

Medidas de control vectorial de mosquitos ante brotes de arbovirosis

Medidas de controlo vetorial de mosquitos em caso de surtos de arboviroses

Vector Control Measures against Mosquitoes during Arbovirus Outbreaks

Rubén Bueno, Daniel Jiménez Vidal, Jose Manuel Pita González, Isaac García Masía

Laboratorios Lokímica, Alicante, España.

Cita: Bueno R, Jiménez-Vidal D, Pita-González JM, García-Masiá I. Medidas de control vectorial de mosquitos ante brotes de arbovirosis. Rev. Salud ambient. 2021; 21(2):147-159.

Recibido: 30 de junio de 2021. **Aceptado:** 9 de septiembre de 2021. **Publicado:** 15 de diciembre de 2021.

Autor para correspondencia: Rubén Bueno.

Correo e: rbueno@lokimica.es

Departamento de Investigación y Desarrollo (I+D), Laboratorios Lokímica. Parque Tecnológico de Paterna. Ronda Auguste y Louis Lumière, 23, Nave 10, 46980 Paterna, Valencia, España.

Financiación: Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y a la redacción del artículo. Asimismo todos los autores aprobaron su versión final.

Resumen

En el presente artículo se plantea el desarrollo de estrategias de vigilancia y control de diversas especies de mosquitos asentados en la Península Ibérica, basados en sus características ecológicas, para dos escenarios diferenciados de brotes de arbovirosis: fundamentalmente para el control de *Aedes albopictus* como vector transmisor en entornos urbanos (dengue, zika y chikungunya) y, en segundo lugar, el control de especies de culicinos ligados al medio rural y periurbano (virus West Nile). Estos planes de vigilancia y control entomológico se basan en experiencias llevadas a cabo en diferentes provincias españolas a lo largo de los últimos años. El resultado de los tratamientos de control realizados y la relevancia de la coordinación y cooperación entre entidades públicas y privadas, se discuten con detalle en el presente artículo.

Palabras clave: *Aedes albopictus*; *Culex*; mosquito; arbovirosis; control vectorial; dengue; zika; chikungunya; West Nile Virus.

Resumo

Este artigo propõe o desenvolvimento de estratégias de vigilância e controlo de várias espécies de mosquitos instaladas na Península Ibérica, com base nas suas características ecológicas, para dois cenários distintos de surto de arboviroses: fundamentalmente para o controlo de *Aedes albopictus* como vetor transmissor em ambientes urbanos (dengue, zika e chikungunya) e, em segundo lugar, o controlo de espécies de culicídeos ligados aos meios rurais e periurbanos (vírus do Nilo Ocidental). Estes planos de vigilância e controlo entomológico baseiam-se em experiências realizadas em diferentes províncias espanholas nos últimos anos. O resultado dos tratamentos de controlo efetuados e a relevância da coordenação e cooperação entre entidades públicas e privadas são discutidos em pormenor neste artigo.

Palavras-chave: *Aedes albopictus*; *Culex*; mosquito; arboviroses; controlo vetorial; dengue; zika; chikungunya; West Nile Virus.

Abstract

This paper proposes developing monitoring and control strategies with regard to various species of mosquitoes well-established in the Iberian Peninsula based on their ecological characteristics for two different scenarios of arbovirus outbreaks: One for controlling *Aedes albopictus* as a vector transmitting dengue, zika and chikungunya in urban environments and the other for

keeping in check the Culicinae species linked to the transmission of the West Nile virus in rural and peri-urban environments. These entomological monitoring and control plans are based on experiments conducted in different Spanish provinces over the past few years. The results of the control treatments carried out and the relevance of the coordination and cooperation among public and private entities are discussed herein in detail.

Keywords: *Aedes albopictus*; *Culex*; mosquito; arbovirus; vector control; dengue; zika; chikungunya; West Nile virus.

INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades de Transmisión Vectorial (ETV) son uno de los principales retos para la salud pública a nivel mundial. El cambio climático, la globalización, la modificación de hábitats y el crecimiento urbanístico descontrolado, poco o nada planificado en muchos territorios, ha provocado una agudización de los efectos de estas ETV en zonas tropicales, subtropicales y también templadas del planeta¹.

Entre los vectores de enfermedades, destacan sobremanera los mosquitos culícidos por congregarse al grupo de insectos que está detrás de los mayores porcentajes de morbilidad y mortalidad vinculados a ETV, siendo los responsables de la transmisión de enfermedades como la malaria, fiebre amarilla, dengue (DENV), zika (ZIKV), chikungunya (CHIKV) o el virus West Nile (VWN), entre muchas otras. En Europa, los ciclos de transmisión activa de algunas de estas enfermedades son ya una realidad, hasta el punto de que la expansión y establecimiento del mosquito tigre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) ha propiciado casos autóctonos de DENV, ZIKV y CHIKV en diferentes países mediterráneos²⁻⁴. Además, la elevada presencia de diferentes especies del género *Culex* en el entorno de grandes humedales ha facilitado también la transmisión del VWN⁵, que, hoy en día, es considerado como un arbovirus endémico del sur del continente. España no es ajena a esta coyuntura epidemiológica y brotes de DENV y VWN han acontecido en los últimos años en nuestro país^{6,7}.

Para estas arbovirosis que ya circulan por España, como DENV o VWN, no existen vacunas ni otras herramientas farmacológicas preventivas, de forma que la única manera de reducir riesgos de contagio pasa por disminuir el contacto con los vectores hematófagos. Esta reducción del contacto mosquito-persona puede llevarse a cabo fundamentalmente a través de dos escenarios complementarios. Por un lado, a través de las estrategias de autoprotección, que pretenden la prevención individual en referencia a dificultar el contacto persona-mosquito, y que englobaría el empleo de repelentes, uso de telas mosquiteras en los domicilios, eliminación de criaderos domésticos de mosquitos, etc. Además de trabajar las estrategias de autoprotección entre la población, es

necesario diseñar y ejecutar adecuadamente programas de vigilancia y control vectorial directo en el territorio. El presente trabajo pretende aportar información de interés acerca de dichos programas de control de vectores en escenarios de transmisión de arbovirosis y se basa en experiencias prácticas desarrolladas en diferentes puntos de España en los últimos años.

1. BIOLOGÍA DE LOS MOSQUITOS PRESENTES EN ENCLAVES PERIURBANOS Y RURALES

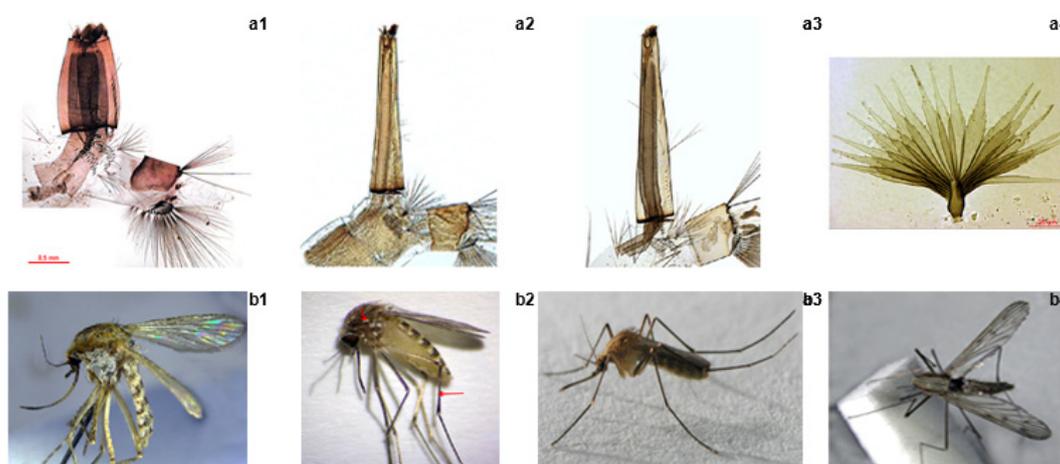
Ante los diversos escenarios posibles de transmisión activa de arbovirosis, se hace imprescindible estructurar los programas de vigilancia y control en base a la biología y distribución de las diversas especies de culicinos implicados y vinculados a distintos tipos de ambientes.

