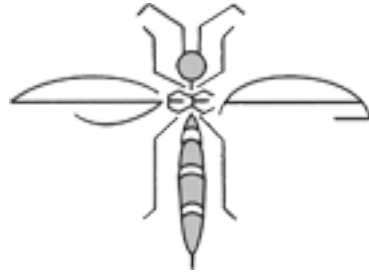


SEEA

el boletín nº 3, 2018



- ✓ Entrevistas a Ferran Garcia Marí y Marcel Dicke
- ✓ Dossier sobre Gestión de Plagas Urbanas y Ganaderas
- ✓ Entrevista a tres bandas desde Holanda: Juan Manuel Alba Cano, Saioa Legarrea Imizcoz e Inmaculada Torres Campos.
- ✓ Resumen Congreso SEEA 2017: Logroño
- ✓ Herramientas para entomólogos: Mendelei



Sociedad Española de Entomología Aplicada

Boletín de la Sociedad Española de Entomología Aplicada

SUMARIO

EDITORES

Alejandro Tena

Pablo Bielza

EDITOR DOSSIER

Fernando García del Pino

FOTO PORTADA

Marcos Miñarro

Bombus pascuorum y flores de arándano

MAQUETACIÓN

Ediciones y Promociones L.A.V., S.L.

ISSN 2603-6754



**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
ENTOMOLOGÍA APLICADA**

SEDE CENTRAL DE LA SEEA

Unidad de Protección de Cultivos

E. T. S. I. Agrónomos

28040 Madrid



CONTACTO



mgnunez@inia.es

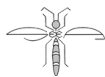


[luis.glopez@upm.es](https://twitter.com/luis.glopez@upm.es)

www.seea.es

Twitter: @SEEA_entomol

- 4 Nota del Presidente**
- 5 Entrevistas a socios ilustres:** Ferran Garcia Marí. Por Alejandro Tena
- 9 Revisión de interés:** Plagas urbanas. Por Fernando García del Pino
- 18 Dossier de artículos relacionados con la revisión: Plagas Urbanas**
- 18** Las cucarachas-plaga o la compleja adaptación a los hábitats antrópicos. Por Xavier Belles
- 23** Gestión Integrada de Plagas en productos almacenados. Por Jordi Riudavets
- 27** Ácaros domésticos productores de alergia. Por J. Cristian Vidal-Quist, Pedro Castañera y Pedro Hernández-Crespo
- 34** La hormiga argentina (*Linepithema humile*): Un problema global en hábitats humanos difícil de erradicar. Por Crisanto Gómez y Sílvia Abril
- 40** Chinchas de Cama: Perspectiva de un Creciente Problema de Salud Pública. Por Alvaro Romero
- 47** Los arbovirus y los culícidos en nuestro entorno. Por Carles Aranda y Núria Busquets.
- 57** Garrapatas de la Península Ibérica de interés en Salud Pública y Veterinaria. Por Joaquim Castellà Espuny
- 67** Mosquitos invasores a través de la mira del teléfono: contexto, retos y oportunidades. Por Roger Eritja y Frederic Bartumeus
- 76** Las termitas en España. Por M. Gaju-Ricart, J. Carbonero-Pacheco y R. Molero-Baltanás
- 82** Actualización de los conocimientos sobre los Flebotomos Ibéricos (Diptera: Psychodidae). Por Javier Lucientes
- 90 Entrevista a entomólogos de otras sociedades:** Marcel Dicke. Por Tolis Pekas y Alejandro Tena.
- 95 Resumen Congreso SEEA 2017.** Por Comité Organizador Congreso.
- 98 Entomólogos por el mundo:** Juan Manuel Alba Cano, Saioa Legarrea Imizcoz e Inmaculada Torres Campos (Amsterdam University). Por Michelangelo La Spina.
- 103 Herramientas para entomólogos:** "Mendelei" como gestor de referencias. Por Michelangelo La Spina
- 105 Sección de fotografía.** Por Marcos Miñarro y Xavier Elizalde
- 107 Chiste entomológico.** Por Luis Miguel Torres



Mensaje del Presidente

Estimados socios de la SEEA, aquí os presentamos el tercer número del Boletín de nuestra sociedad, que ya va alcanzando marcha de cruceo y regularidad, gracias al trabajo de diversas personas, especialmente de Alejandro Tena, que es quien coordina el esfuerzo de todos los que contribuyen a este Boletín.

Siguiendo la saga empezada el pasado número con la entrevista a Alfredo Lacasa, en este número se presenta la entrevista a otro socio ilustre, Ferran Garcia Marí, también ex Presidente de la Sociedad.

El tema de revisión en este número es “Las plagas urbanas”, actuando como Editor Asociado Fernando García del Pino, al que agradecemos su pronta disposición. Igualmente nuestro reconocimiento a los distintos expertos que han contribuido. Animamos a los socios a tomar este papel de Editor Asociado en un número puntual, realizando una revisión y buscando expertos sobre el tema.

La entrevista a entomólogos de otras sociedades corre a cargo de Tolis Pekas y Alejandro Tena, que entrevistan a Marcel Dicke, entomólogo y ecólogo de la Universidad de Wageningen, quien ha recibido el mayor reconocimiento científico que otorga su país, el premio Spinoza. También presentamos un resumen del X Congreso Nacional de Entomología Aplicada, del que disfrutamos en Logroño el pasado octubre. Reiterar mi enhorabuena y felicitaciones al Comité Organizador, por el excelente trabajo realizado. El éxito del congreso fue total. ¡Del próximo congreso en Madrid no esperamos menos!

Siguiendo la rueda de entrevistas entre entomólogos por el mundo, Michelangelo La Spina se atreve con una entrevista a tres bandas con Juan Manuel Alba Cano, Saioa Legarrea Imizcoz e Inmaculada Torres Campos. Los tres trabajan en el Instituto de Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas, conocido por sus siglas en inglés como IBED, en la Universidad de Ámsterdam.

En la sección sobre metodología, dirigida por Michelangelo La Spina, se presenta “Mendelei” como gestor de referencias bibliográficas.

En este número comenzamos una nueva sección de fotografía que coordinará Marcos Miñarro y que contará con la participación de Xavier Elizalde en este número. Acabaremos con el toque de humor entomológico aportado siempre por Luis Miguel Torres Vila.

Espero que este Boletín sea del agrado de todos y animo a todos los socios a colaborar activamente para la mejora continua del Boletín y de la SEEA.



Pablo Bielza



Entrevista al Dr. Ferran Garcia Marí

Por Alejandro Tena

El catedrático Ferran Garcia Marí ha sido un referente para muchos de los que trabajamos en el control de plagas en cítricos. En 2012 publicó el libro "Plagas de los cítricos: Gestión Integrada en países de clima mediterráneo" que es un referente en el control de plagas en este cultivo. A mediados de este año se jubila después de más de cuarenta años de trabajo en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) donde ha formado a numerosos científicos entre los que tengo la suerte de encontrarme. Ferran nos inculcó su pasión por la entomología, la ciencia y la fotografía. En esta entrevista revisamos la carrera de este socio ilustre de la SEEA. Durante su exitosa carrera ha contribuido activamente con la SEEA, primero como Vicepresidente desde 1999 hasta 2007 y posteriormente como Presidente desde 2007 hasta 2011.



Siendo de Sueca, localidad valenciana ligada históricamente al cultivo del arroz y los cítricos, es fácil entender su interés por la agronomía, pero ¿cómo y cuándo surge su vocación por la entomología?

Procedo de una familia de agricultores y por tanto siempre he tenido interés por la agronomía. Recuerdo que en mi infancia realicé una colección de insectos que monté y clasifiqué con ayuda de un libro para aficionados. Pero realmente mi dedicación profesional a la Entomología Agrícola surgió de forma accidental. En 1978, terminando mi tesis doctoral en Fisiología Vegetal, apareció una vacante en la docencia de Entomología Agrícola en la ETSIA de Valencia y el entonces catedrático D. José María del Rivero me ofreció la plaza de forma interina. Yo acepté encantado ya que la Entomología Agrícola había sido una de mis materias preferidas durante la carrera.

¿Y por la fotografía de artrópodos? (El Prof. Garcia Marí tiene una larga colección de fotografía de artrópodos que se pueden ver en sus libros y artículos publicados así como en los calendarios de la SEEA.)

En mi juventud era muy aficionado a la fotografía artística en blanco y negro. Pase muchas horas en el cuarto oscuro revelando y arreglando mis propias fotos. En cuanto inicié la docencia en Entomología Agrícola fue inmediato el paso a la fotografía de insectos. Adquirí un macroobjetivo y otro material fotográfico e inicié mi colección, y así hasta hoy.

Su carrera científica comienza en el Departamento de Producción Vegetal de la UPV junto al Profesor J. L. Guardiola para posteriormente pasarse a la protección de cultivos. ¿Cómo le han servido sus conocimientos en fisiología vegetal para entender la biología y el control de las plagas?

El profesor José Luís Guardiola se había formado científicamente en Inglaterra y cuando empecé a realizar la tesis doctoral bajo su dirección hacia pocos años que se había incorporado como catedrático a la Universidad española. Era un gran científico y una persona muy exigente, que sin duda contribuyó de forma decisiva a mi formación y a mi vocación como investigador. De él aprendí la forma de trabajar en ciencia de forma rigurosa, desde el diseño y la planificación de experimentos al análisis de resultados y redacción de publicaciones. Por tanto, más que en aspectos concretos, mi paso por la fisiología vegetal me sirvió para formarme como investigador.

La citricultura española se ha enfrentado a lo largo de su historia a varias reconversiones debido a la llegada de diferentes enfermedades y plagas. En 2014 se detectó en Galicia el psílido *Trioza erytrae*, vector de la enfermedad incurable de los cítricos del HLB que hasta la fecha no se ha detectado. ¿Cómo cree que podría enfrentarse la citricultura española a la llegada de *Trioza erytrae* y del HLB?





A principios de los años 70 del siglo pasado, cuando estaba estudiando la carrera, viví el gran impacto de una nueva plaga en la citricultura española, la mosca blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus*. Creo que ha sido uno de los casos más acusados de temor y preocupación por introducción de un nuevo agente nocivo en el cultivo, solo comparable al que causó la tristeza en los años 60 o el minador en los 90. La detección de *Trioza erytreae* en Galicia, y sobre todo la amenaza que representa de introducción en la citricultura mediterránea de la bacteria causante del HLB es quizás la amenaza más grave de todas. Lo primero es tomar todas las medidas de vigilancia y prevención posibles para evitar la expansión de *T. erytreae*, así como la introducción de la bacteria y del otro vector, *Diaphorina citri*. Si por desgracia la bacteria llega a introducirse habrá que tomar medidas de gran calado que aún no están plenamente definidas y que se concretarán en el futuro. Las estrategias empleadas para combatir el HLB en dos importantes zonas productoras como son Brasil y Florida son diferentes y habrá que valorar en su caso cual es la más adecuada en nuestras condiciones climáticas y de cultivo. Tendremos que aprender a convivir con la enfermedad y mantener la rentabilidad del cultivo.

Sus logros científicos son numerosos, ¿cuál considera el más importante de su carrera o del que más orgulloso está?

La actividad de nuestro grupo de investigación se inició con el estudio de los ácaros que viven en los cultivos, y en particular de los ácaros fitoseidos que actúan como depredadores beneficiosos de diversas plagas. Posteriormente hemos ido trabajando en otros tipos de plagas, como cochinillas, moscas blancas, minador, hormigas, ... casi siempre en el cultivo de los cítricos. Uno de los que nos produjo mayor satisfacción fue la introducción, establecimiento y dispersión del parasitoide *Citrostichus phyllocnistoides* como agente de control biológico del minador *Phyllocnistis citrella*. El minador se había introducido en la cuenca mediterránea y en América en 1993, y ya en 1995 se introdujo la especie de parasitoide que se consideraba más adecuada, *Ageniaspis citricola*. Pero en la cuenca mediterránea este parasitoide no sobrevive al invierno, por lo que se probaron sucesivamente otras cuatro especies de parasitoides, que tampoco funcionaron bien. Por fin en el verano de 1999 se introdujo *C. phyllocnistoides* y lo que observamos en campo al poco de su introducción fue espectacular. En pocas semanas alcanzó niveles de parasitismo muy elevados y en otoño de ese mismo año se expandió

con rapidez hasta casi 50 km en todas direcciones desde el punto inicial de suelta. En dos años se encontraba en todos los cítricos de la Península e Islas Baleares, causando una notable reducción de las poblaciones del minador. Creo que en pocas veces se tiene la ocasión de comprobar en directo un éxito tan extraordinario del control biológico por introducción.

Fue Vicepresidente y Presidente de la SEEA, ¿cuál cree que debería ser el papel de la SEEA en esta sociedad digital y cosmopolita?

La SEEA es una Sociedad científica consolidada a lo largo de los últimos 30 años en el ámbito de la Entomología Agraria y Forestal. Es el referente a nivel nacional de todos los que trabajamos en investigación aplicada en este ámbito. Muchos de sus miembros pertenecen también a otras sociedades científicas internacionales, ya que cada vez más la investigación aplicada trabaja con equipos, objetivos y proyectos plurinacionales, pero sigue teniendo sentido el contacto e intercambio entre los diversos grupos de investigación a nivel nacional que se da en la SEEA. Por otra

parte, la Entomología Agrícola es una pata más de las tres que forman el ámbito de la Sanidad Vegetal, junto con la Fitopatología y la

Malherbología. Recientemente se ha creado la Asociación Española de Sanidad Vegetal (AESaVe) con el propósito de aunar esfuerzos e intereses de personas cuyas actividades científico-técnicas y profesionales se relacionan con la Sanidad Vegetal. Para optimizar la consecución de los fines, la AESaVe mantiene una particular y estrecha colaboración y coordinación con las Sociedades Españolas de Entomología Aplicada (SEEA), Fitopatología (SEF) y

"La detección de *Trioza erytreae* en Galicia, y sobre todo la amenaza que representa de introducción de la bacteria causante del HLB es quizás la amenaza más grave para la citricultura mediterránea"



El parasitoide *Citrostichus phyllocnistoides* introducido para controlar al minador de los cítricos



Malherbología (SEMh). Además del ámbito científico que representan las tres sociedades, el sector de la Sanidad Vegetal se encuentra representado de forma específica en el ámbito de la administración por la Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, así como por organismos análogos en las diversas Comunidades Autónomas. La Sanidad Vegetal posee también su perfil propio en el ámbito profesional, con numerosas empresas relacionadas total o parcialmente con la protección de cultivos en el ámbito agrario, así como con técnicos de cooperativas y empresas agrarias, de asesorías técnicas y entidades de certificación, así como de tecnologías relacionadas con productos y materiales de aplicación en el control biológico y/o integrado de plagas, enfermedades y malas hierbas. En mi opinión la SEEA en el futuro debería ser consciente de la diversidad de ámbitos del sector de la Sanidad Vegetal en que se encuentra y colaborar de forma activa para la consecución de fines comunes a todo el sector.

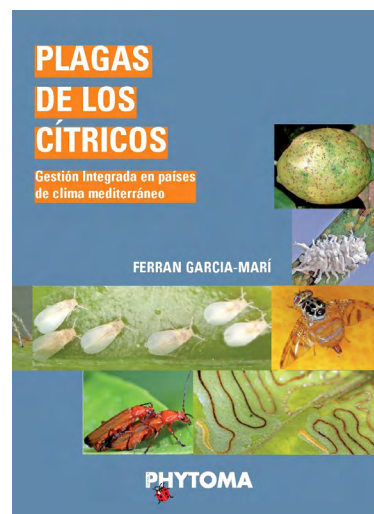
Además de su actividad en la SEEA, también ha sido un miembro destacado de la OILB/IOBC (International Organisation for Biological Control and Integrated Control), donde ha sido el “Convenor” del grupo dedicado a la Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades de Cítricos durante la última década. Por favor, ¿podría explicar a los lectores más jóvenes del Boletín en qué consisten las actividades de la IOBC?

La OILB/IOBC es una organización científica surgida en los años 50 del pasado siglo con el objetivo inicial de promover el control biológico. Pero ya en los años 60 y 70 se amplió el marco a la implementación del control biológico dentro de la Protección y Producción Integrada en el ámbito agrario y forestal, siendo desde entonces, al menos a nivel europeo, la organización que ha sentado las bases y establecido los criterios científicos de lo que se conoce como Protección o Producción Integrada en gestión de plagas. Está dividida en varias secciones regionales, siendo la más activa la WPRS (West Palaearctic Regional Section) integrada por investigadores en Sanidad Vegetal de Europa, la cuenca mediterránea y Oriente Medio. Es por tanto el marco de referencia a nivel europeo para los investigadores aplicados que trabajan en Sanidad Vegetal siguiendo unos principios, los de Gestión Integrada, que son actualmente los plenamente vigentes en la mayoría de la superficie agraria y forestal en

Europa, así como en países desarrollados de todo el mundo.

La actividad del grupo de cítricos ha estado basada principalmente en el Mediterráneo y ha permitido que numerosos países del norte de África con menos recursos financieros hayan podido asistir a reuniones con los países del sur de Europa, ¿cómo ve la citricultura en estos países del norte de África?

Dentro del grupo de trabajo de Cítricos de la IOBC/WPRS existen dos grupos de países claramente diferenciados, los del sur de Europa y los del norte de África. Las diferencias de estructura económica y grado de desarrollo se traducen en diferencias en técnicas de cultivo y metodología de gestión. Si cualquier grupo científico internacional tiene como objetivo aunar, uniformar, compartir información y colaborar, ello cobra un sentido especial en el grupo de cítricos por la circunstancia comentada. Creo que todos en el grupo somos conscientes de ello e intentamos apoyar, colaborar y relacionarnos con investigadores de estos países a fin de mejorar la aplicación de técnicas de gestión integrada. Las dificultades para la introducción de estas técnicas no surgen solo por retrasos en el desarrollo económico. En España, por ejemplo, el cultivo de los cítricos muestra una intensa orientación exportadora que se traduce en exigencias comerciales que dificultan en ocasiones la introducción de estas técnicas.



Portada del libro Plagas de los cítricos.



Tres de las grandes pasiones de Ferran García Marí en una foto: enseñanza, fotografía y entomología.



Y respecto al resto de países productores, ¿cómo cree que se podría fomentar la participación de los países americanos, asiáticos y de Oceanía en este grupo de la IOBC?

El grupo actual está limitado a nivel regional a Europa, la cuenca mediterránea y Oriente Medio, pero es evidente la Sanidad Vegetal en el ámbito citrícola está cada día más relacionada y conectada con grupos de investigación de otros países citrícolas de América, Asia y Oceanía. Un ejemplo muy claro lo tenemos actualmente con el problema del HLB, que afecta a muchos países en todo el mundo. La integración de científicos de estas zonas en el actual grupo sería muy positiva para este ya que lo haría mucho más atractivo e interesante.

Durante su dilatada y exitosa carrera ha formado a más de 20 doctores, ¿qué recomendación les daría a los estudiantes que comienzan ahora su doctorado?

Creo que en total han sido 23 las tesis doctorales que he dirigido. Tengo que decir que desde el punto de vista personal ha sido los más gratificante y enriquecedor de mi actividad profesional, el contacto y colaboración, no solo con los doctorandos, sino con otros investigadores, con técnicos y en definitiva con todo el equipo que hemos trabajado con gran entusiasmo para llevar adelante nuestros proyectos de investigación. Mi recomendación sería en ese sentido, que vivan la investigación de forma apasionada y colaborativa, ya que el trabajo en equipo es fundamental.

"Han sido 23 las tesis doctorales que he dirigido. Tengo que decir que desde el punto de vista personal ha sido los más gratificante y enriquecedor de mi actividad profesional"

¿Y a sus directores de tesis?

La dirección de tesis doctorales es un aspecto fundamental del progreso científico. Los proyectos de investigación requieren de la participación en equipo de técnicos, doctorandos e investigadores, que, en base a la financiación conseguida, llevan adelante los proyectos de investigación. El director de tesis obtiene un beneficio del trabajo del doctorando que es imprescindible para el progreso del proyecto y debe ofrecer al doctorando una contraprestación en forma de conocimientos, formación y méritos curriculares como publicaciones, así como el compromiso de finalización y presentación de la tesis en un tiempo razonable. Diría a mis

compañeros directores de tesis que sean conscientes de que debe haber un equilibrio entre lo que reciben y lo que aportan al doctorando.

Ahora que se jubila, esperamos que pueda dedicarle más tiempo a la fotografía, su otra pasión. ¿Podremos seguir viendo sus fotos en algún sitio? ¿Tiene en mente algún proyecto para publicarlas?

Continuaré con mi afición a la macrofotografía de insectos y tengo en proyecto crear una página web para compartirlas con los aficionados y la comunidad científica. Habitualmente las he empleado en mis clases y en publicaciones. Por supuesto que pienso publicarlas en guías o artículos divulgativos que puedan contribuir a la identificación de los principales artrópodos de interés en el ámbito agrario.



Entrevistado y entrevistador en Olocau, Valencia, estudiando *Coccus pseudomagnoliarum*

¡Buena suerte y muchas gracias Ferran!



La gestión de las plagas en Salud Ambiental: de los plaguicidas químicos al control biológico; un camino por recorrer

Fernando García del Pino

Universitat Autònoma de Barcelona. Departamento de Biología Animal Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Biociencias. Avda de l'Eix Central. 08193 Bellaterra. Barcelona. E-mail: Fernando.Garcia@uab.cat

RESUMEN

Desde hace unos años, ha aumentado el interés por el estudio de los artrópodos asociados al entorno urbano debido a la preocupación que genera su presencia, tanto por aspectos estéticos, como por las implicaciones económicas o sanitarias que pueden causar en el bienestar de las personas (Salud Ambiental). En este entorno, los plaguicidas químicos han sido tradicionalmente la herramienta principal en el control de las plagas urbanas. Sin embargo, en el entorno urbano, las plagas están en contacto directo con las personas, su alimento, sus puestos de trabajo y sus casas, por lo que la utilización de los plaguicidas químicos en estos espacios cerrados, entraña un elevado riesgo de exposición directa de la población. Para minimizar este riesgo, en los últimos años, se ha potenciado la Gestión Integrada de Plagas Urbanas (GIPU), que pretenden evitar el uso abusivo de estos plaguicidas. Sin embargo, la utilización de herramientas de control biológico en los programas de GIPU todavía está muy limitada o es inexistente. No obstante, numerosos estudios nos indican la gran potencialidad que tienen tanto los agentes entomopatógenos como los depredadores y parasitoides en el control de estas plagas urbanas. En este artículo pretendemos hacer un breve repaso de la utilización de los plaguicidas en el ámbito de la Salud Ambiental, así como el marco normativo de su utilización. Pero también pretendemos mostrar la gran potencialidad de los agentes de control biológico en el control de estos artrópodos, poniendo como ejemplo una de las plagas más comunes en el entorno urbano: las cucarachas.

