alta.

Algunos ejemplos de bacterias transmitidas mecánicamente: *Salmonella* por moscas; *Bacillus anthracis* y *Francisella tularensis* por tábanos. También existen bacterias que se multiplican dentro del vector, y se transmiten durante el acto de alimentación como *Yersinia pestis*, el agente etiológico de la peste, transmitido por pulgas.

El grupo de las rickettsias incluye a bacterias pequeñas, que sólo se desarrollan en células vivas del huésped vertebrado, principalmente en el citoplasma, por ejemplo *Rickettsia prowazekii*, agente causal del tifus epidémico, transmitido al hombre por el piojo *Pediculus humanus*.

Virus: constituidos de ácidos nucleicos, rodeados de una cubierta proteica. La respuesta inmune por parte de los vertebrados es alta. Esta respuesta inmune adquirida luego de la infección con un virus, puede proveer protección contra otro virus de la misma familia o grupo. El término **arbovirus** (del inglés *arthropod borne disease*) agrupa a aquellos virus transmitidos por artrópodos. Hay cinco familias: Bunyaviridae, Flaviviridae, Togaviridae, Reoviridae y Rhabdoviridae

Hospedadores vertebrados

Definiciones de tipos de hospedadores

Los **hospedadores primarios** son esenciales para el mantenimiento y la transmisión del parásito, el cual completa parte de su desarrollo en ellos. Los **hospedadores secundarios o incidentales** no son esenciales para el mantenimiento de la transmisión, porque no otorgan al parásito las condiciones que necesita para completar su desarrollo.

Un **hospedador de amplificación** es aquel que incrementa el número de parásitos porque éstos se multiplican en su cuerpo y por lo tanto aumenta el número hipotético de vectores que se infectan cuando se alimentan sobre él.

Un **hospedador reservorio** es aquel en donde se desarrolla el parásito, permanece infectado por un largo período y sirve como fuente de infección del vector pero usualmente no desarrolla infección aguda.

Atributos de hospedadores primarios

Accesibilidad: el hospedador debe ser abundante y además, la fuente de alimento de preferencia para los vectores. Debe existir coincidencia en tiempo y espacio entre hospedadores y vectores.

Susceptibilidad: se refiere a que una vez expuesto al parásito, el hospedador debe permitir el desarrollo y la reproducción del mismo. Aquellos hospedadores que no permiten el desarrollo del número mínimo de parásitos para infectar a un vector o mueren antes de que el parásito complete su ciclo se llaman **hospedadores finales** o vías muertas.

Existen diferentes estrategias en los ciclos de transmisión. Una de ellas es producir un gran número de organismos infectivos en el hospedador definitivo, por relativamente cortos períodos de tiempo, luego del cual el hospedador muere por la infección o desarrolla inmunidad protectora (esto ocurre comúnmente en los parásitos de reproducción asexual como virus y bacterias; por ejemplo los arbovirus que suelen desarrollar, en los hospedadores vertebrados, entre 10^7 a 10^{10} partículas virales por ml de sangre durante 2 a 5 días). Otra estrategia es generar pocos individuos infecciosos en relativamente largos períodos de exposición a los vectores (ejemplos son las filarias, en donde las microfilarias son **menos** de 10 por mm^3 de sangre, en la circulación periférica de los hospedadores vertebrados, pero tanto las filarias como el hombre son de vida larga y la transmisión se aumenta por repetidas exposiciones).

Transmisibilidad: Los porcentajes de transmisión de un parásito son los que inciden en su permanencia en las poblaciones de hospedadores y vectores. La población del parásito se mantiene gracias a un adecuado número de hospedadores vertebrados susceptibles de infección. Aquí podemos referirnos a un constante equilibrio entre el porcentaje de infección y la presencia de hospedadores susceptibles. Los hospedadores deben ser abundantes y/o no desarrollar inmunidad a largo plazo o tener un rápido porcentaje de reproducción que asegure un rápido incremento de potenciales hospedadores susceptibles. Por lo tanto este número de hospedadores susceptibles depende de la inmunología y de la dinámica de la infección en la población hospedadora.

