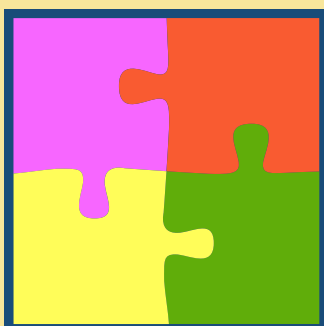


# Gestión Integrada del Vector



## PLAN NACIONAL DE PREVENCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE SANIDAD



El Plan Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de las Enfermedades Transmitidas por Vectores tiene la finalidad de disminuir el riesgo y reducir al mínimo el impacto global de estas enfermedades emergentes desde la perspectiva de “Una Sola Salud”.

**Este Plan ha sido revisado por las Ponencias de Vigilancia, de Alertas y Planes de Preparación y Respuesta, y de Sanidad Ambiental.**

**Ha sido revisado y aprobado por la Comisión de Salud Pública con fecha 27 de abril de 2023.**

**Cita sugerida:** Ministerio de Sanidad. Plan Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de las enfermedades transmitidas por vectores. Gestión Integrada del Vector. Abril 2023.



## En la elaboración de esta parte del Plan han participado:

### Coordinación

Lucía García San Miguel Rodríguez-Alarcón, M<sup>a</sup> José Sierra Moros<sup>1</sup>, Gabriela Saravia Campelli, Esteban Aznar Cano, Mari Cruz Calvo Reyes, Fernando Simón Soria<sup>2</sup>. *Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (CCAES). Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.*

### Salud humana

Mari Paz Sánchez Seco<sup>1</sup>, Anabel Negredo Antón<sup>1</sup> y Ana Vázquez González<sup>2</sup>. *Laboratorio de Arbovirus del Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III.*

Beatriz Fernández Martínez<sup>2</sup>. *Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III.*

Miguel Dávila Cornejo, Iratxe Moreno Lorente, Lourdes Oliva Íñiguez, Rocío Palmera Suárez, Fernando Carreras Vaquer. *Subdirección General de Sanidad Exterior. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.*

Covadonga Caballo Diéguez, Margarita Palau Miguel, Andrea Pastor Muñoz, Marta Martínez Caballero, Natividad Pereiro Couto, Montserrat García Gómez y Jesús Oliva Domínguez. *Subdirección de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.*

Carmen Marco Carballal, Blanca Landa Colomina y Elena Palacios Zambrano. *Departamento de Productos Sanitarios. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS).*

### Sanidad animal

Luis José Romero, Germán Cáceres Garrido y Elena García Villacieros. *Subdirección de Sanidad e Higiene Animal y Trazabilidad. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.*

### Gestión Integrada del vector

Francisco Collantes Alcaraz. *Departamento Zoología y Antropología Física. Universidad de Murcia.*

Carles Aranda. *Servicio de Control de Mosquitos del Consell Comarcal del Baix Llobregat e IRTA-CRESA. Catalunya.*

Roger Eritja Mathieu. *ICREA, CEAB-CSIC y CREA. Plataforma Mosquito Alert.*

Nuria Busquets. *IRTA-CRESA. Catalunya.*

Javier Lucientes Curdi. *Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria de Zaragoza.*

Miguel Ángel Miranda. *Universitat de les Illes Balears. Vectornet.*



Ricardo Molina Moreno<sup>1</sup>, Maribel Jiménez Alonso<sup>1</sup> e Inés Martín Martín. *Laboratorio de Entomología Médica. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III.*

Jordi Figuerola Borrás<sup>2</sup>. *Estación Biológica de Doñana. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).*

Francisco Cáceres Benavides y Santiago Ruiz Contreras<sup>2</sup>. *Servicio de Control de Mosquitos. Diputación de Huelva*

Ricardo Gómez Calmaestra. *Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.*

### Revisión final del documento y maquetación

Laura Leal Morales, Tayeb Bennouna Dalero<sup>3</sup>, Esther García Expósito<sup>3</sup>, Juan Antonio del Castillo Polo<sup>3</sup>. *Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (CCAES). Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.*

<sup>1</sup> Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Infecciosas (CIBERINFEC).

<sup>2</sup> Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP).

<sup>3</sup> Médico Residente



## CONTENIDO

GLOSARIO DE SIGLAS .....	6
1. Definición .....	7
2. Plan de gestión .....	8
3. Competencias legales.....	8
4. Mosquitos del género <i>Aedes</i> : características generales de las tres especies más importantes de aedinos.....	10
4.1. Morfología.....	10
4.2. Comportamiento alimentario .....	11
4.3. Ciclo biológico.....	12
4.4. Dinámica estacional, hibernación y zonas geográficas.....	13
4.5. Ecología larvaria .....	13
4.6. Ecología de la dispersión y zonas colonizables.....	14
5. Mosquitos del género <i>Culex</i> . Características generales de las especies vectoras de mayor relevancia.....	14
5.1. Morfología.....	14
5.2. Comportamiento alimentario .....	15
5.3. Ciclo biológico.....	15
5.4. Dinámica estacional, hibernación y zonas geográficas.....	16
5.5. Ecología larvaria .....	17
5.6. Parámetros entomológicos.....	17
5.7. Métodos de muestreo.....	19
5.8. Detección precoz .....	23
5.9. Medidas de prevención.....	24
5.9.1. Medidas generales de prevención.....	24
5.9.2. Medidas de prevención de <i>Cx. pipiens</i> .....	25
5.9.3. Medidas preventivas específicas en determinados espacios públicos.....	25
5.9.4. Recomendaciones de diseño para elementos urbanos públicos .....	28
5.9.5. Programas educativos e informativos .....	30
5.10. Medidas de control .....	31
5.10.1. Control físico.....	32
5.10.2. Control biológico.....	33
5.10.3. Control químico adulticida.....	35
5.10.4. Técnicas de aplicación .....	36
5.10.5. Productos y toma de decisiones.....	38
5.11. Aspectos operativos.....	40
6. Escenarios de riesgo para las enfermedades transmitidas por <i>Ae. albopictus</i> .....	41
6.1. Objetivos y actividades por escenarios de la Gestión integrada del vector respecto a las enfermedades transmitidas por <i>Ae. albopictus</i> .....	43
6.1.1. Objetivos de gestión integrada del vector .....	43
6.1.2. Responsables de gestión integrada del vector.....	43
6.1.3. Actividades de la gestión integrada del vector por escenarios.....	43
7. Escenarios de riesgo de la fiebre del Nilo Occidental.....	45



Gestión integrada del vector  
Plan Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de las Enfermedades Transmitidas por Vectores

7.1. Objetivos y actividades de la Gestión Integrada del vector respecto a la fibre del Nilo Occidental.....	46
7.1.1. Objetivos de la gestión integrada del vector.....	46
7.1.2. Responsables de la gestión integrada del vector.....	46
7.1.3. Actividades de la gestión integrada del vector por escenarios.....	46
REFERENCIAS.....	48



## GLOSARIO DE SIGLAS

AGIV	Actividades de gestión integrada del vector
CC. AA.	Comunidades autónomas y ciudades con estatuto de autonomía
NFU	Neumáticos fuera de uso
OGIV	Objetivos de gestión integrada del vector
OMS	Organización Mundial de la Salud
VFVR	Virus de la fiebre del valle del Rift
VNO	Virus del Nilo Occidental
VUSU	Virus Usutu



## 1. Definición

El control integrado del vector se define como la combinación organizada de todas las estrategias disponibles para la reducción de la abundancia o eliminación del vector de forma flexible y sostenible, con una buena relación coste-beneficio (OMS 1994). Los objetivos son siempre reducir al mínimo el impacto de las medidas sobre el medio ambiente y las personas, combinando metodologías eficaces y seguras con la participación de la comunidad, y la resolución de los problemas de forma estructural, siempre de forma adaptada a la situación local. Se considera, generalmente, que las estrategias incluidas en el control integrado son la vigilancia entomológica, la gestión física del medio, los programas basados en la comunidad y el control biológico y/o químico.

La vigilancia entomológica estará orientada a determinar la abundancia de vectores que puedan transmitir patógenos que puedan afectar la salud humana, evaluar el riesgo de transmisión de patógenos a la población y determinar parámetros entomológicos que ayuden a la toma de decisiones para reducir las poblaciones de vectores y/o la transmisión de patógenos a la población.

Las medidas de gestión tienen como finalidad evitar la proliferación de estos insectos para reducir su densidad y la incidencia de picaduras y de infecciones por arbovirus en la población. Es importante señalar que la gestión de vectores incluye actuaciones a lo largo del año, tanto para mejorar la calidad de vida de la ciudadanía, como para tener una base de partida en el momento de detectarse casos de una enfermedad de transmisión vectorial.

Cuando se trate de minimizar los efectos negativos sobre la calidad de vida, la reducción de las densidades del vector se valorará de acuerdo con un umbral de tolerancia consensuado, o establecido arbitrariamente como aceptable y técnicamente realista. En escenarios de transmisión de enfermedades, por el contrario, esta reducción se planteará en relación con parámetros vectoriales de riesgo de transmisión.

Las medidas concretas a aplicar no son un esquema cerrado y predefinido. Para programarlas en cada caso, habrá que tener en cuenta las características climáticas, geográficas y sociales de la zona, la ecología de las especies involucradas, su densidad, el impacto en el medio ambiente, la participación de la población, la gestión de posibles resistencias a insecticidas y el riesgo sanitario en cuanto a la transmisión de enfermedades, factores todos ellos que se integrarán en un plan de gestión específico.





## Estrategias que componen la gestión integrada del vector

Vigilancia entomológica

Gestión física del medio

Programas basados en la comunidad

Control biológico o químico del vector

## 2. Plan de gestión

La norma UNE 171210:2008 y su actualización, UNE-EN 16636:2015, perfilan la concepción actual de la gestión de plagas aplicable a la gestión de diferentes especies de mosquitos culícidos. La primera incluyó el concepto del control integrado de plagas, incidiendo en la prevención y en la disminución del uso de biocidas. Para ello, el control de plagas pasa de aplicaciones puntuales al diseño de un plan que incluye la valoración de riesgo en un proceso ajustado a cada situación con tres etapas: diagnóstico de situación, programa de actuación y evaluación. La norma actual (UNE-EN 16636:2015) incide en la capacitación de los profesionales y en establecer un esquema de trabajo de la gestión de plagas circular, en el que, aparte del diagnóstico, la actuación y la evaluación, la prevención sea el pilar fundamental para minimizar el impacto sobre la salud y el medio ambiente. Todo ello manteniendo un nivel adecuado de control. La efectividad de todas las actuaciones del plan se verificará, reprogramando la naturaleza, periodicidad y recursos asignados según esa valoración. La gestión integrada de los vectores se basa en el conocimiento de la presencia y abundancia estacional de los mosquitos y de los parámetros ambientales que afectan a sus poblaciones en cada zona. Para la evaluación del riesgo potencial de transmisión de arbovirus se tendrán además en cuenta la capacidad y competencia vectorial de cada especie de vector y el contexto socioeconómico de la zona. El plan identifica también los actores que deben intervenir, sus respectivas funciones y responsabilidades, requisitos técnicos, operativos y formales, así como protocolos de comunicación, decisión y evaluación continuada.

## 3. Competencias legales

La llegada de especies de mosquitos vectores invasores, así como de enfermedades emergentes asociadas a la presencia de vectores autóctonos, ha ampliado el foco sobre la prevención y el control de los vectores a todos los niveles, con responsabilidades compartidas entre las administraciones locales, las comunidades autónomas y ciudades con estatuto de autonomía (en adelante, CC. AA.) y la Administración General de Estado.



En España, a tenor de la Ley 7/1985 Reguladora de las Bases del Régimen Local y la Ley 14/1986, de 25 de abril, general de Sanidad capítulo III, se ha atribuido a los ayuntamientos las competencias en control de plagas al tener que ocuparse de la protección de la salubridad pública. Sin embargo, cuando nos referimos a plagas de artrópodos vectores de enfermedades con impacto en la salud humana, hay muchos otros aspectos a tener en consideración, que se desarrollan a continuación.

*Aedes albopictus*, está incluida en el Catálogo español de especies exóticas invasoras regulado por el art. 64 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y desarrollado por el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. La gestión y seguimiento de las especies incluidas en este catálogo corresponde a las comunidades autónomas, de manera que legalmente son ellas las responsables de la prevención, vigilancia y control de esta especie. Eso no significa que no puedan delegar en las administraciones locales, en virtud de los acuerdos que se establezcan con ellas. El mantenimiento de la salubridad en cualquier caso continuaría siendo competencia municipal y es de vital importancia para la prevención y control en el entorno urbano y periurbano y a través de la educación y la promoción de la colaboración ciudadana, en las propiedades privadas.

Las actuaciones sobre otras especies de mosquitos, como los del género *Culex*, u otros vectores no considerados especies exóticas invasoras quedaría justificado en la normativa estatal de protección de especies silvestres (Ley 42/2007, de 13 de diciembre) en su artículo 61 de excepciones a dicha protección “si de su aplicación se derivaran efectos perjudiciales para la salud y seguridad de las personas”. Si bien estas actuaciones estarían justificadas por el motivo expuesto, dado que la aplicación del régimen de excepciones requiere autorización administrativa previa de la autoridad competente en cada actuación puntual, resulta más inmediata su justificación legal amparándose en la existencia de normativa sectorial (en este caso en el ámbito sanitario), según determina el artículo 54.5 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre. Puesto que las enfermedades transmitidas por vectores, como cualquier enfermedad transmisible o cuestión de salud pública, es competencia de la comunidad autónoma (Ley 14/1986, de 25 de abril, general de Sanidad capítulo II), de nuevo es esta administración junto con la administración local la que deberá involucrarse en la prevención, vigilancia y control de aquellos insectos capaces de transmitir enfermedades a los seres humanos.

La administración general del Estado, a través de la Subdirección General de Sanidad Exterior, es la responsable de la vigilancia y control de los vectores en recintos e instalaciones de puertos y aeropuertos de tráfico internacional (Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, capítulo I; Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública, artículo 37; Real Decreto 1418/1986, de 13 de junio, sobre funciones del Ministerio de Sanidad y Consumo en materia de sanidad exterior, artículo 4.4.3) o bien de coordinar con la administración autonómica competente dichas actuaciones “por razones sanitarias de urgencia o necesidad o ante circunstancias de carácter extraordinario que representen riesgo evidente para la salud de la población, y siempre que la evidencia científica disponible así lo acredite” (Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública, artículo 52.3).



La Gestión Integrada del Vector, deberá estar incluida en la administración pública. En cada nivel (central, autonómico, municipal) deben articularse los mecanismos para que todos los agentes involucrados en cada nivel estén debidamente coordinados y comunicados (ver apartado de coordinación en la sección de Aspectos Generales del Plan) y puedan activarse en caso de detectarse situaciones de alerta y emergencia. En estas situaciones, es importante recordar el principio de “Una Sola Salud” y que las amenazas para la salud pública trascienden las fronteras, de modo que la coordinación y la comunicación ágil y rápida entre todos los agentes involucrados y los distintos niveles de la administración será primordial.

En virtud de los artículos 13, 15 y 16 del Real Decreto 2210/1995, de 28 de diciembre, por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia epidemiológica y del artículo 19 del Reglamento (UE) 2022/2371 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de noviembre de 2022 sobre las amenazas transfronterizas graves para la salud, la notificación urgente de alertas es de obligado cumplimiento ante situaciones que resulten inusuales o inesperadas en un lugar y un momento determinados, estén causando o puedan causar morbilidad o mortalidad humana importante, estén aumentando rápidamente o puedan hacerlo, o estén superando o puedan superar la capacidad de respuesta en el nivel donde se hayan producido.

Por último, en el contexto de una alerta sanitaria, en caso de que las actuaciones de control vectorial afectaran a la propiedad privada y las autoridades se encontraran con la negativa de algún ciudadano, se puede recurrir a la realización de medidas coercitivas de acuerdo con la Ley Orgánica 3/1986, de 14 de abril, de Medidas Especiales en Materia de Salud Pública.