PALABRAS CLAVE: Gestión Integrada de Plagas Urbanas, biocidas, entomopatógenos, parasitoides, cucarachas.

INTRODUCCIÓN

Como es sabido, los artrópodos siempre han tenido una estrecha relación con las actividades humanas, y en ocasiones, fruto de esta interacción, han provocado pérdidas económicas, sanitarias o de bienestar en diferentes ámbitos (agrícola, ganadero, urbano, etc.)

El concepto de Entomología Urbana comenzó a generalizarse a partir de 1975 cuando Walter Ebeling, profesor de la Universidad de California, publicó su libro "Urban Entomology" (Ebeling 1975) para referirse a la disciplina de la entomología que estudia los artrópodos que se encuentran en el entorno urbano y que interactúan con las personas o los animales de compañía, diferenciándose así de otras disciplinas ya existentes como la entomología veterinaria o la entomología agrícola.

En los últimos años, el estudio de los artrópodos asociados al entorno urbano ha incrementado su importancia, debido a la preocupación que genera la presencia de estos organismos, tanto por aspectos estéticos, como por las implicaciones económicas o sanitarias que pueden causar en el bienestar de las personas (**Figura 1**).

No obstante, es difícil de enmarcar en ámbitos los diferentes problemas que generan los artrópodos ya que existen muchas interconexiones, y el origen de algunos de ellos se puede localizar en un ámbito diferente al que ocasionan los daños (p.e. mosquitos). Sin embargo, la necesidad de regular los productos que se utilizan para el control de estos artrópodos, ha hecho que, hasta ahora, existan diferentes administraciones que regulan el registro y la utilización de estos productos, y por tanto se han determinado una serie de ámbitos de productos que en ocasiones ha hecho que la propia entomología se haya dividido en diversas disciplinas (agrícola, ganadera, ambiental, industria alimentaria, etc.).

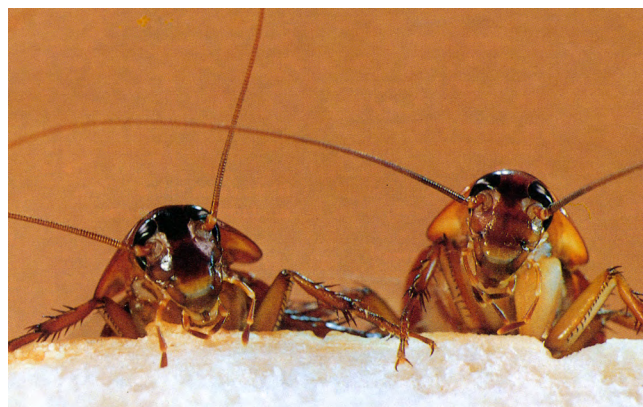


Figura 1. Cucarachas americanas (*Periplaneta americana*) en el entorno urbano.





En el presente artículo se tratarán algunos aspectos del control de plagas en el entorno ganadero, pero principalmente nos centraremos en el entorno de salud ambiental (que incluye la industria alimentaria).

El entorno **Ganadero** se define, según la Ley 8/2003 de Sanidad Animal, como aquel en el que se encuentran los animales o cualquier actividad relacionada con la explotación animal, mientras que el entorno de **Salud Ambiental**, abarca aquellos que no sean agrícola o ganadero e incluye dos ámbitos diferentes: el ámbito de la **Industria Alimentaria** y ámbito **Ambiental** (MISACO, 2001).

MARCO NORMATIVO DE LOS PLAGUICIDAS/BIOCIDAS UTILIZADOS EN EL ENTORNO GANADERO Y DE SALUD AMBIENTAL

Los productos plaguicidas de uso veterinario o productos zoonos, según la Ley 8/2003 de Sanidad Animal, incluyen los medicamentos veterinarios, los productos para luchar contra vectores de enfermedades (p.e. insecticidas, rodenticidas y otros productos de uso ganadero) y los productos de higiene veterinaria (desinfectantes, fungicidas y otros). Hasta ahora, los productos insecticidas del entorno veterinario se debían inscribir en el Registro de Productos Zoonos, que, si bien es público, no permite una consulta abierta a través de Internet.

Los plaguicidas utilizados en el entorno de Salud Ambiental, han estado inscritos en el Registro de plaguicidas que regula el Real Decreto 3349/83. Se trata de un registro nacional, donde se encontraban todos los plaguicidas utilizados en Salud Ambiental (<https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/productos.do?tipo=plaguicidas>).

En este RD 3349/83, se define **plaguicida de uso ambiental** como aquellos destinados a operaciones de desinfección, desinsectación y desratización en locales públicos o privados, establecimientos fijos o móviles, medios de transporte y sus instalaciones. Posteriormente, el Ministerio de Sanidad y Consumo (MISACO 2001) indica que el ámbito ambiental, abarca también:

- Los tratamientos realizados en estanques o puntos de agua estancada, siempre que el tratamiento no tenga repercusión fuera de la zona a tratar.
- Los tratamientos de control de las plagas de las construcciones funerarias de los cementerios (Necrobia)
- La desratización y desinsectación en los vertederos.
- Tratamientos contra organismos xilófagos, hongos, etc., sobre madera destinada a la construcción o en viviendas.
- Desinsectación en las fachadas de los edificios
- Desinsectación y desratización en redes de alcantarillado

Igualmente, el RD 3349/83 define como **plaguicida de uso en la industria alimentaria** los destinados a tratamientos externos de transformados de vegetales, de productos de origen animal y de sus envases, así como los destinados al tratamiento de locales, instalaciones o maquinaria relacionados con la industria alimentaria, abarcando todo establecimiento donde se manipulen, almacenen, transporten y comercialicen productos destinados a la alimentación humana. Los productos plaguicidas de uso en la industria alimentaria llevan las siglas HA en su número de su registro

Posteriormente, la aparición de la Directiva 98/8/CE introduce un nuevo concepto en relación a los productos para el control de plagas en el entorno de Salud Ambiental, el concepto de **Biocidas** que presenta como: *“los anteriormente conocidos como plaguicidas no agrícolas”* y los define como: *“Sustancias activas y preparados que contienen una o más sustancias activas, presentados en la forma en que son suministrados al usuario, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos”*.

En el anexo V de la citada Directiva se clasifican y describen los biocidas en 22 tipos, agrupados en cuatro grupos principales:

- Grupo principal 1: Desinfectantes. Incluye los desinfectantes destinados a la higiene humana y veterinaria, a la desinfección de los equipos, recipientes, utensilios, almacenamiento, y transporte de alimentos y piensos, y a la desinfección del agua potable
- Grupo principal 2: Conservantes. Comprende conservantes para diversos usos, y entre ellos los Protectores para maderas, definidos como aquellos productos empleados para la protección de la madera, desde la fase del aserradero inclusive, o los productos derivados de la madera, mediante el control de los organismos que destruyen o alteran la madera, incluidos los insectos. Se incluyen en este tipo de producto tanto los de carácter preventivo como curativo.
- Grupo principal 3: Plaguicidas. Incluye todos los plaguicidas, entre ellos los insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos (ver **Tabla 1**).
- Grupo principal 4: Otros biocidas. Incluye productos antiincrustantes y líquidos para embalsamamiento y taxidermia.

La Directiva de Biocidas fue transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico a través del Real Decreto 1054/2002, modificado por la Orden PRE/1982/2007, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas. Posteriormente, el Reglamento (UE) 528/2012 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, establece las normas para la elaboración, a nivel de la Unión, de una lista de sustancias activas que pueden utilizarse en los biocidas,



Tabla 1. Tipos de plaguicidas contemplados en la Directiva de Biocidas 98/8/CE.

GRUPO PRINCIPAL 3: PLAGUICIDAS		
Número	Tipo de producto	Descripción
TP 14	Rodenticidas	Empleados para el control de los ratones, ratas u otros roedores, por medios distintos de la repulsión o la atracción.
TP 15	Avicidas	Empleados para el control de las aves, por medios distintos de la repulsión o la atracción.
TP 16	Molusquicidas, vermícidias y productos para controlar otros invertebrados	Empleados para el control de moluscos, gusanos e invertebrados no cubiertos por otros tipos de producto, por medios distintos de la repulsión o la atracción.
TP 17	Piscicidas	Empleados para el control de los peces, por medios distintos de la repulsión o la atracción.
TP 18	Insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos	Empleados para el control de los artrópodos (por ejemplo, insectos, arácnidos y crustáceos), por medios distintos de la repulsión o la atracción.
TP 19	Repelentes y atrayentes	Empleados para el control de los organismos nocivos (invertebrados como las pulgas; vertebrados como las aves, peces, roedores), mediante repulsión o atracción, incluidos los que se utilizan para la higiene veterinaria o humana, ya sea directamente sobre la piel o indirectamente en el entorno de las personas o animales.
TP 20	Control de otros animales vertebrados	Empleados para el control de vertebrados distintos de los cubiertos por los demás tipos de producto de este grupo principal, por medios distintos de la repulsión o la atracción.

modificado posteriormente por el Reglamento (UE) 334/2014 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, en relación con determinadas condiciones de acceso al mercado, en donde en su artículo 95 indica que la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (European Chemical Agency, ECHA) hará pública y actualizará periódicamente una lista de todas las sustancias activas aceptadas para formar parte de biocidas (https://echa.europa.eu/documents/10162/17287015/art_95_list_en.pdf/5b06dde8-ab28-46f3-9170-0c04b271ffc1).

En este marco normativo, actualmente se está desplegando el Registro Oficial de Biocidas, que, en este periodo de transición, coexiste con el Registro de plaguicidas según el Real Decreto 3349/83 citado anteriormente. El Registro Oficial de Biocidas se puede consultar en la web de la ECHA (<https://echa.europa.eu/es/information-on-chemicals/biocidal-products>) para todos los productos comercializados en Europa, o en la web del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (<https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/productos.do?tipo=biocidas>) para los productos comercializados en España.

En relación a los productos plaguicidas utilizados en el entorno ganadero, cabe señalar que, actualmente, el Registro Oficial de Biocidas también coexiste con el Registro de Productos Zoonosanitarios. Sin embargo, existen algunos de ellos, como son los rodenticidas, que ya han sido incorporados al Registro Oficial de Biocidas, mientras que los insecticidas todavía están en fase de cambio de registro. No olvidemos que durante este periodo transitorio los productos plaguicidas de uso en el ámbito ganadero están registrados en el Ministerio

de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (incluyendo los desinfectantes de superficie, desinfectantes ambientales y los insecticidas).

EVOLUCIÓN DEL USO DE INSECTICIDAS EN EL ÁMBITO DE SALUD AMBIENTAL, HACIA UNA GESTIÓN INTEGRADA.

Las plagas de Salud Ambiental, a diferencia de las plagas agrícolas, presentan la particularidad de estar en contacto muy directo con las personas, su alimento, sus puestos de trabajo y sus casas. Este hecho implica que, para la aplicación de plaguicidas químicos en este entorno, la evaluación del riesgo de su utilización deba ser especialmente rigurosa para evitar la exposición directa de la población. Sin embargo, la introducción de estrategias de Gestión Integrada de Plagas, que implican una reducción del uso de estos plaguicidas químicos, ha sido muy posterior en el ámbito de Salud Ambiental que en el ámbito Agrícola.

Aunque en las últimas décadas, la Gestión Integrada se está introduciendo con fuerza en el control de las plagas urbanas, con el objetivo de evitar el uso abusivo de plaguicidas que provoquen una exposición no deseada a la población (García del Pino y Franco, 2002), la utilización de plaguicidas continúa siendo una de las herramientas principales utilizadas en el sector. No obstante, en los últimos años ha habido una tendencia a la reducción de ciertos insecticidas utilizados en Salud Ambiental, que se puede comprobar al analizar la evolución de los insecticidas inscritos en Registro de Plaguicidas. Así, a modo de ejemplo, hace unos años los





Tabla 2. Productos biológicos que se podrán comercializar como biocidas según el Reglamento (UE) 334/2014 (listado publicado por la ECHA).

Producto	Situación
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362, strain ABTS-1743	No comercializado
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> , strain ABTS-351	No comercializado
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> , strain SA3A	Comercializado solo en Francia
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> Serotype H14, Strain AM65-52	En varios países entre ellos España

productos organofosforados eran una de las herramientas más utilizadas para el control de este tipo de plagas. En 2005 en este registro existían 10 materias activas pertenecientes al grupo de los organofosforados que incluían 400 preparados plaguicidas, con una mayor presencia del Clorpirifós que representaban el 60% de los preparados con organofosforados comercializados en esos años (García del Pino et al., 2009). Sin embargo, actualmente únicamente existe una única materia activa de organofosforado (Azametifós) con 8 preparados comerciales, de los cuales cuatro son láminas adhesivas impregnadas de este producto, tres son concentrados emulsionables aplicables mediante pulverización localizada, y uno es un polvo para espolvoreo dirigido. Podemos comprobar también como ya en 2013, el mayor número de materias activas registradas como insecticidas pertenecían al grupo de los piretroides (20), seguidas de los insecticidas reguladores del crecimiento (IGRs) (8), los neonicotinoides (4) y los productos de origen vegetal y bacteriano (4), mientras que el grupo de los organofosforados y los carbamatos únicamente tenían una materia activa registrada.

Como hemos comentado anteriormente, las sustancias activas actualmente aceptadas por la UE para formar parte de biocidas pueden ser consultadas en la ECHA. De éstas, debido a que todavía se está implementando el Registro Oficial de Biocidas, actualmente sólo está registrado para su comercialización un único agente de control biológico (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Serotype H14, Strain AM65-52) aunque en la ECHA, figuran otros tres *Bacillus* que se podrán comercializar como biocidas en el futuro (Tabla 2).

EL PAPEL DEL CONTROL BIOLÓGICO EN EL CONTROL DE PLAGAS EN SALUD AMBIENTAL.

Numerosos trabajos han sido publicados sobre el papel que puede jugar el control biológico en programas de Gestión de Plagas de Salud Ambiental. Pereira et al. (2017) hacen una revisión general de la eficacia de todos los agentes microbianos en el control de las plagas estructurales. Igualmente, en relación a la utilización de los nematodos entomopatógenos (NEPs) en el control de plagas en Salud Ambiental, Glazer et al. (2005) revisan la utilización de los NEPs en el control de plagas como garrapatas, pulgas, moscas, piojos y cucarachas. Baïme



Figura 2. Obrera de termita subterránea, *Reticulitermes banyulensis*, parasitada por nematodos entomopatógenos (*Steinernema carpocapsae*).

et al. (2017) analizan las mejores metodologías para el control de termitas mediante NEPs (Figura 2) y Rumbos y Athanassiou (2017) revisan la potencialidad de los NEPs en el control de las plagas de los productos almacenados.

Como sería muy extenso comentar la potencialidad del control biológico de todas las plagas del ámbito de Salud Ambiental, únicamente nos referiremos, a modo de ejemplo, a una de las plagas más frecuente en el entorno urbano: las cucarachas.

Aunque actualmente en nuestro país no se utiliza el control biológico para el control de cucarachas, existen diversos agentes de control biológico que tiene una clara potencialidad para su control.

Control microbiano de cucarachas

Diversos autores han demostrado la patogenicidad de *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis* y var. *kurstaki* sobre la cucaracha americana, *Periplaneta americana*, y la cucaracha alemana, *Blattella germanica* (Singh y Gill, 1985; Lonc et al., 1997), pero no existen estudios sobre la eficacia de estas bacterias en tratamientos de campo. En cambio, aunque no hay muchas referencias sobre virus de cucarachas, en China se ha comercializado un producto formulado como gel conteniendo Virus de Densonucleosis (DNV) (Fam. Parvoviridae) para el control de cucarachas (Bergoin y Tijssen, 2010).



El uso de hongos y nematodos entomopatógenos presenta una mayor potencialidad en el control de las cucarachas. Diversos estudios han demostrado que hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, pueden provocar elevadas mortalidades de cucarachas en experimentos de laboratorio. Así por ejemplo, Quesada-Moraga et al. (2004) demostraron la virulencia de *M. anisopliae* sobre *B. germánica* y su capacidad de transmisión horizontal que permite la rápida expansión de la infección en la población, así como los efectos subletales sobre las hembras de esta cucaracha en relación con la producción de ootecas. Igualmente, Hubner-Campos et al. (2013) demostraron que ambas especies de hongos pueden causar una elevada mortalidad de ootecas y adultos de *P. americana*.

No obstante, el factor limitante para la utilización de hongos entomopatógenos en el ámbito doméstico es el riesgo de generar una contaminación y posibles alergias en los ocupantes de las instalaciones. Por este motivo, Ecoscience Corporation (Estados Unidos) patentó en los años 90, unas estaciones con *M. anisopliae* que se distribuían en puntos estratégicos en el interior de domicilios y oficinas sin necesidad de realizar una dispersión de los conidios que pudiesen causar alergias, pero tuvo una corta vida en el mercado del control de plagas (Andis, 1994).

Diversos estudios han puesto también en evidencia la susceptibilidad en el laboratorio de las cucarachas a los nematodos entomopatógenos (NEPs) (Figuras 3 y 4) (Koehler et al., 1992; García del Pino y Morton 2001; Morton y García del Pino 2013). Igualmente, se ha determinado que la aplicación de estaciones con *Steinernema carpocapsae* en apartamentos con presencia de *B. germánica* provoca hasta un 67% de reducción de la plaga (Appel et al., 1993). Otros estudios, utilizando cebos alimentarios con *S. carpocapsae* aplicados en el interior de viviendas, también evidenciaron una elevada mortalidad de *P. americana* (Maketon et al., 2010). Sin embargo, considerando que esta especie de cucaracha (como también ocurre con la cucaracha oriental, *Blatta orientalis*) se encuentra frecuentemente en el sistema de alcantarillado, donde los NEPs pueden encontrar un entorno favorable para su supervivencia, la aplicación de estos nematodos y/o los hongos en la red de alcantarillado podría ser una estrategia de control potencial de esta plaga. Aunque se han realizado algunos estudios de aplicación de NEPs en el alcantarillado con resultados prometedores (García del Pino, datos sin publicar), se necesitan más estudios para poder proponer esta estrategia de control de las cucarachas en el entorno urbano.

Control de cucarachas con parasitoides

Las cucarachas también tienen otros enemigos naturales como parasitoides y depredadores que podrían jugar un papel en el control biológico de esta plaga.

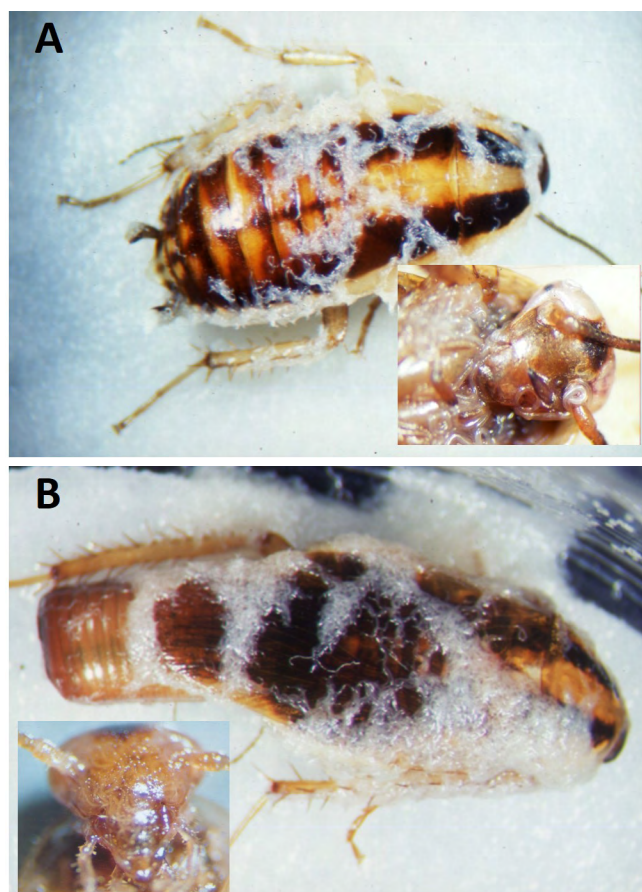


Figura 3. Cucarachas alemanas, *Blattella germánica*, parasitadas por nematodos entomopatógenos (*Steinernema carpocapsae*). A: Ninfa. B: Adulto.



Figura 4. Cucarachas orientales, *Blatta orientalis*, parasitadas por nematodos entomopatógenos (*Steinernema carpocapsae*).



Diversos himenópteros de las familias *Ampulicidae*, *Evaniidae*, *Encyrtidae*, *Eulophidae*, *Eupelmidae* y *Pteromalidae* han sido citados como enemigos naturales de cucarachas (Roth y Willis, 1960; LeBeck, 1991). Si bien la mayoría de estos himenópteros son parasitoides de las ootecas de las cucarachas, miembros de la familia *Ampulicidae* son depredadores de ninfas y adultos (Krombein, 1979)

Comperia merceti (Hymenoptera: Encyrtidae) es una de las especies más utilizadas en el control biológico de cucarachas. Esta especie puede parasitar ootecas de *B. germánica* (Roth y Willis, 1960), aunque se ha descrito como un parasitoide más específico de la cucaracha *Supella longipalpa* (LeBeck 1985). Cabe señalar que esta especie de cucaracha ha sido detectada como plaga desde el año 2012 en nuestro país. La primera liberación masiva de *C. merceti* se realizó en el campus de la Universidad de California, Berkely donde se liberaron 20.000 parasitoides por oficinas, aulas, laboratorios y estabularios. Los resultados mostraron un exitoso establecimiento del parasitoide y un aumento del porcentaje de parasitismo (Slater et al., 1980). Posteriormente, Coler et al. (1984) determinaron que la liberación masiva de *C. merceti* era más eficiente a elevadas densidades de cucarachas, alcanzando en estas condiciones porcentajes de parasitismo de hasta el 95%. Cabe destacar que esta especie de parasitoide, originaria del Este de África, ya ha sido citada en diversas ciudades del sur de Francia (Toulouse, Montpellier, Marseille y Aix en Provence) (Maughan, 2010).

Anastatus tenuipes (Hymenoptera: Eupelmidae) también ha demostrado ser un parasitoide de ootecas específico de *S. longipalpa*, que puede jugar un papel destacado como agente de control biológico de esta especie (Narasimham 1992).