Vectores

Atributos de un vector eficiente

Selección de hospedador: el vector debe ser abundante y alimentarse frecuentemente del hospedador infectivo durante el período en el que el parásito circula en la sangre periférica o en otros tejidos accesibles al artrópodo. Los patrones de selección del hospedador determinan a qué tipo de parásitos estarán expuestos los vectores. Hablamos de **vectores antropofágicos**, los que se alimentan específicamente de humanos por lo que son importantes transmisores de parásitos humanos, los cuales pueden ser **endofilicos** si entran al interior de las viviendas para alimentarse o descansar o **exofilicos** si no lo hacen. Son vectores **zoofágicos** si se alimentan preferentemente de otros vertebrados no humanos, **mamalofágicos** preferentemente de mamíferos y **ornitofágicos** de aves.

Infección: el vector debe ser susceptible de infección y sobrevivir lo suficiente para que el parásito pueda completar su desarrollo y/o multiplicación.

Transmisión: Una vez infectado el vector tiene que volver a alimentarse de un hospedador susceptible para que ocurra la transmisión del parásito. La transmisión puede ser **vertical u horizontal**. La transmisión vertical es el pasaje de los parásitos entre generaciones dentro de las poblaciones del vector mientras que la horizontal es el pasaje entre hospedadores vertebrados y los vectores.

Existen tres tipos de transmisión **vertical**: la **transtadial** (es el pasaje del parásito adquirido en un estado o estadio del ciclo de vida al próximo estado o estadio, por medio de la muda; es importante en ácaros y garrapatas duras que tienen una sola alimentación sanguínea por cada estado); la **transgeneracional** (pasaje vertical desde la generación parental infectada a su descendencia, normalmente ocurre transováricamente en donde los parásitos infectan el tejido germinal del ovario; otra forma es transovum, en este caso la descendencia se infecta pero no a través de la infección de los ovarios, sino por contaminación externa de los huevos). Finalmente la transmisión **venérea** es el paso de los parásitos entre machos y hembras durante la cópula. Se da entre machos infectados transováricamente que infectarán a las hembras durante la inseminación, la cual infectará a su progenie durante la fertilización.

La transmisión **horizontal** es esencial para el mantenimiento de los parásitos transmitidos por vectores. En general involucra a las picaduras (ruta anterior) o la defecación (ruta posterior).

Existen cuatro tipos de transmisión horizontal: la mecánica y la biológica (cíclica, propagativa y ciclopropagativa).

Transmisión mecánica: es la forma más simple de transmisión por medio de la cual el vector lleva al parásito y lo disemina por contacto a sucesivos hospedadores, sin que exista desarrollo del mismo en el vector. Es una transmisión fortuita y suele ser un método alternativo a otros más importantes modos de transmisión del parásito. Ejemplos son los insectos omnívoros que frecuentan las viviendas humanas tales como la mosca doméstica y cucarachas, los cuales suelen

alimentarse sobre heces y alimentos humanos, teniendo potencial de transmitir patógenos entéricos mecánicamente. Hay reportes de insectos hematófagos que pueden transmitir mecánicamente parásitos en pequeñas gotas de sangre sobre sus piezas bucales. La principal limitación de la transmisión mecánica es la viabilidad de los patógenos en un ambiente no propicio como son las superficies externas del vector. Sin embargo, algunos agentes etiológicos pueden ser viables por varios meses sobre las superficies externas de las piezas bucales, lo cual constituye una enorme ventaja de estos patógenos para su diseminación.

Cuando el patógeno no sufre ningún tipo de modificación en su relación con el artrópodo, sino que es meramente vehiculizado se habla de **vector facultativo**. La transmisión mecánica puede ser interna o externa: **Interna** (en este caso se habla de **huésped intermediario**): el patógeno es ingerido por el artrópodo, y es así vehiculizado. Por ejemplo la tularemia, donde *Francisella tularensis* es transportado en el interior (piezas bucales) por el tábano hasta que éste pica a un vertebrado.