## 4. Mosquitos del género *Aedes*: características generales de las tres especies más importantes de aedinos

### 4.1. Morfología

El mosquito tigre *Ae. albopictus*, se caracteriza por una coloración de fondo negra intensa con ornamentación blanca plateada en el tórax y abdomen, patas con bandas negras y blancas y una línea blanca longitudinal media en tórax y cabeza muy característica. Su tamaño puede oscilar entre 5 y 10 mm. Los adultos de *Ae. aegypti*, por el contrario, son más amarronados que negros, y se les diferencia muy bien de *Ae. albopictus* por la presencia sobre el tórax de un conjunto de cuatro líneas que recuerdan la forma de una lira, de color plateado, sobre el fondo marrón. En cuanto a *Ae. japonicus*, el diseño en el tórax está formado por un conjunto de líneas doradas muy características pero que deben interpretarse con precaución ya que puede confundirse con otras especies invasoras como *Ae. koreicus* (Figura 1).

La identificación morfológica correcta de los ejemplares requiere de expertos con contrastada capacidad diagnóstica, ya que entre las especies de aedinos autóctonos e invasores puede haber muchas similitudes, así como con otros mosquitos locales (por ejemplo, *Ae. aegypti* puede ser fácilmente confundido con otros aedinos e incluso con *Culiseta longiareolata*, mosquito



extremadamente común). Para su correcta clasificación se pueden usar las claves de identificación descritas en la bibliografía (1–3).

**Figura 1.** Características diferenciales de *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti* y *Ae. japonicus*



Fuente: J.L. Ordóñez/MosquitoAlert CC-BY 2.0.

La identificación morfológica correcta de los ejemplares requiere de expertos con contrastada capacidad diagnóstica, ya que entre las especies de aedinos autóctonos e invasores puede haber muchas similitudes, así como con otros mosquitos locales (por ejemplo, *Ae. aegypti* puede ser fácilmente confundido con otros aedinos e incluso con *Culiseta longiareolata*, mosquito extremadamente común). Para su correcta clasificación se pueden usar las claves de identificación descritas en la bibliografía (1–3).

## 4.2. Comportamiento alimentario

Tanto los machos como las hembras se alimentan de azúcares de plantas. En el caso de las hembras, necesitan un aporte extra para la maduración de los huevos, que adquieren gracias a la hematofagia sobre animales y personas. En el proceso de alimentación se inyecta saliva que es la que causa la reacción dérmica y es la vía de entrada de los patógenos hacia el hospedador.

El comportamiento hematofágico de *Ae. albopictus* es oportunista, alimentándose de sangre de mamíferos y aves principalmente, aunque con clara preferencia por la sangre humana (4). Pican habitualmente a nivel de extremidades inferiores, durante el día y al aire libre al ser un mosquito preferentemente exófilo y exófago<sup>1</sup>, aunque ocasionalmente pueda penetrar en las viviendas. Las infestaciones más intensas se encontrarán en áreas de exterior sombrías con vegetación baja, recipientes con agua y hospedadores humanos de los que tomar sangre.

<sup>1</sup> Exófilo: que vive fuera del hogar; Exófago: que se alimenta al aire libre



Por el contrario, en el caso de *Ae. aegypti* los ataques son exclusivamente sobre humanos y además es una especie fuertemente endófila y endófaga<sup>2</sup>, por lo que se la encontrará descansando en el interior de las viviendas. Como en el caso de *Ae. albopictus*, esta especie tiene tendencia a repetir las picaduras, lo cual incrementa tanto el nivel de molestia como el riesgo de infección en un contexto epidemiológico.

*Ae. japonicus* es un mosquito diurno y crepuscular, básicamente exófilo, aunque ocasionalmente penetra en las viviendas. Tiene una preferencia marcada por los mamíferos, incluyendo a los humanos (4) aunque se describe como una especie poco agresiva (5).

### 4.3. Ciclo biológico

En general las hembras de mosquitos requieren de una toma de sangre para poder realizar una puesta de huevos. A los 4 o 5 días de haberse alimentado de sangre, las hembras realizan una puesta de tamaño variable de alrededor de los 100 huevos. No todos son puestos de una sola vez ni en un mismo sitio, sino que van depositándolos en pequeños grupos y en lugares diferentes. Miden menos de un milímetro y, para su identificación morfológica, es necesaria una formación específica. Para confirmar la identificación taxonómica es conveniente el estudio de las larvas eclosionadas o de los adultos emergidos, o la identificación mediante técnicas de biología molecular.

Los huevos se depositan en recipientes de tamaño medio-pequeño, agrupados justo por encima de la línea de contacto del agua con la pared del recipiente que la contiene. Son resistentes al calor y a la desecación, pudiendo quedar durante largas temporadas inactivos (1-2 meses) a la espera de que aumente el nivel del agua, por la lluvia o por la actividad humana. Cuando los huevos quedan sumergidos, eclosionan y dan paso a las larvas, que son filtradoras, hasta completar cuatro fases larvarias. La última fase larvaria dará lugar a la pupa, una fase móvil que no se alimenta y que dará lugar a la fase adulta. Todos los estados inmaduros son acuáticos, pero toman aire mediante el sifón respiratorio (larvas) o las trompetas respiratorias (pupas). Necesitan que el agua esté encalmada y éste es el motivo por el que sólo se encuentran larvas de mosquitos en aguas quietas.

La duración del ciclo completo depende de la temperatura ambiental y de la disponibilidad de fuentes de sangre. El desarrollo de las fases inmaduras puede tomar en nuestras latitudes unos 6 a 8 días desde la eclosión de los huevos hasta la emersión de los adultos.

En el caso de *Ae. albopictus* el umbral mínimo de temperatura para su desarrollo es de unos 10°C y el máximo 40°C. Por término medio, la esperanza de vida de las hembras es de 3-4 semanas.

---

<sup>2</sup> Endófila: que vive en los hogares; Endófaga: que prefiere alimentarse dentro de los hogares.



#### 4.4. Dinámica estacional, hibernación y zonas geográficas

Las tres especies descritas son multivoltinas, llegando a entre 5 y 17 generaciones por año. La densidad poblacional estará condicionada fundamentalmente por la temperatura, la presencia de agua y la disponibilidad de alimento. Cuanta más alta sea la temperatura ambiente, hasta cierto límite, más se acelerará el desarrollo de las larvas, incrementándose el número de generaciones de adultos, y la cantidad de huevos hibernantes. Las poblaciones tropicales y subtropicales de *Ae. albopictus* permanecen activas durante todo el año y no hibernan. Por el contrario, en gran parte de las regiones templadas las poblaciones de este mosquito necesitan hibernar como huevo para superar la estación fría (diapausa) y dar lugar posteriormente a eclosiones al llegar la primavera.

La diapausa ha permitido el establecimiento de poblaciones invasoras de *Ae. albopictus* en las latitudes más septentrionales de Asia, América del Norte y Europa. Esta hibernación es facultativa según zonas geográficas y condiciones locales y temporales, habiéndose descrito ya algunas poblaciones no hibernantes en el Levante español (6).

En general, para *Ae. albopictus* en el Mediterráneo, las fechas de inicio y fin del ciclo varían con la latitud. En nuestro país se detectan los primeros adultos entre abril y mayo y se pueden encontrar hasta noviembre e inicios de diciembre. El pico de máxima abundancia poblacional de *Ae. albopictus* suele tener lugar entre los meses de septiembre y mediados de octubre para la mayoría del territorio nacional.

En cuanto a *Ae. aegypti*, su distribución climática actual en diferentes zonas del planeta sugiere que podría llegar a establecerse en algunas zonas de España tal como ya sucedió en el pasado.

En el caso de *Ae. japonicus* también existen huevos de hibernación y el desarrollo de sus larvas se da de forma más temprana en la primavera, en comparación con otras especies de aedinos. Está adaptado a latitudes relativamente más frías, donde el límite de temperatura de desarrollo de los adultos se sitúa entre 30-35°C. Por el momento únicamente ha sido detectado en la cornisa cantábrica, donde su inicio de actividad se sitúa entre marzo y abril.

#### 4.5. Ecología larvaria

Para los aedinos que se tratan aquí, el hábitat original para el desarrollo de las larvas son los huecos naturales con agua como los que se originan en los árboles, son especies limnodendrófilas<sup>3</sup>. Sin embargo, al igual que otras especies de mosquitos como *Cx. pipiens*, han sido capaces de colonizar objetos y estructuras artificiales para la cría. Por ello, se les denomina, de forma genérica, “mosquitos de contenedores” o bien “*Aedes* urbanos”.

Las hembras realizan la puesta en cualquier punto cercano donde se acumule agua en pequeños recipientes como macetas, bidones, bebederos, jarrones, desagües, neumáticos abandonados, canaletas para el agua de lluvia, fuentes ornamentales y muchos otros, entre los cuales también

---

<sup>3</sup> Limnodendrófila: que necesita agua estancada en oquedades de árboles para poder crecer.



se cuentan hábitats naturales. Sin embargo, las larvas no son capaces de desarrollarse en agua salobre ni en extensas superficies o grandes volúmenes de agua como serían estanques y piscinas. De forma excepcional, también pueden aparecer en contenedores de mayores dimensiones.

En el caso de *Ae. japonicus*, sus hábitats larvarios naturales son pozas y huecos de árboles, pero se ha adaptado a usar también los hábitats artificiales, especialmente los neumáticos usados, que son los que han propiciado su exitosa dispersión e invasión en el medio urbano. A diferencia de *Ae. albopictus*, *Ae. japonicus* se adapta bien a aguas con fuerte carga orgánica, y también parece preferir contenedores de tamaño mayor, donde las larvas empiezan a desarrollarse en épocas más frías, a partir de finales del invierno.

#### 4.6. Ecología de la dispersión y zonas colonizables

En el caso de *Ae. albopictus* el vuelo autónomo es de muy corto alcance y está limitado a algunos centenares de metros. Gran parte de la expansión a escala regional se realiza mediante el transporte de adultos en vehículos, habiéndose detectado en verano individuos hasta en un 0,52% de los vehículos en el área metropolitana de Barcelona (7). Finalmente, el desplazamiento a larga distancia en mercancías como los neumáticos usados, es un evento menos frecuente pero que implica elevadas cantidades de fases inmaduras. Esta complementariedad de mecanismos explica la dispersión de la especie en forma de saltos a larga distancia, seguidos de una expansión local en forma de mancha como se pudo observar en el proceso de la colonización en España entre los años 2004 y 2014 (8).

El cambio climático podrá influir en el futuro en la expansión y dispersión de *Ae. albopictus*, pero especialmente hay que tener presente la actividad humana, que es crucial en esta y otras especies. Por todo ello, y a la vista de las diferencias entre las proyecciones y la distribución real actual de la especie, parece prudente considerar que puede llegar a establecerse en la gran mayoría de municipios de España.

*Ae. japonicus* tiene una excelente capacidad de hibernación, pero, por el contrario, es más sensible que los otros dos aedinos al calor, todo lo cual condiciona su dispersión geográfica en áreas con climas más frescos en verano. Dada la reciente introducción en la cornisa cantábrica habrá que mantener la observación de esta especie para poder valorar su adaptación y posible expansión a otras zonas climáticas.

## 5. Mosquitos del género *Culex*. Características generales de las especies vectoras de mayor relevancia.

### 5.1. Morfología

En España se han registrado hasta el momento 13 especies del género *Culex* (9). Debido a sus preferencias de alimentación, competencia vectorial y los análisis realizados hasta el momento, tres de ellas merecen especial atención por alimentarse preferentemente de aves, y poder





contribuir a la amplificación y la transmisión al ser humano de virus como el virus del Nilo Occidental (VNO), el virus Usutu (VUSU) y el virus de fiebre del valle del Rift (VFVR): *Cx. pipiens*, *Cx. perexiguus* y *Cx. modestus* (10–12). A estas tres especies se les pueden añadir *Cx. univittatus* y *Cx. laticinctus*, la primera por su implicación en brotes del VNO en otras áreas del mundo (13) y la segunda por la detección reciente en Andalucía de mosquitos de esta especie infectados por el VNO.

Las especies mencionadas son difíciles de separar y para ello se hacen necesarias claves de clasificación taxonómica descritas en la bibliografía, tanto para larvas como para adultos (1–3). En general los adultos son especies pardo marrones, sin especiales franjas o bandas que los puedan hacer conspicuos. No poseen anillos apreciables en sus patas ni en el tórax. La mayoría posee una franja clara poco visible a ojo desnudo en los segmentos abdominales que, en el caso de *Cx. modestus* está ausente. Por lo que hace a las larvas, presentan sifón como en el caso de los aedinos, pero las larvas del género *Culex* son muy similares entre ellas y sólo especialistas pueden clasificarlas con acierto. *Cx. perexiguus* y *Cx. univittatus* son de muy difícil separación en todas sus fases del ciclo vital y pueden requerir de herramientas moleculares. Las puestas de huevos que se realizan de forma agrupada no son útiles para la identificación morfológica de las especies del género *Culex* y requiere de herramientas moleculares.

## 5.2. Comportamiento alimentario

Tal como se ha descrito para el caso de los aedinos, su hematofagia la responsable de su papel como vectores. *Cx. pipiens* es crepuscular y nocturno, siendo las hembras activas entre la puesta y la salida de sol. En hábitats especiales como por ejemplo sótanos o cloacas su actividad se mantiene tanto de día como de noche. Es un mosquito activo tanto en el exterior como en el interior de casas siendo pues exófago y endófago. Debido a su comportamiento alimentario y capacidad para reproducirse en el interior de los núcleos urbanos se considera que *Cx. pipiens* podría tener un papel muy importante en la transmisión del VNO al ser humano (165,167). Esta especie posee una preferencia alimentaria variable según su ecotipo. *Cx. pipiens pipiens* es preferentemente ornitófilo mientras que *Cx. pipiens molestus* es mamófilo picando también a los humanos en grado variable (14). Como en otras especies, puede picar repetidas veces especialmente si interrumpe su alimentación sanguínea al sentirse amenazado.

Tanto *Cx. perexiguus* como *Cx. modestus* son especies en general crepusculares, aunque a veces son activas de día. Pueden llegar a ser, sobre todo en el caso de *Cx. modestus*, un problema grave por las molestias que produce independientemente de su papel vectorial. En España, la mayoría de las infecciones de VNO se han detectado en *Cx. perexiguus*, con incidencias mucho menores en *Cx. pipiens* y *Cx. modestus* (11,15).

## 5.3. Ciclo biológico

Los aspectos generales son los mismos que el caso de los *Aedes* excepto por lo que hace a su puesta. En el género *Culex*, los huevos son depositados sobre la superficie del agua de forma vertical uno al lado del otro de manera que quedan agrupados en unas formaciones flotantes como pequeñas barquitas llamadas navículas (Figura 2). Debido a esta característica, los huevos

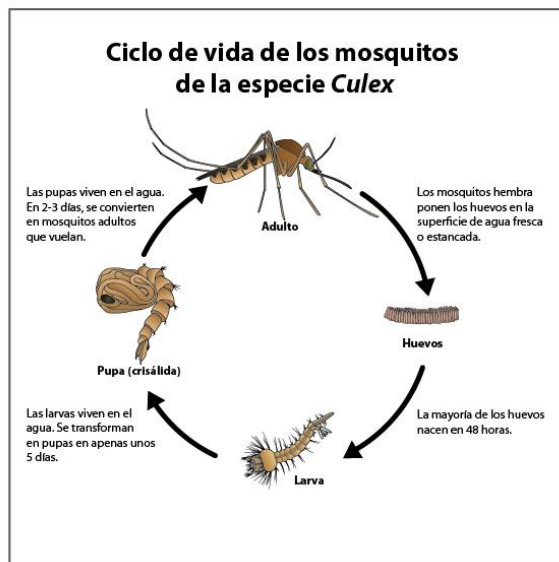




eclosionan poco después de realizada la puesta al no necesitar que haya un cambio de nivel del agua. Aunque las navículas tienen aspecto ligeramente diferente según especies, no se puede realizar la clasificación en esta fase excepto con herramientas moleculares.

La duración del ciclo depende principalmente de la temperatura ambiental y de la del agua donde se desarrollan las larvas. Como en el caso de las larvas de aedinos, el desarrollo de las fases inmaduras comprende alrededor de la semana en pleno verano alargándose al descender la temperatura. La vida media de las hembras es mayor que la de los machos como en toda la familia de culícidos y no suele superar las cuatro semanas. Por lo que hace a *Cx. pipiens*, el umbral mínimo de temperatura para su desarrollo se encuentra sobre los 8-9 °C y el máximo sobre los 35 °C (16).