Otro prometedor enemigo natural de *Periplaneta* spp. es *Aprostocetus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae). Es un endoparásito gregario de ootecas de cucarachas. Piper et al. (1978) en un muestreo realizado en ciudades del sur de Estados Unidos, determinaron que el 26% de las ootecas recolectadas eran parasitadas por este parasitoide. Roth y Willis (1954) registraron un 83% de parasitismo de *P. americana* en un ensayo realizado en habitaciones experimentales. Posteriormente, Tee et al. (2011) evaluaron la efectividad de la liberación de este parasitoide en el sistema de alcantarillado de Malasia.

Actualmente, tanto *C. merceti* como *A. tenuipes* y *A. hagenowii* son comercializados por Rincon-Vitova Insectaries, Inc. para su incorporación en programa de gestión de estas cucarachas en Estados Unidos. En Europa, también se comercializa *A. hagenowii* por parte de ENTOCARE Biological Control en Wageningen (Holanda).

Otro parasitoide que realiza un importante efecto sobre la población de cucarachas es *Evania appendigaster*



Figura 5. Estaciones con cebo alimentario para la exposición de la cucaracha alemana *Blattella germanica* a los nematodos entomopatógenos (diseñada por BioLogic Company ®).

(Hymenoptera, (Evaniidae). Sin embargo, debido a que es un parasitoide solitario no ha recibido tanta atención para su uso como agente de control biológico como *A. hagenowii* al ser este último un parasitoide gregario.

No obstante, hay que considerar que, para una utilización exitosa de parasitoides o depredadores contra cucarachas, previamente sería necesario sustituir las aplicaciones sistemáticas dispersivas de productos insecticidas, por tratamientos puntuales con cebos insecticidas que únicamente afecten a las cucarachas. Este cambio podría generar un entorno más adecuado para la introducción de enemigos naturales y/o el mantenimiento de las poblaciones naturales de parasitoides presentes en hábitats, como el alcantarillado, donde estas cucarachas habitualmente se encuentran (Suiter 1997).

Para finalizar, una posible propuesta de estrategia de control biológico de las cucarachas podría ser el tratamiento de adultos y ninfas con estaciones cebos conteniendo nematodos (**Figura 5**) y/o hongos entomopatógenos en el interior de locales habitables, o una dispersión de estos agentes microbianos en aplicaciones en otros ambientes como el alcantarillado, complementado con una liberación periódica de parasitoides para el control de las ootecas. Sin embargo, es necesario realizar más estudios de campo, en relación a las especies de parasitoides y entomopatógenos a seleccionar y las metodologías de aplicación, para evaluar la viabilidad y efectividad de la propuesta.



MARCO NORMATIVO DE LA UTILIZACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO EN LA GESTIÓN DE PLAGAS EN SALUD AMBIENTAL

Cuando nos planteamos la utilización de agentes de control biológico en la gestión de plagas de Salud Ambiental, es necesario revisar la normativa que permite su utilización en el marco de la Directiva de Biocidas.

En este sentido, la Directiva ya hace referencia a la posibilidad de utilizar medios biológicos en el control de plagas, refiriéndose a biocidas biológicos como: “hongos, microorganismos y virus”. Es por ello que, como ocurre con los productos fitosanitarios, tanto bacterias, virus como hongos son sustancias activas que deben ser registradas en el Registro Oficial Biocidas. No obstante, la Directiva de Biocidas no definía lo que era un microorganismo, y es posteriormente el Reglamento (UE) 528/2012 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, que define “*microorganismo*” como “*toda entidad microbiológica, celular o no celular, capaz de replicarse o de transferir material genético, como los hongos inferiores, los virus, las bacterias, las levaduras, los mohos, las algas, los protozoos y los helmintos parásitos microscópicos*”. Frente a esta definición de “microorganismo”, el área de Biocidas de la Subdirección General de Sanidad Ambiental i Salud Laboral del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (comunicación personal), considera que los nematodos entomopatógenos, como “helmintos parásitos microscópicos”, entran dentro de la definición de sustancia activa del Reglamento 528/2012 y por tanto este tipo de productos debe considerarse como biocida y estará sujeto a registro. Aquí veos una diferencia significativa con respecto al ámbito agrícola, donde los nematodos entomopatógenos no deben registrarse como productos fitosanitarios, sino que, como Organismos de Control Biológico (OCB), únicamente debe comunicarse su comercialización para ser incluidos en Registro de determinados medios de defensa fitosanitaria (MDF).

Cabe señalar que esta diferencia de criterio puede ser debida a que la definición de “microorganismo” que introduce el Reglamento 528/2012, posiblemente está inspirada en la definición del Reglamento (CE) 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios donde se definen como “microorganismos”: “*las bacterias, los virus, los hongos, los mohos, las algas, los protozoos parásitos, los helmintos parásitos microscópicos y sus toxinas y metabolitos*”. Quizás podría haber sido más adecuado utilizar un concepto de microorganismo en el marco del control de plagas como se aplica en la Ley de Sanidad Vegetal, donde, como ya hemos dicho, los nematodos entomopatógenos no están incluidos y son considerados como OCB.

Por lo que se refiere a la utilización de depredadores y parasitoides para el control de plagas de Salud Ambiental, el área de Biocidas de la Subdirección General de Sanidad Ambiental i Salud Laboral (comunicación personal) indica que pueden formar parte de las estrategias de control de plagas y no son biocidas, por lo que no deben registrarse. Sin embargo, también comentan que, aunque para su utilización no es necesario una comunicación previa a ninguna autoridad sanitaria, las normas legislativas que son aplicables a la utilización de depredadores y parasitoides en el control de plagas de Salud Ambiental son competencia de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Un caso que merece una atención especial es la utilización del control biológico en la industria alimentaria, donde la normativa específica de cada sector (nacional o autonómica) puede restringir la presencia de cualquier organismo dentro de sus instalaciones, no diferenciando entre organismos plaga o beneficiosos. En este sentido, la guía Pest Control Procedures in the Food Industry, del Reino Unido (CIEH, 2009) cuando se refiere al control biológico en la industria alimentaria indica: “*El uso de insectos depredadores en establecimientos alimentarios no se considera debido al riesgo de contaminación por parte de la introducción de estos organismos beneficiosos*”.

Sería necesario revisar las normativas y guías sobre el uso del control biológico en la industria alimentaria, realizando una evaluación rigurosa del riesgo real que podría suponer la utilización de cada uno de los agentes de control biológico en el ámbito alimentario.

Finalmente, para avanzar en este camino hacia una mayor utilización del control biológico en Salud Ambiental, consideramos necesario continuar investigando en el control biológico de plagas urbanas, y hacer difusión de los resultados entre los actores implicados en el sector (empresas de servicios de control de plagas, empresas formuladoras de biocidas, administraciones locales, etc.) para que, como ya ocurre en el ámbito agrícola, el control biológico sea considerado como una herramienta más de control. Pero también es importante que las autoridades que regulan el sector, potencien el uso de estos enemigos naturales y determinen procedimientos y normativas que faciliten su inclusión en los programas de Gestión Integrada de Plagas Urbanas que se desarrollan en el ámbito de la Salud Ambiental.





REFERENCIAS

- Andis M.** 1994. The BioPath cockroach control chamber uses nature to control nature's pests. *Pest Control*, 62: 44–48.
- Appel AG, Benson EP, Ellenberger JM y Manweiler SA.** 1993. Laboratory and field evaluations of an entomogenous nematode (Nematoda: Steinernematidae) for German cockroach (Diptera: Blattellidae) control. *Journal of Economic Entomology*, 86: 777-784.
- Baïmey H, Zadji L, Afouda L, Fanou A, Kotchofa R y Decraemer W.** 2017. Searching for better methodologies for successful control of termites using entomopathogenic nematodes. En: "Nematology - Concepts, Diagnosis and Control". Editado por Mohammad Manjur Shah y Mohammad Mahamood, ISBN 978-953-51-3416-9 DOI: 10.5772/intechopen.69861
- Bergoin M y Tijssen P.** 2010. Densovirus: a highly diverse group of arthropod parvoviruses. In: Ascari, S., Johnson, K. (Eds.), *Insect Virology*. Caister Academic Press, Norfolk, UK, pp. 59–82.
- CIEH (Chartered Institute of Environmental Health).** 2009. *Pest control procedures in the food industry*. Chartered Institute of Environmental Health. London (UK). 52 pp.
- Coler RR, Van Driesche RG y Elkinton JS.** 1984. Effect of an oothecal parasitoid, *Comperia merceti* (Compere) (Hymenoptera: Encyrtidae), on a population of the brownbanded cockroach (Orthoptera: Blattellidae). *Environmental Entomology*, 13: 603-606.
- Ebeling W.** 1975. *Urban Entomology*. Ed: Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley. 695 pp.
- García del Pino F y Morton A.** 2001. Los nematodos entomopatógenos para el control biológico de la cucaracha alemana, *Blattella germanica* (Diptera: Blattellidae). *Actas del III Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Pamplona 2001, pp 122.
- García del Pino F y Franco S.** 2002. *Manual d'actuació de Control Integrat de plagues urbanes adreçat als usuaris dels serveis de control de plagues*. Ed. Fundació para la Prevenció de Riesgos Laborales. Barcelona. 226 pp.
- García del Pino F, Argemí C, Corbella I, Henandez S, López-Crespí F, Obiols J y Valls C.** 2009. Estudio de la utilización del insecticida organofosforado Clorpirifós en espacios urbanos. *Revista de Salud Ambiental*, 9: 1-20.
- Glazer I, Samish M, García del Pino F.** 2005. Applications for the control of Pests of Human and Animals. En: *Nematodes as Biological Control Agents*. pp: 295-316. Edited by Greval, Ehlers and Shapiro-Ilan. CABI Publishing. Wallingford (Reino Unido)
- Hubner-Campos RF, Leles RN, Rodrigues J y Luz, C.** 2013. Efficacy of entomopathogenic hypocrealean fungi against *Periplaneta americana*. *Parasitol. Int.* 62: 517–521.
- Koehler PG, Patterson RS y Martin WR.** 1992. Susceptibility of cockroaches (Diptera: Blattellidae, Blattidae) to infection by *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Economic Entomology*, 85:1184-1187.
- Krombein KV.** 1979. *Biosystematic studies of Ceylonese wasps, V: Monograph of the Ampulicidae (Hymenoptera: Sphecoidea)*. — *Smithsonian Contributions to Zoology* 298: 1-29.
- Lebeck LM.** 1985. Host-parasitic relationship between *Comperia merceti* (Compere) (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Supella longipalpa* (F.) (Orthoptera: Blattellidae). Ph.D University of California, Riverside, CA. 175 pp.
- Lebeck LM.** 1991. A review of the hymenopterous natural enemies of cockroaches with emphasis on biological control. *Entomophaga*, 36: 335-352.
- Lonc E, Lecadet MM, Lachowicz TM y Panek E.** 1997. Description of *Bacillus thuringiensis wratislaviensis* (H-41), a new serotype originating from Wrocław (Poland), and other Bt soil isolates from the same area. *Lett. Appl. Microbiol.* 24, 467–473.
- Maketon M, Hominchan A y Hotaka D.** 2010. Control of American cockroach (*Periplaneta americana*) and German cockroach (*Blattella germanica*) by entomopathogenic nematodes. *Rev. Colomb. Entomol.* 36: 249–253.
- Maughan N.** 2010. New Distributional Records of *Comperia merceti* (Compere, 1938) (Hymenoptera: Chalcidoidea; Encyrtidae; Encyrtinae), a Natural Enemy of Domestic Cockroaches, in Europe. *Entomological News* 121(5):517-520.
- MISACO (Ministerio de Sanidad y Consumo).** 2001. *Guía de Buenas Prácticas para la Utilización de Plaguicidas de Salud Pública*. Ministerio de Sanidad y Consumo Centro de Publicaciones, Madrid. 188 pp.
- Morton A y García del Pino F.** 2013. Sex-related differences in the susceptibility of *Periplaneta americana* and *Capnodis tenebrionis* to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 112: 203-207.
- Narasimham AU.** 1992. Comparative biological parameters of *Comperia merceti* (compere) (Hym. Encyrtidae) and *Anastatus tenuipes bolivar* (Hym, Eupelmidae), oothecal parasitoids of the cockroach *Supella longipalpa* (Fab.). *Biological Control*, 2: 73-77.
- Pereira RM, Oi DH, M.V. Baggio MV y Koehler PG.** 2017. Microbial Control of Structural Insect Pests. En "Microbial Control of Insects and Mite Pests" Ed. Elsevier Inc. PP: 431-442.
- Piper GL, Frankie GW y Loehr J.** 1978. Incidence of cockroach egg parasites in urban environments in Texas and Louisiana. *Environmental Entomology* 7: 289-293.



Quesada-Moraga E, Santos-Quiros R, Valverde-García P y Santiago-Álvarez C. 2004. Virulence, horizontal transmission, and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* (Anamorphic fungi) on the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *J. Invertebr. Pathol.* 87: 51–58

Roth LM y Willis ER. 1954. The biology of the cockroach egg parasite, *Tetrastichus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Trans. Am. Entomol. Soc.* 80: 53-72.

Roth LM y Willis ER. 1960. The biotic associations of cockroaches. The Smithsonian Institution, Washington, D. C. 470 pp.

Rumbos CI y Athanassiou CG. 2017. The use of entomopathogenic nematodes in the control of stored-product insects. *Journal of Pests Science*, 90:39-49.

Singh GJP y Gill SS. 1985. Myotoxic and neurotoxic activity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* crystal toxin. *Pestic. Biochem. Physiol.* 24, 406–414.

Slater JA, Hulbert MJ y Lewis VR. 1980. Biological control of brownbanded cockroaches. *Calif. Agric.* Aug-Sept: 16-18.

Suiter DR. 1997. Biological suppression of synanthropic cockroaches. *Journal of Agricultural Entomology* 14: 259-270.

Tee HS, Saad AR, y Lee CY. 2011. Evaluation of *Aprostocetus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae) for the control of American cockroaches (Dictyoptera: Blattidae) in sewers and crevices around buildings. *Journal of Economic Entomology* 104(6): 2031-2038.





Las cucarachas-plaga o la compleja adaptación a los hábitats antrópicos

Xavier Belles

Instituto de Biología Evolutiva (CSIC-Universitat Pompeu Fabra), Passeig Marítim de la Barceloneta, 37, 08003 Barcelona.
E-mail: xavier.belles@ibe.upf-csic.es

RESUMEN

Se conocen unas 4.500 especies de cucarachas, de las cuales una decena de pueden constituir plagas domésticas. En la Península Ibérica las más importantes son *Blattella germanica*, *Periplaneta americana* y *Blatta orientalis*. Dichas especies pueden transportar microorganismos patógenos, lo cual es especialmente problemático en entornos que deben ser asépticos, y pueden provocar reacciones alérgicas y asma. Se dispone de numerosos insecticidas y formulaciones eficaces para combatir las cucarachas, pero el desarrollo de resistencias amenaza con dejar obsoletos muchos de ellos. Recientemente se ha publicado la secuencia del genoma de *B. germanica* y *P. americana*. Dichos genomas son de gran tamaño (2,10 y 3,38 Gb respectivamente). Además, varias familias de genes relacionados con detoxificación y defensa contra patógenos están notablemente expandidas en ambos genomas. Ello sugiere que la colonización de los hábitats antrópicos ha requerido de procesos adaptativos que no son triviales. Por lo demás, la disponibilidad del genoma de cucarachas-plaga puede ayudar a mejorar el diseño de insecticidas más específicos y eficaces que los que están en uso actualmente.

PALABRAS CLAVE: Cucarachas-plaga, *Blattella*, *Periplaneta*, genomas.

INTRODUCCIÓN

Las cucarachas (Blattodea) pertenecen al grupo de los insectos neópteros, y su origen se remonta por lo menos al período Carbonífero, hace unos 320 millones de años. A pesar de ese largo lapso de tiempo, las cucarachas no han experimentado grandes modificaciones respecto a lo que sería el modelo ancestral neóptero. Así, no muestran adaptaciones morfológicas que difieran significativamente de otros neópteros, aunque sí presentan algunas peculiaridades en el comportamiento y la reproducción. Por ejemplo, la tendencia al gregarismo, sobre todo en ninfas, unas elaboradas pautas de cortejo en algunas especies, o la existencia de modos de reproducción vivíparo en otras (Bell et al., 2007).

Las cucarachas pueden ocupar una gran diversidad de hábitats en regiones dispares, desde territorios cercanos al ártico, hasta regiones subtropicales y tropicales, donde dominan. Al ser fundamentalmente detritívoras, alimentándose tanto de materia animal como vegetal, numerosas especies viven entre la hojarasca, en madera en descomposición, a menudo en los huecos de los tocones. Hay también especies corticícolas, foleófilas y algunas viven en el dosel del bosque tropical, donde pueden constituir elementos predominantes. En general, las cucarachas son lucífugas, de modo que durante el día pueden permanecer escondidas y poco móviles, y emerger por la noche en busca de alimento o de pareja (Bell et al., 2007).

EL CONTEXTO SISTEMÁTICO

Desde el trabajo pionero de Mckittrick (1964), que dividía los Blattodea en dos grandes grupos (uno incluyendo las familias Cryptocercidae y Blattidae, y otro las familias Polyphagidae, Blattellidae y Blaberidae), diversos han sido los intentos de establecer una clasificación y filogenia estables. En este sentido, son especialmente valiosas, por lo minuciosas, las descripciones y estudios publicados por Karlis Princis en el emblemático *Orthopterorum catalogus* de Junk, entre 1962 y 1971. Más recientemente, las filogenias se han basado sobre todo en caracteres moleculares y están rindiendo topologías notablemente estables (Legendre et al., 2015; Wang et al., 2017). Una evidencia relativamente anti-intuitiva derivada de esos recientes estudios moleculares ha sido demostrar que los isópteros son el grupo hermano de las cucarachas xilófagas de la familia Cryptocercidae (véase, por ejemplo, Inward et al., 2007) (**Figura 1**). Así, las termitas podrían considerarse como cucarachas muy modificadas que, entre otras innovaciones, evolucionaron hacia una organización eusocial (Harrison et al., 2018b). A nivel mundial, se conocen unas 4.500 especies de cucarachas (Beccaloni, 2014). De ellas, una decena de especies (es decir, solamente un 0,2%) pueden constituir plagas domésticas de alguna consideración.



LAS CUCARACHAS-PLAGA

Entre las cucarachas que muestran claras tendencias a ocupar los hábitats humanos cabe destacar, a nivel mundial, las especies de Ectobiidae *Blattella germanica* (Figura 2) y *Supella longipalpa*, y las de Blattidae *Blatta orientalis*, *Periplaneta americana* (Figura 3), *Periplaneta australasiae*, *Periplaneta brunnea* y *Periplaneta fuliginosa* (Cornwell, 1968). Todas ellas se han citado de España excepto *P. fuliginosa*, aunque las más frecuentes en nuestro territorio son sin duda *B. germanica*, *P. americana* y *B. orientalis*. Por lo que se refiere a *S. longipalpa*, *P. australasiae* y *P. brunnea*, se han observado con frecuencia en las Islas Canarias (Pascual, 2015), aunque la primera de ellas parece ya indigenada en la Península Ibérica, habiéndose hallado en hábitats domésticos en Barcelona, Madrid y Málaga.

Las cucarachas-plaga se han adaptado a una notable diversidad de ambientes, aunque prefieren las condiciones aparentemente confortables que les ofrecen las viviendas, en especial los lugares más caldeados. Se alimentan de cualquier resto orgánico, principalmente residuos de comida, que puedan hallarse en los ambientes ocupados por el hombre. No pueden considerarse plagas que destruyan cantidades significativas de productos y materiales, como podrían ser las plagas de los granos y otros alimentos almacenados, pero la presencia de cucarachas a menudo es sinónimo de malas condiciones higiénicas. Pueden transportar microorganismos patógenos, lo cual es especialmente problemático en entornos que deben tener condiciones asépticas, como son los hospitales (Rivault et al., 1993). También pueden provocar reacciones alérgicas y accesos de asma, especialmente en niños (Kang et al., 1979; Dillon et al., 2015). Por lo demás, eliminar las cucarachas de un hábitat humano puede resultar más fácil que eliminar sus alérgenos. En un estudio realizado en Estados Unidos se determinó que entre el 20 y el 48% de los hogares contenían alérgenos de cucarachas detectables en el polvo, aunque no se observasen signos visibles de las propias cucarachas (Eggleston y Arruda, 2001).

ESTRATEGIAS DE CONTROL CON INSECTICIDAS Y DESARROLLO DE RESISTENCIAS

Los sistemas más frecuentes de presentación y formulación de insecticidas para el control de cucarachas son los cebos tóxicos, los polvos y los aerosoles. En cuanto a ingredientes activos, clásicamente, se han venido empleando organofosforados, carbamatos y piretroides, así como ácido bórico, remedio tradicional que sigue utilizándose (Cornwell, 1976). Hoy en día existe una gran diversidad de compuestos orgánicos de síntesis empleados especialmente en los cebos tóxicos. Como ejemplos, podemos mencionar el acetamiprid, fipronil, hidrametilnón, imidacloprid, indoxacarb, noviflumurón y sulfluramid. Esa diversidad de compuestos activos de síntesis representa a su vez una también notable diversidad de

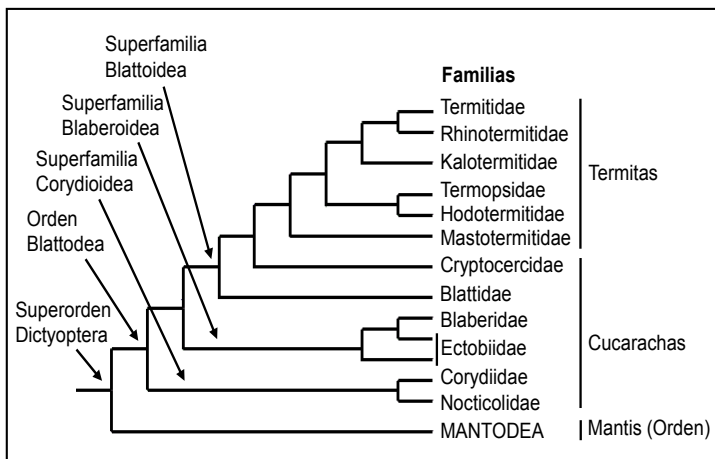


Figura 1. Filogenia de cucarachas y termitas basada sobre todo en caracteres moleculares. La topología es la descrita por Inward et al. (2007), pero es muy similar a otras obtenidas igualmente con caracteres moleculares, como las de Legendre et al. (2015) o Wang et al. (2017). Las familias de cucarachas actualmente en uso son las indicadas; únicamente faltan los Lamproblattidae y Tryonicidae, que se situarían dentro de la superfamilia Blattoidea. Las familias Corydiidae y Ectobiidae se conocían anteriormente con los nombres Polyphagidae y Blattellidae. Según Inward et al. (2007), ligeramente modificado.