En cuanto al ámbito periurbano y rural, los mosquitos del género *Culex* suponen los vectores más extendidos y asentados sobre los que cabe desarrollar programas de vigilancia y control en el territorio peninsular y, en general, en el ámbito europeo⁸. Los mosquitos pertenecientes a las especies *Cx. pipiens* (Linnaeus, 1758) y *Cx. perexiguus* (Theobald, 1903) presentan capacidad y competencia vectorial para generar situaciones de transmisión del VWN, entre otros^{9,10}. Estas especies se desarrollan en ambientes periurbanos diversos, que incluyen escenarios ecológicos con alternancia de ambientes como marismas, lagunas estacionales, ya sean naturales o artificiales, balsas de riego, canales de drenaje de cultivos, acequias y otros elementos de origen antrópico, tales como abrevaderos, recipientes, etc. Estas especies tienen la capacidad de desarrollar su ciclo larvario en todos estos hábitats con una alta efectividad. Cuando se da la combinación de varios factores ambientales como altas temperaturas, precipitaciones abundantes o a consecuencia de actividades humanas derivadas del uso de la tierra, pueden producirse emergencias importantes de insectos adultos. Además, si a estos factores añadimos la presencia de importantes rutas de aves migratorias portadoras de virus, se genera un escenario ideal de transmisión^{11,12}. No obstante, antes de analizar los escenarios de transmisión de arbovirosis, se hace necesario conocer en profundidad la biología y ecología de las diversas especies de mosquitos implicados en estos ciclos de transmisión.

En ambientes típicos de humedal mediterráneo, y centrándonos en aquellos presentes en la Península Ibérica, encontramos tres grupos de mosquitos asentados de manera natural y que resultan de interés para el presente trabajo: los géneros *Culex*, *Aedes* y *Anopheles*. Como generalidades, cabe mencionar que el ciclo biológico de todos ellos parte de la fase de huevo (que presentará significativas diferencias entre las especies, en cuanto a su morfología y a otros factores), pasando a la fase de larva, con 4 estadios diferenciados (L1 a L4), seguida de una fase de pupa áfaga y, finalmente, la fase de adulto o imago. En el desarrollo de las poblaciones de mosquitos resulta crucial el aporte alimenticio durante las fases larvianas, procedente de materia vegetal en descomposición o bien de colonias bacterianas o de algas dentro de la lámina de agua. Una vez alcanzada la fase de adulto, las hembras son las únicas que presentan una dieta hematófaga, y por tanto interés sanitario, sintiendo mayor o menor afinidad por determinados grupos de hospedadores, entre ellos el ser humano (antropofilia). (figura 1).

En cuanto al género *Aedes*, denominados popularmente en el caso de algunas especies como “mosquitos de humedal, de marjal o de marisma”, cabe destacar que se trata de especies en las que las hembras depositan sus huevos de forma aislada y dispersa, en zonas temporalmente desecadas, sobre todo en suelos con un alto grado de humedad, bajas concentraciones de salinidad, preferentemente, y con cierta cobertura vegetal¹³, o bien sobre la vegetación palustre o higrófila o sobre otras superficies del medio. Estos huevos persisten en el tiempo conservando su viabilidad, soportando tanto bajas como altas temperaturas, siendo muy resistentes a factores como la congelación o la deshidratación, a la espera de que se produzcan precipitaciones y que se den otros factores climáticos favorables que desencadenarán en una eclosión de los mismos. Esta situación, denominada quiescencia, puede prolongarse meses, incluso años en algunas especies. En ocasiones es necesario que se alternen varios ciclos de desecación-inundación para que se produzca la eclosión de sus huevos, mientras que en otras solo es preciso que los huevos se vean inmersos

Figura 1. Especies de culicinos ligadas al medio rural o periurbano. Detalles morfológicos de fases larvianas (línea superior) y ejemplares adultos (línea inferior). *Aedes caspius* (a1, b1), *Culex perexiguus* (a2, b2), *Cx. pipiens* (a3, b3), *Anopheles atroparvus* (a4, b4). Fuente: MosKeyTool²⁵



en agua algunos días o semanas. Por norma general, y en condiciones óptimas, la eclosión de los huevos se produce al cabo de un par de días tras la inundación del medio. De esta manera, las especies del género *Aedes* pueden superar el invierno o periodos de sequía prolongada, asegurándose la renovación de su ciclo biológico cuando las condiciones vuelven a ser las adecuadas. Esta característica biológica les permite colonizar ambientes que resultan más condicionantes para otros grupos de mosquitos, como los que necesitan masas de agua permanentes, constituyendo así plagas importantes en escenarios muy variados. Mientras que algunas especies del género son univoltinas, produciendo solo una generación anual, muchas de ellas son multivoltinas y de

eclosión asincrónica, generando problemas persistentes a las poblaciones humanas cercanas a sus hábitats de cría a lo largo del periodo más cálido del año⁶. Además, su eclosión y desarrollo temprano, propician su aparición cuando se dan ligeros aumentos de temperatura en los entornos mediterráneos. Las grandes extensiones que generalmente se asocian al hábitat de cría de estas especies, propician que se generen enormes cohortes de insectos adultos en determinadas épocas del año. La densidad larvaria en estas especies suele ser elevada en los ambientes de cría. Uno de los factores que propician estas elevadas densidades es la ausencia de depredadores naturales en estos ambientes, ya sea por la estacionalidad de las masas de agua donde se desarrollan o bien por

otros fenómenos de desconexión hídrica que impiden o dificultan el acceso de los depredadores naturales al nicho que ocupan las larvas en la lámina de agua, así como por el rápido desarrollo que presentan estas fases inmaduras.

Una de las especies más ligadas a este tipo de ambientes en territorio peninsular es *Aedes caspius* (Pallas, 1771), cuya frecuencia se asocia frecuentemente a la de *Ae. detritus* (Haliday, 1833), siendo especies particularmente agresivas con el ser humano y los animales domésticos (mamofilia y antropofilia)⁸. *Aedes caspius* es una especie multivoltina, exófila y exofágica, eurígama y, además, son potentes voladores, que pueden desplazarse largas distancias, superando varios kilómetros al día (su radio habitual de vuelo es de unos 8 km, habiéndose descrito ocasionalmente desplazamientos de hasta 40 km). Presentan un pico de actividad en las horas crepusculares, o bien cuando se dan cielos nublados con escasa actividad de viento. Sin embargo, no presentan el hábito de introducirse en las viviendas, produciéndose la mayoría de las picaduras en ambientes exteriores (exofilia). Los entornos típicos de cría son muy variados en cuanto a sus características morfológicas y ecológicas. El desarrollo larvario en el sur y el este peninsular puede producirse incluso desde los meses de enero-febrero, cuando se producen ligeros incrementos de temperatura o inviernos suaves, aunque el periodo habitual está descrito desde marzo hasta octubre. Estos ambientes de cría incluyen una gran variedad de humedales mediterráneos, entornos estuarínicos, cubetas de esteros, meandros en tramos bajos de ríos, con variaciones del nivel de agua en las zonas de ribera (alteraciones altimétricas de nivel ligadas a mareas), llanuras aluviales, charcas someras estacionales, lagunas naturales o artificiales, navajos, pozas en zonas de barrancos, canales de drenaje, acequias de curso lento u obturadas por la vegetación, charcos temporales y también ambientes como cubetas hipersalinas (toleran concentraciones de hasta 106 g/l), ya que se trata de especies tolerantes a este factor. La materia vegetal en descomposición resulta un factor atrayente para las hembras grávidas, por lo que es de esperar que se produzcan mayores densidades de puestas (y por tanto de larvas) en ambientes con un importante desarrollo vegetal, sobre todo de especies palustres. Por otra parte, estas especies pueden aprovechar también elementos antrópicos para establecer puntos de cría, aunque resultan menos relevantes, tales como depósitos de agua de distinta naturaleza u otras infraestructuras hidráulicas. Su capacidad como vector está relacionada con numerosas enfermedades, tanto de origen vírico (VWN, Tahyna, mixomatosis...) como de diversas filariasis.