Figura 2. Ciclo vital del género *Culex*



Fuente: CDC.

#### 5.4. Dinámica estacional, hibernación y zonas geográficas

Todas las especies del género *Culex* citadas son multivoltinas con numerosas generaciones al año. Como en el caso de los aedinos, la densidad poblacional está regulada por la temperatura, la disponibilidad de agua y alimento. A temperatura más elevada los ciclos son más cortos hasta alcanzar el máximo óptimo. La disponibilidad de agua tiene un efecto limitante, aunque al estar adaptados a la actividad humana, muchos de sus hábitats son antropogénicos, pero de dimensiones muy variables, desde pequeños recipientes hasta grandes acumulaciones de agua (p.e., piscinas) cosa que no sucede en el caso de los aedinos. En gran parte de la península Ibérica, éstas especies necesitan hibernar para poder soportar las bajas temperaturas durante la temporada invernal. No poseen huevos de resistencia a la desecación a diferencia de los aedinos, y su forma de diapausa recae en las hembras hibernantes. En las zonas más septentrionales las primeras larvas aparecen en primavera y desaparecen a final de otoño. La hibernación de las hembras coexiste a menudo con la quiescencia. Sin embargo en el primer



caso, las hembras se encuentran en refugios naturales o artificiales, prácticamente sin movimiento y con detenimiento del desarrollo ovárico iniciado por un específico estado fisiológico, mientras que en el segundo caso se produce en general un descenso de la actividad (17). Esta forma de hibernación como hembras tiene una importancia decisiva en la transmisión de arbovirus como el VNO ya que lo pueden mantener y transmitir una vez cesa su inactividad y se reemprende el ciclo biológico al mejorar las condiciones climáticas(18).

*Cx. pipiens* es ubicuo y muy abundante en toda la península excepto a gran altitud en la alta montaña. Se puede decir que se encuentra en todas las localidades (19). *Cx. modestus* también está presente en gran parte del territorio, pero está restringido por la existencia de sus hábitats larvarios, sin embargo, *Cx. perexiguus* es más meridional siendo abundante en Andalucía y zonas vecinas (20).

## 5.5. Ecología larvaria

A diferencia de los aedinos citados, las especies de *Culex* colonizan un amplísimo abanico de hábitats acuáticos de toda dimensión y característica tan sólo limitado por la existencia de una lámina de agua encalmada como en el resto de los culícidos.

Las larvas de *Cx. pipiens* se desarrollan tanto en cualquier punto donde se acumule agua ya sea en pequeños o grandes recipientes como macetas, bidones, fuentes ornamentales, piscinas, balsas y muchos otros, como en hábitats rurales o naturales como canales, zonas inundables o humedales. Las larvas muestran una gran plasticidad y se desarrollan además en todo tipo de focos de cría subterráneos como sótanos inundados, cámaras sanitarias o pozos muertos. Sus dos formas *Cx. pipiens pipiens* y *Cx. pipiens molestus* están adaptadas a esta variabilidad. Mientras que la primera, ornitófila, suele criar en hábitats superficiales de todo tipo, la segunda, más mamófila, prefiere focos hipogeos especialmente con elevada materia orgánica (14).

*Cx. perexiguus* y *Cx. modestus* se encuentran preferentemente en aguas de grandes dimensiones como canales, marismas, campos inundados y especialmente arrozales, aunque también puede aparecer en recipientes artificiales de diferentes dimensiones.

## 5.6. Parámetros entomológicos

Para una correcta gestión de las poblaciones de mosquitos y los riesgos sanitarios asociados es necesario recoger una serie de parámetros entomológicos que permitan la toma de decisiones basadas en evidencias científicas. Se describen a continuación los principales parámetros entomológicos que son necesarios para desarrollar una vigilancia entomológica y control de vectores adecuados.

Los siguientes parámetros se obtendrán a partir de la vigilancia entomológica. Sirven para apoyar la adopción de medidas de prevención y control vectorial, incluyendo los protocolos de inspección entomológica vinculada a casos de arbovirosis. Algunos de estos parámetros se han obtenido de los resultados de estudios previos, mientras que otros se podrán obtener mediante estudios en un territorio específico.



- Duración del ciclo gonotrófico: es el tiempo transcurrido entre una toma de sangre y la puesta de huevos por parte de una hembra de mosquito y una nueva toma de sangre. Es una estimación de la duración de una generación y determina la frecuencia de algunas operaciones de control. También es un parámetro que se tiene en cuenta al calcular el riesgo de transmisión de un determinado patógeno. El ciclo depende, entre otros factores, de la temperatura.
- Ámbito preferente de actividad: las distintas especies de mosquitos difieren en sus preferencias en cuanto a hábitat e incorporar esta información a los programas de control es necesario para mejorar su eficacia. Por ejemplo, respecto a especies invasoras, *Aedes albopictus* es conocido como un mosquito preferentemente exófilo y ligado a la vegetación. A pesar de ello, especialmente cuando las densidades son elevadas, también penetra en las viviendas con facilidad. *Aedes aegypti* es todo lo contrario, siendo fuertemente endófilo, por lo que las operaciones de control de adultos deben enfocarse de forma diferente. *Aedes japonicus* se asocia de forma preferente a zonas boscosas y tiene carácter exófilo. *Culex pipiens*, sin embargo, especie autóctona ampliamente distribuida, presenta una variedad de comportamiento endo/exo pudiendo picar y/o reposar tanto dentro como fuera de las casas. *Culex modestus* y *Culex perexiguus* son preferentemente exófilos con actividad cerca de los focos de cría. Hay que hacer notar que cuando nos referimos al comportamiento picador y no de reposo nos estamos refiriendo a comportamiento endo/exofágico.
- Período de actividad diaria: los ciclos de actividad diaria difieren también entre especies de mosquitos. Los aedinos presentes en zonas urbanizadas tienen actividad preferentemente diurna, mientras las especies del género *Culex* presentan una actividad crepuscular y nocturna, si bien estos ritmos de actividad pueden variar en función de la temperatura y su presencia en espacios confinados como sótanos. Cuando las temperaturas son más bajas a principio de primavera y a final del otoño, algunas especies del género *Aedes* pueden concentrar su actividad hacia el mediodía. Por el contrario, en los meses más cálidos, es más activo en los momentos cercanos al crepúsculo y al amanecer. Esta información es importante para la temporización de posibles aplicaciones adulticidas, que deben realizarse en períodos de actividad del insecto en cada localidad geográfica. También es un factor a tener en cuenta para determinar el riesgo de transmisión de un determinado patógeno.
- Densidad de población: este parámetro informa de la abundancia de la población de mosquitos en una zona. Es un indicador de la presión de picaduras que puede haber en la zona y, en consecuencia, del riesgo de transmisión de una enfermedad. Es un parámetro muy local que se puede estimar mediante varios métodos (ver más adelante).
- Interacción humano-mosquito: el muestreo directo sobre humanos se define como el número de aterrizajes de mosquitos que buscan alimentarse de sangre sobre una persona por unidad de tiempo. Es un parámetro indicador de la presión de picaduras



que puede haber en la zona y que se tiene en cuenta tanto para el control de las poblaciones de mosquitos como para la evaluación del riesgo de transmisión de patógenos. Este tipo de muestreos está actualmente restringido dado los aspectos éticos que comporta someter voluntarios a posibles picaduras, especialmente en el escenario de transmisión de enfermedades (21). La preferencia alimentaria de las diferentes especies de mosquitos puede establecerse a partir del estudio del ADN del hospedador presente en la sangre presente en las hembras de mosquito alimentadas. Aquellas especies que muestren una preferencia alimentaria sobre humanos (antropófilas) se tendrán en cuenta para la evaluación del riesgo de transmisión de patógenos.

- Tipo de hábitat larvario: cada especie de mosquito selecciona un tipo de hábitat para depositar la puesta de huevos. En cada zona se puede determinar el tipo de hábitat larvario preferente en función de sus características y los lugares de cría que ofrece. Este parámetro informa sobre la capacidad de una zona de albergar poblaciones larvarias de mosquitos. Se trata de una información imprescindible, pues el control larvicida debe estar adaptado a la tipología de los puntos de cría de los mosquitos en cada región.
- Capacidad vectorial (V): es un índice típico de medida de la capacidad de los vectores, en especial los mosquitos. Este índice se calcula de maneras diversas, pero en su versión más clásica es  $V=ma^2bp^n/-\ln(p)$  donde “m” es la densidad de mosquitos por persona, “a” es la proporción de picaduras sobre humano en unidad de tiempo, “p” la probabilidad diaria de supervivencia del mosquito y “n” el periodo de incubación extrínseco del patógeno en el mosquito. Aunque su cálculo ofrece mucha información, la obtención de los parámetros citados es compleja y costosa. Es útil como herramienta de comprensión de la transmisión y como forma de comparar diferentes entornos más que como un valor a obtener en cada caso.

## 5.7. Métodos de muestreo

Los datos obtenidos mediante diferentes tipos de muestreo serán la base sobre la que se establecerán los métodos de control más apropiados en cada zona y/o situación. Los métodos de muestreo que se pueden utilizar para el seguimiento de mosquitos son básicamente cuatro. El primer método permite obtener huevos, el segundo está diseñado para la captura de adultos; el tercero está enfocado a la fase larvaria y el último permite obtener una estimación de la población de adultos a partir de datos aportados por los ciudadanos.

- Trampas de oviposición (ovitrampas; en inglés, ovitraps): son adecuadas para el seguimiento de aedinos, especies que realizan las puestas de huevos en contacto con el sustrato y en recipientes de pequeño tamaño, como es el caso de *Ae. albopictus*. Las ovitrampas consisten en recipientes de plástico oscuro, de entre 200 y 1.500 ml, llenos de agua hasta cierto nivel, y con un listón de madera como por ejemplo un depresor lingual semisumergido o una pieza flotante de poliestireno expandido en su interior. Estas trampas se colocan en lugares de sombra cubiertos por vegetación. El agua atrae



a las hembras como lugar de cría y el sustrato ofrecido sirve de soporte donde poner sus huevos. Son útiles tanto para seguimientos a largo plazo de poblaciones ya establecidas, como para detectar colonizaciones nuevas. Es un método de muestreo relativo en el que los resultados deben interpretarse con cautela al no ser una medida directa de la población adulta. Los resultados también dependen del número de otros puntos de cría disponibles en las cercanías y que pueden competir con las trampas. Son habituales muestreos con 0,02 a 0,2 trampas por hectárea en zona urbana, dependiendo de la finalidad. La detección de nuevas infestaciones, por ejemplo, requiere densidades de muestreo más elevadas. Dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, puede ser necesaria la adición de sustancias inhibidoras del crecimiento larvario o larvicidas (p.e.: *Bacillus thuringiensis*) en el agua de las ovitrampas para impedir que se conviertan en un foco de cría. La adición al agua de la trampa de heno o alimento seco de conejo (alta proporción de alfalfa) aumenta su capacidad de atracción.

- Trampas para mosquitos adultos: son métodos de muestreo relativos que proporcionan datos sobre la abundancia de la población de adultos en un lugar y momento determinado. También se utilizan como sistemas para la detección de la introducción de nuevas especies (p.e.: en puertos y aeropuertos internacionales). Existen diversos tipos como las Encephalitis Virus Surveillance (EVS), Center for Disease Control (CDC) o BG-Sentinel. Las trampas EVS han mostrado su utilidad en la recogida de especies del género *Culex*. Actualmente hay varias casas comerciales que disponen de trampas, muy usadas en la captura de especies del género *Aedes* y que también han mostrado su utilidad en especies de *Culex*. Hay que señalar que actualmente se están desarrollando trampas que mediante inteligencia artificial determinan automáticamente y en tiempo real las especies capturadas (22).
- Todas ellas necesitan usar atrayentes, siendo los atrayentes químicos específicos (p.e., fórmulas basadas en el ácido láctico) y el CO<sub>2</sub> en forma de hielo seco o mediante bombona de gas. También se han usado trampas con cebos animales. Se obtiene una estimación tanto de presencia de especies como de la densidad y su variación en el tiempo y en el espacio. Es un método que permite obtener mosquitos adultos de cualquiera de las especies que puedan ser analizados para la detección de patógenos y por tanto aporta datos imprescindibles para el estudio de transmisión vectorial. Se utilizan durante una o varias noches y como las ovitrampas, deben situarse en lugares húmedos y resguardados, bajo vegetación. En general las trampas que usan atrayentes como el ácido láctico y/o CO<sub>2</sub> atraen hembras que buscan alimentarse, mientras que para la captura de hembras alimentadas y hembras grávidas se deben utilizar otro tipo de trampas como la de Reiter. Hay que tener en cuenta que determinados hábitats como focos de cría subterráneos en interior de edificios pueden mantener todo el año las poblaciones de larvas y adultos. En este caso se deberá adaptar a las zonas estudiadas.
- Las muestras obtenidas deben seguir un protocolo de recogida adecuado al objetivo del seguimiento, especialmente en caso de querer identificar posibles patógenos. Si así



fuera, se debe de mantener la cadena de frío en todas las fases de manipulación de la muestra, tanto en el transporte como en la manipulación en el laboratorio.

- Recuento de recipientes, muestreo larvario y/o de pupas: Se trata de métodos que se utilizan tanto para Culicinos como aedinos. El primer método consiste en contabilizar los recipientes que contengan larvas en toda una zona, mientras que el segundo y tercero se basan en contar el número de larvas o pupas en algunos de ellos mediante herramientas de filtrado o colección del agua como cedazos, pipetas o bandejas. Ambos métodos permiten calcular índices entomológicos tales como el de Breteau (número de recipientes positivos por cada 100 viviendas inspeccionadas), el índice de viviendas (porcentaje de viviendas infestadas con larvas o pupas), el índice de recipientes (porcentaje de recipientes de agua infestados con larvas o pupas), o el índice de pupas (número de pupas por cada 100 viviendas inspeccionadas). El riesgo de transmisión de una enfermedad se estima tradicionalmente usando los valores obtenidos con estos índices, entre otros factores, como la Capacidad Vectorial (V).

Los hábitats para muestrear dependerán de las especies objeto de la vigilancia; así, respecto de las diversas especies del género *Culex*, vectores potenciales de VNO, se muestrearán canales de riego, zonas encharcadas, campos inundados para forraje y arrozales, así como objetos que puedan mantener agua incluidos imbornales urbanos, bidones o fuentes ornamentales. Por lo que respecta a los aedinos, especialmente *Ae. albopictus* e incluso *Ae. aegypti*, se muestrearán todo tipo de objetos de reducidas dimensiones que puedan mantener agua, desde platos debajo de macetas, hasta fuentes ornamentales o bidones pasando por todo tipo de materiales que puedan mantener acúmulos de agua. Se incluyen también los imbornales urbanos. En cada lugar se recogerá un número de muestras asumible para el equipo de personal existente, entre un mínimo de 5 muestras y un máximo de 10.

La vigilancia puede hacerse por presencia o ausencia o bien por abundancia, en este caso se deberá usar metodología habitual, por ejemplo, contaje de larvas por volumen muestreado haciendo una media de las muestras tomadas en cada lugar. El muestreo debe hacerse desde que se inicia el crecimiento larvario, aproximadamente en marzo/abril hasta que finaliza en octubre/noviembre, dependiendo de la latitud. Hay que tener en cuenta que determinados hábitats como focos de cría subterráneos en interior de edificios mantienen todo el año las poblaciones de larvas y adultos. También se contemplará la latitud del lugar de estudio ya que cuanto más al sur, más se alargará el ciclo larvario si los focos de cría se mantienen con agua. Por tanto, según la zona muestreada habrá que hacer adaptaciones.

Se debe georreferenciar cada punto con GPS con una breve descripción del hábitat acuático, naturaleza y topónimo si lo tuviera. Los puntos de cría en zonas públicas tienen especial relevancia, como son por ejemplo los imbornales en la calzada, que es recomendable muestrear de forma sistemática.



Dependiendo de la capacidad del equipo humano, la recogida se realizará semanal, quincenal o mensualmente.