Figura 2. Pareja de adultos de *Blattella germanica* en cópula, con la hembra a la izquierda de la imagen. Fotografía de Cristina Olivella (Instituto de Biología Evolutiva, CSIC-Universitat Pompeu Fabra, Barcelona).



Figura 3. Ejemplares de varios estadios de *Periplaneta americana*. En la parte central izquierda de la imagen puede verse una hembra adulta transportando una ooteca. Fotografía cortesía del profesor Sheng Li (Guangzhou Key Laboratory of Insect Development Regulation and Application Research, Institute of Insect Science and Technology and School of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou, China).





mecanismos de acción. Aparte de los compuestos sintéticos, también es utilizada la abamectina, cuya composición se basa en una mezcla de avermectinas obtenidas de fermentaciones industriales de la bacteria *Streptomyces avermitilis* (Blum Rabinovich y Lesnichy, 2015).

La otra cara de la moneda es que las cucarachas-plaga han desarrollado resistencia contra los insecticidas. Los estudios se han basado a menudo en *B. germanica* (Siegfried y Scott, 1992), en la cual se han identificado tanto resistencias a determinados insecticidas como resistencias cruzadas. Los mecanismos elucidados incluyen un incremento de la eficacia en la metabolización de los tóxicos, una disminución de su penetración y una menor sensibilidad del lugar donde actúan. La resistencia a los piretroides estaría asociada a una insensibilidad nerviosa de tipo kdr y quizá a un aumento de la detoxificación oxidativa. La resistencia a organofosforados y carbamatos se basaría en una mayor eficacia de la metabolización por vía hidrolítica y oxidativa. Los mecanismos de detoxificación que implican mayor eficacia metabolizadora, se basan en complejos sistemas enzimáticos que actúan coordinadamente (Siegfried y Scott, 1992).

Hace cinco años nos sorprendía la noticia de una nueva modalidad de resistencia de *B. germanica* que no se relacionaba con el ingrediente tóxico, sino con ingrediente atractivo de los cebos. En dichos cebos se usa a menudo glucosa como atrayente y fagoestimulante, y se pudo determinar que algunas poblaciones de *B. germanica* habían desarrollado una aversión comportamental adaptativa a la glucosa, lo cual reducía significativamente la eficacia de los cebos tóxicos (Wada-Katsumata et al., 2013). Parece ser que esta aversión a la glucosa resulta de determinados cambios de sensibilidad en el sistema gustativo periférico. Ello hace que la glucosa, y otros azúcares que normalmente estimulan receptores “dulces” con un resultado fagoestimulante, estimulen receptores “amargos”, con un resultado fagorrepelente (Wada-Katsumata et al., 2013).

LA SECUENCIACIÓN DE LOS PRIMEROS GENOMAS DE CUCARACHAS

La secuencia del primer genoma de cucaracha se realizó sobre la especie *B. germanica* y fue publicada el 2 de marzo de 2018 (Harrison et al., 2018b), en el contexto de una investigación sobre la evolución de la eusocialidad, en el que también se estudiaba el genoma de tres especies de termitas. En las comparaciones del genoma de *B. germanica* con los de termitas se esperaba hallar que los de éstas últimas serían más complejos, presentando, por ejemplo, una expansión de diversas familias génicas, en especial de aquellas relacionadas con la comunicación química, tan importante en la organización

social. Pero lo observado fue lo contrario. En primer lugar, el genoma de *B. germanica* resultó ser considerablemente grande: 2,1 Gb (acercándose más, en tamaño, al genoma humano, que tiene 3,3 Gb, que al de la mosca *Drosophila melanogaster*, el primer genoma secuenciado en insectos, que solamente tiene 130 Mb). Las especies de termitas con las que se estableció la comparación, *Cryptotermes secundus*, *Macrotermes natalensis* y *Zootermopsis nevadensis*, tenían un genoma mucho más pequeño (1,30 Gb, 1.31 Gb y 562 Mb, respectivamente) que el de la cucaracha *B. germanica* (Figura 4) (Harrison et al., 2018b). En consonancia con el mayor tamaño, el estudio mostró que el genoma de *B. germanica* incluía unos 30.000 genes codificantes de proteínas, un número notablemente mayor del que tenían los genomas de las tres especies de termitas, que se situaba alrededor de 15.000 (Figura 4) (Harrison et al., 2018b). En buena medida, el mayor tamaño del genoma de *B. germanica* respecto al de las termitas se explica por la existencia de 93 familias de genes significativamente expandidas en la cucaracha (Harrison et al., 2018a). Las funciones de los genes de esas 93 familias se relacionan con la detoxificación frente a insecticidas y aleloquímicos, defensa contra patógenos, digestión, percepción sensorial y regulación génica. Estas expansiones habrían sido, pues, un factor crucial para que *B. germanica* pudiera desarrollar múltiples mecanismos de resistencia a insecticidas y patógenos, tener unos tipos de dieta amplios y flexibles, y optimizar la percepción sensorial.

El 20 de marzo de 2018, poco después de la publicación del genoma de *B. germanica*, apareció el de otra cucaracha, el de la especie *P. americana* (Li et al., 2018). El tamaño del genoma de *P. americana* es de 3,38 Gb, mayor, pues, que el de *B. germanica* (Figura 4). Sin embargo, el número de genes codificantes de proteínas resultó ser de poco más de 20.000. En cualquier caso se trata de un número de genes aun sensiblemente mayor del que tiene el promedio de termitas (Figura 4). El estudio del genoma de *P. americana* llevó a unas conclusiones similares a las que se hallaron en

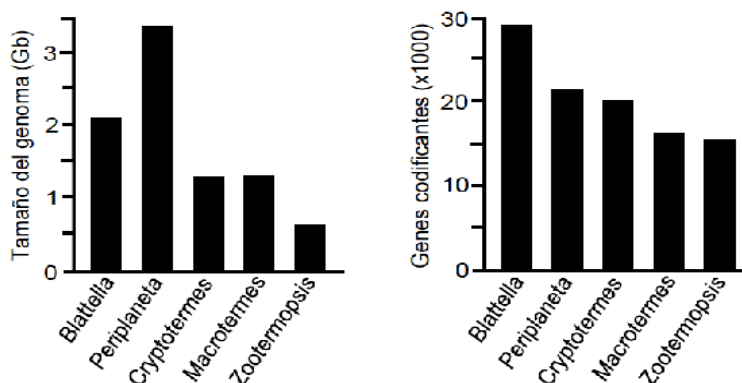


Figura 4. Tamaño del genoma (izquierda) y número de genes que codifican proteínas (derecha) en las cucarachas *Blattella germanica* y *Periplaneta americana* y en las termitas *Cryptotermes secundus*, *Macrotermes natalensis* y *Zootermopsis nevadensis*. Los datos de *B. germanica* y de las termitas proceden de Harrison et al. (2018b) y los de *P. americana* de Li et al. (2018).



B. germanica: expansión de las familias de genes relacionadas con la detoxificación de insecticidas y percepción sensorial y comunicación química (Li et al., 2018).

Esas coincidencias entre las familias génicas expandidas en *B. germanica* y en *P. americana* se relacionan sin duda con la adaptación a vivir en ambientes antrópicos, lo que requiere enfrentarse a tratamientos insecticidas recurrentes (lo que explica la expansión de los genes de detoxificación), y a condiciones frecuentemente insalubres (de ahí la utilidad de los genes de defensa contra patógenos). Quizá la lección a primera vista más sorprendente del estudio del genoma de las cucarachas-plaga es que el proceso de colonización de ambientes antrópicos no ha sido un proceso tan directo como pudiera parecer a simple vista. Podríamos pensar que ocupar un hábitat humano no representa más que ventajas para un insecto, puesto que ello aseguraría cobijo en un ambiente más o menos confortable y estable, y disponibilidad de alimento más o menos regular. Sin embargo, los inconvenientes pueden ser muy importantes, como por ejemplo, la pérdida del sentido de la estacionalidad de la naturaleza, o el verse relegado a los territorios más descuidados del ambiente humano. El peor inconveniente, sin embargo, es verse abocado a competir directamente y en el mismo territorio con un adversario como el hombre, que dispondrá de las más poderosas herramientas de lucha.

Finalmente, otra lección importante derivada del estudio de los genomas de *B. germanica* y *P. americana*, es que proporciona información y claves importantes sobre los sistemas de detoxificación y sobre las secuencias específicas de genes vitales. Sin duda, el conocimiento de esos sistemas y de esos genes puede ayudar al diseño de insecticidas más eficaces y más específicos para el control de cucarachas-plaga.

AGRADECIMIENTOS

La parte experimental de nuestro grupo citada en el trabajo ha recibido financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España (proyectos del Plan Estatal CGL2012-36251 y CGL2015-64727-P, que incluyen fondos FEDER) y del gobierno de la Generalitat de Catalunya (proyecto 2017 SGR 1030). El profesor Sheng Li (Guangzhou Key Laboratory of Insect Development Regulation and Application Research, Institute of Insect Science and Technology and School of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou, China) facilitó a fotografía de la **Figura 3**, y Cristina Olivella, de nuestro Instituto, la de la **Figura 2**.

REFERENCIAS

Beccaloni GW. 2014. Cockroach Species File Online. Version 50/50 World Wide Web Electron Publ Accesible en <http://CockroachSpeciesFile.org>.

Bell WJ, Roth LM y Nalepa CA. 2007. Cockroaches : ecology, behavior, and natural history. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Blum Rabinovich I y Lesnichy M. 2015. Encyclopaedia of Insecticides, 2 vols. Arcler Press, Oakville.

Cornwell PB. 1968. The cockroach 1. A laboratory insect and an industrial pest. Hutchinson, London.

Cornwell PB. 1976. The cockroach 2. Insecticides and cockroach control. Associated Business Programmes, London.

Dillon MBC, Schulten V, Oseroff C, Paul S, Dullanty LM, Frazier A, Belles X, Piulachs MD, Visness C, Bacharier L, Bloomberg GR, Busse P, Sidney J, Peters B y Sette A. 2015. Different Bla-g T cell antigens dominate responses in asthma versus rhinitis subjects. *Clinical and Experimental Allergy*, 45: 1856–1867.

Eggleston PA y Arruda LK. 2001. Ecology and elimination of cockroaches and allergens in the home. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 63: 80–86.

Harrison MC, Arning N, Kremer LPM, Ylla G, Belles X, Bornberg-Bauer E, Huylmans AK, Jongepier E, Piulachs MD, Richards S y Schal C. 2018a. Expansions of key protein families in the German cockroach explain the remarkable success of this global indoor pest. *Journal of Experimental Zoology Part B Molecular Development and Evolution*. En prensa.

Harrison MC, Jongepier E, Robertson HM, Arning N, Bitard-Feildel T, Chao H, Childers CP, Dinh H, Doddapaneni H, Dugan S, Gowin J, Greiner C, Han Y, Hu H, Hughes DST, Huylmans AK, Kemena C, Kremer LPM, Lee SL, Lopez-Ezquerro A, Mallet L, Monroy-Kuhn JM, Moser A, Murali SC, Muzny DM, Otani S, Piulachs MD, Poelchau M, Qu J, Schaub F, Wada-Katsumata A, Worley KC, Xie Q, Ylla G, Poulsen M, Gibbs RA, Schal C, Richards S, Belles X, Korb J y Bornberg-Bauer E. 2018b. Hemimetabolous genomes reveal molecular basis of termite eusociality. *Nature Ecology and Evolution*, 2: 557–566.

Inward D, Beccaloni G y Eggleston P. 2007. Death of an order: a comprehensive molecular phylogenetic study confirms that termites are eusocial cockroaches. *Biology Letters*, 3: 331–335.





Kang B, Vellody D, Homburger H y Yunginger JW.

1979. Cockroach cause of allergic asthma. Its specificity and immunologic profile. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 63: 80–86.

Legendre F, Nel A, Svenson GJ, Robillard T, Pellens R y

Grandcolas P. 2015. Phylogeny of Dictyoptera: Dating the origin of Cockroaches, praying mantises and termites with molecular data and controlled fossil evidence. *PLoS One*, 10: e0130127.

Li S, Zhu S, Jia Q, Yuan D, Ren C, Li K, Liu S, Cui Y, Zhao

H, Cao Y, Fang G, Li D, Zhao X, Zhang J, Yue Q, Fan Y, Yu

X, Feng Q y Zhan S. 2018. The genomic and functional

landscapes of developmental plasticity in the American

cockroach. *Nature Communications*, 9: 1008.

McKittrick FA. 1964. *Evolutionary Studies of Cockroaches.*

Cornell University Agricultural Experimental Station

Memoires, 189: 1–197.

Pascual F. 2015. Orden Blattodea. *Revista IDE@ - SEA*, 48: 1–13.

Rivault C, Cloarec A y Guyader A Le. 1993. Bacterial

load of cockroaches in relation to urban environment.

Epidemiology and Infection, 110: 317–325.

Siegfried BD y Scott JG. 1992. Insecticide Resistance

Mechanisms in the German Cockroach, *Blattella germanica*

(L.). *American Chemical Society Symposium Series*, 505:

218–230.

Wada-Katsumata A, Silverman J y Schal C. 2013. Changes

in taste neurons support the emergence of an adaptive

behavior in cockroaches. *Science*, 340: 972–975.

Wang Z, Shi Y, Qiu Z, Che Y y Lo N. 2017. Reconstructing

the phylogeny of Blattodea: robust support for interfamilial

relationships and major clades. *Scientific Reports*, 7: 3903.





Gestión Integrada de Plagas en productos almacenados

Jordi Riudavets

IRTA. Ctra. Cabrils km. 2. 08348 Cabrils (Barcelona). E-mail: jordi.riudavets@irta.es

RESUMEN

Diversas especies de insectos y ácaros están adaptadas a proliferar y convertirse en plagas en las materias primas y los alimentos que elabora la industria agroalimentaria. Los daños que producen pueden llegar a ser muy importantes desde un punto de vista económico y de seguridad alimentaria. A pesar de las exigencias de los consumidores que demandan productos libres de residuos químicos y la necesidad de reducir el impacto de la actividad industrial en el medioambiente, el control de estas plagas se sigue basando actualmente en un uso excesivo y poco efectivo de tratamientos insecticidas. Por consiguiente, es necesario disponer de alternativas sostenibles que permitan de forma integrada una gestión efectiva de las plagas y que den prioridad a las medidas preventivas y se reserven las medidas de control para los casos estrictamente necesarios.

PALABRAS CLAVE: Industria agroalimentaria, materias primas, alimentos, contaminantes, control.

INTRODUCCIÓN

Nos referimos a productos almacenados para indicar las materias primas, los productos semiprocesados y los alimentos elaborados por las industrias agroalimentarias. La mayoría son productos desecados de origen vegetal como por ejemplo los cereales, las legumbres, los frutos secos, el cacao, las especias y las hierbas aromáticas y medicinales, pero también d'origen animal como por ejemplo la leche en polvo, el queso y la carne seca.

Estos productos presentan frecuentemente contaminaciones debidas a plagas de insectos y ácaros. Se trata en su mayoría de especies de distribución cosmopolita, la dispersión de las cuales se da a través del comercio internacional. Entre las especies más importantes se encuentran los lepidópteros como las polillas, los coleópteros como los gorgojos o los escarabajos, los psócids y los ácaros (Ress, 2004) (**Foto 1**).

Las plagas pueden estar presentes en las diferentes fases del proceso de elaboración y distribución de los alimentos. Los principales puntos críticos se dan en los almacenes y en los silos de la materia prima (**Foto 2**), en las instalaciones donde se elaboran los alimentos y en los almacenes de producto acabado. Las materias primas pueden venir infestadas del campo, pero normalmente la infestación inicial se produce en el interior en los almacenes. Si las condiciones ambientales son favorables, las plagas pueden aumentar sus poblaciones en gran medida durante este periodo de almacenamiento.



Foto 1. Trigo, chocolate y judías infestadas con plagas de productos almacenados.





Foto 2. Almacenaje de grano en almacenes horizontales y en silos refrigerados.

En muchos casos, la elaboración industrial de los alimentos puede conllevar la eliminación o reducción de los insectos y ácaros presentes gracias a los procesos de cocción, secado a alta temperatura y extrusión. Sin embargo, los alimentos elaborados se pueden contaminar de nuevo en los almacenes y en los lineales de los puntos de venta, o incluso a los domicilios de los propios consumidores finales o puntos de restauración. Algunas especies plaga son capaces de perforar los envases que se utilizan para la comercialización de los productos elaborados y de esta forma penetrar en su interior (Riudavets et al., 2007). Los daños que producen las plagas pueden ser muy elevados. Se estima que en los países desarrollados entre un 10% i un 20% de las materias primas se malogran durante el periodo de poscosecha, y este valor aumenta de media hasta el 50% en los países en vías de desarrollo (Heaps, 2006). A las pérdidas directas se tienen que añadir los daños indirectos que causan por la diseminación de patógenos, como hongos productores de micotoxinas, las alergias que pueden provocar en los consumidores finales y la disminución de la calidad organoléptica y sanitaria de los alimentos elaborados. Además, la presencia de insectos en los alimentos representa un desprestigio para la imagen de la compañía que los comercializa frente a los consumidores.

MÉTODOS DE GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS

En el contexto actual en que la producción de alimentos debe satisfacer las demandas de la sociedad de productos de alta calidad, garantizar la seguridad alimentaria y eliminar los riesgos de contaminación medioambiental, es necesario disponer de alternativas sostenibles de manejo de plagas que sean efectivas y viables desde un punto de vista económico.

La diversidad de productos alimentarios que pueden ser afectados por las plagas, fases donde se pueden contaminar y especies que pueden atacar hace necesario disponer de un abanico de métodos que permitan de forma integrada un control efectivo de las plagas. Actualmente este control pasa

por la implementación de programas que den prioridad a las acciones preventivas y se reserven las medidas propias de control, ya sean físicas, biológicas y químicas para los casos estrictamente necesarios (Heaps, 2006).

Medidas de prevención

El componente principal de la Gestión Integrada de Plagas es la aplicación estricta de medidas de higiene en todos los posibles puntos críticos de la cadena de transformación alimentaria. Estas medidas implican la limpieza de los residuos que se pueden acumular en los rincones, grietas y otros tipos de refugios donde las plagas se pueden reproducir. La mejora en el diseño de las instalaciones y de la maquinaria que se utiliza para elaborar los alimentos que permita una accesibilidad más fácil para su limpieza, es otro de los aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar los programas de Gestión Integrada. Existen varias herramientas para aislar las instalaciones que pueden actuar de barrera a la entrada de insectos del exterior como son el uso de mallas en las ventanas con un agujero de luz adecuado para permitir una correcta ventilación y al mismo tiempo restringir el acceso de insectos voladores, o las puertas con cierre automático que eviten zonas abiertas de forma permanente. Finalmente, una medida muy eficaz para reducir o eliminar la contaminación cruzada en los productos finales es el uso de envases barrera a los insectos que sean de un material y espesor adecuado.

Métodos de muestreo

Al tiempo que se deben extremar las medidas preventivas, es necesario una inspección regular de las instalaciones para detectar y evaluar la presencia de plagas que nos permita advertir cualquier entrada de nuevas contaminaciones y dar una respuesta rápida de actuación antes de que las plagas se puedan reproducir, aumentar sus poblaciones y convertirse en un problema más difícil de solucionar. El muestreo nos debe servir para evaluar las especies presentes, su número,



su distribución y la evolución temporal de sus poblaciones. También nos debe permitir evaluar la efectividad de las medidas de control aplicadas y ahorrar en medidas de control innecesarias o tardías. Existe un gran abanico de métodos de muestreo a nuestro alcance ya sean directos con recuentos visuales del grano o de las instalaciones, e indirectas con el uso de diferentes tipos de trampas diseñadas para la captura de las especies más comunes que afectan a los productos almacenados, sensores que registran diferentes parámetros abióticos como la temperatura o las concentraciones de gases atmosféricos, y métodos analíticos y moleculares para detectar y cuantificar las contaminaciones de plagas en los productos almacenados (Riudavets et al., 2016).

Métodos de control

A diferencia del avance que ha sufrido en los últimos años el control de las plagas en el ámbito agrario con el desarrollo de métodos de control biológico, el control de las plagas de productos almacenados aún se basa en la aplicación abusiva de tratamientos insecticidas (**Foto 3**). Los únicos productos autorizados son insecticidas piretroides, la fosfina y el fluoruro de sulfuro, estos dos últimos son fumigantes muy contaminantes para el medio ambiente y muy tóxicos para los aplicadores y los trabajadores de las industrias. En el caso de la producción ecológica los productos autorizados son de origen natural, como las piretrinas o algunos otros extractos vegetales con actividad insecticida. Como consecuencia del bajo número de materias activas autorizadas, las materias primas y las instalaciones de procesado se suelen tratar repetidamente con los mismos productos. Esto implica un riesgo de aparición de insectos resistentes, convirtiendo el control químico en una herramienta muy complicada y, en algunos casos, totalmente inefectiva. Es importante remarcar que el uso de insecticidas está regulado para el tratamiento de las materias primas y las instalaciones donde se almacena o se procesa, pero en ningún caso para su uso directamente sobre los productos semiprocesados o los alimentos elaborados finales. Todo esto hace que sea necesario la implementación de otros métodos alternativos de control.

Un método alternativo, efectivo y seguro para el control de plagas es la utilización de atmósferas modificadas con un elevado contenido de dióxido de carbono y/o bajo de oxígeno (Riudavets et al., 2008). Las atmósferas modificadas se pueden aplicar a las distintas fases del proceso de almacenamiento, elaboración y distribución de los cereales. Por ejemplo, durante el envasado en los paquetes destinados al consumidor final o durante el almacenamiento de las materias primas o los productos semielaborados en sacos de diferentes tamaños. El uso de atmósferas modificadas presenta varias ventajas como son el hecho de no dejar residuos tóxicos, se pueden utilizar para tratar los alimentos elaborados finales, no requieren plazo de seguridad entre el tratamiento y el consumo del alimento, no tienen efectos



Foto 3. Detalle de un tratamiento insecticida en el interior de una fábrica de elaboración de alimentos.

nocivos medioambientales y están autorizadas en producción ecológica.