En cuanto al género *Culex*, pese a existir alrededor de una docena de especies catalogadas en Europa, serán dos en las que centraremos nuestro interés en el presente

trabajo, pero por sus similitudes en su ciclo vital, haremos una descripción general de sus características. Se trata del género que engloba aquellas especies denominadas como mosquito común en la región mediterránea europea. Las hembras depositan sus huevos en haces compactos denominados navículas, directamente sobre la superficie del agua, donde permanecen flotando, agrupados en un número variable que puede superar el centenar de huevos. Para iniciar este proceso, las hembras necesitan alimentarse de sangre (hematofagia). El lugar de la puesta suele vincularse a ambientes antropizados, con prioridad en acequias y canales con aguas estancadas y oligosalobres, aunque las diferentes especies sienten preferencias por determinados ambientes distintivos. En cuanto a su importancia epidemiológica, destacaremos la relevancia de *Cx. pipiens* y *Cx. perexiguus* por ser eficientes vectores del VWN.

Culex pipiens es quizá la especie de mosquito más ubicua, de ahí su calificativo de común⁸. Su distribución abarca toda la región Holártica, el este y sudeste africano así como Sudamérica. Es una especie multivoltina, con hasta 6 generaciones anuales y capacidad de quiescencia invernal, no solo en las hembras, también en fases larvarias. Su gran plasticidad ecológica ha derivado en la clasificación de dos ecotipos: *Cx. pipiens molestus* que presenta preferencia por ambientes contaminados o eutrofizados, con una marcada mamofilia y antropofilia, además de ser autógama y estenógama. En contraposición, *Cx. pipiens pipiens* presenta preferencia por biotopos no contaminados, con rasgos anautógenos y eurígamos, además de una marcada ornitofilia. En cualquier caso, esta especie puede colonizar prácticamente cualquier colección hídrica, sea natural o antrópica (balsas de riego, canales, acequias, encharcamientos temporales, cursos lénticos de ríos, elementos antrópicos variados, etc.), con un rango térmico que oscila entre los 5 y los 34 °C, un pH de entre 2 y 9,8, o salinidades inferiores a los 70 g/l. Prefiere para su desarrollo larvario, no obstante, aguas con temperaturas medias de 21 °C, ligeramente básicas y oligosalinas, por lo general. Las navículas están compuestas por haces de entre 30 y 340 huevos (siendo mayores las puestas en hembras anautógenas y en las primeras puestas anuales). Se da en esta especie un marcado comportamiento endófilo, con mayor actividad nocturna. Además, es un vector competente para un gran número de enfermedades (VWN, Sindbis, Tahyna, Batai, Usutu, filariasis, plasmodios de afección aviar, etc.). Se considera que *Cx. pipiens* está presente en todas las provincias españolas y, por tanto, resulta un vector clave en los sistemas de monitorización y control.

Culex perexiguus se encuentra presente en la Europa mediterránea (además del norte de África y sudoeste de Asia), con la primera cita en el sur peninsular en Huelva como *Cx. univittatus*¹⁴, si bien posteriormente esta especie ha sido citada también en Doñana (2004)

y en entorno de los arrozales de Puebla del Río en la provincia de Sevilla (2006)¹⁵. En territorio peninsular, tiene picos poblacionales en los meses de julio a octubre. Su fenología está íntimamente ligada al ciclo del arroz en muchos territorios, ya que sus larvas se desarrollan en los canales y tablas de los arrozales durante el periodo de inundación de los cultivos, con picos poblacionales más acusados desde julio a octubre. Los nichos de cría coinciden con entornos de agua dulce con vegetación emergida, generalmente en claros de vegetación donde inciden los rayos solares de forma directa, con desarrollo de algas clorofíceas o de macrófitos sumergidos. Las hembras son fundamentalmente ornitófilas, jugando un rol clave en la amplificación de virus^{9,10}.

En cuanto al género *Anopheles*, la especie de importancia sanitaria y de mayor relevancia de distribución en el territorio peninsular es *A. atroparvus* (Van Thiel, 1927). Se trata del vector palúdico mejor establecido en el continente europeo⁸, perfectamente adaptado a las condiciones bioclimáticas de nuestra región. Las hembras de esta especie se alimentan justo antes de su entrada en quiescencia, en otoño-invierno, lo que facilita el mantenimiento de situaciones de paludismo endémico gracias a este vector. La hibernación se produce en entornos protegidos como cuevas, cuadras o establos, gallineros o incluso en viviendas. La eclosión de imagos se produce desde abril hasta septiembre, con actividad de las hembras posthibernantes desde febrero, momento en el que depositan los huevos directamente en las masas de agua, dando inicio así a la primera generación anual. Durante este periodo de actividad, las hembras podrán repetir el ciclo siempre previa alimentación (concordancia gonotrófica), considerándose una especie multivoltina. Se trata también de organismos endófilos, estenógamos y potentes voladores, superando los 12 km en búsqueda de hospedadores. De preferencias alimenticias centradas en animales (zoofilia), no descarta al ser humano en ausencia de otros hospedadores. Los biotopos larvarios radican en pequeñas lagunas de agua dulce, encharcamientos temporales, canalizaciones, canales y tablas de arrozal, márgenes de ríos o riachuelos, remansos, etc. Las aguas deben ser oligosalobres y de eutrofización escasa, pese a que toleran cierto rango de salinidad (hasta 8 g/l). A pesar de que habitualmente se liga a esta especie con la transmisión de la malaria, puede también ser un vector competente en la transmisión del VWN, Batai, Tahyna y otras enfermedades como la filariasis canina o la tularemia.

2. MOSQUITOS URBANOS: BIOLOGÍA Y PRINCIPALES CRIADEROS

Respecto al ámbito urbano, algunas especies ya descritas compartirán relevancia para este escenario, mientras que otras se añadirán a la cohorte de vectores susceptibles de ser objeto de vigilancia y control. Aunque el abanico de especies de mosquitos en ambientes urbanos es muy amplio, las especies a comentar,

consideradas como los principales vectores de arbovirus son los siguientes:

Culex pipiens, la especie abundante y cosmopolita, que necesita aguas con cierta carga orgánica en las que realizar las puestas (navículas) y darse el desarrollo de las larvas y pupas. Los meses de mayor actividad se concentran entre las estaciones de verano y otoño. Los focos de cría más habituales de esta especie son muy amplios en el entorno urbano, como imbornales, fuentes ornamentales, maceteros o recipientes de jardines, cementerios, etc., y los refugios de mosquitos adultos, son lugares con vegetación o zonas con humedad y temperaturas suaves en verano. En relación con la salud pública, origina frecuentes molestias por picaduras, al penetrar fácilmente dentro de las viviendas (endofilia). Puede pasar el invierno en diapausa entre la vegetación densa o dentro de las construcciones humanas¹⁶. Puede ser un relevante vector tanto de arbovirosis como de dirofilariosis. Su carácter oportunista, en cuanto a la alimentación, facilita esa capacidad de transmisión de enfermedades. Al pasar el invierno en diapausa este mosquito podría estar implicado en el mantenimiento de un ciclo invernal de baja intensidad, pero suficiente para mantener un ciclo endémico, al estar demostrado que puede producirse también transmisión transovárica¹⁶.