- Datos de la ciudadanía: tanto la comunicación de picaduras o de presencia de mosquitos por parte de la ciudadanía a través de canales administrativos o mediante aplicaciones específicas (p.e.: Mosquito Alert), redes sociales, entidades cívicas y colectivos profesionales, permiten estimar la presión de los mosquitos sobre la población humana. En algunos casos la información aportada por los ciudadanos permite determinar localmente la presencia de nuevas especies invasoras (p.e.: *Ae. albopictus* en Cataluña y *Ae. japonicus* en Asturias).

Todos los métodos de muestreo deben ir acompañados de una base cartográfica en la que se introduzcan los datos obtenidos junto con otra información de interés, como por ejemplo la localización de imbornales, solares abandonados o cualquier otra información que se considere importante.

Debe recordarse aquí que, respecto de mosquito tigre, esta especie está clasificada legalmente como especie exótica invasora y que el muestreo y sus actividades conexas no deben contribuir a su diseminación más allá de las zonas en las que ya se encuentra localizado. Por ello, en la toma de muestras, en su transporte, tratamiento y destrucción se tomarán las medidas necesarias para evitar su expansión, teniendo presente la obligación de autorización administrativa para su transporte de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el catálogo español de especies exóticas invasoras.

#### Parámetros entomológicos de mayor interés para valorar el riesgo de transmisión de arbovirosis

##### Densidad de población larvaria (muestreos):

- % recipientes positivos
- % viviendas con recipientes positivos
- Breteau: número recipientes positivos/100 viviendas
- Índice de pupas: número pupas/100 viviendas

##### Porcentaje mosquitos positivos a un arbovirus

- % mosquitos positivos respecto del total de analizados

##### Interacción humano-mosquito

- Cantidad de picaduras sobre humano en unidad de tiempo
- Alertas de incrementos de picaduras de la ciudadanía

##### Capacidad vectorial:

- $V = ma^2bp^n / -\ln(p)$ 
  - “m” densidad de mosquitos por persona
  - “a” cantidad de picaduras sobre humano en unidad de tiempo
  - “b” ratio de infectividad en los mosquitos
  - “p” probabilidad diaria de supervivencia del mosquito
  - “n” periodo de incubación extrínseco del patógeno en el mosquito





## 5.8. Detección precoz

Uno de los principales objetivos de la vigilancia entomológica es la detección precoz, que permite informar tanto de la dispersión de una especie conocida a nuevas áreas previamente libres, como también de la introducción en España de nuevas especies, como *Ae. albopictus* y *Ae. aegypti*. Cuanto antes sea conocida la presencia de un vector en un área no colonizada previamente, mayores serán las posibilidades de erradicarlo. Por ello, es crucial que se lleve a cabo una vigilancia activa rutinaria en los momentos y lugares de máximo riesgo de entrada y establecimiento de especies invasoras de mosquitos. La vigilancia para una detección precoz se puede realizar mediante:

- Muestreos entomológicos tradicionales (métodos 1, 2 y 3 descritos en el apartado anterior), establecidos por protocolo como, por ejemplo, en los puntos de entrada (puertos y aeropuertos internacionales), según define el Reglamento Sanitario Internacional (RSI 2005). Las Comunidades Autónomas deberán planificar campañas sistemáticas y periódicas en sus territorios, así como la Administración General del Estado (Ministerio de Sanidad) en los puntos de entrada. Estos métodos permiten calcular parámetros entomológicos para apoyar la adopción de medidas de prevención y control vectorial. Sin embargo, estos muestreos están actualmente basados en trampas operadas manualmente, y cuando el ámbito geográfico es extenso, se requiere de un elevado número de trampas que pueden suponer un elevado coste en material y en mano de obra, pero han obtenido y obtienen éxitos notables. Algunas comunidades autónomas como en el caso de Cataluña han llevado a cabo campañas anuales de detección en municipios aún no invadidos por *Ae. albopictus* aprovechando sinérgicamente estructuras existentes como agentes rurales y los Servicios de Control de Mosquitos (SCM). Cada año se publicaba el resultado de los nuevos municipios. También han existido campañas como las realizadas por las diputaciones que han dado muy buenos resultados como en el programa de asesoramiento a municipios en el control de plagas de la Diputación de Barcelona permitió la primera detección de mosquito tigre en la península Ibérica en 2004 (23). Hay además que destacar un éxito notable, quizá el más importante en las últimas décadas, en la detección y erradicación de una población de *Aedes aegypti* en la isla de Fuerteventura en Canarias llevada a cabo por la Consejería de Sanidad del Cabildo en un programa de detección propio. El proceso se ha repetido posteriormente con tres nuevas introducciones en la isla de La Palma (2022) y en Tenerife (2022 y 2023).
- Programas de alerta basados en comunicaciones de los ciudadanos a través de sistemas de avisos específicos establecidos en su caso por los servicios de salud y los municipios, o utilizando proyectos globales ya existentes de ciencia ciudadana como [www.mosquitoalert.com](http://www.mosquitoalert.com). Esta plataforma se basa en una comunidad de usuarios que participan a través de una aplicación específica para el teléfono móvil. Los datos recibidos son validados por expertos, usados por científicos y administraciones, publicados, y comunicados a la persona usuaria. Para el mantenimiento de esta comunidad es necesario el mantenimiento del interés a medio plazo usando acciones específicas. La plataforma es útil para varios propósitos, básicamente la vigilancia de la





distribución y dispersión de las especies, pero también para la modelización de interés epidemiológico trabajando con datos cuantitativos, así como plataforma de comunicación y educación. La información proporcionada por los ciudadanos es útil para la detección precoz de nuevas especies de mosquitos, como la primera detección de *Ae. albopictus* en Andalucía en 2014 (24) o la primera detección por un ciudadano en Asturias de *Ae. japonicus* en España en 2018 (25). Si bien este tipo de plataformas se adapta a la detección de especies invasoras y conspicuas, respecto de otras especies como por ejemplo las pertenecientes al género *Culex*, difícilmente identificables incluso por métodos estándar, presenta dificultades. Estos métodos sin embargo fomentan la participación ciudadana en un problema que les afecta y que busca mejorar la situación de sus comunidades. Las utilidades de las plataformas de ciencia ciudadana pueden ser integradas dentro de los sistemas de información de vigilancia, aportando datos a tiempo real útiles para la toma de medidas de salud pública.

## 5.9. Medidas de prevención

La prevención debe de ser rutinaria, sistemática y universal. Es siempre el primer punto para aplicar en cualquier plan de gestión y consiste en evitar la proliferación de los mosquitos basada en la intervención de los lugares de cría. Por este motivo, la primera actuación es la detección de los lugares susceptibles de ser un hábitat larvario del mosquito. Una vez localizados, las actuaciones se deben centrar en neutralizar todos los elementos o los puntos de riesgo posibles. Gran parte de esta labor preventiva debe de ser realizada por la ciudadanía, ya que entre el 60% y el 80% de los puntos de cría están situados en propiedades privadas. Por ello, las actividades educativas, mediante programas de información y formación basados en la comunidad, tienen una relevancia capital, puesto que sólo el esfuerzo conjunto de la administración y la ciudadanía podrán lograr aliviar el problema a nivel local de una manera efectiva y sostenible en el tiempo.

### 5.9.1. Medidas generales de prevención

- Vaciar y limpiar en la medida de lo posible todos los objetos y contenedores en los que se pueda acumular agua (jarras, cubos, ceniceros, juguetes, comederos para animales domésticos, platos debajo de macetas, entre otros), y evitar su posterior inundación, por ejemplo, invirtiéndolos o poniéndolos a cubierto. En el caso de elementos fijos, estructurales y objetos que no se puedan retirar, se deben revisar atentamente al menos una vez por semana y eliminar cualquier acúmulo de agua, limpiando los recipientes y evitando que se vuelvan a llenar. En el caso de los platos de tuestos, cuando estos no puedan retirarse, hay que ocuparse de mantenerlos secos. Los neumáticos se deben mantener secos y a cubierto.
- En los casos en que se considere imprescindible tener algún tipo de recipiente con agua en el exterior es necesario que éstos se mantengan cubiertos, mediante una tapa o una tela de mosquitera fina (malla de 1,5 - 2 mm de medida máxima) aunque a menudo, en la práctica esta medida es de difícil aplicación. En recipientes destapados (por ejemplo, abrevaderos para animales), hay que renovar el agua una vez por semana, como mínimo.
- Los canalones de recolección de aguas de los tejados deben mantenerse limpios de restos vegetales. Asimismo, hay que procurar un mantenimiento de los imbornales y desagües de



los patios, haciendo correr agua a presión una vez por semana. Esto mismo se debe aplicar a las duchas de exterior que se disponen en entornos de piscinas y/o casas de playa.

- Rellenar los agujeros y las depresiones del suelo donde se pueda retener agua, así como la acumulación de agua en los agujeros de los árboles, drenándolos definitivamente o rellenándolos con algún material inerte, como arena, por ejemplo, para evitar que el agua esté accesible a los mosquitos.
- En el caso concreto de las piscinas, hay que actuar para que el agua que contengan no se convierta en un foco de cría de mosquitos, realizando el correspondiente tratamiento y depuración del agua establecido para estas instalaciones. Hay que controlar los *skimmers* de autollenado, ya que esta agua no está tratada, y controlar que no se llenen con agua de lluvia. La solución más efectiva es el uso de siliconas líquidas. Cuando estén vacías, las piscinas se deben mantener completamente secas porque una fina lámina de agua de lluvia en el fondo sería un hábitat adecuado para *Ae. albopictus*, mientras que totalmente llenas sólo contendrían *Cx. pipiens*.

### 5.9.2. Medidas de prevención de *Cx. pipiens*

- Respecto de tuberías de los edificios y subsuelos hay que evitar las pérdidas de agua y extraer el agua que se pueda acumular en los subsuelos por la perforación de la capa freática o por otras razones.
- En canales de tierra y rieras, en caso de que no tengan un uso habitual con flujo de agua, habrá que evitar vertidos incontrolados que comporten inundaciones artificiales y contaminación con materia orgánica.
- En campos abandonados o de siega, solares o arboledas con finalidad de explotación se ha de evitar la inundación accidental o voluntaria, y en todo caso que el agua se mantenga más de siete días, especialmente entre los meses de abril y noviembre.
- En balsas de riego hay que hacer un buen mantenimiento y, si éstas están en desuso y no se pueden vaciar, evitar la contaminación por materia orgánica.
- Los estanques y balsas naturales deben estar en condiciones que no supongan un foco de cría para estos mosquitos y por tanto hay que evitar los vertidos incontrolados de agua con fuerte carga de materia orgánica.

En municipios o pedanías rurales las zonas agrícolas y/o naturales cercanas pueden ser una importante fuente de mosquitos y la vigilancia y gestión de los mosquitos en estas zonas puede ser necesaria, especialmente cuando se produzcan actividades agrícolas que generan amplias zonas aptas como criaderos de mosquitos en la proximidad de los municipios (p.ej. cultivos que se riegan por inundación, como los arrozales) o las condiciones hidrográficas generan zonas inundadas periódicamente que favorecen la proliferación de mosquitos.

### 5.9.3. Medidas preventivas específicas en determinados espacios públicos

- Actuaciones en propiedades privadas: según La Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local y la Ley 27/2013, de 27 de diciembre, de racionalización y sostenibilidad de la Administración Local, las entidades locales son las garantes de la



salubridad en el municipio y por ello tienen la posibilidad de elaborar ordenanzas o normativas que establezcan las medidas necesarias para el control de mosquitos y señale las obligaciones de sus ciudadanos al respecto. Los ayuntamientos pueden establecer infracciones y sanciones al respecto. La existencia de una ordenanza municipal de este tipo es un recurso jurídico que permite al ayuntamiento la posibilidad de actuar en zonas privadas cuando las acciones afectan a los espacios públicos. De este modo, si algún propietario está generando lugares de cría, que puedan afectar de forma inevitable a la vecindad, se verá obligado de forma legal a su control o eliminación. Del mismo modo, ante situaciones de alerta de salud pública, ante la refractariedad de un ciudadano a realizar actuaciones de control en su propiedad, se puede recurrir a la toma de medidas coercitivas según la Ley Orgánica 3/1986, de 14 de abril, de Medidas Especiales en Materia de Salud Pública.

- Cementerios: es necesario que todos los recipientes contenedores de flores y los objetos ornamentales no permitan la acumulación de agua ya que pueden albergar larvas de mosquitos especialmente de aedinos como *Ae. albopictus*. La solución más eficaz y definitiva es agujerear los recipientes para su drenaje. En general, no será un inconveniente práctico, puesto que la mayoría de las flores son actualmente sintéticas. De no ser posible, se puede mantener el líquido en los vasos, evitando que se forme la lámina de agua necesaria para los mosquitos. Esto se consigue añadiendo esponjas, fibras absorbentes o geles hidropónicos, o introduciendo arena o cualquier otro material inerte no flotante, que puede ponerse a disposición del público en contenedores específicos.
- Centros educativos y otros equipamientos: en los centros educativos es importante aplicar un plan de gestión por la variedad de posibles lugares de cría del mosquito tigre y *Cx. pipiens*, especialmente durante el cierre vacacional. En territorios donde esté establecido el mosquito tigre, la vuelta a clase en septiembre coincidirá con la época de mayor actividad del vector, que durante los dos meses de vacaciones habrá tenido oportunidad de producir densidades poblacionales muy elevadas. Elementos presentes en un patio como juguetes en los que se pueda acumular agua, se deberán mantener a cubierto y secos. Los neumáticos en particular son un residuo sujeto a reciclado y no deberían ser considerados como juguetes. Si no es posible eliminarlos, se deben perforar para que no acumulen agua. También deben revisarse estructuras de parques infantiles que presenten huecos o roturas en los que se pueda acumular el agua (toboganes, columpios, casetas). El caso de los huertos pedagógicos se tratará como los urbanos, como se describe en el apartado siguiente.
- Huertos, solares y fincas en desuso: hay que mantener estos espacios libres de posibles focos de cría de mosquitos, con especial atención a la basura, las herramientas de trabajo y los elementos de mobiliario abandonados. Las fincas desocupadas deben ser objeto de vigilancia y notificación municipal si se determina que contienen puntos de cría de mosquitos, porque afectarán negativamente al vecindario. En el caso (muy frecuente en huertos) de presencia de bidones y depósitos de agua, se deben mantener tapados herméticamente o cubiertos con tela de mosquitera. La mejor recomendación



sería que el agua llegue a través de conducciones con llave de paso y sin que se produzca acúmulo de agua. Las ordenanzas municipales coercitivas pueden contribuir a solucionar situaciones en las que la colaboración ciudadana no es factible, bien por dejación o por negación expresa del propietario.