Transmisión externa (se denomina **foresia**): el patógeno es transportado pasivamente sobre el cuerpo del insecto. Por ejemplo moscas que transportan en sus patas bacterias *Salmonella* desde una fuente fecal a los alimentos.

Transmisión biológica: la mayoría de los vectores son vectores biológicos (obligados) puesto que hay un estado del ciclo de vida de los parásitos que sufren multiplicación y/o desarrollo en el vector antes de alcanzar un estado infectivo que sea capaz de invadir a un nuevo hospedador. El tiempo entre el ingreso del parásito, su multiplicación y/o transformaciones de los estados del ciclo hasta que el mismo es transmitido a un hospedador se llama **período de incubación extrínseco** y es un importante factor en la epidemiología de las enfermedades transmitidas por vectores. El **período de incubación intrínseco** es el tiempo que transcurre entre la infección en el hospedador vertebrado hasta el inicio de los síntomas.

Existen tres tipos de transmisión biológica:

a. **Cíclica**: el organismo causal experimenta cambios cíclicos o metamorfosis, pero no se multiplica dentro del vector. *Wuchereria bancrofti*, agente causal de la filariasis en mosquito.

b. **Propagativa**: el organismo causal no experimenta cambios cíclicos, pero se multiplica dentro del cuerpo del vector. *Yersinia pestis*, agente causal de la peste, se multiplica dentro de la pulga; las bacterias y los virus son típicamente transmitidos de esta manera.

c. **Ciclopropagativa**: El organismo causal experimenta cambios en relación con su ciclo, y a la vez se multiplica dentro del vector. La malaria es un ejemplo en el cual se produce la maduración y el incremento numérico del *Plasmodium* dentro del mosquito *Anopheles*.

Cuando la transmisión ocurre durante la ingesta sanguínea el parásito puede transmitirse utilizando diferentes vías:

- 1- **Multiplicación en el tubo digestivo y transmisión por las heces**: el estado infectivo es eliminado con la materia fecal del insecto. Como ejemplos: *Rickettsia prowazeki* se multiplica en el interior de las células del tubo digestivo de los piojos, las cuales se rompen entre 8 a 10 días posteriores al ingreso de la bacteria, y son eliminadas con las heces. Estas heces pueden ser infectivas hasta 3 meses; las mismas ingresan a un nuevo hospedador cuando

se rasca a través de las heridas o de las membranas de las mucosas (transmisión propagativa). Otro ejemplo es el caso del protozoo *Trypanosoma cruzi* en donde los estados metacíclicos del parásito (infectivos) son eliminados con las heces y durante el proceso de diuresis (eliminación de exceso de líquidos) luego de la alimentación sanguínea, de ese modo las formas infectivas ingresan al nuevo hospedador por mucosas o por rascado a través de las heridas (transmisión ciclopropagativa).