Otra especie es *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1838) (figura 2, a1 y b1), que pese a tratarse de una especie ornitófila (se alimenta preferentemente de sangre de aves), también puede picar a humanos en el interior de las viviendas (endofagia), pudiendo por tanto actuar como vector de diversas enfermedades humanas y aviares tales como la fiebre de Malta, la tularemia, la malaria aviar, la viruela aviar o el propio VWN^{16,18}. Los huevos de esta especie son depositados en pequeñas balsas sobre la superficie de masas de agua de reducido tamaño, así mismo, pueden emplear otros lugares de acumulación de agua como contenedores, charcos temporales o estanques de cemento con acumulaciones de materia orgánica, para su desarrollo⁸, donde suelen aparecer asociados con *Cx. pipiens*. Del mismo modo, también se puede encontrar en otros remansos de agua de diversa naturaleza, donde su distribución es característica, y las larvas de los primeros estadios (L1 y L2) se encuentran en las zonas con menor profundidad, mientras que los individuos con un mayor grado de desarrollo (L3, L4 y pupas) se encuentran principalmente en las zonas de mayor profundidad (efecto de partición de nicho)¹⁰.

Por último, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (figura 2, a2 y b2), conocido vulgarmente como mosquito tigre, es otro vector recurrente en ambientes urbanos. Los mosquitos adultos se refugian en la vegetación y crían en espacios de reducidas dimensiones, como imbornales, neumáticos, cubos, maceteros, huecos de árboles (dendrotelmas), etc. Su actividad picadora se da especialmente en las horas de la tarde hasta el

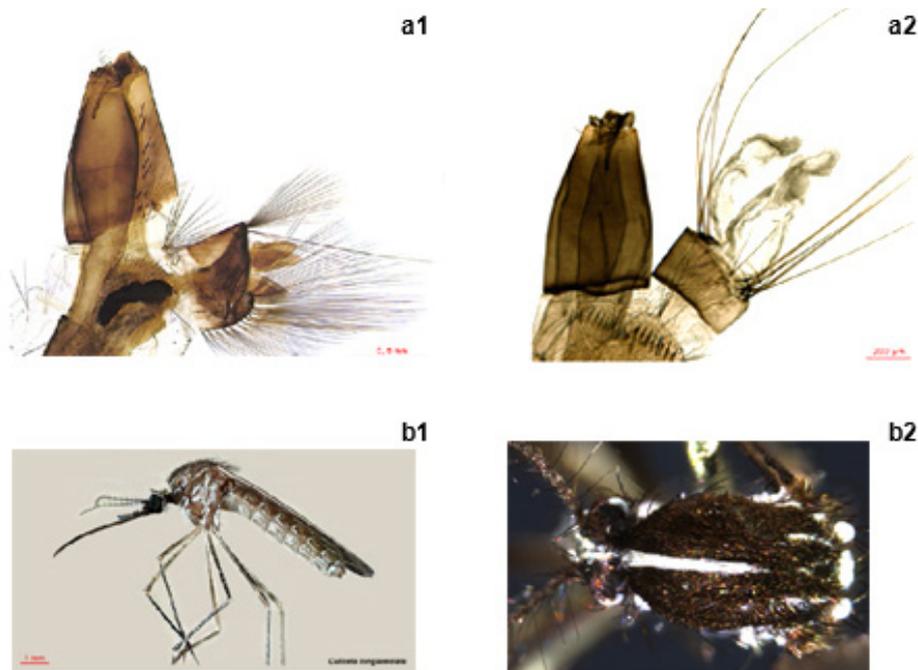
crepúsculo (se le considera un mosquito de actividad diurna), en zonas exteriores y en zonas bajas del cuerpo, debido a que se trata de un débil volador. Se trata de una especie particularmente antropófila, originaria del sudeste de Asia y considerada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo, siendo vector de enfermedades como el DENV, CHIKV y ZIKAV, además de otros 22 patógenos y arbovirus, incluidos el virus de la fiebre amarilla, el virus de la fiebre del Valle del Rift, el virus de la encefalitis japonesa, VVN y el Sindbis, todos los cuales son relevantes para Europa¹⁹. Al igual que otros dípteros, ambos sexos se alimentan de néctar, pero las hembras precisan consumir sangre para completar el ciclo gonotrófico. La picadura la produce de día (a diferencia de los mosquitos más comunes del género *Culex*, que son nocturnos) y del orden de 30 a 48 picaduras por hora, pudiendo atacar desde al hombre (antropofilia marcada) hasta al ganado, anfibios, reptiles o aves (zoofilia).

En los ambientes urbanos, se encuentran multitud de potenciales focos de cría de mosquitos, en general, pudiendo ser de origen tanto natural como artificial, bien ubicados en vía pública o bien en zonas privadas, lo que añade un componente más a la complejidad de los programas de vigilancia y control. Ambas categorías resultan relevantes en cuanto a la gestión municipal para el control de mosquitos como organismos vectoriales.

Un importante ejemplo de criaderos urbanos de mosquitos lo encontraríamos en la red de alcantarillado, concretamente los elementos denominados imbornales o sumideros de pluviales (principalmente en vía pública, pero también presentes en zonas privadas), los cuales, en la mayoría de los casos, se encuentran sifonados y, por tanto, tienen la capacidad de retener una lámina de agua suficiente como para poder albergar gran número de puestas, larvas y pupas, como también ser refugio de mosquitos adultos. Son los elementos que, en la mayoría de los casos, requieren de un mayor número de tratamientos insecticidas, así como de vigilancia o monitorización.

Otro elemento objeto de control dentro de las infraestructuras municipales son los cementerios, sobre todo en el caso del mosquito tigre. La existencia de multitud de maceteros, jarrones, búcaros y otros pequeños contenedores capaces de retener agua, generan en este entorno importantes focos de cría de mosquitos. En relación a las fuentes ornamentales, es esencial un adecuado y frecuente mantenimiento (cloración), limpieza y recirculación del agua. Estas estructuras requieren de la existencia de un desagüe en buenas condiciones para que se evite la acumulación de agua de lluvia, ya que en ocasiones los municipios optan por mantenerlas desecadas para evitar la proliferación de mosquitos, de manera temporal o definitiva. Los huertos urbanos, por otra parte, situados con frecuencia dentro

Figura 2. Especies de culicinos ligadas al medio urbano. Detalles morfológicos de fases larvianas (línea superior) y ejemplares adultos (línea inferior). *Culiseta longiareolata* (a1, b1), *Aedes albopictus* (a2, b2). Fuente: MosKeyTool²⁵



del casco urbano, en centros educativos o parques, presentan gran número de elementos capaces de retener agua y, por tanto, ser potenciales focos de cría de mosquitos de diversas especies. Por otro lado, las zonas verdes constituyen un importante nicho de refugio para los imagos, debido a las condiciones de umbría y humedad que se generan en estas áreas, sobre todo cuando existen amplias zonas de vegetación ornamental densa.

Las tareas de vigilancia y control en estos entornos, en general, presentan la complicación o imposibilidad de realizarse en los casos en los que la ubicación se da en zonas privadas. En relación con las parcelas de titularidad privada, la existencia de focos tanto de cría como de refugio de mosquitos es muy elevada. Como ejemplo de ello, es habitual la existencia de recipientes, envases, aljibes, bidones, piscinas, mobiliario de jardín, juguetes, neumáticos usados, invernaderos, etc., que permiten la acumulación de agua de lluvia o riego, agua estancada en canalones en mal estado o atascados, también bebederos de animales domésticos sin un cambio frecuente de agua, maceteros o platillos bajo estos, utilizados para retener agua de riego. También cabe mencionar la existencia, en muchos casos, de problemas en las cámaras sanitarias de los edificios, estructuras bajo vivienda en las que, debido a fugas en las canalizaciones y conexiones con el alcantarillado, se produce el estancamiento de agua con la capacidad de producir importantes focos de cría y refugio de mosquitos. Como es lógico, el diagnóstico, monitorización, vigilancia o tratamiento de todos estos elementos, se hace difícil o imposible en la mayoría de los casos. Es por ello, por lo que resulta esencial la creación e implementación de planes de educación ambiental en diferentes ámbitos sociales (asociaciones de vecinos, colegios, residencias y otros colectivos) así como una estrecha colaboración ciudadana con los agentes directores y ejecutores de los planes de vigilancia y control vectorial.