- Determinadas actividades comerciales e industriales: en los centros de jardinería, circuitos de karts y minimotos, clubs náuticos, instalaciones de hibernación de barcos, instalaciones agrícolas y ganaderas, que suelen contener importantes acumulaciones de agua, es necesaria una vigilancia periódica de estos puntos de riesgo para evitar la proliferación de mosquitos. En estos ámbitos, la prevención debe incorporarse a los planes internos de gestión de plagas o seguridad e higiene de las empresas y pueden estar sujetos, al igual que los particulares, a la aplicación de ordenanzas municipales específicas.
- Centros donde se almacenan y/o manipulan neumáticos fuera de uso (NFU) y centros de reciclaje: los neumáticos usados se apilarán en columnas verticales, que deben estar a cubierto o cubrirse con lonas que no den lugar a acúmulos de agua. Además, hay que garantizar una buena rotación de los neumáticos y priorizar la destrucción rápida de los NFU lo antes posible. Las instalaciones de destrucción se encuentran en ocasiones en localidades alejadas del almacén, por lo que habrá que tener en cuenta que el transporte de este material conlleva también el riesgo de dispersión de distintas especies de mosquitos. Esto es aún más importante para los neumáticos que tienen valor comercial, porque se suelen remitir a clientes muy distantes. Los alrededores de las zonas de almacenaje de neumáticos usados tienen que mantenerse libres de vegetación periférica, así como de objetos que puedan acumular agua. Estos lugares también deberían estar sujetos a la aplicación de ordenanzas municipales.
- Circuitos de riego e imbornales: las tareas de mantenimiento y gestión de espacios públicos deben incluir los circuitos de riego para evitar que se formen acumulaciones en determinados espacios. Del mismo modo, hay que evitar que los imbornales se puedan convertir en focos de proliferación de mosquitos. La función de estas estructuras, sin embargo, es la de capturar y retener la suciedad para que no pase al colector, lo que consiguen mediante un sifón y por decantación en un depósito de agua. Este diseño hace prácticamente imposible la eliminación del agua de los imbornales y por lo tanto probablemente será necesario intervenir en ellos aplicando larvicidas. Debido a su elevado número, con toda seguridad éste es el ámbito más problemático en área pública de competencia municipal. Es frecuente la combinación de ambos problemas, cuando el exceso de riego de jardines provoca un llenado constante de imbornales próximos. En los imbornales directos, que no poseen sifón y desaguan directamente al colector es posible modificar la estructura para impedir la cría de los mosquitos (26).
- Masas de agua en parques y jardines: las tareas de mantenimiento de lagos, estanques, fuentes o masas de agua de parques y jardines deben procurar no dejar las instalaciones sin recirculación de agua o con unos niveles que permitan el establecimiento de mosquitos. Sin embargo, las grandes masas permanentes de agua, que estén



relativamente naturalizadas con presencia de depredadores no albergarán poblaciones larvarias de mosquitos. Puede estudiarse la introducción de peces depredadores autóctonos. Hay que descartar totalmente los peces del género *Gambusia*, introducidos desde América a principios del siglo XX para el control del paludismo porque están incluidos en el catálogo de especies invasoras y, por lo tanto, su comercialización, tenencia o manejo están estrictamente prohibidas. El uso de carpines dorados (*Carassius auratus*) es eficaz en hábitats artificiales, pero nada recomendable en los naturales porque sólo consumen larvas los ejemplares jóvenes, mientras que los ejemplares grandes no lo hacen, produciendo una eutrofización de las aguas y depredando, además, a los anfibios.

#### 5.9.4. Recomendaciones de diseño para elementos urbanos públicos

Además de las medidas preventivas descritas, es importante, siempre que sea posible, incorporar en las fases de planificación y de diseño de elementos urbanísticos una serie de criterios y recomendaciones generales para minimizar la existencia de puntos de cría. Las recomendaciones principales para las estructuras más problemáticas son:

- Cámaras sanitarias: son espacios cerrados y no practicables contruidos por excavación parcial debajo de la planta baja de los edificios. Pueden ser susceptibles de inundación (por aguas freáticas, por rupturas en las conducciones de agua o por fugas de aguas residuales) y pueden suponer un importante foco de cría, especialmente de *Cx. pipiens*. El diseño de los edificios debería priorizar otras configuraciones y poseer una correcta impermeabilización y en caso de ser imposible, habrá que neutralizar la posibilidad de que estos espacios actúen como focos de cría, rellenando unos pocos centímetros de estos espacios con gravas u otros áridos.
- Imbornales de calles, pozos de arenas o decantadores: constituyen importantes elementos de riesgo para la cría de los mosquitos, ya que suelen contener agua y son elementos situados muy cerca de las viviendas. Las soluciones de diseño se deben basar en la existencia de sistemas de decantación que impliquen la menor acumulación de agua posible y un mantenimiento adecuado de las pendientes de los colectores subterráneos para evitar estancamientos de agua. Existen configuraciones de imbornales dotados de válvulas antirretorno que permiten aislar el agua del exterior, siendo eficaces para el control vectorial.
- Estanques decorativos y fuentes: se deben diseñar de modo que se eviten las pendientes suaves en los bordes, con un perfil del fondo en forma de embudo con un orificio de desagüe central. Se debe evitar, además, la construcción de canales periféricos a la lámina de agua, cuyo diseño debe garantizar una buena recirculación del agua, para impedir el establecimiento y la proliferación de mosquitos. Las fuentes públicas se deben diseñar de forma que se eviten acumulaciones estáticas de agua, y que sea imposible la obstrucción del desagüe.



- Obras públicas en ejecución: pueden constituir una actividad de riesgo en lo que concierne a los mosquitos, a causa del volumen de agua que se acumula en bidones en el exterior, durante largos periodos de tiempo. En estos casos se recomienda incluir en los permisos de obras la exigencia de recirculación rápida de las aguas o de retirada de los recipientes con agua en el caso de cese de las obras. También hay que evitar la existencia de fosos que se puedan inundar de agua (por ejemplo, en las bases de las grúas de carga). Además, en cualquier obra en la vía pública que incluya barreras plásticas rellenables (del tipo *New Jersey*), hay que asegurarse de que estas balizas sean completamente estancas y si se hallan vacías, obturar los orificios que permitan la entrada de agua.
- Los canalones de recogida de aguas pluviales, en los tejados de los edificios, y las arquetas situadas a su pie, se deben diseñar de forma que las pendientes sean adecuadas y eviten la acumulación de material que pueda provocar atascos.
- Los depósitos subterráneos para aguas de lluvia o de otro tipo, como los que suelen encontrarse en campos deportivos con césped artificial, deben mantener unas condiciones adecuadas de estanqueidad y sifonado, debiendo protegerse los orificios de ventilación mediante malla mosquitera.
- Las arquetas de registro de aguas y las bocas de riego pueden ser problemáticas en caso de que se produzcan acumulaciones de agua en ellas. Por eso hay que utilizar grifos y elementos que eviten goteos o fugas. Las arquetas deben tener orificios de desagüe hacia el sustrato inferior y/o una tapa metálica sin orificios que ajuste bien, para que los mosquitos no puedan penetrar en ellas.
- Los sistemas de riego automático sean por aspersión o por goteo, deben tener en cuenta los recorridos de evacuación de las escorrentías y los elementos urbanos próximos donde podrían acumularse. Es habitual en imbornales de jardines, o su periferia, que se produzca un llenado continuo por el exceso de riego. Esta situación origina dos problemas, una fuente de agua constante para la cría y un lavado de los larvicidas que se puedan estar utilizando.
- En piscinas públicas, vestuarios y otros lugares con uso de agua, se deberán dotar de imbornales y rejillas de evacuación. Los pequeños desagües circulares habituales en muchas piscinas y áreas comunitarias de los edificios pueden ser también problemáticos y hay que controlarlos adecuadamente.
- Los elementos vegetales en edificios públicos se deben situar en jardineras o contenedores adecuados. Hay que tener en cuenta que las hidrojardineras que disponen de depósitos internos de agua pueden ser un punto de riesgo si comunican directamente con el exterior.



- Los sistemas de acondicionamiento del aire de los edificios se deben diseñar de modo que el agua de condensación se recoja y se canalice de forma adecuada, evitándose la presencia de cubos en el exterior.
- Las papeleras de la vía pública no deben retener agua, por lo que hay que utilizar modelos que presenten orificios en su base.
- En el arbolado público se sugiere evitar las especies arbóreas con mayor tendencia a generar agujeros en el tronco, siendo por ejemplo el plátano de paseo (*Platanus hybrida xx orientalis*), las moreras (*Morus spp.*) y ciertas especies tropicales de crecimiento muy rápido como el cinamomo (*Melia azedarach*) muy propensas a ello. Estas oquedades en los troncos se llenan con agua de lluvia y provocan problemas importantes y difíciles de diagnosticar. Las soluciones curativas pasan, en este caso, por la adopción de estrategias de poda adecuadas, que no generen grandes cicatrices, cirugía arbórea que perfore canales de drenaje de la oquedad (a través del tronco al exterior), así como el rellenado de oquedades con sustratos inertes, cuando sea posible.

#### 5.9.5. Programas educativos e informativos

La educación e información tienen como objetivo sensibilizar a la ciudadanía sobre la problemática de los mosquitos y, en especial, motivar la participación social para realizar actividades preventivas en sus propios domicilios. Un programa básico y necesario se basa en la producción de folletos informativos que se reparten entre los habitantes de una zona. Sin embargo, si el objetivo es incentivar todavía más a la población en determinadas medidas de prevención, el programa básico debe completarse con actuaciones específicas diseñadas por expertos en comunicación social y/o científicos sociales. Es necesario conseguir cambios de hábitos arraigados, como es el mantenimiento de recipientes con agua en el exterior, que contribuyen a la proliferación de mosquitos. La comunicación bidireccional con los ciudadanos en cuanto a esta problemática y la demostración de que las medidas de prevención son efectivas, es fundamental.

Algunas de las herramientas más habituales que se emplean en las campañas de sensibilización de los ciudadanos son:

- Talleres escolares infantiles: método educativo de gran proyección y efectividad. Existen precedentes en Italia y en España de proyectos educativos que, tras presentar el problema, entregan a los alumnos kits de muestreo y les incentivan a buscar larvas en sus propios domicilios, lo que constituye un elemento de educación en todo el núcleo familiar (27–30).
- Acciones informativas: charlas informativas en las que los ciudadanos puedan expresar sus preocupaciones en cuanto a la problemática causada por los mosquitos y en las que también se les informa e insta a la participación en las medidas de prevención. Es importante que haya una figura responsable a la que los ciudadanos puedan acudir y/o





contactar en caso de necesidad. Son eficaces las campañas puerta por puerta que combinan la inspección, la información y la educación, dentro de un programa que las integra con las visitas a demanda (31).

- Acciones formativas a colectivos: algunos colectivos como profesionales de la salud, policías locales o jardineros, entre otros, tienen especial relevancia, bien como gestores del medio en el que se desarrollan los mosquitos (p.e.: jardineros) o por la recepción de quejas y/o casos clínicos (p.e.: farmacias, personal sanitario, policías, etc.). Puede ser importante lograr la implicación de personas emergentes entre la ciudadanía, que posean liderazgo e influencia social (líderes de opinión), ya que en la credibilidad del emisor reside el éxito del mensaje.
- Plataformas de ciencia ciudadana y redes sociales: las plataformas de ciencia ciudadana suponen un punto de unión entre científicos y ciudadanos que permite que estos últimos se impliquen, generando datos que revierten en la propia ciudadanía y contribuyendo a un mejor conocimiento de la presencia de mosquitos, mejorándose las acciones de prevención y control. Esta actividad, planteada básicamente como un juego, permite además una comunicación directa y continua entre científicos y ciudadanos, lo que contribuye a la información, educación e implicación de la población.  
Por otro lado, las redes sociales mantenidas a nivel municipal también contribuyen a informar sobre las acciones llevadas a cabo y son una vía de comunicación rápida y pública de las preocupaciones de los ciudadanos.

## 5.10. Medidas de control

En el caso de los mosquitos, las medidas preventivas constituyen el método más sostenible y deben realizarse siempre en primer lugar. Cuando esta resulte insuficiente o imposible, deben utilizarse las herramientas de control que se describen en este apartado. La realidad muestra que, en el actual contexto de la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por vectores, el control de vectores es de crucial importancia en un país cálido como el nuestro.

Las larvas son el objetivo preferente de toda actividad preventiva y de control y son muy vulnerables al estar bien localizadas, confinadas en pequeñas masas de agua. Los tratamientos larvarios, son siempre los más efectivos ya que impiden que se alcancen elevadas poblaciones de adultos sobre los que es muy difícil de actuar de manera correcta. Para ello se recomienda establecer a nivel local una cartografía detallada de todos los posibles focos de cría potenciales de cada una de las especies vectores. Esto es especialmente importante en el caso de canales de riego y desagüe, zonas inundables, humedales, campos agrícolas inundables y arrozales. Además, se identificarán aquellos focos de cría antropogénicos típicos de zonas urbanas y periurbanas como son objetos con agua acumulada y especialmente imbornales situados en huertos, urbanizaciones y casco urbano. Así y todo, gran parte de los focos de cría de zonas urbanas será difícilmente localizable al hallarse en propiedades privadas o ser de imposible identificación. Deberá de llevarse a cabo un tratamiento continuado de cada uno de los focos detectados de manera que el desarrollo larvario no dé nunca lugar a la aparición de pupas y por





tanto eventualmente adultos que escaparían al efecto del tratamiento. Para cada zona tratada deberá de llevarse un seguimiento detallado y repetido en cada tratamiento. En cada zona deberá de tenerse en cuenta el tipo de hábitat de cría y por ejemplo en los arrozales deberá de conocerse el momento en que se inundan los mismos o se producen actuaciones que afecten a las poblaciones larvarias.

En el caso de los adultos, su control es mucho más complejo al desplazarse entre diferentes hábitats debido a su capacidad de vuelo. A pesar de sus inconvenientes, los adulticidas, en el caso de ser aplicados de manera correcta en zonas determinadas y nunca de manera general, son la única herramienta que proporciona una reducción inmediata de la densidad del vector. Esto es imprescindible en casos de emergencia, bien sea para proteger lugares sensibles donde excepcionalmente existan densidades extraordinariamente elevadas de mosquitos que producen picaduras a los ciudadanos, o en situaciones de riesgo vectorial cuando existe la posibilidad de circulación del patógeno entre los mosquitos de la zona. Además, hay que tener en cuenta que existen importantes restricciones para el uso de los adulticidas, que requerirían en ocasiones permisos especiales, por lo que es imprescindible que los profesionales que los aplican cuenten con la capacitación adecuada y sean conocedores de las condiciones de aprobación de los biocidas antes de iniciar un tratamiento adulticida.

### 5.10.1. Control físico

El control físico o medioambiental, también llamado mecánico, tiene como objetivo modificar el entorno para obstaculizar o impedir el desarrollo del mosquito.

- Las medidas de prevención explicadas anteriormente pueden ser consideradas también como control físico o medioambiental, ya que con ellas no sólo se modifica el ambiente para eliminar los lugares de cría demostrados y/o potenciales de una zona, sino que también se destruyen las larvas presentes.
- Sustancias formuladas a base de polidimetilsiloxano, un polímero siliconado. Se aplica, sin diluir, sobre la superficie del agua y forma una capa monomolecular que altera la tensión superficial del líquido. Como consecuencia, las fases acuáticas, es decir las larvas y pupas que necesitan respirar oxígeno atmosférico a través de la superficie del agua ya no pueden hacerlo y se asfixian. Adicionalmente, aquellas hembras que se posen en el agua al poner los huevos se hundirán y también se ahogarán. La eficacia de este producto alcanza varias semanas y se utiliza a dosis muy bajas. Existen formulaciones muy prácticas de monodosis en cápsula soluble que cubren medio metro cuadrado por unidad. Es importante seguir las instrucciones ya que su disolución depende de la temperatura del agua, si es menor a 25°C las cápsulas deben ser pinchadas. Estos productos, por regulación legal, no son biocidas y por tanto son de libre adquisición y aplicación por personal no especializado, sin más límite que las normativas sobre residuos. No se pueden aplicar en absoluto en zonas naturales o rurales puesto que afectan a otros organismos acuáticos que respiren en la interfase. Sin embargo, en los focos de cría típicamente urbanos y colonizados por mosquitos, en general no se encuentran otras especies acuáticas y su efecto no tiene mayor impacto. Así y todo,



recordemos que el mensaje a transmitir siempre será la eliminación del contenedor como solución definitiva, antes que tratarlo, lo que representa un coste permanente.

### 5.10.2. Control biológico

El control biológico en su acepción clásica utiliza organismos depredadores, parasitoides y/o entomopatógenos para reducir la población de la plaga.