- 2- *Multiplicación en el tubo digestivo y transmisión por las picaduras del vector*: el parásito que ingresó con la ingesta sanguínea se desarrolla en el tubo digestivo y luego se dirige hacia la parte anterior del mismo para ser transmitido cuando el hospedador necesite una nueva ingesta sanguínea. Ejemplo: *Yersinia pestis* genera una especie de tapón en el tubo digestivo anterior, el cual se rompe y es expulsado por regurgitación cuando se genera una nueva ingesta sanguínea. Otro ejemplo es el caso de *Leishmania* en donde el parásito cumple parte de su ciclo en distintos sitios del tubo digestivo de los flebótomos, multiplicándose y dividiendo en la parte media para luego migrar hacia el tubo digestivo anterior y piezas bucales.
- 3- *Penetración del epitelio del tubo digestivo y transmisión por picadura del vector*: muchos parásitos no permanecen en el interior del tubo digestivo por varios factores como los efectos adversos de las enzimas digestivas y la barrera que significa la matriz peritrófica. Estos patógenos penetran rápidamente las células del tubo digestivo, la atraviesan y en el hemocele entran en contacto con el sistema inmune del insecto, al cual deben evadir para lograr exitosamente multiplicarse, desarrollarse o ambas cosas a la vez. Un ejemplo es el de las filarias, entran a sus vectores como microfilarias, atraviesan el tubo digestivo, mudan hasta alcanzar el estado infectivo para luego alcanzar el labio que recubre las piezas bucales. Cuando el insecto se alimenta, las formas infectivas móviles se desprenden del aparato bucal para penetrar al hospedador por el orificio de ingreso que deja la proboscis. En este caso no hay multiplicación de las filarias dentro del vector, solo cambio de estados, como ya fue mencionado. Otros parásitos que invaden el hemocele, se multiplican y circulan antes de alcanzar las glándulas salivales, lo cual es una estrategia efectiva ya que la saliva es producida cada vez que el vector debe alimentarse de sangre y así el parásito es inoculado con alta eficiencia. Ejemplos son los arbovirus (virus dengue, virus de la fiebre amarilla, etc.) y *Plasmodium* o parásitos de la malaria. Entre todos estos ejemplos que mencionamos existen diferentes estrategias para atravesar la importante barrera de la matriz peritrófica: atravesar las células del epitelio del tubo digestivo antes de la formación de la matriz peritrófica, luego de la desaparición de la misma o tener enzimas como las quitinasas que rompen el entramado de la misma.

Conceptos de epidemiología

Epidemiología: es un concepto que tiene en cuenta la historia natural y la propagación de enfermedades en las poblaciones humanas y animales. Las enfermedades de transmisión vectorial son resultado de la interacción de una tríada que incluye un vector artrópodo, un hospedador vertebrado y un parásito. Los factores ambientales como la temperatura y la lluvia afectan estos procesos al afectar la tasa de la maduración del parásito dentro del huésped artrópodo, así como la abundancia de los artrópodos y vertebrados en el tiempo y el espacio.

La **vigilancia epidemiológica** permite detectar el problema precozmente. Es sumamente importante para la adopción de medidas de prevención y control. La enfermedad transmisible debe considerarse desde una perspectiva clínica y otra entomológica. La primera puede ser pasiva (notificación) y activa (basada en pruebas de laboratorio: determinación de serotipos, tiempo de infección, ubicación). La vigilancia entomológica y los programas de control son más efectivos si existe suficiente información sobre el mantenimiento, amplificación, y los patrones de transmisión epidémica así como un conocimiento general, regional y local sobre la dinámica del vector.

Por lo tanto un entendimiento de la epidemiología de las enfermedades donde el agente etiológico es transmitido por vectores requiere de conocimientos que aportan varias disciplinas como son la ecología, fisiología, inmunología y genética poblacional de los parásitos, vectores y hospedadores.

Antroponosis: es una enfermedad parasitaria que normalmente infecta solo a humanos y a uno o más vectores antropofágicos. Ejemplos son dengue, malaria, algunas filariasis. Los humanos son reservorios para estos parásitos que pueden persistir por años como infecciones crónicas. Se llaman **epidemias** cuando el número de casos humanos diagnosticados aumenta durante un periodo específico de tiempo mientras que **endemia** es cuando los casos humanos reaparecen continuamente en tiempo y espacio. **Hiperendemia** se refiere a un incremento gradual por encima del nivel endémico, pero que no alcanza proporciones epidémicas. **Ocurrencia epidémica** es el incremento brusco de la incidencia, muy por encima de lo esperado, en un área dada dentro de un lapso definido. **Pandemia** es una enfermedad epidémica que se ha extendido entre continentes.

Zoonosis: se utiliza este término cuando los patógenos son mantenidos en otros vertebrados no humanos y en este caso nos referimos a **epizootia** para describir una epidemia en poblaciones de animales silvestres.

Incriminación del vector

La incriminación del vector requiere una combinación de investigación de campo y de laboratorio puesto que considera la abundancia de vectores en el tiempo y el espacio, los patrones alimenticios de selección de hospedador, las tasas de infección a campo y la competencia del

vector. Los estudios a corto plazo pueden determinar rápidamente los modos de transmisión, pero entender los ciclos de transmisión y los mecanismos de persistencia de los patógenos típicamente requieren años de estudios ecológicos a campo e investigación y experimentación en laboratorio.