Otros elementos de la vía pública y, por tanto, de competencia municipal, son el mobiliario urbano y toda la infraestructura relacionada con la gestión de residuos y escombros que tengan la capacidad de retener agua de lluvia, especialmente los ubicados en zonas umbrías.

Por otra parte, referente a la diseminación de estos vectores, el aumento de transportes de mercancías y viajes privados a nivel mundial ha favorecido, el traslado conjunto de gran número de especies (tanto de animales como vegetales), entre áreas o países muy distantes entre ellas. Esta situación motiva que algunas de estas especies exóticas en el destino al que llegan, son capaces de sobrevivir, adaptarse y reproducirse con éxito en los nuevos lugares que alcanzan. En concreto, el éxito de la invasión del mosquito tigre se debe a una serie de factores que incluyen: su plasticidad ecológica, fuerte

aptitud competitiva y la globalización, es decir, aumento del comercio y viajes¹⁹.

Los mecanismos de transporte son básicamente de dos tipos muy distintos, de larga y de corta distancia. Los transportes de larga distancia son principalmente conformados por el transporte de grandes cantidades de mercancías y, por tanto, puede darse también el caso de transportes masivos de forma accidental de especies (ya sea en su forma de adulto, huevos, larvas, pupas, esporas, semillas, etc.). Este es el principal mecanismo de dispersión a nivel intercontinental. En cambio, el transporte a corta distancia se relaciona con la dispersión pasiva de especies en vehículos privados a escala local o regional dentro de un mismo país. Los adultos de mosquito tigre pueden confundirse con otras especies invasoras, resultando esencial para la identificación el carácter diagnóstico de la presencia de una línea blanca sobre un fondo negro en la parte dorsal del tórax¹⁹.

La expansión del mosquito tigre puede producirse durante el transporte de personas (tanto público como privado) o de actividades humanas, en particular, durante el transporte de mercancías donde se encuentre agua retenida como, por ejemplo, en el “bambú de la suerte”, neumáticos usados, etc., donde se produce un transporte pasivo de huevos de este mosquito.

Los huevos depositados por los mosquitos por encima de la línea de flotación, como es el caso del *Aedes albopictus*, pueden ser incluso resistentes a la desecación, y una vez en contacto con el agua, eclosionan y emergen las larvas. El comercio marítimo de productos que pueden contener aguas ha sido considerado la causa de la introducción accidental en varios países. Su expansión se produce en condiciones ambientales favorables por puestas de huevos y posterior eclosión. La capacidad dispersora del mosquito tigre es fruto de su alta reproductividad, llegando a puestas entre 150 y 250 huevos, además se ve favorecida por la actividad antrópica⁹. Como se ha comentado previamente, su éxito como especie invasora, se debe también a una serie de factores que incluyen: su adaptación a los medios que coloniza gracias a su plasticidad ecológica y fuerte aptitud competitiva. En ambientes urbanos y en ausencia de limitaciones para encontrar microhábitats hídricos adecuados para el desarrollo larvario, el radio de vuelo suele oscilar entre los 100 y los 200 m, si bien se han descrito puntualmente migraciones por encima de los 500 m. El mosquito tigre ha demostrado ser capaz de inducir diapausa fotoperiódica a las puestas de huevos, lo que le permite invernar y resistir las temperaturas estacionales de las regiones templadas. También se han visto mosquitos adultos que sobreviven a los periodos invernales en zonas de inviernos suaves de Italia y España^{20,21}.

La expansión urbanística constituye otro factor que favorece su dispersión, aunque su hábitat natural corresponde a zonas húmedas de áreas rurales con gran densidad de vegetación, donde las hembras ponen los huevos en dendrotelmas, oquedades de los árboles típicos de regiones selváticas o boscosas, su plasticidad ecológica le permite colonizar áreas urbanas. El mosquito tigre utiliza casi cualquier elemento artificial que acumule agua en su colonización de nuevas áreas. Así, se sirve de distintos elementos (desde viviendas a alcantarillado) como refugio cuando la climatología le resulte adversa, encontrando en ellas un hábitat idóneo con alimento permanente y lugares de reproducción.

Las condiciones óptimas de supervivencia de este mosquito incluyen una temperatura de 25-30 °C, aunque puede sobrevivir a bajas temperaturas, y una humedad del 60-70 %. Con el aumento de temperatura se acortan los ciclos de desarrollo del mosquito. Por encima de 32 °C la tasa de reproducción aumenta y con ello la densidad vectorial, y además se reduce el tiempo de incubación extrínseco de los virus en el mosquito.

3. GESTIÓN DE ARBOVIROSI Y EPIDEMIAS ASOCIADAS A CULÍCIDOS EN ÁMBITOS URBANOS Y PERIURBANOS

La capacidad de transmisión de patógenos es sin duda la característica que dota a la familia Culicidae de un mayor riesgo para la salud pública. En el contexto europeo y concretamente en el caso español, el riesgo de transmisión de arbovirus es el factor que hace más relevante la presencia de especies tales como *Culex pipiens* o *Aedes albopictus*, así como otros culicinos autóctonos o invasores con capacidad de transmisión arboviral, incluso algunos anofelinos con capacidad de transmisión protozoaria. En relación a esto se pretende enunciar seguidamente los principios sobre los que se debe asentar el control de este tipo de vectores y sus particularidades en el caso de existencia de brotes de transmisión arboviral, haciendo hincapié en los virus con ciclos de transmisión urbana, representados por los flavivirus: DENV y ZIKAV, el togavirus, CHIKV, así como otro flavivirus con ciclos de transmisión rufo-urbanos como el VVN.

La gestión de estos brotes debe efectuarse por profesionales de diferentes disciplinas, yendo desde la entomología médica, la epidemiología, el control de plagas hasta el análisis de datos y la cartografía. Además, se debe hacer hincapié en que algunas de estas enfermedades implican, o potencialmente pueden implicar, a diferentes hospedadores y que el componente medioambiental en su gestión va a ser determinante, no se podrá entender cualquier plan de gestión sin que este se encuentre a la luz de un enfoque "One Health", donde se deben poner la salud animal, la salud humana y la salud ambiental a la misma altura. En España, las bases legales

que marcan estas actuaciones se rigen por la normativa nacional en control de plagas, Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas. Esta norma también apunta a las bases técnicas sobre las que deben construirse estos planes de control, en última instancia la norma UNE 16636:2015 de *Servicios de gestión de plagas. Requisitos y competencias*, la cual establece que todo programa de control de plagas debe estar dividido en tres fases: 1) un diagnóstico de situación (DS), 2) un programa de actuación (PA) y 3) una evaluación (EV)²².

En este tipo de actuaciones, el resultado final va a ser muy dependiente del correcto diseño de un Plan de Control de Plagas cuyas directrices técnico-científicas imbriquen a todos los agentes directa o indirectamente implicados en la resolución del brote, instituciones, empresas gestoras y ciudadanía. La disposición de ordenanzas municipales que permitan llevar a cabo acciones correctoras en zonas privadas o que estimulen su adopción por parte de los propietarios, resulta una herramienta muy útil para el control integral de estas especies. Cabe mencionar también la relevancia de disponer, por parte de los organismos ejecutores, de los medios materiales adecuados, así como de maquinaria especializada para realizar todos aquellos tratamientos necesarios implicados en las artes de control para estos vectores.