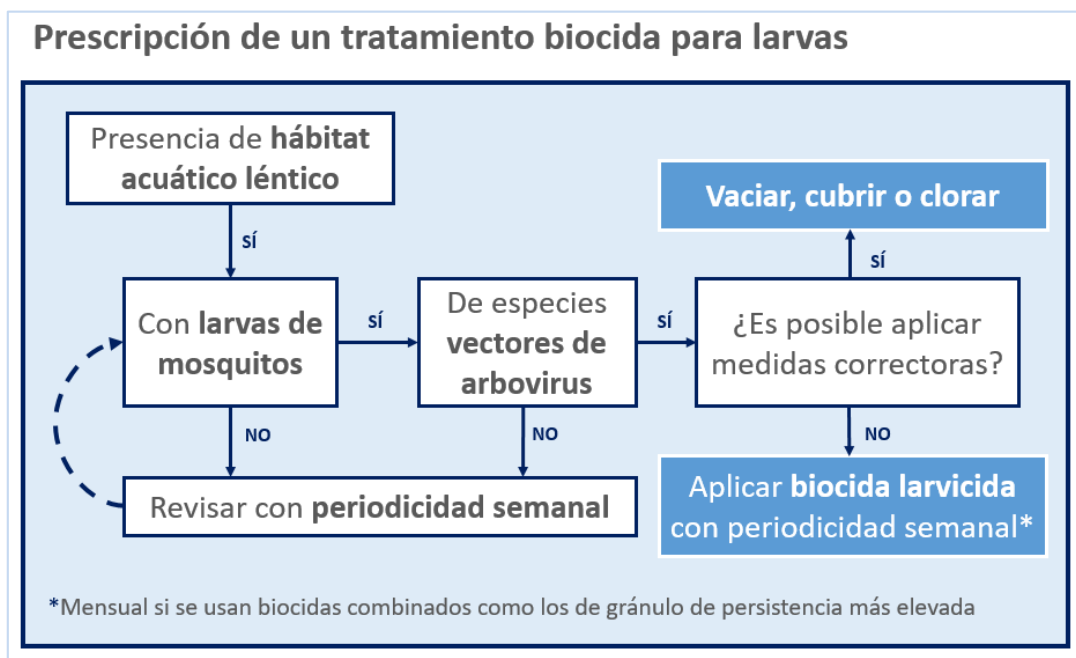
- Los murciélagos y algunas aves, reptiles y anfibios insectívoros pueden contribuir a la reducción de las poblaciones de mosquitos. Aunque los mosquitos pueden constituir un porcentaje muy bajo de su dieta, la cantidad de mosquitos consumidos puede llegar a ser considerable (32–34). Lo mismo sucede con otras especies de las que existen pocos datos sobre su labor de control biológico sobre las poblaciones de mosquitos, como sería el caso de la salamandrea común (*Tarentola mauritanica*), las golondrinas, así como otros reptiles y anfibios. Son necesarios estudios que cuantifiquen el impacto real de estas especies sobre las poblaciones de mosquitos, pero pueden contribuir al control, complementados con otros métodos.
- Métodos biológicos basados en el control genético: se proponen mosquitos transgénicos, o portadores de bacterias simbiotas que producen incompatibilidad reproductiva (p.e.: *Wolbachia* spp.) y cepas de mosquitos resistentes a la infección por arbovirus. Estos recursos se hallan en fase experimental y, en algunos casos, existen serias dudas sobre la posibilidad de autorización operativa en un futuro, en el contexto de la legislación comunitaria sobre Organismos Modificados Genéticamente (OMG)<sup>4</sup>. En el caso de *Ae. albopictus* también se experimenta desde hace décadas, el control mediante la liberación de grandes cantidades de machos estériles. La técnica se ha probado en diversas zonas urbanas (p.e., Italia y Alemania) sugiriendo una importante reducción de las poblaciones de *Ae. albopictus*, pero no existen estudios en los que se haya implementado la técnica a gran escala y en zonas no aisladas, donde pueda haber contacto con otras poblaciones, su éxito queda comprometido (35). Otra posibilidad es combinar ambas técnicas (incompatibilidad + esterilización) (36). Estos métodos no están aún disponibles comercialmente.
- Larvicidas bacterianos modernos están comercializados y registrados como biocidas. Constituyen una opción excelente para las campañas larvicidas que se realizan de forma organizada, allí donde no se puedan eliminar o modificar los focos de cría. Los disponibles en el mercado son toxinas de cultivos de esporas de bacilos esporulados, concretamente *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti), *Lysinibacillus sphaericus*, o una combinación de ambas. Actúan por lisis patogénica del epitelio digestivo de la larva después de su ingestión, activándose por el medio alcalino del sistema digestivo de las larvas. Por este motivo no son tóxicas para los vertebrados, cuyo medio digestivo es

<sup>4</sup> Los preceptos sobre organismos modificados genéticamente se establecen mediante la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, y en el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución de la Ley 9/2003.



ácido. Sus ventajas principales son su especificidad, la nula persistencia en el medio, la muy baja inducción de resistencias, sin relevancia por el momento a nivel operacional, la seguridad para las personas (algunas formulaciones están incluso aceptadas por la OMS para uso en agua potable) y el hecho de ser bacterias de origen natural no modificadas genéticamente que se vienen utilizando desde hace más de 40 años con resultados óptimos. Su mayor inconveniente es la baja persistencia en el caso de las formulaciones puras de *B.ti*. Existen formulaciones en gránulo, aplicables a focos de cría de pequeño tamaño como los de zonas urbanas, específicamente diseñadas y que además combinan ambas toxinas, que pueden proporcionar hasta 5 semanas de control residual. Estos productos son los que posibilitan campañas eficaces y seguras de control de imbornales en multitud de ciudades de Europa, como las que se implementan en la región del Baix Llobregat en Barcelona, donde se realizan unas 100.000 aplicaciones por temporada.

- **Biocidas biorracionales:** son sustancias de síntesis diseñadas para actuar sobre el ciclo metabólico de la larva, siendo por ello relativamente específicas y seguras para el medio y las personas. Pertenecerían a esta categoría los IGRs (de las siglas en inglés sobre Inhibidores del Crecimiento de los Insectos) que incluyen análogos de la hormona juvenil (juvenoides), como piriproxifeno y metopreno, o inhibidores de la síntesis de la quitina, como diflubenzurón. Muchas de estas materias activas, sin embargo, están perdiendo la homologación contra mosquitos a raíz de los cambios en los Registros y en las políticas europeas (ver más adelante enlaces a los principales registros).



Nota: Este cuadro-resumen es meramente orientativo y las actuaciones deberán valorarse para cada situación concreta.



### 5.10.3. Control químico adulticida

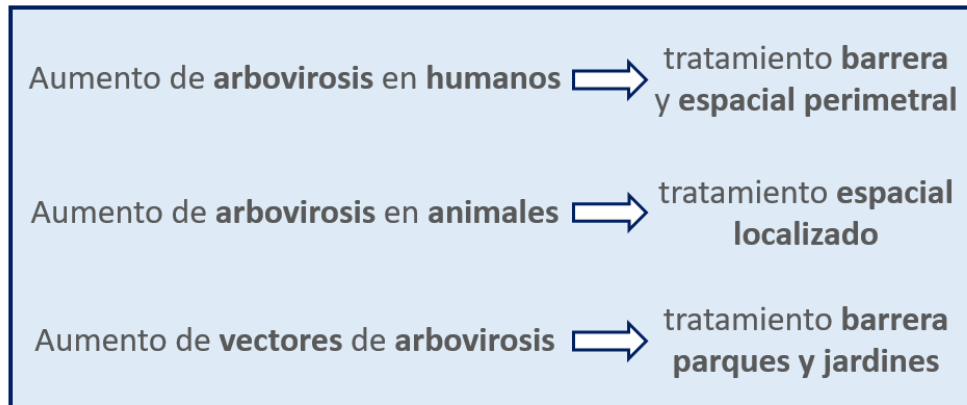
Nos referimos aquí a las aplicaciones de biocidas químicos contra los mosquitos adultos, es decir, las tradicionales fumigaciones de insecticidas en el sentido popular. La gran mayoría de materias activas biocidas registrados pertenecen a la clase de los piretroides. Se caracterizan por usarse a bajas dosis, proporcionando un gran efecto de abatimiento y una notable capacidad residual, en algunos casos. Son usados universalmente en los productos en aerosol para uso doméstico. Su toxicidad no es elevada para mamíferos (exceptuando los felinos), aunque tienden a presentar capacidad irritante; sin embargo, incluso a dosis muy bajas, son muy tóxicos para la fauna acuática y pueden serlo para muchos organismos terrestres que proveen de servicios ecosistémicos fundamentales, como es el caso de muchos insectos polinizadores. Además, se pueden acumular y transmitir en las cadenas tróficas, pudiendo afectar así a buena parte de sus integrantes. Por ello, sus aplicaciones en el medio público, a media o gran escala, implican una alta dificultad, y deben ser muy tecnicizadas y selectivas para lograr la máxima eficacia posible, con el mínimo impacto en el medio urbano y en los organismos no diana del medio natural. Para garantizar la máxima eficacia, cada tratamiento debe adaptarse en función de las especies objetivo, la dinámica poblacional de la especie, el contexto geográfico y el balance entre el riesgo que se busca evitar y el riesgo tóxico que se asume. Sólo debe emplearse si es parte de un programa integrado de control. Carecen totalmente de sentido las antiguas campañas de fumigaciones masivas no planificadas.

En la actualidad, el uso de adulticidas se considera como un último recurso y, de hecho, las políticas comunitarias parecen claramente orientadas a su supresión en un futuro nada lejano en exteriores. La limitación en el uso de los adulticidas también va encaminada a la reducción de posibles fenómenos de resistencias, ya observadas en España (37) que serían favorecidas en gran medida por su uso masivo y continuado. Estas resistencias deben ser objeto de un seguimiento más sistemático para optimizar la correcta elección del producto a utilizar en cada caso, conservando la eficacia de las herramientas para cuando tengan que emplearse ante una emergencia de salud pública.

En todos los demás casos en que la prevención no fuera suficiente, se priorizarán los tratamientos larvicidas, que son inocuos, previsibles y más eficaces, y se esperará un corto tiempo a que la densidad de adultos picadores disminuya de forma acorde.



### Prescripción de un tratamiento biocida para adultos



Nota: este cuadro-resumen es meramente orientativo y las actuaciones deberán valorarse para cada situación concreta.

#### 5.10.4. Técnicas de aplicación

- En el control larvario las técnicas y sistemas de aplicación deberán de adaptarse a los hábitats de cría y por tanto se usarán desde dispensadores de gránulo para por ejemplo imbornales, hasta métodos aéreos como en el caso de tener que tratar arrozales. Se usarán mochilas de espalda para tratamientos a pie y sistemas de dispersión motorizados montados en vehículos para extensiones grandes pero accesibles como en el caso de canales. Estos sistemas serán principalmente de dispersión en spray para reducir la deriva por el viento de gotas de dispersión de tamaño más pequeño como pueden ser los aerosoles. El uso de nebulizadores o generadores de aerosoles quedarán restringidos a lugares donde sea imposible acceder con maquinaria que aplique spray y en los que el tamaño de gota, al ser menor permita un alcance mayor en distancia. Hay que tener en cuenta que cada uno de los productos comerciales tiene un periodo de eficacia propio y así algunos prácticamente no se mantienen en el medio pasadas 24h mientras que otros pueden ser eficaces hasta 4 – 5 semanas después de su aplicación. Todos los productos usados deben de estar aprobados para su uso y los biocidas deben de tener el correspondiente registro vigente, con la excepción ya citada de los polímeros de silicona que sin embargo debe evaluarse estrictamente desde el punto de vista medioambiental.
- En el control de los mosquitos adultos se pueden seguir dos métodos principales, que deberán planificarse según la situación y el efecto deseado: la impregnación residual de superficies (vegetación o paredes) o el tratamiento volumétrico de grandes áreas. En todos los casos, es importante que se hayan aplicado medidas preventivas y/o actuaciones larvicidas con anterioridad como parte del plan de control, puesto que, en caso contrario, la recolonización será cuestión de días. Se trata de intervenciones de elevada tecnificación que deben ser realizadas por personal especializado bajo criterio técnico experto. Se considera en general que las aplicaciones residuales tienen mayor efectividad pues permiten la protección a medio plazo de una finca o un grupo de fincas,



mientras que los tratamientos volumétricos de choque permiten esperar, si se realizan correctamente, una disminución importante e inmediata de la densidad de los mosquitos en un área amplia. Ambas estrategias suelen combinarse dependiendo de cada situación concreta, aunque los tratamientos volumétricos deberían reservarse para situaciones de riesgo epidemiológico.

- La impregnación de la vegetación usando un piretroide de alta persistencia en el tiempo, producirá un efecto barrera en toda la vegetación tratada. Esto puede hacerse, por ejemplo, en un seto periférico de una finca, impidiendo que los mosquitos exteriores puedan penetrar en ella, y eliminando progresivamente los que pueda haber en el interior; asumiendo, por supuesto, que los posibles focos de cría interiores se habrán detectado y eliminado. La vegetación tratada se convierte en una trampa para los mosquitos que se irán posando en ella a lo largo de semanas, gracias a la gran tendencia de la mayoría de los mosquitos a descansar en zonas verdes. Para evitar la selección de resistencias genéticas, deberán considerarse medidas de monitorización de las resistencias y para su prevención, como serían la rotación o discontinuación de materias activas. Las pulverizaciones se generarán con gotas de tamaño medio a grueso, en spray, dirigiendo el pulverizado a la vegetación. El modo de empleo y las dosis de tratamientos se ajustarán a las recomendaciones establecidas por el fabricante o a las pautas que establezcan las autoridades competentes. Los plazos de seguridad deberán cumplirse según las especificaciones del biocida utilizado. Corresponderá a cada ayuntamiento adoptar las medidas de señalización e información que se consideren necesarias y suficientes para evitar el acceso de terceros durante la ejecución de los tratamientos, prolongándose dicha limitación hasta que finalice el plazo de seguridad. Dado que las superficies a tratar suelen estar sometidas a riegos intensivos durante el verano, conviene que los servicios municipales dedicados al mantenimiento de jardinería restrinjan los riegos, y la siega o poda de la vegetación durante el día previo y posterior a la fecha de aplicación prevista.
- Aplicación volumétrica sobre grandes áreas: consiste en la producción mediante la maquinaria adecuada, de nubes de gotas muy pequeñas del biocida, en aerosol, que se lanzan a gran presión y velocidad y que serán letales para los insectos contra los cuales impacten. En este caso, no existe efecto residual, sino que sólo los mosquitos en movimiento del área tratada son alcanzados y abatidos de forma inmediata. Este tipo de aplicaciones se ha realizado tradicionalmente en parques, cementerios o la misma vía pública. Actualmente no se debe de proponer este tipo de tratamientos excepto en casos muy justificados por criterios técnicos ya que la nube dispersada no es controlable, actúa sólo sobre los individuos adultos en que impacta directamente y dispersa una gran cantidad de insecticida al medio ambiente que quedará allí donde la nube acabe depositándose, a menudo muy lejos del lugar a tratar. Según el tamaño de gota deseado y la maquinaria disponible, se pueden utilizar técnicas de bajo volumen, ultra bajo volumen o termo nebulización. Gran parte



de la maquinaria existente permite alcanzar distancias de algunas decenas de metros; la aplicación debe hacerse con la atmósfera encalmada para evitar la deriva, que restaría su eficacia y pondría en riesgo zonas no planificadas. Por supuesto, la zona urbana tratada debe de hallarse controlada y libre de personas y, por los dos motivos anteriores, estas aplicaciones se han venido realizando en horario nocturno. Sin embargo, al ser una aplicación instantánea la mayor eficacia se obtiene realizándola en el momento de actividad de la especie diana lo cual requiere que, para controlar a *Ae. albopictus* se tendría que hacer de día, mientras que para especies del género *Culex* sería preferible tratamientos al anochecer. Ante las evidentes dificultades relacionadas con la presencia de personas pueden plantearse también aplicaciones nocturnas sobre puntos de descanso, aunque se asume que la eficacia será inferior para el control de *Ae. albopictus*.

Las aplicaciones volumétricas son adecuadas para grandes áreas usando desde la calle maquinaria montada sobre vehículos pesados, pero pueden ejecutarse de forma más focalizada, mediante aparatos manuales portátiles y de menor alcance, especialmente por termo nebulización, que permiten la aplicación finca por finca disminuyendo por tanto los riesgos de deriva.

Las aplicaciones se interrumpirán en el caso de que se produzcan lluvias o vientos fuertes de dirección variable.