La aplicación de tratamientos térmicos ya sean por calor o frío también es una alternativa al uso de insecticidas. Cada vez es más común el almacenamiento de las materias primas refrigeradas a temperaturas por debajo del límite de desarrollo de los insectos (15°-18°C). En algunos casos se puede optar por la congelación del producto alimenticio cuando esté infectado, pero este método es caro y técnicamente difícil de aplicar. Por su parte las temperaturas superiores a 45°C son letales para los insectos y ácaros. Actualmente es cada vez más común a nivel mundial la aplicación de tratamientos térmicos para el control de las plagas presentes en las instalaciones y en la maquinaria de procesado (Hammond, 2015). Esto se consigue en grandes instalaciones aplicando calor con radiadores y ventiladores para aumentar la temperatura por encima de los 55°C durante unos instantes.

Para prevenir la aparición de insectos y ácaros en productos como los granos de cereales se pueden utilizar las tierras de diatomeas que son productos minerales de origen natural que tienen potencial insecticida debido a su efecto desecante (Athanassiou et al., 2008). La conservación de las materias primas al vacío también es un método de prevención que se está utilizando en algunos casos. Sin embargo, las presiones de vacío a las que se trabaja habitualmente no son capaces de eliminar los estadios más resistentes como los huevos, pero consiguen la parada de su desarrollo.

Entre las medidas de control, el control biológico, a diferencia de la situación en agricultura, está muy poco desarrollado comercialmente para su aplicación en la industria agroalimentaria, aunque las instalaciones relativamente cerradas de las fábricas y almacenes son a priori ideales para su aplicación. De las más de 200 especies de enemigos naturales que se comercializan a nivel mundial, solo 5 especies son capaces de parasitar o depredar plagas de





Foto 4. *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitoide de larvas de polillas.

productos almacenados (van Lenteren et al., 2018) (**Foto 4**). El uso del control biológico tendría varias ventajas entre las que destacaría su inocuidad para los usuarios, los consumidores finales y el medioambiente. Como en todo programa de control biológico, se trata de identificar las especies de enemigos naturales que están presentes de forma espontánea, evaluar su efectividad y diseñar programas para aumentar o conservar sus poblaciones. Pero a pesar de la utilidad previsible de esta estrategia de control, hay que tener en cuenta que tanto las normativas actuales de higiene como los requerimientos por parte del consumidor final, no contemplan la presencia de ningún tipo de insecto en el producto final. Por lo tanto, hay que integrar el control biológico con otros métodos que eliminen los insectos vivos al final de la cadena alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria (INIA) financia a nuestro equipo de investigación los estudios para desarrollar programas de Gestión Integrada de Plagas adaptados a la industria agroalimentaria (RTA2014-00006-C02-01).

REFERENCIAS

Athanassiou CG, Kavalleratos NG, Vayias BJ y Panoussakis EC. 2008. Influence of grain type on the susceptibility of different *Sitophilus oryzae* (L.) populations, obtained from different rearing media, to three diatomaceous earth formulations. *Journal of Stored Products Research* 44: 279-284.

Hammond D. 2015. Heat treatments for insect control. Elsevier Ltd. ISBN 978-0-85709-776-7.

Heaps JW. 2006. **Insect Management for Food Storage and Processing.** AACC International. St. Paul, MN., USA. 231 pp.

Ress D. 2004. *Insects of stored products.* Manson Publishing Ltd. 181 pp.

Riudavets J, Salas I y Pons MJ. 2007. Damage characteristics produced by insect pests in packaging film. *Journal of Stored Products Research* 43: 564-570.

Riudavets J, Castañé C, Alomar O, Gabarra R y Guri S. 2008. Atmósferas modificadas para el control de plagas en productos alimentarios. *Alimentaria Mayo* 08: 40-45.

Riudavets J, Agustí N y Solà M. 2016. Detección de insectos más eficaz. *Revista Alimentaria.* 472: 98 -105.

van Lenteren JC, Bolckmans K, Köhl J, Ravensberg WJ y Urbaneja A. 2018. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl* 63: 39-59.



Ácaros domésticos productores de alergia

J. Cristian Vidal-Quist, Pedro Castañera y Pedro Hernández-Crespo.

Laboratorio de Interacción Planta-Insecto, Departamento de Biotecnología Microbiana y de Plantas, Centro de Investigaciones Biológicas, CSIC. Ramiro de Maeztu 9, 28040, Madrid. E-mail: pedro@cib.csic.es

RESUMEN

El ambiente doméstico alberga numerosas especies de ácaros del orden Astigmata que pueden inducir reacciones alérgicas, siendo ésta la principal fuente de alergia en interiores. Las especies más cosmopolitas y de mayor incidencia son *Dermatophagoides pteronyssinus* y *Dermatophagoides farinae*, seguidas por *Euroglyphus maynei* y *Blomia tropicalis*. Su distribución geográfica y frecuencia estacional está relacionada con las condiciones medioambientales, especialmente la alta humedad relativa. Por esta razón, en España, la mayor incidencia de ácaros domésticos se halla en zonas litorales. Los inductores de la respuesta alérgica son proteínas producidas por el ácaro denominadas alérgenos, que se dispersan principalmente a través de sus partículas fecales. Hasta la fecha se han descrito 31 alérgenos en *D. farinae* y 21 en *D. pteronyssinus*. Los productos comerciales para diagnóstico e inmunoterapia de la alergia se elaboran a partir de extractos bioquímicamente complejos obtenidos de cultivos de ácaros a gran escala. La producción de alérgenos por el ácaro depende de su dieta y de las condiciones de cultivo. Por tanto, el conocimiento de su función fisiológica y su regulación puede ayudar a optimizar la producción de extractos alérgenos. En los últimos años se han secuenciado los genomas de distintas especies de ácaros. El acceso a esta información nos sitúa en un escenario sin precedentes que puede contribuir a optimizar los mecanismos de control de los ácaros domésticos, así como a un mayor conocimiento de su alergoma.

PALABRAS CLAVE: ácaros del polvo, productos almacenados, Astigmata, estandarización.

DIVERSIDAD, ECOLOGÍA Y CONTROL

La acepción ácaros domésticos se utiliza en la literatura científica para hacer referencia a ácaros del orden Astigmata presentes en el polvo acumulado en colchones, alfombras, mobiliario, etc., de domicilios, u otros espacios antrópicos interiores, que son capaces de provocar sensibilización e inducir reacciones alérgicas. Pero, ni todos los ácaros presentes en el ámbito doméstico son alérgicos (e.g. ácaros fungívoros *Tarsonemus* spp.), ni todos los ácaros potencialmente productores de alergia se hallan necesariamente en el polvo doméstico (e.g. la araña roja *Tetranychus urticae*) (Arlian y Platts-Mills, 2001; Iraola y Fernández-Caldas, 2009). Es interesante destacar que, en sus orígenes y previamente al surgimiento de los primeros asentamientos humanos en la época Neolítica, los ácaros domésticos posiblemente evolucionaron asociados a nidos de animales, donde encontraban abundancia de fibras con microclimas de elevada humedad relativa, acumulación de detritos, presencia de restos y/o almacenamiento de alimentos (O'Connor, 1994). Entre los ácaros domésticos se pueden diferenciar los ácaros del polvo propiamente dichos (familia Pyroglyphidae; referidos en el texto como HDM, por sus siglas en inglés "House Dust Mites") y los ácaros de productos almacenados (pertenecientes a dos superfamilias,

Glycyphagoidea y Acaroidea), que también pueden encontrarse en el polvo doméstico (Iraola y Fernández-Caldas, 2009), aunque se desarrollan preferentemente en alimentos almacenados (cereales, legumbres, frutas, embutidos, quesos, etc., dependiendo de la especie) (Colloff, 2009).

En la **Tabla 1** se enumeran las especies de ácaros domésticos de mayor relevancia para la Salud Pública. Las especies más cosmopolitas y de mayor incidencia a nivel mundial son *Dermatophagoides pteronyssinus* y *Dermatophagoides farinae*, seguidas por *Euroglyphus maynei* en climas templados y *Blomia tropicalis* en áreas tropicales y subtropicales (Calderón et al., 2015). Su distribución geográfica y frecuencia estacional está directamente relacionada con las condiciones medioambientales favorables a su desarrollo. Los ácaros domésticos requieren temperaturas suaves/cálidas y elevada humedad relativa (HR) (óptimos entre 20-32°C y 75-90%), siendo los ácaros de la familia Pyroglyphidae, en especial *D. farinae*, algo menos exigentes (Colloff, 2009). En cualquier caso, la HR es el factor más crítico para el desarrollo de los ácaros del orden Astigmata, ya que éstos se hidratan fundamentalmente por absorción activa del vapor agua del aire a través de las denominadas glándulas supracoxales (Arlian, 1992). En consecuencia, la densidad de ácaros en zonas





Tabla 1. Principales especies de ácaros astigmátidos productores de alergia en el ámbito doméstico.

Superfamilia	Familia	Especie	Fuente de exposición /presencia	Nº alérgenos identificados*
Analgoidea	Pyroglyphidae	<i>Dermatophagoides pteronyssinus</i>	Polvo doméstico	21
		<i>Dermatophagoides farinae</i>	Polvo doméstico / harina	31
		<i>Dermatophagoides microceras</i>	Polvo doméstico	1
		<i>Euroglyphus maynei</i>	Polvo doméstico	5
Glycyphagoidea	Chortoglyphidae	<i>Chortoglyphus arcuatus</i>	Alimentos almacenados / polvo doméstico	1
	Echymyopodidae	<i>Blomia tropicalis</i>	Polvo doméstico / harina	14
	Glycyphagidae	<i>Glycyphagus domesticus</i>	Alimentos almacenados / polvo doméstico	1
		<i>Lepidoglyphus destructor</i>	Alimentos almacenados / polvo doméstico	5
Acaroidea	Acaridae	<i>Acarus siro</i>	Alimentos almacenados / polvo doméstico (ocasional)	1
		<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	Alimentos almacenados / polvo doméstico (ocasional)	8

* Alérgenos reconocidos por el Subcomité de nomenclatura de alérgenos de la WHO/IUIS (WHO/IUIS, 2018)

áridas/semiáridas, de montaña o de marcado clima continental es generalmente muy baja, dependiendo en último término de las condiciones microclimáticas de cada hogar. En España, las áreas con mayor abundancia de ácaros domésticos son los litorales atlánticos (zona cantábrica y andaluza), la cuenca mediterránea y el archipiélago canario (Iraola y Fernández-Caldas, 2009). En la zona cantábrica la especie predominante es *D. pteronyssinus* (Boquete et al., 2006), mientras que en zonas del Mediterráneo las poblaciones de las especies *D. pteronyssinus* y *D. farinae* se hallan más equilibradas, con una preferencia de la segunda por las áreas mediterráneas de interior con menor HR (Pagán et al., 2012). *Blomia tropicalis* se encuentra en Canarias con una frecuencia considerable (García Robaina et al., 1996). Por otro lado, la prevalencia de especies de ácaros de productos almacenados en hogares puede ser local y/o regionalmente elevada, a menudo asociado a áreas rurales, por ejemplo el caso de *Lepidoglyphus destructor* o *Chortoglyphus arcuatus* en Galicia (Boquete et al., 2006) o *Glycyphagus domesticus* en Extremadura y oeste de Andalucía (Iraola y Fernández-Caldas, 2009). Cabe destacar que los ácaros de productos almacenados también tienen relevancia desde el punto de vista de la salud pública al ser causantes de enfermedades alérgicas ocupacionales, es decir originadas en el ambiente laboral. Además, muchas de estas especies son económicamente muy importantes para la industria agroalimentaria al ser plagas sobre distintos productos. Por ejemplo, *Tyrophagus putrescentiae* se puede encontrar, entre otros alimentos, en embutidos y carnes curadas como el jamón (Sánchez-Ramos y Castañera, 2000).

La mayoría de los estudios publicados sobre la biología y alergenidad de los ácaros domésticos se han dirigido a las dos especies predominantes, *D. pteronyssinus* y *D. farinae*. El polvo en colchones o alfombras, como hábitat principal de los

HDM, es un sustrato complejo compuesto de fibras textiles (que aportan estructura a la matriz y favorecen las condiciones microclimáticas), partículas inertes de origen diverso (minerales, plásticos, madera, etc.), detritos orgánicos (escamas de piel humana o animal, restos de alimentos que pueden ser muy heterogéneos) y flora microbiana (hifas de hongos, levaduras y bacterias, que se alimenta de dichos detritos y a su vez son fuente de alimento para el ácaro) (Colloff, 2009). Si bien los HDM se desarrollan en microhábitats muy ricos en restos de piel, no está comprobado experimentalmente que esta sea su única fuente de alimento. Se ha demostrado que las escamas de piel intactas no son nutricionalmente óptimas para los HDM, y que crecen mejor cuando éstas han sido precolonizadas por ciertos hongos (Lustgraaf, 1978) o cuando se complementan con otras fuentes de nutrientes como la levadura (VanBronswijk y Sinha, 1973). Además, la experiencia en laboratorio y cultivos comerciales ha demostrado que los HDM son especies omnívoras capaces de crecer a base de alimentos muy diversos (cereales, levaduras, huevo, comida de peces, etc.) (Colloff, 2009).

Son varias las estrategias para el control de los ácaros del polvo y la prevención de la exposición a sus alérgenos. Una de las prácticas más eficaces consiste en el control ambiental de las estancias manteniendo una HR entre 35-50% (mediante ventilación frecuente, uso de deshumidificadores, etc.) combinado con medidas higiénicas de lavado y aspirado de posibles reservorios de ácaros y alérgenos (Arlan y Platts-Mills, 2001). Por otro lado, el control químico mediante acaricidas es una práctica actualmente poco recomendada por la comunidad médica (Portnoy et al., 2013), ya que no logra reducir lo suficiente los alérgenos presentes en el ambiente. El número de materias activas disponibles para uso doméstico es limitado y, aunque existen formulaciones basadas en benzoato



Tabla 2. Alérgenos de la especie *D. pteronyssinus* reconocidos por la WHO/IUIS (International Union of Immunological Societies).

Alérgeno	Denominación bioquímica	Actividad biológica	Reactividad con IgE de suero de alérgicos *
Der p 1	Cisteín proteasa	Proteólisis	Mayor
Der p 2	Proteína con dominio ML	Unión a lípidos	Mayor
Der p 3	Tripsina	Proteólisis	Menor
Der p 4	Alfa-amilasa	Hidrólisis glucosídica	Nivel medio
Der p 5	Desconocido	Desconocido	Nivel medio
Der p 6	Quimotripsina	Proteólisis	Menor
Der p 7	Desconocido	Desconocido	Nivel medio
Der p 8	Glutatión-S-transferasa	Conjugación del glutatión	Menor
Der p 9	Serín proteasa	Proteólisis	Menor
Der p 10	Tropomiosina	Proteína muscular	Menor
Der p 11	Paramiosina	Proteína muscular	Menor
Der p 13	Proteína de unión a ácidos grasos	Transferencia de lípidos	Menor
Der p 14	Apolipoforina / vitelogenina	Transferencia de lípidos	Desconocido
Der p 15	Quitinasa	Hidrólisis glucosídica	Menor
Der p 18	Proteína de unión a quitina	Tipo quitinasa, no catalítico	Menor
Der p 20	Arginina quinasa	Mantenimiento de niveles de ATP	Menor
Der p 21	Desconocido	Desconocido	Nivel medio
Der p 23	Peritrofina	Unión a quitina	Mayor
Der p 24	Proteína de unión a UQCR	Transporte mitocondrial de electrones	Desconocido
Der p 36	Desconocido	Desconocido	Menor **
Der p 37	Peritrofina	Unión a quitina	Desconocido

* Basado en * Thomas (2015) y ** Bordas-Le Floch et al. (2017)

de bencilo, piretroides o aceites esenciales de plantas que muestran resultados satisfactorios en laboratorio, su aplicación práctica en hogares (e.g. en el interior de colchones) es difícil y ha mostrado resultados inconsistentes (Arlan y Platts-Mills, 2001; Colloff, 2009). Por último, recientemente se ha propuesto la utilización de feromonas de agregación en sistemas de trampeo de HDM (Skelton et al., 2010; Steidle et al., 2014).

ALERGIA A LOS ÁCAROS DEL POLVO

La alergia es una reacción de hipersensibilidad asociada a mecanismos inmunológicos de tipo innato y adaptativo, normalmente mediados por inmunoglobulinas tipo IgE. Las proteínas capaces de inducir anticuerpos IgE en individuos susceptibles se denominan alérgenos (EAACI, 2014). Los HDM son la principal fuente de alergia en interiores, y pueden provocar asma bronquial, rinoconjuntivitis alérgica y dermatitis atópica. Hasta la fecha se han descrito un total de 31 alérgenos en *D. farinae* y 21 en *D. pteronyssinus*, con

función bioquímica diversa y en muchos casos desconocida (**Tabla 2**) (WHO/IUIS, 2018). Sin embargo, la reacción alérgica suele inducirse mayoritariamente en respuesta a solo unos pocos alérgenos, los llamados alérgenos mayores y serodominantes, que en *D. pteronyssinus* son Der p 1, Der p 2 y Der p 23 (**Tabla 2**). El conocimiento de los alérgenos de otros ácaros domésticos es más bien escaso, cabe destacar que algunos de ellos presentan una elevada homología entre distintas especies, lo que puede dar lugar a fenómenos de reactividad cruzada (Thomas, 2016). Los cuerpos (y restos) del ácaro son una fuente importante de alérgenos, pero la principal vía de exposición a HDM son sus heces (pellets fecales), ya que su pequeño tamaño (15-30 μm ; **Fig. 1**) y posterior fragmentación en partículas fecales favorece su dispersión por el aire. Además, las partículas fecales constituyen un importante reservorio de enzimas proteolíticas (entre las que se encuentran algunos alérgenos) cuya actividad puede participar en el proceso de la alergia (Reithofer y Jahn-Schmid, 2017).





Figura 1. Ácaro del polvo *Dermatophagoides pteronyssinus*. **A)** Vista dorsal de un macho adulto por microscopía electrónica de barrido. **B)** Visualización del tracto digestivo tras ingestión de dieta con colorante. **C)** Pellets fecales por microscopía electrónica de barrido.

La principal estrategia para limitar los efectos de los HDM sobre pacientes alérgicos es evitar la exposición. Por otro lado, al margen de soluciones farmacológicas que solo aplacan la sintomatología, el único tratamiento con el potencial de curar los efectos de la alergia es la inmunoterapia (o vacunación antialérgica), que consiste en inducir tolerancia inmune mediante la exposición regular del paciente a dosis controladas de alérgenos durante un periodo prolongado de 2 a 3 años (EAACI, 2014).

PRODUCCIÓN DE EXTRACTOS ALERGÉNICOS

Los productos comerciales para el diagnóstico e inmunoterapia de la alergia a HDM se formulan mayoritariamente a partir de extractos alérgicos naturales obtenidos de cultivos de ácaros a gran escala. En el escenario actual coexisten en el mercado productos de diagnóstico e inmunoterapia muy heterogéneos, que pueden variar sustancialmente en la cantidad y contenido de alérgenos, así como en su alergenidad (Casset et al., 2012; Frati et al., 2012; Moreno Benítez et al., 2015). Solo en España se distribuyen productos de más de una decena de compañías farmacéuticas, cada una de ellas con sistemas de cultivo, procesamiento y formulación propios. Sin embargo, existe una tendencia al incremento de las medidas regulatorias de control por parte de las Autoridades Sanitarias (European-Pharmacopoeia, 2017). Un aspecto clave para la seguridad y efectividad de estos productos es su estandarización. En la actualidad se aplican fundamentalmente dos aproximaciones, la estandarización biológica (basada en la potencia biológica total o reactividad de los extractos sobre el suero de pacientes alérgicos) y la estandarización en unidades de masa (basada en la concentración de alérgenos concretos por inmunocuantificación, normalmente solo unos pocos para los que se han desarrollado anticuerpos específicos; e.g. grupo 1 y grupo 2 en *Dermatophagoides*) (Larsen et al., 2014). Sin embargo, dada su naturaleza, los extractos de cultivos de ácaros son bioquímicamente muy complejos y contienen alérgenos diversos que contribuyen a la potencia biológica a distintos niveles (Casset et al., 2012). Por ello, resulta necesario complementar los sistemas de estandarización

actuales con metodologías adecuadas a la complejidad de su composición. En los últimos años se ha propuesto la utilización de espectrometría de masas para la determinación de la composición proteica de los extractos (Spiric et al., 2017), aunque esta técnica puede resultar demasiado cara y compleja. Por otro lado, en base a la naturaleza enzimática de muchos de los alérgenos de los HDM, se ha propuesto utilizar la estimación de actividades enzimáticas como sistema de control de calidad y estandarización (Vidal-Quist et al., 2017a).

Muchos de los alérgenos de HDM pertenecen a familias de enzimas que participan en la digestión proteolítica, metabolismo o detoxificación, y que, por la particular fisiología digestiva de los ácaros, pueden acumularse en las heces (Colloff, 2009; Batard et al., 2016). En términos generales, los alérgenos presentan alta estabilidad en el ambiente y son producidos por el ácaro en gran cantidad (Ogburn et al., 2017). Además, su producción depende en gran medida de la dieta y de las condiciones medioambientales en las que los HDM se desarrollan. Por tanto, el conocimiento de la función fisiológica precisa de los alérgenos, y de su inducción o represión en función de factores ambientales puede ayudar a optimizar la producción farmacéutica de extractos alérgicos. Por un lado, el rendimiento en la producción de ácaros cultivados a gran escala se puede incrementar estudiando la dinámica poblacional de los cultivos de HDM bajo distintas condiciones de crecimiento (Yella et al., 2011; Avula-Poola et al., 2012). Asimismo, el conocimiento de cómo estos factores afectan a la producción de proteínas alérgicas puede contribuir a mejorar la consistencia entre lotes de producción. Se ha demostrado que la expresión de genes de alérgenos en *D. pteronyssinus* y la producción de los alérgenos dominantes (grupos 1 y 2) depende del estadio de desarrollo, del sexo, de la temperatura y humedad relativa (Vidal-Quist et al., 2015), así como de la composición de la dieta (Vidal-Quist et al., 2017b). Por último, la determinación de la diversidad de alérgenos y de su naturaleza/función puede contribuir al desarrollo de herramientas de control de calidad y estandarización aplicables a los procesos de producción farmacéutica.