Una vez cimentadas las bases sobre las que se debe sustentar un programa de control, se exponen las dos diferentes situaciones que se pueden encontrar en el contexto español y sobre las que se trae la experiencia de gestión en diferentes municipios de la Península.

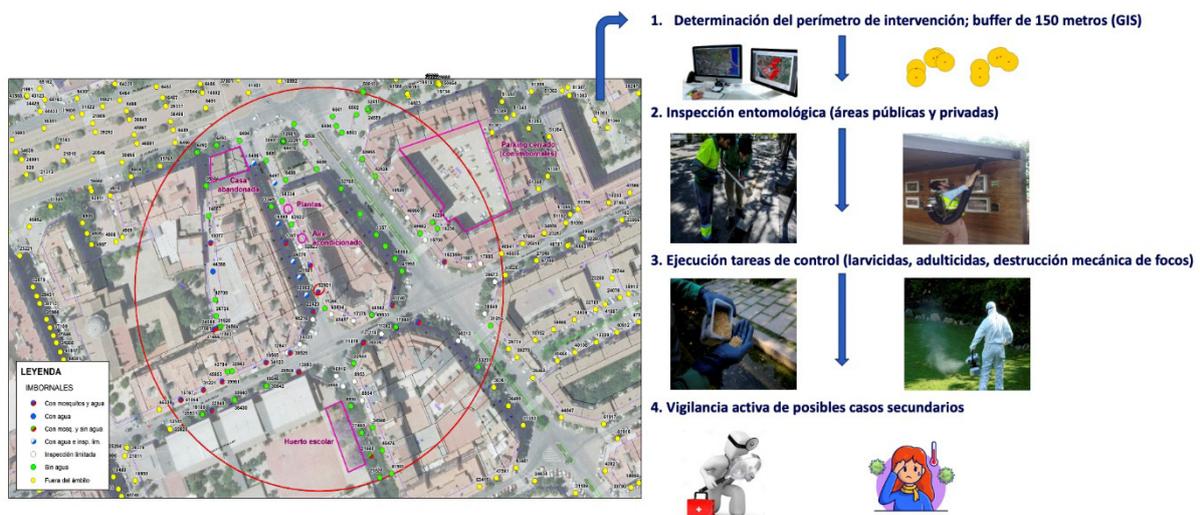
4. GESTIÓN VECTORIAL DE CASOS O BROTES ARBOVIRALES ASOCIADOS A LA TRANSMISIÓN DE DENV, CHIKV Y ZIKV (TRANSMISIÓN URBANA)

Para construir el programa de control se deben tener en cuenta ciertos aspectos epidemiológicos relativos al vector y a los virus con los que se trabaje:

1. La infección del hospedador (humano) se realiza por la picadura de un mosquito infectado, posteriormente el humano infectado durante un período de tiempo (viremia) se volverá infectivo para otros mosquitos.
2. Para el gestor será fundamental conocer ciertos datos asociados a la evolución del virus dentro del hospedador y dentro del vector²³, lo que se conoce como período de incubación intrínseco y período de incubación extrínseco, respectivamente. Deberán ser conocedores de estas ventanas temporales, pues van a ser las que determinen la infectividad o la no infectividad del humano hacia el mosquito y

- viceversa. De la gestión de estos datos se encargarán las autoridades sanitarias, por esto será fundamental que exista un correcto flujo de información autoridad sanitaria-gestor.
- El máximo radio de vuelo probable del vector que nos ayudará a determinar la superficie de la zona de tratamiento.
 - La arquitectura urbana, la capacidad de génesis poblacional de los mosquitos *Aedes*, en el caso que nos compete, *Ae. albopictus* será directamente proporcional a la cantidad de focos de cría potenciales que existan en la zona. Se deberá realizar un control integral en zonas públicas y privadas, tratando de manera adecuada cada uno de los posibles focos de cría y dotando a la ciudadanía y los propietarios privados de las herramientas y la formación necesaria para capacitarlos en su control²³.
- El protocolo (figura 3) para la gestión ambiental de dicha situación deberá incorporar:
- Identificación de las zonas de control y estima de la superficie: Se intervendrá en buffer de 150 metros de radio, de manera aproximada (ya que se debe tener en cuenta la morfología y la estructura urbanística de la zona, muchas veces de carácter heterogéneo e irregular), donde el origen sea la situación del caso sospechoso. La elección de la zona de actuación se realizará en función de los datos epidemiológicos arrojados por los responsables de sanidad, se deberá actuar con la máxima celeridad para minimizar el riesgo de transmisión²⁴.
 - Captura de adultos para la vigilancia viral: Realización de inspecciones entomológicas para la captura de hembras adultas de *Aedes albopictus*, con especial énfasis en la captura de hembras alimentadas.
 - Tratamientos insecticidas: enfocados sobre todos los focos larvarios que se encuentren comprendidos en la zona de actuación, en áreas tanto públicas como privadas. En caso de existencia de una alta población de mosquitos adultos, se deberán realizar los tratamientos adulticidas pertinentes, siempre focalizados en lugares concretos donde exista una alta presencia del vector y siempre manteniendo todas las condiciones de seguridad para los operarios de control y para la ciudadanía. En el supuesto de casos autóctonos, especialmente en fases de viremia y periodos de máxima actividad del vector, los tratamientos adulticidas debidamente tecnificados y focalizados en las principales zonas de refugio de los insectos, son esenciales para reducir riesgos de transmisión. Dichos tratamientos adulticidas deberán basarse en la información que previamente nos aporte el "Diagnóstico de Situación", así como realizarse con productos registrados y autorizados para tal uso.
 - Análisis en laboratorio de los adultos capturados: el objetivo perseguido será la búsqueda molecular del virus.
 - Procedimiento de evaluación: se deberán revisar las labores de control realizadas.

Figura 3. Ejemplo de *buffer* y protocolo de actuación en caso de brote de arbovirosis en entornos urbanos



5. GESTIÓN VECTORIAL DE CASOS O BROTES ARBOVIRALES CON AFECTACIÓN HUMANA ASOCIADOS A LA TRANSMISIÓN DE VWN (TRANSMISIÓN RURAL O PERI-URBANA)

En la transmisión rural o peri-urbana de los arbovirus, poniendo especial énfasis sobre el caso de VWN en nuestro territorio, debemos hablar de dos partes bien diferenciadas:

1. Fase enzoótica / epizoótica o rural: la transmisión existente entre aves y mosquitos que sirve como amplificación del ciclo de infección ave-mosquito, se dará en zonas donde confluya la existencia del vector, mosquitos del género *Culex* (*Cx. pipiens*, *Cx. perexiguus* [= *Cx. univittatus*], *Cx. modestus* y *Cx. theileri*), el rol de una especie u otra dependerá de la región geográfica en concreto, destaca el papel de estas especies con una marcada ornitofilia. Otro factor fundamental será la existencia de aves que estén importando (aves migratorias) o manteniendo la virosis de manera endémica, y la existencia de zonas húmedas donde los mosquitos puedan generar poblaciones suficientes.
2. Fase epizoótica / epidémica, urbana o peri-urbana: en esta situación ya existirá con una elevada probabilidad una alta cantidad de vectores enzoóticos infectados y una gran cantidad de hospedadores ave en fase virémica. Aquí tomará un papel principal la especie *Culex pipiens*, un vector con unas tendencias hematofágicas mixtas, que podrá trasladar el virus de las aves hasta hospedadores mamíferos gracias a su característica ornitófila-mamófila, trasladando el virus (vector puente) hasta los équidos y los humanos, conocidos como hospedadores aberrantes, hospedadores que actúan como un fondo de saco epidemiológico. Estudios recientes llevados a cabo en algunas zonas del brote del virus West Nile (VWN) en Andalucía en 2020, señalan que *Cx. perexiguus* también es capaz de invadir puntualmente ecosistemas urbanos, siendo además notable también la seroprevalencia en aves urbanas¹¹. Todos estos datos apuntan a posibles ciclos de transmisión meramente urbanos del VWN.