#### 5.10.5. Productos y toma de decisiones

En el proceso de elección de un biocida y de una estrategia de aplicaciones, la toma de decisiones es uno de los pasos más importantes y debe ser llevado a cabo por expertos cualificados. Dichas elecciones deben estar fundamentadas en criterios y procedimientos sólidamente establecidos, relacionados con el uso previsto del biocida. Como se ha expuesto con anterioridad, se basará en un proceso de obtención de datos biológicos y ambientales de calidad para poder tomar decisiones informadas que garantizarán que los productos y las aplicaciones tengan el cometido previsto y no causen efectos adversos inaceptables para las personas y el medio ambiente. Al considerar la necesidad de un biocida, hay que sopesar los beneficios en relación con los riesgos que representará su uso. Las preguntas más relevantes que se deben considerar son: si la plaga contra la cual el biocida será utilizado ha superado los umbrales que se consideran como tolerables y/o supone un riesgo constatado de transmisión de enfermedades; si están disponibles alternativas apropiadas (no químicas) o químicos menos tóxicos con buen rendimiento de costo/efectividad; si hay necesidad de su uso, en relación al manejo de la resistencia a biocidas; o si el uso del biocida es compatible con los enfoques de la gestión integral de vectores. En la elección del tipo de producto a utilizar, hay que priorizar el uso de los más específicos, selectivos y menos peligrosos para la salud de las personas y para el medio ambiente. La técnica de aplicación se decidirá siempre minimizando el riesgo de exposición de las personas. Con este fin, antes de aplicar un tratamiento con biocidas, el responsable debe evaluar el riesgo, teniendo en cuenta todos los aspectos relacionados con el área objeto del tratamiento y la actividad que se desarrolla. Sobre la base de esta evaluación, es necesario determinar las medidas de precaución y de seguridad oportunas que es necesario





adoptar antes, durante y después del tratamiento. En medio urbano, esto es especialmente relevante puesto que será necesaria la ausencia de personas en el momento de la aplicación, siendo obligatorio respetar un plazo de seguridad posterior que está definido para cada producto.

Los productos biocidas que se utilicen deben estar registrados de conformidad con la normativa europea (38), es decir, inscritos en el Registro de Biocidas del Ministerio de Sanidad (32), en el Registro Oficial de Plaguicidas no agrícolas, que se aplica durante el periodo transitorio antes de la aprobación por la normativa europea de las sustancias activas (40) o en el Registro de autorizaciones de la Unión gestionado por la ECHA (41).

Los biocidas deben utilizarse siguiendo estrictamente las indicaciones especificadas en su etiquetado, de acuerdo con las condiciones establecidas en las resoluciones de inscripción en los registros mencionados, entre las que se incluyen los usos y las aplicaciones autorizados, las medidas de precaución y seguridad a tener en cuenta y el plazo de seguridad, si procede.

El personal que aplica biocidas debe tener la capacitación necesaria para hacer esta tarea. Los productos autorizados para el uso por personal profesional especializado requieren que este personal cuente con la capacitación prevista en el *Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas*. Por otra parte, no se requiere esta capacitación para aplicar los productos biocidas que están explícitamente autorizados para el uso por el público en general, los cuales se utilizan en el ámbito doméstico.

### Consideraciones para la selección de un biocida y una formulación apropiada

- La eficacia biológica del biocida (incluyendo la actividad residual en su caso) contra la plaga objetivo o vector, teniendo en cuenta la fase del ciclo biológico del insecto que se quiere llegar a controlar.
- La susceptibilidad a los biocidas de las diferentes fases del ciclo biológico de la especie objetivo y su papel en la prevención y el manejo de la resistencia.
- Los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
- El estado de registro del producto.
- La existencia reconocida de recomendaciones para el uso previsto.
- La existencia de una capacidad adecuada para la entrega segura, la aplicación y gestión del ciclo de vida (por ejemplo, distribución, almacenamiento y eliminación).
- Las obligaciones derivadas de los convenios internacionales.
- El coste económico operacional.

Si las actuaciones de control las realiza una empresa o servicio a terceros o corporativo en el ámbito ambiental, éste debe estar inscrito en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas (ROESB) de su respectiva Comunidad Autónoma de acuerdo a la Orden SCO/3269/2006, de 13 de octubre, por la que se establecen las bases para la inscripción y el funcionamiento del Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas.





### 5.11. Aspectos operativos

- Protección de datos: el trabajo multidisciplinario implica compartir información personal de personas afectadas que es sensible y es por ello necesario el estricto cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales, que modifica la Ley 41/2002 sobre documentación clínica. Se entenderá que los entomólogos y expertos, cuando se trate de personal al servicio de las administraciones públicas, estarán asimilados a los profesionales sanitarios que acceden a estos datos, con sujeción a sus mismas condiciones legales.
- Control de calidad: Cualquier acción de control de la población de mosquitos en los escenarios propuestos es recomendable que vaya acompañada de un control de calidad, en la que, mediante el muestreo de las poblaciones, larvarias o adultas, y la evaluación de los procedimientos realizados, se determine la eficacia de las medidas de control adoptadas. Dicha evaluación permitirá reprogramar la naturaleza, periodicidad y recursos asignados a las acciones de control.
- Prevención de riesgos laborales: en los lugares de trabajo en los que pueda producirse la exposición a vectores o contacto con biocidas, se aplicarán las medidas de prevención de riesgos laborales.
  - Cuando haya circulación de vectores cualquier toma de decisión sobre las medidas preventivas a adoptar en cada empresa deberá basarse en información recabada mediante la evaluación del riesgo de exposición, que se realizará siempre en el marco legal de la prevención de riesgos laborales. En este proceso, se consultará a los trabajadores y se considerarán sus propuestas. Se recomendará activamente el uso de las medidas de protección individual siguiendo las indicaciones que se describen en este Plan.
  - La información y la formación a los trabajadores son fundamentales, así como la gestión física del medio. Las medidas de limpieza y desinfección de los lugares de trabajo y equipos de trabajo, son medidas preventivas importantes.
  - En cuanto al trabajo en animalarios con mosquitos infectados, el diseño y la construcción del recinto deben impedir su escape al exterior. Además, la caja o contenedor primario de los mosquitos debe impedir, en la medida de lo posible, la exposición del trabajador.
  - Por lo que se refiere al personal profesional que aplica biocidas y su protección frente al conjunto de los riesgos que implica, será de aplicación la *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo 2022* del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)(42), y la *Protocolización de la vigilancia sanitaria específica de las personas con riesgo de exposición laboral a productos químicos (43)*, en particular, los biocidas, elaborada en el seno de la Ponencia de Salud Laboral de la Comisión de Salud Pública.



## 6. Escenarios de riesgo para las enfermedades transmitidas por *Ae. albopictus*

Con la finalidad de definir los objetivos y actividades de salud pública para el control de las enfermedades transmitidas por *Ae. albopictus*, se detallan una serie de escenarios en los que se tienen en cuenta la presencia de los vectores, así como la aparición y/o circulación de casos de arbovirosis importados y/o autóctonos. El riesgo de cada escenario es estacional: mayor en la época de actividad del vector y se reduce el resto del año.

El nivel territorial al que se aplicarán estos escenarios puede ser el municipio, la provincia, la comunidad autónoma o zonas geográficas seleccionadas, consideradas de mayor riesgo, no necesariamente coincidentes con los límites administrativos. Se tendrá en cuenta siempre que el riesgo será mayor si los hallazgos positivos de la vigilancia se sitúan en zonas urbanas y suburbanas donde se concentran tanto la población humana como los focos de cría del vector. Los mapas de riesgo deberán pues elaborarse teniendo en cuenta los factores facilitadores del establecimiento del mosquito y de la transmisión del virus en el territorio.

### Escenarios de riesgo para enfermedades transmitidas por *Ae. albopictus*\*

**Escenario 0:** *Aedes albopictus* no identificado.

**0a:** se realiza vigilancia entomológica periódica en zonas óptimas para la presencia de la especie y no se ha constatado su presencia.

**0b:** no se realiza vigilancia entomológica y no existen datos previos sobre la presencia de la especie en la zona de interés.

**0c:** existen municipios colindantes a la zona de interés que tienen poblaciones de la especie establecidas.

**Escenario 1:** detección reciente y puntual de *Aedes albopictus*.

No se considera todavía establecido en esa área.

**Escenario 2:** *Aedes albopictus* establecido.

**2a:** no se han detectado casos autóctonos. Pueden detectarse casos importados, ante los que se establecerán recomendaciones basadas en la situación de viremia de los casos.

**2b:** detección de un caso autóctono de enfermedad transmitida por este vector, o de una o varias agrupaciones de casos

**2c:** transmisión epidémica en un área. Amplia distribución de casos humanos no vinculados a agrupaciones, sin vínculo geográfico ni temporal entre ellos.

\*El posicionamiento dentro de un determinado escenario deberá ser evaluado periódicamente. Si la situación de riesgo revierte y se mantiene ausente durante tres años, se podrá pasar a un escenario anterior.

Cada uno de los escenarios pretende mostrar una situación en la que deberán implementarse un mínimo de actuaciones por parte de cada elemento clave, sin perjuicio de poder realizar más actuaciones de las que se proponen.



En el Escenario 0, no se ha identificado *Ae. albopictus*, contemplándose tres subescenarios en función de la mayor a menor seguridad en cuanto a la no presencia del vector. El objetivo en este escenario sería alcanzar el subescenario 0a en el que, aun realizando vigilancia entomológica periódica en zonas óptimas para la presencia de la especie, no se ha constatado su presencia. Las actividades en este escenario estarán dirigidas a vigilar la ausencia de vector y a la preparación ante posibles cambios de condiciones climáticas que puedan propiciar una posible introducción del vector.

En un escenario 1, *Ae. albopictus* se ha introducido en el territorio o bien se ha detectado por primera vez sin que realmente se conozca si se encuentra establecido o no. En este escenario se deben mantener y reforzar los objetivos y actividades propuestas para el escenario 0 y, además, sería importante realizar y difundir evaluaciones del riesgo de establecimiento del vector, teniendo en cuenta las condiciones del territorio, con recomendaciones de medidas de control ajustadas a las situaciones cambiantes.

En el escenario 2, *Ae. albopictus* se encuentra establecido en el territorio. Este escenario se subdivide en tres subescenarios en función de la presencia o ausencia de circulación de los virus que provocan las enfermedades asociadas. En un escenario de ausencia de circulación viral (2a), la actividad más importante es evitar la introducción del virus en los mosquitos locales. Para ello, se debe reforzar la vigilancia entomológica y epidemiológica para poder tomar medidas de forma inmediata ante cualquier indicio de introducción. La detección de casos importados en viajeros en su periodo virémico es de gran relevancia, puesto que es en ellos donde se puede realizar una actuación precoz y decisiva para evitar la transmisión del virus a los mosquitos locales. Dado que en un alto porcentaje estas enfermedades cursan de manera asintomática, sería deseable que los viajeros se protegieran durante las dos semanas tras el regreso (7 días de periodo de incubación + 7 días de viremia) en las que sería más probable desarrollar la viremia, aunque lo más importante es transmitir el mensaje de que eviten las picaduras de mosquito en caso de presentar síntomas de enfermedad. El paso a un escenario 2b con detección de casos autóctonos requiere también de actuaciones enérgicas, para determinar la extensión de la circulación del virus y poder acotar de forma oportuna una posible introducción puntual aún no generalizada. El fracaso de estos intentos llevaría a un escenario 2c, en el que habría que asumir una situación de endemidad, en la que podríamos esperar oscilaciones epidémicas, sin posibilidad de erradicación de los virus ni de los vectores, y en la que deberíamos intentar mantener las poblaciones de mosquitos en un nivel lo más bajas posible.

#### **Componentes para la prevención, vigilancia y control de la fiebre del Nilo Occidental**

Coordinación

Salud humana

Sanidad animal

Gestión Integrada del Vector

Comunicación



## 6.1. Objetivos y actividades por escenarios de la Gestión integrada del vector respecto a las enfermedades transmitidas por *Ae. albopictus*

### 6.1.1. Objetivos de gestión integrada del vector

- OGIV1. Conocer la presencia o ausencia del vector en un área geográfica y detectar precozmente la entrada de *Ae. Albopictus*, y de nuevas especies invasoras, como podría ser el caso de *Ae. aegypti*.
- OGIV2. Conocer, en cada nivel, el riesgo y los factores facilitadores del establecimiento del mosquito y de la transmisión del virus en su territorio.
- OGIV3. Conocer los principales parámetros entomológicos en cada zona climática en donde el vector haya sido identificado.
- OGIV4. Contribuir a prevenir, controlar o eliminar el vector de forma eficiente.
- OGIV5. Disponer de un programa de gestión integrada de mosquitos adaptado a cada territorio.
- OGIV6. Conocer las resistencias a los biocidas utilizados en el control vectorial.
- OGIV7. Eliminar o, en su defecto, mantener la población de *Ae. albopictus* a un nivel bajo para retrasar al máximo la dispersión del vector a zonas libres de su presencia y para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades transmitidas por *Aedes*.

### 6.1.2. Responsables de gestión integrada del vector

La competencia de la gestión integrada del vector, cuando se trata de vectores de enfermedades con impacto en salud pública, debe ser compartida entre el nivel autonómico y local. La coordinación corresponde al nivel autonómico, el cual debería garantizar las actividades que se describen a continuación, que, por otra parte, pueden ser gestionadas por las administraciones locales, en virtud de los acuerdos que se establezcan con ellas.

Por tanto, los responsables de la gestión integrada del vector son los servicios o unidades de salud ambiental de las CC. AA., junto con los servicios o unidades de Medio Ambiente, la administración local y otros agentes implicados, tanto del sector público como privado.

### 6.1.3. Actividades de la gestión integrada del vector por escenarios

Las actividades descritas se irán reforzando según se vaya progresando en los escenarios. Las personas o entidades encargadas de realizar cada una de estas actividades serán designadas por los responsables de la gestión integrada del vector, tal y como se describe en el punto 11.3.2.

Escenarios		Actividades
Escenario 0	0a	AGIV1. Definir criterios medioambientales y climáticos para identificar las áreas idóneas para el establecimiento del vector.



	Ob	AGIV2. Identificar los lugares más frecuentes de cría de mosquitos.
	Oc	AGIV3. Elaborar, en cada nivel, un mapa de riesgo y los factores facilitadores del establecimiento del mosquito y de la transmisión del virus en su territorio.  AGIV4. Realizar muestreos en periodos de actividad del mosquito para identificar la presencia del vector en zonas donde previamente no había sido detectado.  AGIV5. Vigilar puntos de entrada (puertos y aeropuertos).  AGIV6. Elaborar mapas actualizados de presencia y ausencia del vector, con desagregación adecuada para cada nivel (estatal, autonómico, provincial o municipal).  AGIV7. Realizar informes periódicos de resultados para integrarlos en el sistema de vigilancia, además de comunicar de forma inmediata aquellas situaciones que puedan suponer una alerta de salud pública.  AGIV8. Incluir los parámetros de ciencia ciudadana (aumento de avisos por picaduras, nuevas detecciones de <i>Aedes</i> , etc.) para realizar estudios entomológicos y detectar alertas.
Escenario 1		Reforzar las actividades del escenario 0 y, además:  AGIV9. Elaborar un programa de gestión integrada de mosquitos adaptado a cada nivel, en el que se incluyan todos los sectores implicados y se tengan en cuenta los requerimientos ambientales, con objetivos y métodos que permitan mantener permanentemente la población de mosquitos en un nivel de mínima presencia o menor abundancia posible, y retrasar al máximo la dispersión del vector a zonas libres de su presencia.  AGIV10. Realizar muestreos específicos y revisar los parámetros entomológicos necesarios para apoyar la adopción de medidas de prevención y control vectorial.  AGIV11. Verificar la efectividad de las acciones de control vectorial.
Escenario 2	2a	Reforzar las actividades del escenario 0 y 1, además:
	2b	AGIV12. Realizar detección de virus patógenos en vectores presentes en el territorio.
	2c	AGIV13. Programar la periodicidad y los recursos para realizar las acciones de prevención y control.  AGIV16. Llevar a cabo inspecciones entomológicas y actuaciones de control vectorial con un radio de acción alrededor del punto de detección de un caso importado o autóctono de dengue, zika, chikungunya, fiebre amarilla o ante un mosquito positivo.  AGIV15. Verificar la disminución del riesgo de transmisión local mediante indicadores.



## 7. Escenarios de riesgo de la fiebre del Nilo Occidental

### Escenarios de riesgo para fiebre del Nilo Occidental\*

**Escenario 0:** no se ha detectado históricamente presencia del virus del Nilo Occidental.

**Escenario 1:** presencia del virus del Nilo Occidental en equinos, aves o mosquitos.

**1a:** en temporadas anteriores (ni la previa ni la actual) y/o detección mediante estudios serológicos en humanos sin detección de casos humanos con infección activa.