NUEVAS HERRAMIENTAS EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE ÁCAROS DOMÉSTICOS

Una revisión de la literatura científica en torno a ácaros domésticos productores de alergia arroja un resultado claro: la gran mayoría de los trabajos se centran en el estudio de las reacciones alérgicas que causan, siendo comparativamente minoritarios los trabajos dirigidos al estudio de su biología. De la misma manera, los conocimientos que actualmente tenemos sobre los ácaros son mucho menores de los que tenemos sobre insectos. Si bien es cierto que gran parte de la información que se obtiene del estudio de unos puede ser aplicable a los otros, se debe tener en cuenta que insectos y ácaros pueden diferir en procesos fisiológicos fundamentales (Cabrera et al., 2009; Grbic et al., 2011). De hecho, los grupos Chelicerata (que incluye a los ácaros) y Mandibulata (que incluye a los insectos) han evolucionado independientemente desde su separación antes del Cámbrico, hace 635–542 millones de años (Giribet y Edgecombe, 2012).

Las nuevas tecnologías de secuenciación masiva pueden ayudar a comprender mejor las particularidades de los ácaros ofreciendo una herramienta de gran utilidad para los estudios de fisiología y biología molecular. El primer genoma completo que se obtuvo de un ácaro fue el de la araña roja, *T. urticae* (Grbic et al., 2011). Recientemente, también se ha obtenido la secuencia de los genomas de los tres HDM más importantes: *D. farinae* (Chan et al., 2015), *D. pteronyssinus* (Waldron et al., 2017; Randall et al., 2018) y *E. maynei* (Rider et al., 2017). Además, en los últimos años se han secuenciado otros genomas de ácaros (Tabla 3). El acceso a tal cantidad de información nos sitúa en un escenario sin precedentes en la acarología que abre las puertas a potenciales avances aplicables a los HDM, como la identificación de dianas para mejores mecanismos de control, o un mayor conocimiento de su alergoma (conjunto de proteínas alérgicas, incluyendo posibles nuevos alérgenos). El reto actual consiste en ser capaces de sacar partido a esta información. En primer lugar, muchos de los citados proyectos genómicos todavía se hallan en fase de “borrador”. El correcto ensamblaje y anotación de los genes es un proceso fundamental que suele exigir la participación de amplios consorcios científicos. En segundo lugar, un genoma por si solo no responde a todas las preguntas. Dar con las respuestas adecuadas nos plantea una excelente oportunidad de colaboración entre los campos de la biología computacional, la acarología y la biomedicina.

Tabla 3. Genomas de ácaros secuenciados y disponibles públicamente.

Orden	Especie	Secuencias *
Astigmata	<i>D. pteronyssinus</i>	GCA_001901225.2
	<i>D. farinae</i>	GCA_000767015.1; GCA_002085665.1
	<i>E. maynei</i>	GCA_002135145.1
	<i>Sarcoptes scabiei</i>	GCA_000828355.1
	<i>Psoroptes ovis</i>	GCA_002943765.1
Prostigmata	<i>T. urticae</i>	GCA_000239435.1
Oribatida	<i>Achipteria coleoptrata</i>	GCA_000988765.1
	<i>Platynoethrus peltifer</i>	GCA_000988905.1
	<i>Steganacarus magnus</i>	GCA_000988885.1
	<i>Hypochthonius rufulus</i>	GCA_000988845.1
Mesostigmata	<i>Metaseiulus occidentalis</i>	GCA_000255335.1
	<i>Varroa destructor</i>	GCA_000181155.1; GCA_002443255.1
	<i>Varroa jacobsoni</i>	GCA_002532875.1
	<i>Tropilaelaps mercedesae</i>	GCA_002081605.1
Ixodida	<i>Ixodes scapularis</i>	GCA_000208615.1; GCA_002892825.1
	<i>Ixodes ricinus</i>	GCA_000973045.2
	<i>Rhipicephalus microplus</i>	GCA_002176555.1

* No. de accesoión del ensamblaje en Genbank (www.ncbi.nlm.nih.gov)





REFERENCIAS

- Arlan LG.** 1992. Water balance and humidity requirements of house dust mites. *Experimental & Applied Acarology*, 16: 15-35.
- Arlan LG y Platts-Mills TA.** 2001. The biology of dust mites and the remediation of mite allergens in allergic disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 107: S406-413.
- Avula-Poola S, Morgan MS y Arlan LG.** 2012. Diet influences growth rates and allergen and endotoxin contents of cultured *Dermatophagoides farinae* and *Dermatophagoides pteronyssinus* house dust mites. *International Archives of Allergy and Immunology*, 159: 226-234.
- Batard T, Baron-Bodo V, Martelet A, Le Mignon M, Lemoine P, Jain K, et al.** 2016. Patterns of IgE sensitization in house dust mite-allergic patients: implications for allergen immunotherapy. *Allergy*, 71: 220-229.
- Boquete M, Iraola V, Fernández-Caldas E, Arenas Villaroel L, Carballada FJ, González de la Cuesta C, et al.** 2006. House dust mite species and allergen levels in Galicia, Spain: a cross-sectional, multicenter, comparative study. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology*, 16: 169-176.
- Bordas-Le Floch V, Le Mignon M, Bussieres L, Jain K, Martelet A, Baron-Bodo V, et al.** 2017. A combined transcriptome and proteome analysis extends the allergome of house dust mite *Dermatophagoides* species. *PLoS One*, 12: e0185830.
- Cabrera AR, Donohue KV y Roe RM.** 2009. Regulation of female reproduction in mites: a unifying model for the Acari. *Journal of Insect Physiology*, 55: 1079-1090.
- Calderón MA, Linneberg A, Kleine-Tebbe J, De Blay F, Hernández Fernández de Rojas D, Virchow JC, et al.** 2015. Respiratory allergy caused by house dust mites: What do we really know? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 136: 38-48.
- Casset A, Mari A, Purohit A, Resch Y, Weghofer M, Ferrara R, et al.** 2012. Varying allergen composition and content affects the in vivo allergenic activity of commercial *Dermatophagoides pteronyssinus* extracts. *International Archives of Allergy and Immunology*, 159: 253-262.
- Chan TF, Ji KM, Yim AK, Liu XY, Zhou JW, Li RQ, et al.** 2015. The draft genome, transcriptome, and microbiome of *Dermatophagoides farinae* reveal a broad spectrum of dust mite allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135: 539-548.
- Colloff MJ.** 2009. *Dust Mites*, Springer, Dordrecht.
- EAACI.** 2014. *Global Atlas of Allergy*, European Academy of Allergy and Clinical Immunology, Zurich.
- European Pharmacopoeia vol. 9.** 2016. Monograph on Mites for Allergen Products (01/2017:2625).
- Frati F, Incorvaia C, David M, Scurati S, Seta S, Padua G, et al.** 2012. Requirements for acquiring a high-quality house dust mite extract for allergen immunotherapy. *Drug Design, Development and Therapy*, 6: 117-123.
- García Robaina JC, Torre Morín F, Bonnet Moreno CG, Antolín Arias J, Pérez Santos C y Sánchez Covisa A.** 1996. House dust mites and Der p I in Tenerife (Canary Islands, Spain): the relative importance of other non *Dermatophagoides* spp mites. *Allergologia et Immunopathologia*, 24: 135-138.
- Giribet G y Edgecombe GD.** 2012. Reevaluating the arthropod tree of life. *Annual Review of Entomology*, 57: 167-186.
- Grbic M, Van Leeuwen T, Clark RM, Rombauts S, Rouze P, Grbic V, et al.** 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*, 479: 487-492.
- Iraola V y Fernández-Caldas E.** 2009. *Mapa Acarológico de España*, Laboratorios Leti, Madrid.
- Larsen JN, Houghton CG, Lombardero M y Löwenstein H.** 2014. Manufacturing and standardizing allergen extracts in Europe, Chapter 21, pp. 289-306. En Lockey R F y Ledford D K (eds.), *Allergens and Allergen Immunotherapy: Subcutaneous, sublingual and oral*, 5th Edition. CRC Press, Boca Raton.
- Lustgraaf BV.** 1978. Ecological relationships between xerophilic fungi and house-dust mites (Acarida: Pyroglyphidae). *Oecologia*, 33: 351-359.
- Moreno Benítez F, Espinazo Romeu M, Letrán Camacho A, Mas S, García-Cozar FJ y Tabar AI.** 2015. Variation in allergen content in sublingual allergen immunotherapy with house dust mites. *Allergy*, 70: 1413-1420.
- OConnor BM.** 1994. Life-History Modifications in Astigmatid Mites, pp. 136-159. En Houck M A (ed.), *Mites: Ecological and Evolutionary Analyses of Life-History Patterns*. Springer US, Boston.
- Ogburn RN, Randall TA, Xu Y, Roberts JH, Mebrahtu B, Karnuta JM, et al.** 2017. Are dust mite allergens more abundant and/or more stable than other *Dermatophagoides pteronyssinus* proteins? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 139: 1030-1032 e1031.
- Pagán JA, Huertas AJ, Iraola V, Pinto H, Martínez R, Ramírez M, et al.** 2012. Mite exposure in a Spanish Mediterranean region. *Allergologia et Immunopathologia*, 40: 92-99.



- Portnoy J, Miller JD, Williams PB, Chew GL, Miller JD, Zaitoun F, et al.** 2013. Environmental assessment and exposure control of dust mites: a practice parameter. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 111: 465-507.
- Randall TA, Mullikin JC y Mueller GA.** 2018. The draft genome assembly of *Dermatophagoides pteronyssinus* supports identification of novel allergen isoforms in *Dermatophagoides species*. *International Archives of Allergy and Immunology*, 175: 136-146.
- Reithofer M y Jahn-Schmid B.** 2017. Allergens with protease activity from House Dust Mites. *International Journal of Molecular Sciences*, 18: 1368.
- Rider SD, Jr., Morgan MS y Arlian LG.** 2017. Allergen homologs in the Euroglyphus maynei draft genome. *PLoS One*, 12: e0183535.
- Sánchez-Ramos II y Castañera P.** 2000. Acaricidal activity of natural monoterpenes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), a mite of stored food. *Journal of Stored Products Research*, 37: 93-101.
- Skelton AC, Cameron MM, Pickett JA y Birkett MA.** 2010. Identification of neryl formate as the airborne aggregation pheromone for the American house dust mite and the European house dust mite (Acari: Epidermoptidae). *Journal of Medical Entomology*, 47: 798-804.
- Spiric J, Reuter A y Rabin RL.** 2017. Mass spectrometry to complement standardization of house dust mite and other complex allergenic extracts. *Clinical and Experimental Allergy*, 47: 604-617.
- Steidle JL, Barcari E, Hradecky M, Trefz S, Tolasch T, Gantert C, et al.** 2014. Pheromonal communication in the European House Dust Mite, *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Insects*, 5: 639-650.
- Thomas WR.** 2015. Hierarchy and molecular properties of house dust mite allergens. *Allergology International*, 64: 304-311.
- Thomas WR.** 2016. House dust mite allergens: new discoveries and relevance to the allergic patient. *Current Allergy and Asthma Reports*, 16: 69.
- VanBronswijk JEMH y Sinha RN.** 1973. Role of fungi in the survival of *Dermatophagoides* (Acarina: Pyroglyphidae) in house-dust environment. *Environmental Entomology*, 2: 142-145.
- Vidal-Quist JC, Ortego F, Castañera P y Hernández-Crespo P.** 2017a. Quality control of house dust mite extracts by broad-spectrum profiling of allergen-related enzymatic activities. *Allergy*, 72: 425-434.
- Vidal-Quist JC, Ortego F, Lombardero M, Castañera P y Hernández-Crespo P.** 2015. Allergen expression in the European house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* throughout development and response to environmental conditions. *Medical and Veterinary Entomology*, 29: 137-146.
- Vidal-Quist JC, Ortego F, Rombauts S, Castañera P y Hernández-Crespo P.** 2017b. Dietary shifts have consequences for the repertoire of allergens produced by the European house dust mite. *Medical and Veterinary Entomology*, 31: 272-280.
- Waldron R, McGowan J, Gordon N, McCarthy C, Mitchell EB, Doyle S, et al.** 2017. Draft genome sequence of *Dermatophagoides pteronyssinus*, the European house dust mite. *Genome Announcements*, 5: e00789-00717.
- WHO/IUIS Allergen Nomenclature Sub-Committee: Allergen Nomenclature.** <http://www.allergen.org/> (Marzo 2018).
- Yella L, Morgan MS y Arlian LG.** 2011. Population growth and allergen accumulation of *Dermatophagoides pteronyssinus* cultured at 20 and 25 degrees C. *Experimental and Applied Acarology*, 53: 103-119.





La hormiga argentina (*Linepithema humile*): Un problema global en hábitats humanos difícil de erradicar

Crisanto Gómez y Sílvia Abril.

Departament de Ciències Ambientals, Universitat de Girona. Campus de Montilivi 17003-Girona. E-mail: crisanto.gomez@udg.edu

RESUMEN

La hormiga argentina es una de las especies de hormiga más comunes en hábitats humanizados y urbanos. Es originaria de Sudamérica y actualmente su distribución incluye la mayoría de hábitats de clima mediterráneo y subtropical del planeta. En hábitats urbanos puede invadir casas, edificios, jardines, llegando a ser muy molesta su presencia. Si sumamos la estructura en supercolonia, la poliginia y su carácter omnívoro hace que su tratamiento sea complejo en situaciones de infestación avanzada o amplia. A pesar de los continuos esfuerzos para controlar o erradicar esta especie donde llega a ser una plaga, aún estamos por descubrir métodos totalmente eficaces que controlen o eliminen a la hormiga argentina de forma permanente.

PALABRAS CLAVE: hormiga argentina, *Linepithema humile*, hormigas invasoras, control de plagas.

INTRODUCCIÓN

La hormiga argentina es el nombre común con el que conocemos a la especie *Linepithema humile* (Mayr). Es un formícido que pertenece a la subfamilia Dolichoderinae. Las obreras de esta especie son pequeñas hormigas de unos 2-3 mm que presentan una superficie lisa, brillante y de color marrón claro (**Figura 1**). Presentan un carácter activo y movimientos rápidos. Las reinas, más difíciles de observar, tienen entre 4 y 6 mm de longitud. La actividad de las reinas de esta especie no se limita únicamente a la puesta de huevos, sino que también pueden participar en diversas funciones dentro de la colonia como por ejemplo en el cuidado y alimentación de las larvas (Hertzer L, 1930; Vega y Rust, 2001).

Presentan diversas características que hacen que con su presencia en hábitats urbanos la conviertan en una de las especies de hormiga más molesta para las personas. No existe un registro de casos, pero la mayoría de los casos en que empresas de control de plagas nos han enviado muestras, a lo largo de más de 20 años, se ha tratado de hormiga argentina. Debido a su carácter invasor cuando es capaz de pasar de los hábitats urbanos a hábitats naturales puede alterar de manera significativa la biodiversidad del hábitat que invade y los procesos ecológicos en que las hormigas autóctonas son claves. De manera directa o indirecta la invasión de hormiga argentina de hábitats naturales puede afectar a la diversidad de hormigas, la abundancia de artrópodos, la abundancia de vertebrados, la polinización de plantas, la dispersión de



Figura 1. Obrera de hormiga argentina.
(foto: Kiko Gómez, Asociación Ibérica de Mirmecología – AIM)

semillas y llegando a alterar procesos de descomposición y ciclos de algunos nutrientes (Bond y Slingsby, 1984; Cole et al., 1992; Human y Gordon, 1996, 1997; Visser et al., 1996; Kennedy, 1998; Bolger et al., 2000; Laakkonen et al., 2001; Harris, 2002; Suarez y Case, 2002; Blancafort y Gómez, 2005;; Oliveras et al., 2005; Stanley y Ward, 2012).

Algunos elementos que nos pueden ayudar a entender la importancia de esta especie pueden ser los siguientes:

- Es una de las 5 especies de hormiga que recoge el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras (BOE num. 185 de 3 de agosto de 2013).
- Está incluida dentro de las peores 100 especies invasoras del mundo según el Invasive Species Specialist Group, grupo de expertos en especies invasoras de la UICN.



- En diciembre de 2017 se ha publicado una valoración del impacto ambiental y socioeconómico de 486 especies exóticas establecidas en Europa y se han propuesto 149 como las peores y con mayor impacto. Dentro de éstas hay 2 especies de hormigas y una de ellas es la hormiga argentina (Nentwig et al., 2017).

- Nueva Zelanda, uno de los países con mayor interés en el control de especies exóticas e invasoras, tiene desde hace años un programa específico de información a la población, vigilancia y control focalizado en esta especie lanzado desde su Ministerio de Bioseguridad. El programa pretende, además de informar, que la población ayude en la detección temprana de esta hormiga y las empresas de control de plagas puedan actuar de forma inmediata. Este país detectó la presencia de hormiga argentina a principio de los años 90 del siglo pasado; uno de los más recientes en ser consciente de su presencia.

- Es la especie de hormiga invasora más estudiada y con la que más se han testado biocidas para su control en ambientes urbanos (Santos, 2016).

- Considerando el tema de los test de eficacia de biocidas para el control de hormigas, cabe decir que la European Chemicals Agency considera ésta una de las dos especies de hormigas foráneas de la UE con las que requiere que se testen la eficacia de nuevos productos para poder ser comercializados en los países de la Unión (ECHA, 2017).

En hábitats urbanos puede invadir casas, edificios, jardines, llegando a ser muy molesta su presencia. Una vez encuentra una fuente de alimento produce reclutamientos en masa y el número de obreras que puede concentrar en un punto o en sus filas de transporte es elevadísimo. La perturbación de sus nidos genera también respuestas de defensa en masa y se han dado algún caso de personas sensibles a su mordisco. Potencialmente puede transportar y diseminar algunos microorganismos nocivos tipo estafilococos, habiéndose dado algún caso en hospitales (Fowler et al., 1993).

Se han documentado diversos tipos de pérdidas económicas debidas a la acción directa de las obreras de esta especie o de manera indirecta. Protegen y se alimentan de homópteros bien de manera directa si necesitan proteínas o consumiendo sus excreciones que son ricas en azúcares (Abril et al., 2007). Esto hace que favorezcan la proliferación de homópteros que reducen la calidad en cultivos de cítricos o de viñedos (Vega y Rust, 2001). Pueden llegar a inutilizar sistemas de riego gota a gota mordisqueando las canalizaciones de agua (Chang y Ota, 1990). Pueden contaminar productos de alimentación almacenados (Van Schagen et al., 1993). Se han dado caso de depredación en colmenas de abejas melíferas alterando la cantidad y calidad de la miel y alterando los procesos de polinización en que las abejas estaban implicadas (Vega y Rust, 2001). En la industria avícola la interacción directa con

las aves produce estrés en pollos y la muerte de polluelos (Davis y Van Shagen, 1993). Potencialmente puede transferir patógenos entre plantas al alimentarse de exudados azucarados (El-Hamalawi y Menge, 1996).

DISTRIBUCIÓN

La consideramos una especie exótica ya que su distribución original está en la cuenca del río Paraná, situado entre el norte de Argentina, sur de Brasil, Uruguay y Paraguay. Por lo tanto, es una especie originaria de ecosistemas subtropicales. Su nombre común se debe a que la descripción original de esta especie se hizo a partir de obreras recogidas en la región del Mar del Plata en Argentina. Actualmente su distribución incluye la mayoría de hábitats de clima mediterráneo y subtropical del planeta (Wetterer et al., 2009). En el sur de Europa hay tres enormes supercolonias y de la mayor de ellas se puede seguir su presencia a lo largo de 6000 km de zona litoral, desde el norte de Italia hasta Portugal y norte de la península ibérica (Giraud et al., 2002; Blight et al., 2010).

La primera cita para la península ibérica data de 1907 en Portugal (Martins 1907). Su introducción probablemente se produjo años antes, a finales del siglo XIX mediante el comercio marítimo transatlántico. En España se detectó por primera vez en Valencia el año 1923 (Font de Mora, 1923; García Mercet, 1923). Desde entonces ha ido extendiendo su distribución mostrando una marcada presencia a lo largo de todo el litoral y prelitoral peninsular. La primera recopilación de las citas de esta especie publicada en 2003 evidencia este hecho (Espadaler y Gómez, 2003) como se muestra en la **Figura 2**. La mayor parte de las citas corresponden a su presencia en hábitats urbanos. Desde entonces la mayor parte de nuevas citas de esta especie se han dado en ciudades del norte, noroeste peninsular o en ciudades del interior.

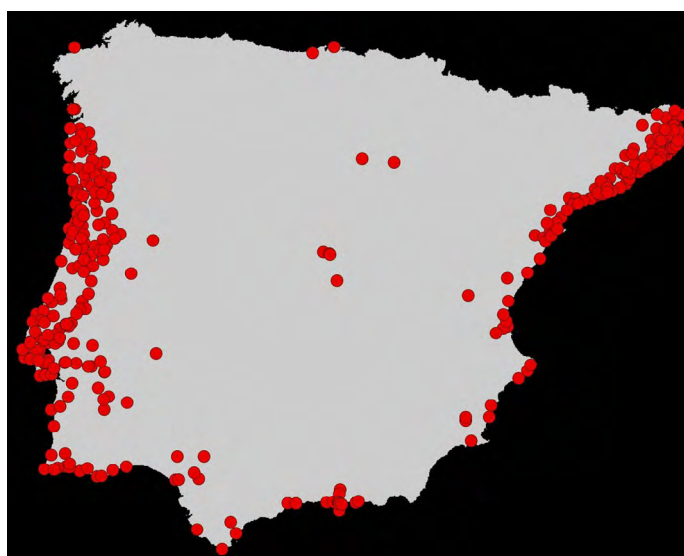


Figura 2. Localizaciones de hormiga argentina en la península ibérica recopiladas en Espadaler y Gómez (2003).





La previsión sobre su distribución considerando los escenarios de cambio climático previstos es que cada vez sea más frecuente en latitudes más altas (Roura-Pascual et al., 2004). La cita actual más al norte de esta especie corresponde al sur de Noruega (Gómez et al., 2005).

BIOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA COLONIA. CARACTERÍSTICAS INTERESANTES PARA SU CONTROL

La hormiga argentina comparte con otras hormigas invasoras una serie de características biológicas que son clave para su éxito como especie invasora y actuar como una plaga. Una es la unicolonialidad que implica la ausencia de comportamiento agresivo o de competencia entre los individuos de diferentes nidos (Passera, 1994; Holway et al., 2002). La energía que el nido gastaría en competencia intraespecífica o territorialidad es desviada a la producción de nuevos miembros de la colonia. Esto le permite llegar a tener unas densidades de individuos elevadas y por lo tanto poder dominar numéricamente un ambiente o llegar a ser muy molesta. Esta estructura en que muchos nidos no sólo no compiten, sino que comparten obreras y recursos y se reconocen entre los miembros de distintos nidos como individuos de una misma entidad es lo que se conoce como supercolonia. Una supercolonia puede estar formada por millones de obreras y el número de reinas sería de algunos miles. Esta estructura colonial compleja y con capacidad de tener dimensiones muy relevantes hacen que su control sea difícil y que el éxito en los tratamientos sea complicado de obtener. Además, es una especie poligínica. Hay diversas reinas en cada nido. Si sumamos la estructura en supercolonia, la poliginia y su carácter omnívoro nos podemos hacer una idea de la complejidad y dificultad de su tratamiento.

Tiene una alta preferencia por lugares con cierto grado de humedad. En zonas secas de California su distribución está asociada a las casas o edificios con jardines con riego y en zonas próximas a cauces o conducciones artificiales de agua. En cuanto nos alejamos de estas fuentes de humedad su presencia se reduce de manera drástica (Holway et al., 2002). Las temperaturas extremas también limitan su distribución. Temperaturas por encima de 32 grados centígrados o por debajo de 5°C limitan su actividad fuera del nido (Markin, 1970; Abril et al., 2007; Brightwell et al., 2010) y temperaturas de 0 grados centígrados o menos durante largos períodos son letales para la hormiga argentina.

Su afinidad con los ambientes perturbados y ambientes humanizados o urbanos facilita que sea transportada por los humanos a través del transporte de materias primas (McGlynn, 1999; Roura-Pascual et al., 2011). Así, el ser humano, proporciona a la hormiga argentina el medio de dispersión a larga distancia o dispersión por saltos. Una vez llega a un nuevo lugar, si las condiciones son adecuadas, una pequeña población de tan sólo algunas obreras y huevos puede

comenzar a crecer hasta formar una nueva supercolonia (Passera et al., 1988; Vargo y Passera, 1991)

Tienen un segundo sistema de dispersión a corta distancia y por sus propios medios. El proceso de reproducción de las hormigas en general está mediatizado por un vuelo de los individuos reproductores, machos y reinas. Es lo que se conoce como vuelo nupcial. La hormiga argentina, así como la mayoría de especies de hormigas invasoras, es una excepción. En su caso no hay vuelo nupcial. Las reinas vírgenes son generalmente fecundadas por los propios machos del nido y, en ocasiones, por machos de otros nidos que entran en los nidos vecinos en busca de reinas vírgenes. En este último caso, las obreras deciden si los machos vecinos pueden o no entrar dentro del nido a fecundar las reinas, todo depende de la cantidad de reinas ya fecundadas que tengan en la colonia (Vargo y Passera, 1991; Aron y Passera, 1999; Vásquez y Silverman, 2008). En cualquier caso, la estrategia de la cópula intranidal permite a esta especie invasora poder alcanzar la máxima eficacia a la hora de fecundar nuevas reinas, ya que el 95% de sus reinas vírgenes consiguen ser fecundadas por los machos del propio nido (o en su defecto de nidos adyacentes) (Vargo y Passera, 1991; Aron y Passera, 1999). De este modo, la especie consigue disminuir enormemente la mortalidad de reinas asociada a los vuelos nupciales, y por tanto, favorecer la producción de un elevado número de reinas fértiles y productivas en la colonia. Posteriormente, cuando el nido ya ha alcanzado la madurez, estas reinas fecundadas salen de la colonia acompañadas por obreras y se desplazan algunos metros hasta encontrar un nuevo lugar donde instalarse y formar un nuevo nido. Es un proceso de difusión, gemación o budding que favorece una expansión lenta pero eficaz de la colonia.

PREVENCIÓN Y CONTROL

A pesar de los continuos esfuerzos para controlar o erradicar esta especie donde llega a ser una plaga, aún estamos por descubrir métodos totalmente eficaces que controlen o eliminen a la hormiga argentina de forma permanente. En viviendas y zonas urbanizadas una primera estrategia a seguir es limitar el acceso al agua o evitar zonas con humedad. Cambiar jardines regados constantemente por otro tipo de jardinería que no requiera tanta humedad puede ser un comienzo. Evitar el acceso a fuentes de alimentación. Reducir o actuar sobre poblaciones de pulgones u otros hemípteros productores de melaza que ofrecen una fuente de alimento permanente a la hormiga es una forma indirecta de actuar sobre las colonias. En cultivos además de poder actuar sobre los pulgones o hemípteros se utilizan barreras químicas o físicas que impiden el acceso de la hormiga a las zonas más distales de la planta donde encuentran los pulgones.

En general, los sistemas de control más utilizados han sido químicos: insecticidas aplicados en forma de aerosoles,



granulados o cebos con efecto biocida retardado (Harris, 2002; Klotz et al., 2008; Silverman y Brightwell, 2008) (Figura 3). Para el caso de las hormigas éstos últimos son interesantes ya que la sustancia activa puede ser repartida entre diversos individuos de la colonia a través de la trofolaxia pudiendo llegar a las reinas. Recordemos que las reinas prácticamente no salen del nido y el alimento se lo proporcionan las obreras. El principio activo ha de comenzar a actuar de forma retardada dando suficiente tiempo a ser distribuido, y lo más importante, que pueda llegar a las reinas. Si sólo se eliminan obreras el resultado del tratamiento será nulo y la reinfestación segura.

Es común encontrarse con que las colonias son muy grandes y se distribuyen en múltiples propiedades a la vez. Esta situación pone en peligro el éxito en el control de la colonia entera, y si los tratamientos son incompletos, la reinfestación está prácticamente asegurada. Es muy importante para poder tener alguna posibilidad de éxito delimitar el problema. No es recomendable actuar sobre una parte de la supercolonia. Esto nos lleva a que en algunas situaciones (por ejemplo, si las dimensiones son considerables, si el área infestada afecta a diversos propietarios o el área infestada va más allá de una propiedad incluyendo zonas naturales próximas) se necesite actuar con grandes volúmenes de insecticida y de personal haciendo que el coste de los tratamientos sea elevado (Silverman y Brightwell, 2008).



Figura 3. Obreras de hormiga argentina alrededor de una gota de gel de producto comercial contra hormigas.

REFERENCIAS

Abril S, Oliveras J y Gómez C. 2007. Foraging activity and dietary spectrum of the Argentine ant (*Linepithema humile* Mayr) in invaded natural areas of the NE Iberian Peninsula. *Environmental Entomology*, 36: 1166-1173.

Aron S y Passera L. 1999. Mode of colony foundation influences the primary sex ratio in ants. *Animal Behaviour*, 57: 325-329.

Blancafort X y Gómez C. 2005. Consequences of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Mayr), invasion on pollination of *Euphorbia characias* (L.) (Euphorbiaceae). *Acta Oecologica*, 28: 49-55.

Blight O, Renucci M, Tirard A, Orgeas J y Provost E. 2010. A new colony structure of the invasive Argentine ant (*Linepithema humile*) in southern Europe. *Biological Invasions*, 12: 1491-1497.

Bolger DT, Suarez AV, Crooks KR, Morrison SA y Case TJ. 2000. Arthropods in urban habitat fragments in southern California: area, age and edge effects. *Ecological Applications*, 10: 1230-1248.

Bond W y Slingsby P. 1984. Collapse of an ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorous Proteaceae. *Ecology*, 65: 1031-1037.

Brightwell RJ, Labadie PE y Silverman J. 2010. Northward expansion of the invasive *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae) in the Eastern United States is constrained by winter soil temperatures. *Environmental Entomology*, 39: 1659-1665.

Chang V y Ota AK. 1990. Ant control in Hawaiian drip irrigation systems. In Van der Meer RK, Jaffe K y Cedeño A (Eds) *Applied myrmecology – a world perspective*. Westview Press, Boulder, CO.

Cole FR, Medeiros AC, Loope LL y Zuehlke WW. 1992. Effects of the Argentine ant on arthropod fauna of Hawaiian high-elevation shrubland. *Ecology*, 73: 1313-1322.

Davis P y Van Schagen J. 1993. Effective control of pest ants. *Journal of Agriculture, Western Australia*, 34: 92-95.

ECHA (European Chemicals Agency). 2017. *Guidance on the Biocidal Products Regulation: Volume II Efficacy – Assessment and Evaluation (Parts B + C)*.

El-Hamalawi ZA y Menge JA. 1996. The role of snail and ants in transmitting the avocado stem canker pathogen, *Phytophthora citricola*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121: 973-977.





- Espadaler X y Gómez C.** 2003. The Argentine Ant, *Linepithema humile*, in the Iberian Peninsula. *Sociobiology*, 42: 187-192.
- Font de Mora R.** 1923. Sobre la presencia de la hormiga argentina (*Iridomyrmex humilis*) en Valencia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 23: 77-78.
- Fowler HG, Bueno OC, Sadatsune T y Montelli AC.** 1993. Ants as potential vectors of pathogens in hospitals in the state of Sao Paulo, Brazil. *Insect Science and its Application*, 14: 367-370.
- García Mercet R.** 1923. Nota sin título. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 23: 14-15.
- Giraud T, Pedersen JS y Keller L.** 2002. Evolution of supercolonies: the Argentine ants in southern Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 99: 6075-6079.
- Gómez C, Roura-Pascual N y Birkemoe T.** 2005. Argentine ants infesting Norwegian flats. *Norwegian Journal of Entomology*, 52: 63-64.
- Harris RJ.** 2002. Potential impacts of the Argentine ant (*Linepithema humile*) in New Zealand and options for its control. *Science for Conservation* 196. 36p.
- Hertzer L.** 1930. Studies of the Argentine ant queen (*Iridomyrmex humilis* Mayr). *Annals of the Entomological Society of America*, 23(3): 601-609.
- Holway DA, Suarez AV y Case TJ.** 2002. Role of abiotic factors in governing susceptibility to invasion: a test with Argentine ants. *Ecology*, 83(6): 1610-1619.
- Human KG y Gordon DM.** 1996. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia* 105: 405-412.
- Human KG y Gordon DM.** 1997. Effects of Argentine ants on invertebrate biodiversity in northern California. *Conservation Biology* 11: 1242-1248.
- Kennedy TA.** 1998. Patterns of an invasion by Argentine ants (*Linepithema humile*) in a riparian corridor and its effects on ant diversity. *American Midland Naturalist*. 140: 343-350.
- Klotz J, Hansen L, Pospischil R y Rust N.** 2008. Urban ants of North America and Europe: identification, biology, and management. Cornell University Press.
- Laakkonen JR, Fisher R y Case TJ.** 2001. Effect of land cover, habitat fragmentation, and ant colonies on the distribution and abundance of shrews in southern California. *Journal of Animal Ecology*, 70: 776-788.
- Markin GP.** 1970. Foraging behaviour of the Argentine ant in a California citrus grove. *Journal of Economic Entomology*, 63: 740-744.
- Martins MN.** 1907. Une fourmi terrible envahissant l'Europe (*Iridomyrmex humilis* Mayr). *Brotéria*, 6: 101-106.
- McGlynn TP.** 1999. The worldwide transfer of ants: geographical distribution and ecological invasions. *Journal of Biogeography*, 26: 535-548.
- Nentwig W, Bacher S, Kumschick S, Pysek P y Vilà M.** 2017. More than "100 worst" alien species in Europe. *Biological Invasions*, /doi.org/10.1007/s10530-017-1651-6.
- Oliveras J, Bas JM y Gómez C.** 2005. Long-term consequences of the alteration of the seed dispersal process of *Euphorbia characias* L. due to the Argentine ant invasion. *Ecography*, 28: 662-672.
- Passera L.** 1994. Characteristics of tramp species. In Williams DF (Ed.) *Exotic ants: Biology, impact, and control of introduced species*. Westview Press, Boulder, CO.
- Passera L, Keller L y Suzzoni JP.** 1988. Queen replacement in dequeened colonies of the Argentine ant *Iridomyrmex humilis* (Mayr). *Psyche*, 95: 59-66.
- Roura-Pascual N, Suarez AV, Gómez C, Pons P, Touyama Y, Wild AL y Townsend Peterson A.** 2004. Geographic potential of Argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change. *Proceedings of the Royal Society of London Serie B*, 271: 2527-2535.
- Roura-Pascual N, Hui C, Ikeda T, Leday G, Richardson D, Carpintero S, Espadaler X, Gómez C, Guénard B, Hartley S, Krushelnycky P, Lester PJ, McGeoch MA, Menke SB, Pedersen JS, Pitt J, Reyes J, Sanders NJ, Suarez AV, Touyama Y, Ward D, Ward PS y Corner SP.** 2011. The relative role of climatic suitability and anthropogenic influence in determining the pattern of spread in a global invader. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 108: 220-225.
- Santos MN.** 2016. Research on urban ants: approaches and gaps. *Insectes Sociaux*, 63: 359-371.
- Silverman J y Brightwell RJ.** 2008. The Argentine Ant: Challenges in managing an invasive unicolonial pest. *Annual Review of Entomology*, 53: 231-252.
- Stanley MC y Ward D.** 2012. Impacts of Argentine ants on invertebrate communities with below-ground consequences. *Biodiversity and Conservation*, 21(10): 2653-2669.
- Suarez AV y Case TJ.** 2002. Bottom-up effects on persistence of a specialist predator: ant invasions and horned lizards. *Ecological Applications*, 12: 291-298.
- Van Schagen JJ, Davis PR y Widmer MA.** 1993. Ant pests of Western Australia with particular reference to the Argentine ant (*Linepithema humile*). In Williams DF (Ed.) *Exotic ants: Biology, impact, and control of introduced species*. Westview Press, Boulder, CO.
- Vargo EL y Passera L.** 1991. Pheromonal and behavioral queen control over the production of gynes in the Argentine ant *Iridomyrmex humilis* (Mayr). *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 28:161-169.



Vásquez GM y Silverman J. 2008. Queen acceptance and the complexity of nestmate discrimination in the Argentine ant. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(4): 537-548.

Vega SJ y Rust MK. 2001. The Argentine ant: A significant invasive species in agricultural, urban and natural environments. *Sociobiology*, 4: 3-25.

Visser D, Wright MG, y Giliomee JH. 1996. The effect of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Mayr)(Hymenoptera: Formicidae), on flower-visiting insects of *Protea nitida* Mill. (Proteaceae). *African Entomology*, 4:285-287.

Wetterer JK, Wild AL, Suarez AV, Roura-Pascual N y Espadaler X. 2009. Worldwide spread of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 12: 187-197.





Chinches de Cama: Perspectiva de un Creciente Problema de Salud Pública

Alvaro Romero

DVM, MSc, PhD, Profesor Asistente, Departamento de Entomología, Patología de Plantas y Ciencias de la Maleza, Universidad Estatal de Nuevo México, Las Cruces, Nuevo México, Estados Unidos. E-mail: aromero2@nmsu.edu

RESUMEN

El chinche de cama (*Cimex lectularius*) es una plaga que desde su resurgencia hace cerca de 20 años se ha venido expandiendo en ambientes urbanos de muchas partes del mundo. Aunque estos insectos chupadores de sangre no han sido asociados con la transmisión de enfermedades, su presencia en ambientes habitables humanos representa un serio problema de salud pública. La particular ecología de los chinches de cama, el desarrollo de resistencia a insecticidas por parte de algunas poblaciones y factores de comportamiento social de las personas hace que las infestaciones sean difíciles de controlar, se tornen crónicas y tiendan a dispersarse en la sociedad. Dada las dificultades para eliminar las infestaciones de chinches de cama, es necesario utilizar estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) donde se incluya métodos químicos y no químicos. Estos programas han demostrado ser efectivos, sostenibles y económicamente viables a largo plazo, si se comparan con los programas reactivos donde el manejo de las infestaciones se basa en la aplicación exclusiva de insecticidas químicos. Los programas de MIP para los chinches de cama también deben incorporar componentes educativos donde se enseñe a residentes, administradores, staff de la industria hotelera, y profesionales de control de plagas aspectos básicos de la biología y comportamiento del insecto que ayuden a prevenir, detectar los insectos en fases tempranas y manejar adecuadamente las infestaciones. Sin la adecuada implementación de abordajes integrados para el manejo de chinches de cama, el escalamiento de este problema de salud pública es de esperarse.

PALABRAS CLAVE: *Cimex lectularius*, resurgencia, peste urbana, manejo integrado de plagas, resistencia a insecticidas.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha visto un creciente número de reportes de infestaciones del chinche cama, un insecto chupador de sangre que se está convirtiendo en un problema de salud pública en muchas partes del mundo. Las infestaciones de chinches se han extendido en Europa, Asia, Australia y Norte América, donde los reportes crecen a niveles alarmantes (Potter et al. 2015). La historia cuenta que los chinches de cama estuvieron presentes en Europa en los tiempos de los griegos y romanos, en el norte de Europa durante el siglo XI, mientras que en Norte América estuvieron presentes a mediados del siglo XVII gracias a los primeros navegantes y colonizadores. El escalamiento de infestaciones de los chinches de cama en Europa y Estados Unidos coincidió con el incremento en el uso de calefacción central durante el comienzo del siglo XX. Las infestaciones de chinches de cama fueron muy comunes en los Estados Unidos durante la década de los 30 y 40, particularmente en áreas residenciales de bajo recursos (Potter 2011). Durante este tiempo, varios métodos de control se utilizaron sin mucho éxito para eliminar estos insectos. El punto de inflexión en la historia del control de los chinches de cama ocurrió a mediados de la década de los 40 con la llegada de insecticidas sintéticos como el DDT, y

subsecuentemente los organofosforados y carbamatos. Desde entonces, los chinches de cama prácticamente desaparecieron en países desarrollados, con solo esporádica presencia de infestaciones en sitios con alto movimiento de personas y de condiciones sanitarias cuestionables (Potter et al. 2011). A comienzos de la década del 2000, sin embargo, los chinches de cama empezaron a resurgir en la sociedad moderna. Los chinches de cama han demostrado que ni la edad, raza, sexo, país de origen, tipo de residencia, y estatus socioeconómico son una barrera para utilizar sangre humana como fuente de alimentación. Hoy, mientras usted lee este artículo, cientos de chinches de cama en muchas partes del mundo habitan en camas de todas las formas, tamaños y marcas de residencias familiares, hoteles, hospitales, en muebles usados, ropa usada, libros de bibliotecas, lavanderías, asientos de teatros y de vehículos de transporte masivo.

Son varios los factores que han contribuido a la resurgencia y propagación de chinches de cama, y estos incluyen el crecimiento de la economía global, el cada vez más frecuente uso de materiales de segunda mano, el cambio de prácticas de control de plagas urbanas y el aumento de la presencia de poblaciones de chinches resistentes a insecticidas (Romero et al. 2007). Aunque no hay evidencia científica que los chinches



de cama transmitan patógenos causantes de enfermedades, las picaduras del insecto causan picazón y lesiones en la piel que predisponen a infecciones bacterianas secundarias (**Figura 1**). Además, la presencia de infestaciones de este insecto causa molestia, ansiedad, insomnio, ostracismo y estigmatización. El control de las infestaciones requiere la contratación de servicios profesionales de control plagas, el descarte de camas y muebles infestados y cuarentenas de las áreas infestadas. En la industria hotelera, la presencia de chinches de cama puede ocasionar publicidad adversa y litigio por personas que han sido picadas mientras ocupan las habitaciones (Doggett et al. 2012). Aunque no existe datos oficiales publicados de la actual prevalencia e incidencia de los chinches de cama en el mundo, información de compañías de control de plagas de los Estados Unidos indica que este insecto se está dispersando en la sociedad y el riesgo de exponerse a los chinches de cama parece estar incrementando.

IMPACTO DE LOS CHINCHES DE CAMA EN LA SALUD HUMANA

Hoy por hoy no existe pruebas científicas de que los chinches de cama transmitan enfermedades a los humanos a través de las picaduras. La importancia de los chinches en salud pública está asociada con la reacción alérgica que causa la picadura. Las lesiones causadas por las picaduras de los chinches usualmente ocurren en áreas expuestas de la piel, tales como la cara, el cuello, hombros, espalda y extremidades. Estas reacciones varían considerablemente entre las personas. Se estima que cerca del 40% de las personas picadas no manifiestan reacciones en la piel. La mayoría de los pacientes presentan reacciones muy similares a las producidas por picaduras de otros insectos. Las ronchas aparecen generalmente días o semanas después que la picadura ha ocurrido. Las personas afectadas deben buscar atención médica si la picazón se intensifica. Intensa rasquiña de las ronchas pueden



Figura 1. Lesiones de piel causada por picaduras de chinches de cama. La continua rasquiña predispone a infecciones bacterianas de las lesiones (Foto de Dawn Gouge).

predisponer a infecciones bacterianas secundarias de la piel (**Figura 1**). También se ha reportado pérdida de sangre y anemia por deficiencia de hierro en personas que han estado continuamente expuestas a infestaciones severas de chinches. En algunos casos las picaduras pueden desencadenar el síndrome de Churg–Strauss, una reacción alérgica severa que causa vasculitis (inflamación de los vasos sanguíneos) de la piel (deShazo et al. 2012). El efecto psicológico de los chinches de cama no se debe subestimar. La presencia de chinches en lugares íntimos como camas y habitaciones crea con frecuencia en las personas ansiedad y si las picaduras persisten estas personas pueden tornarse nerviosas, agitadas, estresadas y sufrir de insomnio (Doggett et al. 2012). Los chinches de cama también causan impacto económico, por cuanto las infestaciones frecuentemente requieren de constantes inspecciones y tratamientos. Muchas veces los muebles o artículos infestados con chinches se deben descartar y remplazar por unos nuevos, las habitaciones de hoteles se deben mantener desocupadas mientras se elimina la infestación, lo cual causa pérdidas económicas a la industria hotelera. En esta industria, la presencia de chinches de cama puede tener efectos adversos en la reputación de los hoteles y generar demandas económicas de personas que han sido picadas mientras ocupan estos sitios.

BIOLOGÍA

Los chinches de cama son insectos hematófagos (solo se alimentan de sangre) de la familia Cimicidae y del orden Hemiptera. De las 90 o más especies de la familia Cimicidae solo existen unas pocas especies que pican los humanos: el chinche común de la cama (*Cimex lectularius*), presente principalmente en las latitudes templadas, y el chinche de cama tropical (*Cimex hemipterus*), reportado principalmente en áreas tropicales (Usinger 1966). Los adultos del chinche de cama son ovales, anchos, planos, de color café tostado que mide aproximadamente medio centímetro (**Figura 2**). Existen 5 fases inmaduras (o ninfas) y cada estadio necesita consumir



Figura 2. Chinche de cama adulto. El tamaño del estadio adulto es similar a una semilla de manzana.