Haciendo una analogía al caso anterior, se deberá tener en cuenta:

1. La infección del hospedador humano solo va a darse después de que el vector pique a un ave en fase virémica, nunca se dará la infección humano-vector-humano, por consiguiente, las acciones de control y bloqueo entomológico alrededor de los casos humanos permitirán reducir la presencia de posibles mosquitos infectados en zonas circundantes, pero estas intervenciones no se asocian a provocar

cortes disruptivos de los posibles ciclos de infección de nuevos mosquitos. Para reducir los riesgos de que se generen nuevas poblaciones de mosquitos infectados, hay que introducirse en los ciclos zoonóticos donde el contacto mosquito-ave es continuo e intenso (fundamentalmente en el entorno de humedales).

2. Los radios de vuelo de los vectores *Culex*, en el caso de estos mosquitos las distancias de vuelo son significativamente mayores que en el caso de los aedinos transmisores, por lo que las acciones de control deberán realizarse sobre superficies mayores.
3. La superficie potencial de cría de estos culicinos, los focos donde este mosquito se esté reproduciendo, aquí debemos hacer alusión a la ubicuidad de *Culex pipiens* y a la plasticidad de algunos de los vectores *Culex* que van a actuar en la amplificación y la transmisión del virus.

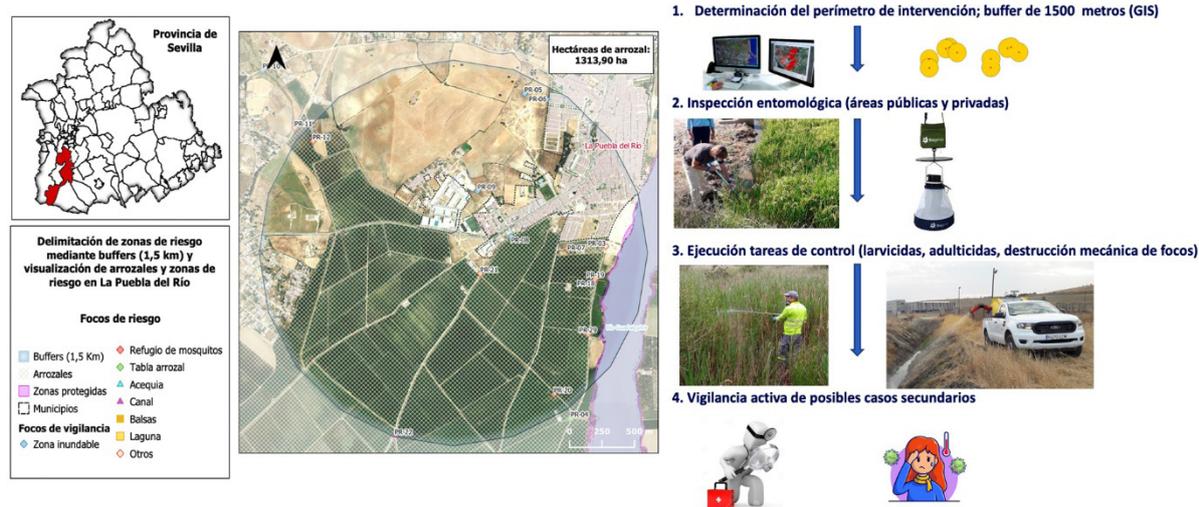
El protocolo (figura 4) para la gestión ambiental de dicha situación deberá incorporar:

1. Identificación de las zonas de control y estima de la superficie: Se crearán unos cinturones de seguridad de 1-1,5 km de radio alrededor de los núcleos poblacionales, de esta manera actuaremos sobre los vectores con tendencias más rurales, y contra aquellos que pueden ir avanzando en la colonización de hábitats susceptibles para la cría en la transición de ecosistemas desde el medio natural hasta el medio urbano. A su vez se debe actuar controlando los mosquitos que puedan existir dentro del núcleo urbano, por el riesgo probable de ciclos de transmisión urbana.
2. Captura de adultos para la vigilancia viral, mediante la instalación de trampas de captura de adultos de tipo EVS, CDC o BG-Sentinel. Sumado a esto se pueden realizar labores de aspirado en lugares de refugio de adultos (caballerizas, viviendas, vegetación, etc.) con el fin de capturar hembras alimentadas.
3. Tratamientos insecticidas: enfocados sobre todos los focos larvarios de gran extensión que generalmente circundan a estos asentamientos humanos y comprendidos en la zona de actuación, a su vez, se debe incidir en los focos larvarios que existan dentro de las zonas urbanas, realizando tratamientos larvicidas de forma centrífuga. La estrategia larvicida se basa en el empleo de larvicidas, priorizándose aquellos de origen biológico como por ejemplos los bacterianos entomopatógenos. En caso de una alta existencia de mosquitos adultos se deberán realizar los tratamientos adulticidas pertinentes, siempre focalizados en lugares concretos donde exista una

alta presencia del vector y siempre manteniendo todas las condiciones de seguridad para los operarios de control y para la ciudadanía. Estos tratamientos adulticidas, debidamente justificados por un Diagnóstico de Situación previo, deberán ser también de obligada ejecución ante la notificación de brotes del virus en la población humana de una zona concreta.

4. Análisis en laboratorio de los adultos capturados: búsqueda molecular del virus.
5. Procedimiento de evaluación: se deberán revisar las labores de control realizadas.

Figura 4. Ejemplo de *buffer* y protocolo de actuación en caso de brote de arbovirosis en entornos rurales



DISCUSIÓN

Atendiendo a las experiencias llevadas a cabo en diferentes enclaves de la geografía ibérica a lo largo de las últimas décadas, resulta crucial resaltar la importancia del concepto de *One Health* a la hora de abordar cualquier programa de control vectorial, máxime en el ámbito de la vigilancia y control de poblaciones de mosquitos, independientemente del escenario en el que se presenten los focos de cría o las diferentes especies que tratamos en el presente artículo. Los escenarios reales en los que se deben aplicar estos programas requieren de unos conocimientos sólidos sobre la biología y ecología de las diferentes especies de organismos vectores, así como de conceptos epidemiológicos relacionados con la salud pública y el control de enfermedades contagiosas de distinta naturaleza, ya no solo de aquellas de origen vírico. Conviene recordar que, pese a que se han dedicado notorios esfuerzos en el control de especies invasoras como *Aedes albopictus*, por ser un vector competente de enfermedades de gran relevancia sanitaria para la población, no deben quedar fuera de estos esfuerzos encaminados al control de vectores otras especies autóctonas de amplia distribución y que también revisten de importancia para la salud pública.

Por otra parte, la evolución de las artes y técnicas de control pasan, ineludiblemente, por una mayor profesionalización del sector del control de plagas, por la implementación de herramientas como el análisis de datos obtenidos a través de sistemas de información geográfica o por la adquisición y correcto uso de nuevos equipamientos materiales que nos permitan llevar a cabo tratamientos cada vez más eficaces para alcanzar el objetivo de los planes de control. Todas estas mejoras deben ir ligadas a planes de vigilancia exhaustivos, de manera continua a lo largo del año y no sólo en aquellas épocas en las que presumiblemente se darán incrementos poblacionales de los organismos diana, a tenor del nuevo escenario climático que afecta especialmente a los ciclos ecológicos de multitud de especies en zonas templadas.