La colecta de artrópodos infectados en la naturaleza es un importante primer paso en la identificación de potenciales vectores, no obstante se debe tener en cuenta que esto solo indica que dichas especies de artrópodos se alimentan sobre hospedadores vertebrados que tienen el parásito. Los datos de infección pueden expresarse como **prevalencia de infección** que es un porcentaje en un punto dado en el tiempo (número de vectores infectados/número examinado X 100). Otro parámetro utilizado comúnmente es la **incidencia de infección** que es el número de casos nuevos en una población específica en un tiempo definido.

Es importante distinguir entonces, entre artrópodos que tienen un parásito (positivos en la detección) de aquellos capaces de transmitirlos a un hospedador. Distinguir entre vectores infectivos de no infectivos, suele ser dificultoso en patógenos que no tienen transmisión cíclica o ciclopropagativa en donde los estados infectivos pueden reconocerse por propiedades bioquímicas, cambios morfológicos o ubicación en el vector. Por ejemplo los virus y bacterias de transmisión propagativa, no sufren cambios pero la ubicación dentro del vector suele ser informativa. En este caso la habilidad para transmitir estos parásitos puede implicar testear ciertas partes del cuerpo del vector como ser glándulas salivales, tórax o cabeza.

Para definir el rol vectorial es necesario además comprobar la competencia vectorial para dicho parásito. ¿Qué es la competencia vectorial?

Competencia vectorial

Se define como la susceptibilidad de una especie de artrópodo a la infección con un parásito y su habilidad para transmitir esta infección adquirida. Se determina experimentalmente por alimentación de los artrópodos sobre un hospedador en donde circulan los estados infectivos del parásito y luego permitiendo una nueva alimentación sanguínea del artrópodo sobre un hospedador vertebrado no infectado y susceptible. Por último, examinando al hospedador para determinar si efectivamente se infectó. Debido a las dificultades que plantean estos experimentos en relación al mantenimiento y cuidado de hospedadores en bioterios, se emplean diferentes sistemas de alimentación artificiales por medio de los cuales se expone el artrópodo a la sangre infectada con el parásito, lo que además permite controlar las concentraciones que se usan para cada patógeno. La susceptibilidad a la infección se expresa como dosis infectiva media (DI50) que es la concentración requerida para infectar al 50% de los artrópodos alimentados. La habilidad para transmitir se expresa como el porcentaje de hembras infectadas que son capaces de transmitir el parásito a un hospedador. Cuando un artrópodo no se infecta o no trasmite un patógeno, esto se atribuye a la presencia de barreras. La más importante barrera suele ser la del

tubo digestivo. Si el parásito es capaz de atravesar dicha barrera, debe multiplicarse y diseminarse hacia las piezas bucales o glándulas salivales. En este caso debe ser capaz de evadir la inmunidad celular y humoral de los artrópodos que puede generar una barrera a la diseminación. Una última barrera es la de las glándulas salivales puesto que el parásito debe ser capaz de infectar y luego salir de las mismas. Los vectores con alguna de esas tres barreras son *refractarios* (concepto ya mencionado para los hospedadores). En el caso de parásitos que se transmiten con las heces, la competencia vectorial se expresa como el porcentaje de artrópodos infectados que son capaces de producir estados infectivos en las heces.

Capacidad vectorial

Este concepto se refiere a atributos ecológicos cuantitativos del vector relacionado con la transmisión del parásito. Fue desarrollado originalmente para los parásitos de la malaria. Se refiere a la habilidad del vector para transmitir un patógeno, en una localidad dada y en un tiempo dado. Una definición en sentido estricto es: tasa diaria a la cual aparecerán nuevas inoculaciones a partir de un caso infectivo, cuando todos los vectores que pican a ese caso se hacen infectivos.