**1b:** en la temporada previa o la actual.

**Escenario 2:** detección de casos humanos.

**2a:** detección de casos humanos sintomáticos en las temporadas previas (puede tener o no, además, la situación descrita en el escenario 1).

**2b:** detección de casos humanos con infección activa en la temporada actual (puede tener o no, además, la situación descrita en los escenarios 1 y 2a).

**2c:** áreas consideradas en situación de endemia (se detecta la presencia en aves, equinos y/o mosquitos, junto con casos humanos con infección activa de forma sostenida durante dos o más temporadas).

\*El posicionamiento dentro de un determinado escenario deberá ser evaluado periódicamente. Si la situación de riesgo revierte y se mantiene ausente durante tres años, se podría pasar a un escenario anterior.

Los escenarios de riesgo se han construido en función de la presencia del VNO. Al contrario que en los escenarios de *Ae. albopictus*, no se contempla la presencia del vector, puesto que se considera ubicuo en toda la geografía. En el escenario 0 los objetivos y actividades deben estar muy centrados en la preparación y en confirmar la ausencia del VNO en el territorio, manteniendo la vigilancia pasiva de aves y equinos, así como de casos humanos. En el escenario 1 hay circulación documentada de VNO, lo que obligaría a reforzar las actividades contempladas en el escenario 0, incluyendo la vigilancia activa de animales. En este escenario sería más probable que se detectaran casos humanos sintomáticos, es decir, los que se presentan en el hospital con síntomas de meningoencefalitis, lo cual sería indicativo de una circulación intensa de virus o bien de la proximidad del ciclo silvestre a núcleos urbanos. Si así fuera, esto conduciría a un nuevo escenario, en el que habría que realizar actuaciones reforzadas de vigilancia, prevención y control. Finalmente, en una situación considerada de endemia, con áreas extensas en las que se detectan casos humanos en dos o más años sucesivos, habría que valorar implementar estrategias dirigidas a los lugares más afectados, en la temporada de mayor actividad del vector. En este contexto ha resultado muy útil la vigilancia entomológica con determinaciones de densidad de mosquito *Culex* y porcentaje de positividad de VNO, así como la vigilancia activa de los casos de meningoencefalitis víricas, entre otras estrategias. En cualquiera de los escenarios, evitar la transmisión de VNO a través de cualquier vía, incluyendo la transfusión o transplante de sustancias de origen humano, se considera otra piedra angular entre los objetivos para proteger la salud humana. El riesgo de cada escenario es estacional, mayor en la época de actividad del vector y se reduce el resto del año.



## 7.1. Objetivos y actividades de la Gestión Integrada del vector respecto a la fiebre del Nilo Occidental

### 7.1.1. Objetivos de la gestión integrada del vector

- OGIV1. Conocer la presencia o ausencia de las distintas especies vector en un área geográfica.
- OGIV2. Conocer en cada nivel, el riesgo y los factores facilitadores de la abundancia de los mosquitos *Culex* en su territorio.
- OGIV3. Disponer actualizado un Programa de Gestión Integrada de mosquitos adaptado a cada territorio.
- OGIV4. Conocer la circulación de VNO en mosquitos *Culex* en cada área geográfica y los factores que favorecen su transmisión a humanos.
- OGIV5. Conocer los principales parámetros entomológicos en cada zona climática en donde el vector haya sido identificado.
- OGIV6. Mantener controlado al vector de forma eficiente y con ello el riesgo de transmisión
- OGIV7. Evaluar la eficacia de las medidas de control del vector

### 7.1.2. Responsables de la gestión integrada del vector

- La competencia de la gestión integrada del vector, cuando se trata de vectores de enfermedades con impacto en salud pública debe ser compartida entre el nivel autonómico y local. La coordinación corresponde al nivel autonómico, el cual debería garantizar las actividades que se describen a continuación, que por otra parte pueden ser gestionadas por las administraciones locales, en virtud de los acuerdos que se establezcan con ellas.
- Por tanto, los responsables de la gestión integrada del vector, son los servicios o unidades de salud ambiental de las CC. AA. junto con los responsables de sanidad animal de las CC. AA., la administración local y con otros agentes implicados, tanto del sector público como privado.

### 7.1.3. Actividades de la gestión integrada del vector por escenarios

Las actividades descritas se irán reforzando según se vaya progresando en los escenarios. Las personas o entidades encargadas de realizar dichas actividades serán designadas por los responsables de la gestión integrada del vector del Plan, descritos en el punto 7.1.2.

Escenarios		Actividades
Escenario 0	0a	AGIV1. Definir criterios medioambientales y climáticos para identificar las áreas idóneas para la presencia y mayor abundancia del vector. AGIV2. Identificar los lugares más frecuentes de cría de mosquitos.



		<p>AGIV3. Elaborar en cada nivel, un mapa de riesgo y los factores facilitadores de la abundancia del mosquito y de la transmisión del virus en su territorio.</p> <p>AGIV4. Realizar muestreos en periodos de actividad del mosquito para identificar la abundancia del vector</p> <p>AGIV5. Realizar informes periódicos de resultados para integrarlos en el sistema de vigilancia, además de comunicar de forma inmediata aquellas situaciones que puedan suponer una alerta de salud pública.</p>
Escenario 1	1a	Reforzar las actividades del escenario 0 y, además:
	1b	<p>AGIV6. Considerar los parámetros de ciencia ciudadana (aumento de avisos por picaduras) para la valoración de realizar estudios entomológicos y permitir alertas automáticas.</p> <p>AGIV7. Valoración de actuaciones entomológicas específicas en torno a los lugares en los que se detecta transmisión</p> <p>AGIV8. Elaborar un Programa de Gestión Integrada de mosquitos adaptado a cada nivel, el que se incluya como mínimo: programación y periodicidad de controles, sectores implicados y sus competencias, objetivos y métodos para mantener la población de mosquitos en un nivel aceptable, valoración de la efectividad.</p> <p>AGIV9. Realizar inspecciones entomológicas y muestreos específicos para valorar determinados parámetros entomológicos</p> <p>AGIV10. Realizar detección de virus patógenos en vectores presentes en el territorio.</p>
Escenario 2	2a	Reforzar las actividades de los escenarios 0 y 1
	2b	
	2c	<p>Reforzar las actividades de los escenarios 0, 1, 2a y 2b y, además:</p> <p>AGIV11. Utilizar los parámetros entomológicos teniendo en cuenta las resistencias a biocidas para apoyar la adopción de medidas de prevención y control vectorial y verificar su efectividad.</p> <p>AGIV12. Verificar la disminución del riesgo de transmisión local mediante las acciones de control vectorial (reducción de la detección de casos animales y humanos y de avisos por picaduras)</p>





## REFERENCIAS

1. Schaffner F, Angel G, Geoffroy B, Hervy J, Bruhnes J. Les moustiques d'Europe. Logiciel d'identification et d'enseignement. [Internet]. IRD Editions. Paris; 2001 [cited 2023 Feb 16]. Available from: <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010027372>
2. Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Madon M, Dahl C, et al. Mosquitoes and Their Control. [Internet]. Springer Berlin, Heidelberg. 2010. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92874-4>
3. MediLabSecure : MosKeyTool [Internet]. [cited 2023 Feb 16]. Available from: <https://www.medilabsecure.com/moskeytool>
4. Cebrián-Camisón S, Martínez-de la Puente J, Figuerola J. A Literature Review of Host Feeding Patterns of Invasive Aedes Mosquitoes in Europe. *Insects*. 2020 Dec;11(12):848.
5. Kaufman MG, Fonseca DM. Invasion biology of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). *Annu Rev Entomol*. 2014;59:31–49.
6. Collantes F, Delgado JA, Alarcón-Elbal PM, Delacour S, Lucientes J. First confirmed outdoor winter reproductive activity of Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) in Europe. *An Biol*. 2014;71–6.
7. Eritja R, Palmer JRB, Roiz D, Sanpera-Calbet I, Bartumeus F. Direct Evidence of Adult *Aedes albopictus* Dispersal by Car. *Sci Rep*. 2017 24;7(1):14399.
8. Collantes F, Delacour S, Alarcón-Elbal PM, Ruiz-Arrondo I, Delgado JA, Torrell-Sorio A, et al. Review of ten-years presence of *Aedes albopictus* in Spain 2004-2014: known distribution and public health concerns. *Parasit Vectors*. 2015 Dec 23;8:655.
9. Eritja R AC Padrós J, Goula M, Lucientes J, Escosa R, Marqués E, Cáceres F. European Mosquito Bulletin, 8 (2000), Journal of the European Mosquito Control Association ISSN - PDF Descargar libre [Internet]. [cited 2022 Dec 1]. Available from: <https://docplayer.es/89040827-European-mosquito-bulletin-8-2000-journal-of-the-european-mosquito-control-association-issn.html>
10. Rizzoli A, Jimenez-Clavero MA, Barzon L, Cordioli P, Figuerola J, Koraka P, et al. The challenge of West Nile virus in Europe: knowledge gaps and research priorities. *Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull*. 2015 May 21;20(20):21135.
11. Engler O, Savini G, Papa A, Figuerola J, Groschup MH, Kampen H, et al. European surveillance for West Nile virus in mosquito populations. *Int J Environ Res Public Health*. 2013 Oct 11;10(10):4869–95.
12. Muñoz J, Ruiz S, Soriguer R, Alcaide M, Viana DS, Roiz D, et al. Feeding patterns of potential West Nile virus vectors in south-west Spain. *PLoS One*. 2012;7(6):e39549.
13. Jupp PG. The ecology of West Nile virus in South Africa and the occurrence of outbreaks in humans. *Ann NY Acad Sci*. 2001 Dec;951:143–52.
14. Gomes B, Sousa CA, Novo MT, Freitas FB, Alves R, Côrte-Real AR, et al. Asymmetric introgression between sympatric molestus and pipiens forms of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) in the Comporta region, Portugal. *BMC Evol Biol*. 2009 Nov 6;9(1):262.
15. Figuerola J, Jiménez-Clavero MÁ, Ruiz-López MJ, Llorente F, Ruiz S, Hoefler A, et al. A One Health view of the West Nile virus outbreak in Andalusia (Spain) in 2020. *Emerg Microbes Infect*. 2022 Dec 31;11(1):2570–8.
16. Loetti V, Schweigmann N, Burrioni N. Development rates, larval survivorship and wing length of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) at constant temperatures. *J Nat Hist*. 2011 Sep 1;45(35–36):2203–13.
17. Diniz DFA, de Albuquerque CMR, Oliva LO, de Melo-Santos MAV, Ayres CFJ. Diapause and quiescence: dormancy mechanisms that contribute to the geographical expansion of mosquitoes and their evolutionary success. *Parasit Vectors*. 2017 Jun 26;10(1):310.
18. Rudolf I, Betášová L, Blažejová H, Venclíková K, Straková P, Šbesta O, et al. West Nile virus in overwintering mosquitoes, central Europe. *Parasit Vectors*. 2017 Oct 2;10(1):452.
19. Gangoso L, Aragonés D, Martínez-de la Puente J, Lucientes J, Delacour-Estrella S, Estrada Peña R, et al. Determinants of the current and future distribution of the West Nile virus mosquito vector *Culex pipiens* in Spain. *Environ Res*. 2020 Sep;188:109837.
20. 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 Feb 8;8(1):2599.
21. World Health Organization. Ethical issues associated with vector-borne diseases: report of a WHO scoping meeting, Geneva, 23–24 February 2017 [Internet]. World Health Organization; 2017 [cited 2022 Dec 19]. Report No.: WHO/HTM/NTD/VEM/2017.07. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259687>
22. González-Pérez MI, Faulhaber B, Williams M, Brosa J, Aranda C, Pujol N, et al. A novel optical sensor system for the automatic classification of mosquitoes by genus and sex with high levels of accuracy. *Parasit Vectors*. 2022 Jun 6;15(1):190.
23. Aranda C, Eritja R, Roiz D. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Med Vet Entomol*. 2006 Mar;20(1):150–2.
24. Bartumeus F, Palmer J, Oltra A. Citizen Science: A Gateway for Innovation in Disease-Carrying Mosquito Management?. *Trends Parasitol*. 2018;



25. Eritja R, Ruiz-Arrondo I, Delacour-Estrella S, Schaffner F, Álvarez-Chachero J, Bengoa M, et al. First detection of *Aedes japonicus* in Spain: an unexpected finding triggered by citizen science. *Parasit Vectors*. 2019 Jan 23;12(1):53.
26. Montalvo T, Higueros A, Valsecchi A, Realp E, Vila C, Ortiz A, et al. Effectiveness of the Modification of Sewers to Reduce the Reproduction of *Culex pipiens* and *Aedes albopictus* in Barcelona, Spain. *Pathogens*. 2022 Apr;11(4):423.
27. Roche J, Bell L, Galvão C, Golumbic YN, Kloetzer L, Knoblen N, et al. Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities. *Front Sociol* [Internet]. 2020 [cited 2023 Feb 10];5. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsoc.2020.613814>
28. Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci*. 2014 Jun 10;111(23):8410–5.
29. Bonney R, Cooper CB, Dickinson J, Kelling S, Phillips T, Rosenberg KV, et al. Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*. 2009 Dec;59(11):977–84.
30. Aristeidou M, Lorke J, Ismail N. Citizen Science: Schoolteachers' Motivation, Experiences, and Recommendations. *Int J Sci Math Educ* [Internet]. 2022 Nov 28 [cited 2023 Feb 10]; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10340-z>
31. Abramides GC, Roiz D, Guitart R, Quintana S, Guerrero I, Giménez N. Effectiveness of a multiple intervention strategy for the control of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*) in Spain. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2011 May;105(5):281–8.
32. Novick A, Vaisnys JR. Echolocation of Flying Insects by the Bat, *Chilonycteris pamellii*. *Biol Bull*. 1964;127(3):478–88.
33. Puig-Montserrat X, Flaquer C, Gómez-Aguilera N, Burgas A, Mas M, Tuneu C, et al. Bats actively prey on mosquitoes and other deleterious insects in rice paddies: Potential impact on human health and agriculture. *Pest Manag Sci*. 2020;76(11):3759–69.
34. Wray AK, Jusino MA, Banik MT, Palmer JM, Kaarakka H, White JP, et al. Incidence and taxonomic richness of mosquitoes in the diets of little brown and big brown bats. *J Mammal*. 2018 Jun 1;99(3):668–74.
35. Bellini R. Safety, regulatory and environmental issues with sterile insect technique-based mosquito vector control in European countries. *Rev Sci Tech Int Off Epizoot*. 2022 May;41(1):170–7.
36. Zheng X, Zhang D, Li Y, Yang C, Wu Y, Liang X, et al. Incompatible and sterile insect techniques combined eliminate mosquitoes. *Nature*. 2019 Aug;572(7767):56–61.
37. Pichler V, Caputo B, Valadas V, Micocci M, Horvath C, Virgillito C, et al. Geographic distribution of the V1016G knockdown resistance mutation in *Aedes albopictus*: a warning bell for Europe. *Parasit Vectors*. 2022 Aug 5;15(1):280.
38. Reglamento (UE) N° 528/2012, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas [Internet]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012R0528-20220415&from=EN>
39. Ministerio de Sanidad, Salud ambiental y laboral. Biocidas - Productos biocidas [Internet]. [cited 2023 Jan 31]. Available from: <http://www.mschs.es/ciudadanos/productos.do?tipo=biocidas>
40. Ministerio de Sanidad. Registro de plaguicidas no agrícolas [Internet]. [cited 2023 Feb 16]. Available from: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/productos.do?tipo=plaguicidas>
41. European Chemicals Agency (ECHA). Information on biocides [Internet]. [cited 2023 Jan 31]. Available from: <https://echa.europa.eu/es/information-on-chemicals/biocidal-active-substances>
42. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica evaluación y prevención de riesgos relacionados con agentes químicos [Internet]. Portal INSST. 2022 [cited 2023 May 3]. Available from: <https://www.insst.es/el-instituto-al-dia/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relacionados-con-agentes-quimicos-ano-2022>
43. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Protocolos de vigilancia específica de los trabajadores [Internet]. Portal INSST. [cited 2023 May 3]. Available from: <https://www.insst.es/stp/protocolos-de-vigilancia-especifica-de-los-trabajadores>