Es necesario también dotar a todo el proceso de un enfoque multidisciplinar, profundizar y establecer fuertes vínculos de cooperación y de flujo de información entre los colectivos de epidemiólogos y entomólogos, así como entre las diferentes administraciones públicas (desde aquellas locales a las supranacionales) y las entidades responsables de los planes de vigilancia y control, ligadas por norma general a empresas especializadas en sanidad ambiental. Además, sobre todo en ámbitos urbanos o periurbanos, es necesario

conseguir una mayor implicación y participación de la ciudadanía en los programas de vigilancia y control, con el factor añadido de la adquisición del concepto de ciencia ciudadana, a través de programas de formación y educación específicas. Resulta evidente, en base a múltiples experiencias llevadas a cabo con notable éxito, que el rol que juegan ciertos colectivos sociales repercute de forma muy positiva en el incremento de eficacia de los planes de control. Aquellas sociedades con mayor grado de implicación y conocimientos, resultan menos vulnerables a la problemática epidemiológica asociada a la transmisión de enfermedades vectoriales ligadas a los culicinos, ya que el ciudadano se convierte de facto en un agente más del ciclo integral del control de plagas. Esta implicación sólo puede lograrse a través de determinados esfuerzos encaminados a conseguir una mayor coordinación entre todas las entidades, ya sean públicas o privadas, que estén involucradas dentro de estos procesos y en espacios territoriales concretos. En la actualidad resulta necesario normalizar desde las administraciones públicas, en especial las locales por ser las competentes en materia de control vectorial, el desempeño de programas de vigilancia y control de plagas de manera continuada en el tiempo, y no solo ante situaciones de brotes epidémicos.

Por último, es necesario añadir, que los programas de control vectorial deben regirse no solo por el principio de la salud pública, sino también por el principio de la salud ambiental, desarrollando y aplicando técnicas que garanticen los resultados esperados sin perjuicio de los ecosistemas donde se desarrollen. Y para garantizar este punto, nuevamente, se hace necesario profundizar en el conocimiento del medio natural que nos rodea y alcanzar una comprensión global de los fenómenos que afectan a la salud del ser humano sin alterar o dañar el frágil equilibrio ecológico del medio. Pese a que esta línea de actuación supone un mayor esfuerzo en múltiples sentidos, no existe otro camino hacia el futuro sino aquel que asegure ya no solo el menor impacto ambiental, sino que aporte un beneficio y un valor añadido a nuestro entorno natural.

BIBLIOGRAFÍA

- López-Vélez R, Molina Moreno R. Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Rev. Esp. Salud Publica.* 2005; 79(2):177–90.
- European Centre for Disease Prevention and Control. Dengue. En: ECDC. Annual epidemiological report for 2019. Stockholm: ECDC; 2021.
- European Centre for Disease Prevention and Control. Chikungunya virus disease. En: ECDC. Annual epidemiological report for 2019. Stockholm: ECDC; 2021.
- European Centre for Disease Prevention and Control. Zika virus disease. En: ECDC. Annual epidemiological report for 2019. Stockholm: ECDC; 2021.
- European Centre for Disease Prevention and Control. West Nile virus infection. En: ECDC. Annual epidemiological report for 2019. Stockholm: ECDC; 2021.
- Monge S, García-Ortúzar V, López Hernández B, Lopaz Pérez MÁ, Delacour-Estrella S, Sánchez-Seco MP, *et al.* Dengue Outbreak Investigation Team. Characterization of the first autochthonous dengue outbreak in Spain (August–September 2018). *Acta Trop.* 2020; 205:105402. DOI: 10.1016/j.actatropica.2020.105402.
- García San Miguel Rodríguez-Alarcón L, Fernández-Martínez B, Sierra Moros MJ, Vázquez A, Julián Pachés P, García Villaceros E, *et al.* Unprecedented increase of West Nile virus neuroinvasive disease, Spain, summer 2020. *Euro Surveill.* 2021; 26(19):pii=2002010. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.19.2002010>.
- Bueno Marí R; Bioecología, diversidad e interés epidemiológico de los culicidos mediterráneos. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia 2010.
- Ferraguti M, Heesterbeek H, Martínez-de la Puente J, Jiménez-Clavero MÁ, Vázquez A, Ruiz S, *et al.* The role of different *Culex* mosquito species in the transmission of West Nile virus and avian malaria parasites in Mediterranean areas. *Transbound Emerg Dis.* 2021; 68(2):920–930. DOI: 10.1111/tbed.13760.
- Martínez-de la Puente J, Ferraguti M, Ruiz S, Roiz D, Llorente F, Pérez-Ramírez E, *et al.* Mosquito community influences West Nile virus seroprevalence in wild birds: implications for the risk of spillover into human populations. *Sci Rep.* 2018; 8(1):2599.
- Figuerola J. Presencia del WNV en vectores y reservorios durante el brote del 2020 en Andalucía. *Rev Enf Emerg* 2021;19(2):98–9.
- Vázquez A, Ruiz S, Herrero L, Moreno J, Molero F, Magallanes A, *et al.* West Nile and Usutu Viruses in Mosquitoes in Spain, 2008–2009. *Am J Trop Med Hyg.* 2011; 85(1): 178–181. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2011.11-0042>.
- Cáceres F, Ruiz Bol S. Distribución de las puestas de *Ochlerotatus caspius* (Pallas) y *Oc. detritus* (Haliday) (Diptera: Culicidae) en ecosistemas de inundación mareal en Huelva. *Bol Sanid Veg, Plagas.* 2004; 30:663–9.
- Gil Collado J. Datos actuales sobre la distribución geográfica de los Culicidos españoles. *Eos: Rev Esp Entomol.* 1930; 6(4):329–47.
- Estación Biológica de Doñana (EBD). Observatorio de mosquitos del Guadalquivir. 2021. Disponible en: <https://mosquitos.ebd.csic.es/?p=554>.
- Manual práctico de operaciones en la lucha contra la Fiebre del Nilo Occidental en explotaciones equinas. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Subdirección General de Sanidad e Higiene Animal y Trazabilidad. 2019. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/manualwnoctubre2019_tcm30-111128.pdf.
- Kampen H, Schuhbauer A, Walther D. Emerging mosquito species in Germany a synopsis after 6 years of mosquito monitoring (2011–2016). *Parasitol. Res.* 2017; 116(12):3253–63.
- Khaligh FG, Naghian A, Soltanbeiglou S, Gholizadeh S. Autogeny in *Culiseta longiareolata* (Culicidae: Diptera) mosquitoes in laboratory conditions in Iran. *BMC Res. Notes.* 2020; 13(1):81.
- European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority. Mosquito. En: ECDC. Stockholm; 2020. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-albopictus>.

20. Romi R, Severini F, Toma L. Cold acclimation and overwintering of female *Aedes albopictus* in Roma. *J Am Mosq Control Assoc*. 2006; 22(1):149–51.
21. Bueno-Marí R, Jiménez-Peydró R. First observations of homodynamic populations of *Aedes albopictus* (Skuse) in Southwest Europe. *J Vector Borne Dis*. 2015; 52(2):175–7.
22. Guía para la gestión de mosquitos y simúlidos. Madrid: Asociación Nacional de Empresas de Sanidad Ambiental (ANECPLA). 2018. Disponible en: <http://www.anecpla.com/documentos/Guia%20Mosquitos%20web%20-%202018.pdf>.
23. Bueno Marí R, Quero de Lera F, Jiménez Montalbán P, Montalvo T, Pita Toledo ML. Gestión de las arbovirosis urbanas a través del control del mosquito tigre: ejemplos de Europa y de España. *Rev Salud Ambiental*. 2019; 19(Espec.Congr.):118–20.
24. Bueno Marí R, Quero de Lera F. Gestión vectorial de los casos de arbovirosis notificados en la ciudad de Valencia, España (2016-2018). *Rev Esp Salud Publica*. 2021; 95: e202105064.
25. Gunay F, Picard M, Robert V. MosKeyTool, an interactive identification key for mosquitoes of Euro-Mediterranean. 2018. Disponible en: www.medilabsecure.com/moskeytool.