Incluye las interacciones del vector con el patógeno y con el huésped vertebrado, así como las características innatas del vector. El tamaño de la población, la longevidad, la extensión y el número de los ciclos gonadotróficos (ciclo reproductivo de un artrópodo e incluye la búsqueda de un hospedador alimenticio, la alimentación sanguínea, la digestión de la sangre, la maduración de los huevos y la oviposición), el comportamiento de alimentación y la actividad diaria, afectan la capacidad vectorial de esa población de artrópodo.

La capacidad vectorial se expresa por una fórmula y puede determinarse para cada sistema parásito-hospedador siendo más usada para las antroponosis.

¿Cómo se cuantifica?

Hay que partir de un concepto extraído de las tablas de vida: la tasa reproductiva básica o R_0 = número medio de descendientes producido por cada individuo original al final de la cohorte.

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

Ese número significa en términos generales la cantidad de hijos que sobreviven. Ese mismo concepto trasladado a la epidemiología se interpreta como el promedio del número de casos secundarios de una enfermedad que surgen de cada caso primario en una población susceptible de hospedadores. Su fórmula es:

$$CV = ma^2 VP^n / -\ln P$$

donde CV es la capacidad vectorial, m es el número de vectores por humano, a es la tasa de picada (frecuencia de alimentación del vector x proporción de la población de vectores que se

alimentan sobre humanos), V es la competencia vectorial, P es probabilidad de supervivencia diaria y n es el período de incubación extrínseco.

Cada uno de los valores se estima en trabajos de campo y laboratorio y entrañan dificultad mayor o menor según las circunstancias. Obsérvese que a está elevado al cuadrado porque como se mencionó, para que un vector pueda transmitir un patógeno, debe picar al menos dos veces (a un hospedador infectado y luego a uno sano).

Lo anterior significa que en esta fórmula intervienen: abundancia de vectores, preferencia de hospedador o patrón de alimentación, capacidad reproductiva y longevidad. Es decir, en la fórmula no solamente interviene la fisiología del vector sino su comportamiento y su ecología, en particular su dinámica poblacional (supervivencia, estacionalidad, emigración e inmigración).

Bibliografía

- Beaty, B. J. y Marquardt, W. C. (1996). *The Biology of Disease Vectors*. Boulder: University Press of Colorado.
- Bonica, M. B., Goenaga, S., Martín, M. L., Feroci, M., Luppo, V., Muttis, E., y Levis, S. (2019). Vector competence of *Aedes aegypti* for different strains of Zika virus in Argentina. *PLoS Neglected tropical diseases*, 13(6), e0007433.
- Cheng, T. C. (2012). *General parasitology*. Orlando: Elsevier.
- Chuchuy, A., Rodríguez, M. S., Ferrari, W., Ciota, A. T., Kramer, L. D., y Micieli, M. V. (2018). Biological characterization of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Argentina: implications for arbovirus transmission. *Scientific reports*, 8(1), 1-8.
- Ciota, A. T., Chin, P. A., Ehrbar, D. J., Micieli, M. V., Fonseca, D. M., y Kramer, L. D. (2018). Differential effects of temperature and mosquito genetics determine transmissibility of arboviruses by *Aedes aegypti* in Argentina. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 99(2), 417-424.
- Lambrechts, L., Paaijmans, K. P., Fansiri, T., Carrington, L. B., Kramer, L. D., Thomas, M. B., y Scott, T. W. (2011). Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(18), 7460-7465.
- Lane, R. P. y Crosskey, R. W. (1993). *Medical insects and arachnids*. London: Chapman & Hall.
- Lehane, M. J. (1991). *Biology of blood-sucking insects*. Cambridge: The University Press.
- Micieli, M. V., Matarachero, A. C., Muttis, E., Fonseca, D. M., Aliota, M. T., y Kramer, L. D. (2013). Vector competence of Argentine mosquitoes (Diptera: Culicidae) for West Nile virus (Flaviviridae: Flavivirus). *Journal of medical entomology*, 50(4), 853-862.
- Reisen, W. K. (2010). Landscape epidemiology of vector-borne diseases. *Annual review of entomology* 55: 461-483.