Figura 3. Ninfas de chinches de cama de diferente tamaño.

sangre para mudar (reemplazo de cutícula) al siguiente estado (**Figura 3**). Las ninfas sin alimentar son de color amarillo claro, y se tornan rojo oscuro después de ingerir sangre. El primer estadio ninfal es tan pequeño como la cabeza de un alfiler, mientras que el quinto estadio ninfal es un poco más pequeño que los adultos. El pequeño tamaño y lo aplanado de los chinches les permite caber en ranuras y grietas de la cama, cualquier pieza de mueble (mesas de noche, sofás, etc.) o rendijas presentes en paredes, marcos de cuadros, guardapolvos (**Figura 4**). Los chinches tienden a agregarse en estas áreas después de alimentarse para aparearse, digerir la sangre consumida, mudar y colocar los huevos (**Figura 5**). Cada hembra puede colocar 200 huevos o más en toda su vida. Aunque los chinches de cama prefieren alimentarse sobre humanos, estos insectos también se pueden alimentarse en animales domésticos como aves, gatos, perros y roedores. El promedio de vida de los chinches es seis meses, pero pueden sobrevivir un año o más, dependiente de las condiciones de temperatura y humedad. Por lo tanto, es de poca utilidad desocupar un sitio infestado de chinches con la esperanza de eliminar la infestación a través de inanición. Los chinches de cama pueden dispersarse de un sitio infestado a otro sitio adyacente no infestado cuando las personas—fuente de alimentación de los chinches—abandonan las viviendas infestadas.

Los chinches abandonan sus refugios para alimentarse durante las horas de la noche, lo cual coincide con periodos de mínima actividad del huésped. El inicio de la actividad locomotora de los chinches de cama es influenciado por el hambre y controlada por el ritmo circadiano (Romero et al. 2010a). La manera en que los insectos encuentran a los huéspedes (personas) no es muy bien conocida. Recientes estudios muestran que los chinches de cama encuentran al huésped guiados por el dióxido de carbono expelido en la respiración y piel, humedad, calor corporal y olores que emana el cuerpo humano. Una vez localizado el huésped, el

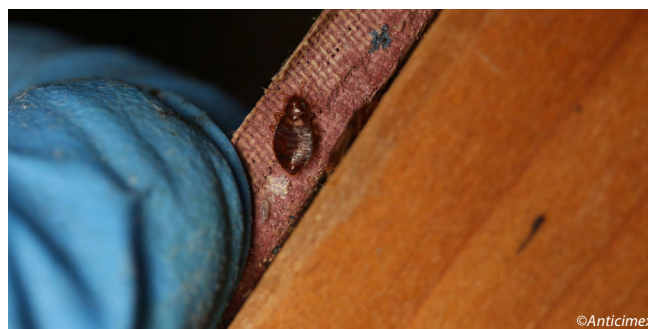


Figura 4. Chinche de cama escondida debajo de la tela de un marco de cuadro.



Figura 5. Típica agregación de chinches de cama con adultos, ninfas y docenas de huevos.

insecto introduce sus piezas bucales en la piel para localizar capilares sanguíneos e iniciar la alimentación. El trifosfato de adenosina (ATP) es el fago-estimulante más importante que induce la iniciación de la alimentación de sangre (Romero y Schal 2014). El proceso de alimentación dura entre cinco a 10 minutos aproximadamente; una vez alimentados, los chinches regresan a sus refugios donde forman agregaciones gracias a la presencia de feromonas de agregación (Romero 2009).

DETECCIÓN Y MONITOREO

Las chinches de cama se transportan en el equipaje, la ropa, las camas, el soporte de madera del colchón, mesas de noche, etc. (**Figura 6**). El uso de camas, sofás, y muebles de segunda mano es una buena manera de transportar las chinches de un lugar a otro. Por lo tanto, se debe tener cuidado en adquirir muebles usados, especialmente camas o sofás, evitar recoger artículos que se encuentra en los andenes de la calle o del contenedor de la basura, y examinar con cuidado los muebles y la ropa adquiridos de segunda mano antes de llevarlos a casa. Estas medidas de prevención son esenciales por cuanto es muy difícil eliminar los chinches de cama cuando ya han infestado la casa. La detección temprana de infestaciones mediante monitoreo rutinario seguido de un tratamiento profesional eficaz es el abordaje más efectivo para la eliminación de chinches de cama (Romero et al. 2017). Cuando no existe un programa de monitoreo rutinario, la detección de chinches la lleva a cabo, muchas sin veces sin mucho éxito, por los residentes



Figura 6. Mesa de noche infestada con chinches de cama.



Figura 7. Puntos negros (materia fecal) evidencia de infestación de chinches de cama.

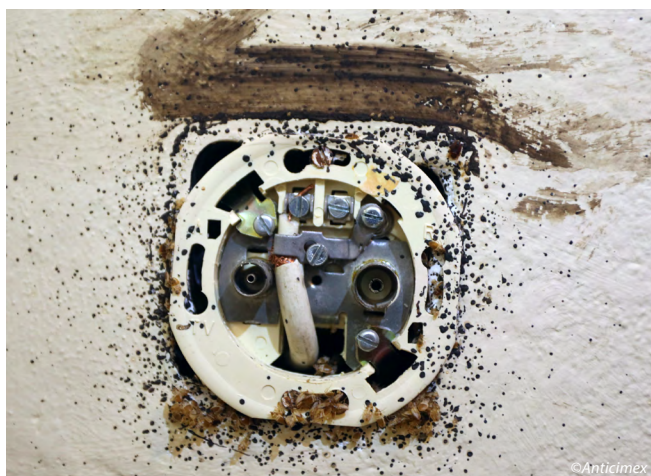


Figura 8. Agregación de chinches de cama en las cajas de los enchufes eléctricos.



Figura 9. Bolso infestado con chinches de cama.

o los administradores de las viviendas. Debido a los hábitos nocturnos de estos insectos, las víctimas frecuentemente no se dan cuenta que tienen una infestación de chinches de cama. Los chinches tienden a dejar evidencia de su presencia, como por ejemplo manchas negras (que corresponde a materia fecal del insecto) en las paredes, ropa de cama, almohadas, colchones (Figura 7). Los huevos y mudas también sirven de evidencia de una infestación de chinches de cama. Aunque los chinches tienden a permanecer en la cama, cerca donde la víctima descansa, algunos individuos pueden deambular en las paredes, techo, o escondidos detrás de enchufes e interruptores eléctricos (Figura 8). También se pueden encontrarse entre las áreas huecas de las paredes comunes que separan las residencias, lo cual facilita el movimiento de chinches de una residencia a otra. Los chinches también se pueden esconder en los closets y en los elementos presentes allí (abrigo, ropa, calzado, bolsos de mujer etc.) (Figura 9), y esto podría explicar la cada vez más frecuente circunstancia de encontrar chinches de cama en teatros, vehículos (incluyendo transporte público) y sitios donde se colecta o se vende ropa usada. La habilidad de estos insectos para esconderse en muchos lugares exige a los controladores de plagas hacer una exhaustiva inspección cuando se sospecha de la presencia de una infestación de chinches de cama y de la colaboración del residente para llevar a cabo los tratamientos.

Dada la habilidad de los chinches de esconderse muchas veces en sitios remotos y de difícil acceso, es común que los controladores de plagas no detecten los insectos durante la primera inspección. Las estadísticas en los Estados Unidos muestran que la inspección visual es el método más común usado por los controladores de plagas para detectar los chinches de cama (Romero et al. 2017). Sin embargo, este método es tedioso y las inspecciones consumen bastante tiempo para realizarlas. Las trampas con pegantes no son efectivas para detectar infestaciones de chinches de cama en estados tempranos. Algunos dispositivos como las trampas interceptoras han sido desarrollados para mejorar la detección de chinches (Figura 10). Estos dispositivos se colocan en las patas de camas y sofás y su principio se basa en atraer a los insectos naturalmente (el huésped es el "cebo") y capturarlos en una fosa de superficie lisa que les impide escapar (Figura 10). Los interceptores son relativamente baratos (2 USD dólares cada uno) y muy efectivos no solo para detectar infestaciones tempranas, sino también para evaluar la eficacia de los programas de manejo de chinches de cama después de los tratamientos.

También se han desarrollado trampas con atrayentes como dióxido de carbono con resultados relativamente buenos. Investigaciones recientes de campo indican que los dispositivos pasivos (interceptores) y las trampas con atrayentes son más efectivas que la inspección visual (Wang et al. 2016). De igual manera, ha habido un creciente uso de perros entrenados para detectar chinches de cama. Los resultados de eficacia





Figura 10. Trampa interceptadora de chinches de cama. Los insectos en búsqueda de un huésped quedan atrapados en el foso externo del dispositivo antes de alcanzar las patas de cama.

de estos perros son muchas veces contradictorios debido a la multitud de factores que pueden influenciar la habilidad del animal para oler y detectar los chinches, como por ejemplo la fatiga del animal después de extensas jornadas de trabajo, la exposición al calor, el frío, la presencia de otros olores que confunden al animal y el insuficiente entrenamiento de los manejadores de estos perros (Cooper et al. 2014). Actualmente muchas de las compañías que manejan perros detectores de chinches certifican sus animales ante a la asociación canina de detección de olores (NESDCA, sigla en inglés) para garantizar la calidad del servicio en detección de chinches de cama.

PREVENCIÓN DE INFESTACIONES

Para evitar las infestaciones de chinches de cama se requiere constante vigilancia y muchas precauciones. Los viajeros no tienen garantía de estar libres de chinches de cama en los hoteles, independiente de si éstos son limpios, de los precios, de “buena” reputación, o del sitio en donde se encuentren ubicados. Los empleados de hoteles no tienen métodos prácticos de revisar las maletas al momento en que los viajeros ocupan las habitaciones. Aunque el staff de mantenimiento de hoteles está adquiriendo experiencia para detectar y reportar chinches de cama, las infestaciones en estado temprano no son fáciles de detectar, especialmente con la diaria prisa de limpiar y tener lista las habitaciones para ser ocupadas por nuevos huéspedes. Adicionalmente, el rutinario control de cucarachas, hormigas y otras plagas de estructuras urbanas no se realiza en los sitios donde los chinches de cama se esconden. Para evitar la infestación con chinches, los viajeros deben reducir el tamaño de la maleta que lleve a los viajes y mantenerla lejos de la cama mientras se empaca o desempaca. A la llegada del hotel, se debe dedicar unos minutos para examinar cuidadosamente las cobijas, sábanas, cubierta de colchones y costuras. La inspección se hace más fácil con una linterna. Se deben revisar los muebles cerca de la cama, la cabecera de la cama y los guardapolvos para buscar evidencias de chinches de cama. Si se encuentran chinches de cama, se debe hablar con el responsable o administrador del hotel, y

solicitar inmediatamente cambio de habitación. No confié en la aplicación de repelentes alrededor de la cama o en la maleta de viaje debido a que estos productos no son efectivos. Después de que regrese a casa, los viajeros deben lavar la ropa inmediatamente. 10-15 minutos de un ciclo caliente de la secadora de ropa es suficiente para matar los insectos. También se recomienda aspirar las habitaciones y áreas alrededor de la cama, cepillar las superficies de las maletas y costuras antes de guardar las maletas, preferiblemente lejos de las habitaciones.

MANEJO DE INFESTACIONES

Una vez confirmada una infestación de chinches, su eliminación generalmente no es fácil. Saber de la biología y el comportamiento de los chinches de camas es tan necesario como también elaborar un completo, paciente y múltiple abordaje para poder erradicar efectivamente estos insectos. Es clave contratar una compañía profesional con experiencia en el manejo de chinches de cama. Muchas personas afectadas por los chinches tratan de resolver el problema por sí mismo; sin embargo, estas medidas no son suficientemente agresivas para combatir efectivamente estos insectos. El manejo efectivo de infestaciones de chinches requiere de un programa de control integrado de plagas que incorporen métodos químicos y no químicos (Romero et al. 2017).

Métodos Químicos

Los compuestos insecticidas son herramientas muy valiosas para el control de los chinches de cama. Como los chinches se esconden en muchas partes, es necesario usar varios productos o formulaciones. Generalmente son necesarios varios tratamientos con insecticidas debido a que los chinches de cama se pueden dispersar a otros sitios y las hembras de chinches esconden muy bien sus huevos los cuales son difíciles de matar con insecticidas de contacto. Generalmente, los controladores de plagas tienen que tratar el lugar varias veces antes de eliminar completamente la infestación. Existen al menos 14 clases de insecticidas que han sido usados para el control de chinches de cama, incluyendo los piretroides, organofosforados, carbamatos, neonicotinoides, pirroles, reguladores de crecimiento e insecticidas de origen botánico (Romero 2011). Dentro de estos compuestos, los piretroides es el grupo de insecticidas que más comúnmente se usan para el control de chinches de cama, a pesar de los altos niveles de resistencia que se han reportado en varias partes del mundo (Romero 2018). Esta resistencia es genética y es poco probable que pueda ser reversible. Usar estos productos, aun a las altas concentraciones recomendadas en las etiquetas, y a cortos intervalos, es inefectivo para el control de chinches de cama. En algunos casos, sin embargo, el uso conjunto de sinergistas como butóxido de piperonilo aumenta la toxicidad de la formulación insecticida o extiende el efecto insecticida residual del ingrediente activo (Romero et al. 2009). Productos que contengan pirroles (Romero et al. 2010b), o reguladores de



crecimiento de insectos (IRGs) (e.g. hydroprene, methoprene) son también alternativas promisorias para el control de los chinches de cama. Debido a la alta frecuencia de resistencia a piretroides observada en poblaciones de chinches en los Estados Unidos, la industria ha introducido en los últimos años al mercado mezclas de piretroides con neonicotinoides. Evaluaciones de laboratorio y de campo muestran que estas combinaciones son efectivas contra chinches resistentes a piretroides, aunque el continuo uso de estos materiales que contienen neonicotinoides ha generado ya resistencia a este grupo de compuestos (Romero and Anderson 2016). La presencia de resistencia en poblaciones de chinches es responsable, al menos en parte, de la falla de los tratamientos químicos contra estos insectos. Factores adicionales que contribuyen a la falla de los tratamientos químicos, incluyen la dificultad para detectar todos los individuos presentes en una infestación, la escasa cooperación de los residentes para preparar el sitio a ser tratado y la reintroducción de chinches por parte de residentes a través de materiales infestados.

Los polvos desecantes han sido utilizados históricamente para el manejo de plagas urbanas. El uso de polvos a base de dióxido de silicio (diatomeas y gel de sílice), algunas mezclas con piretroides u otros insecticidas, es un método de control popular entre los controladores de plagas debido a su baja toxicidad a los mamíferos y su largo efecto insecticida residual (Agnew and Romero 2017). En programas de manejo de control de los chinches de cama, los polvos insecticidas es una de las varias herramientas que se usan para un control efectivo de la plaga. Estos compuestos tienen propiedades insecticidas debido a que causan abrasión (diatomeas) o absorción de la cutícula del insecto (gel de sílice) que produce desecación y muerte del insecto. Además, los depósitos de polvos poseen efecto residual. Estos productos deben ser aplicados en sitios tales como las tomas de corriente, interruptores de luz, detrás de los guardapolvos, bordes de alfombras o en las hendiduras de sofás y estructura de las camas, evitando aplicarlos en áreas donde haya la posibilidad de contacto directo con humanos. Aunque estos productos son considerados de baja toxicidad a los humanos, su excesivo e innecesario uso puede causar problemas de salud en humanos y mascotas.

Métodos no Químicos

La presencia de poblaciones de chinches resistentes a los insecticidas que se utilizan actualmente, la posibilidad del desarrollo de resistencia a nuevos productos insecticidas, y los riesgos de salud asociados con el uso intensivo de insecticidas químicos demanda la necesidad de incorporar medidas no químicas en los programas de manejo de esta plaga. Entre los métodos no químicos recomendados se incluyen la reducción de elementos personales en las habitaciones (reduciendo así escondites del insecto), remoción física de los chinches con aspiradoras, eliminación de los chinches con altas temperaturas (vapor, calor seco), uso de secadoras y lavadoras

(ciclos regulares son suficientes para matar los insectos). En varias áreas de los Estados Unidos y Europa se ha empezado a popularizar el tratamiento de sitios infestados con la inyección de altas temperaturas para matar los chinches, una tecnología similar a la usada para eliminar termitas. Temperaturas de 60 °C por 2 horas, o 55 °C por 3 horas son suficientes para matar huevos, ninfas y adultos del insecto. Una forma práctica de eliminar chinches que se esconden en los colchones es el uso de cubiertas de colchones herméticas de cremalleras a prueba de picadura del insecto. El uso de las anteriores herramientas no químicas ofrece beneficios inmediatos al reducir el tamaño de las infestaciones y reducir la exposición de humanos y mascotas a insecticidas. Se deben tener en cuenta que estas herramientas no ofrecen un efecto residual y muchas de ellas son costosas. Varios trabajos de investigación han demostrado que el solo uso de métodos no químicos causa una reducción significativa de chinches de cama y eventualmente una eliminación completa de la infestación. Sin embargo, se requiere más investigación para mejorar y validar estos métodos a nivel de campo.

Métodos Integrados

Dada la dificultad encontrada para eliminar las infestaciones de chinches de cama, varios grupos de investigación de los Estados Unidos han desarrollado investigación de campo para validar abordajes integrados para el manejo de esta plaga donde se incluyan métodos químicos y no químicos. Los resultados de estas investigaciones son alentadores por cuanto la adopción de estos programas ha reducido significativamente los niveles de infestaciones de los chinches de camas, particularmente en sitios donde las infestaciones de chinches son más severas como en edificaciones multi-residenciales de bajos ingresos. Además, estos programas integrados reducen la cantidad de insecticidas que se aplican, reduciendo así la exposición de residentes a químicos. Sin embargo, en algunas ocasiones estos programas fallan en la eliminación completa de las infestaciones, hecho atribuido a la detección tardía de las infestaciones y factores de comportamiento asociados con los residentes. Actualmente se han propuesto programas que involucren a los residentes para intentar detectar las infestaciones en estados tempranos antes de que las poblaciones de chinches se dispersen dentro de las edificaciones (Cooper et al. 2015). Para esto, el programa incluye módulos de entrenamientos separados para miembros del staff y residentes que mejoren su conocimiento acerca de los chinches de camas y su prevención. Estos programas se basan entonces en detección temprana con el uso de interceptores seguido del uso de métodos químicos y no químicos (Cooper et al. 2015). Los resultados de estos abordajes integrales del manejo de chinche de cama indican que, además de ser más efectivos, son económicamente más viables y sostenibles a largo plazo que aquellos programas “reactivos” en donde se actúa solamente cuando se reporta la presencia de infestaciones.





CONCLUSIONES

Todo indica que los chinches de cama continuarán siendo una peste urbana por muchos años en varias partes del mundo. Los principales factores que sustentan la anterior aserción incluye la facilidad de dispersión del insecto, la resurgencia de poblaciones resistentes a insecticidas, la dificultad para detectarlos en etapas tempranas y la regulación del uso de insecticidas en ambientes internos. La complejidad del manejo de los chinches de cama ha estimulado el desarrollo y mejoramiento de programas integrados basados en detección temprana de la plaga y la implementación conjunta de métodos químicos y no químicos. El reto más grande en el manejo de los chinches de cama, sin embargo, consiste en promover la concientización en la sociedad para prevenir las infestaciones, detectarlas en estados tempranos y actuar efectivamente de tal manera que se reduzca la dispersión e impacto de esta plaga en la sociedad.

REFERENCIAS

- Agnew JL, y Romero A.** 2017. Behavioral responses of the common bed bug, *Cimex lectularius*, to insecticide dusts. *Insects* 8: 83. <http://www.mdpi.com/2075-4450/8/3/83>
- Cooper R, Wang C y Narinderpal S.** 2014. Accuracy of trained canines for detecting bed bugs (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of Economic Entomology* 107: 2171–2181.
- Cooper R, C. Wang C y Singh N.** 2015. Evaluation of a model community wide bed bug management program in affordable housing. *Pest Management of Science* 72: 45–56.
- deShazo RD, Feldlaufer MF, Mihm MC y J. Goddard J.** 2012. Bullous reactions to bedbug bites reflect cutaneous vasculitis. *The American Journal of Medicine*. 125: 688–694.
- Doggett S, Dwyer D, Penas P y Russell R.** 2012. Bed bugs: Clinical relevance and control options. *Clinical Microbiology Reviews*. 25: 164-192.
- Potter MF.** 2011. The history of bed bug management-with lessons from the past. *American Entomologist* 57: 14–25.
- Potter M F, Haynes KF y Fredericks J.** 2015. Bed bugs across America. *Pestworld* November/December 4–14
- Romero A, Potter MF, Potter DA y Haynes KF.** 2007. Insecticide resistance in the bed bug: a factor in the pest's sudden resurgence? *Journal of Medical Entomology* 44: 175–178.
- Romero A.** 2009. Biology and management of the bed bug, *Cimex lectularius* L. (Heteroptera: Cimicidae)" (2009). University of Kentucky Doctoral Dissertations. 762. https://uknowledge.uky.edu/gradschool_diss/762
- Romero A, Potter MF y Haynes KF.** 2009. Evaluation of piperonyl butoxide as a deltamethrin synergist for pyrethroid-resistant bed bugs. *Journal of Economic Entomology*. 102: 2310–2315.
- Romero A, Potter MF y Haynes KF.** 2010a. Circadian rhythm of spontaneous locomotor activity in the bed bug, *Cimex lectularius* L. *Journal of Insect Physiology*. 56: 1516–1522.
- Romero A, Potter MF y Haynes KF.** 2010b. Evaluation of chlorfenapyr for control of the bed bug, *Cimex lectularius* L. *Pest Management Science*. 66: 1243–1248.
- Romero A.** 2011. Moving from the old to the new: insecticide research on bed bugs since the resurgence. *Insects* 2: 210–217.
- Romero A y Schal C.** 2014. Blood constituents as phagostimulants for the bed bug, *Cimex lectularius* L. *Journal of Experimental Biology* 217: 552–557.
- Romero A y Anderson TD.** 2016. High levels of resistance in the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), to neonicotinoid insecticides. *Journal of Medical Entomology* 53:1–5.
- Romero A, Sutherland AM, Gouge DH, Spafford H, Nair S, Lewis V, Choe D-H, Li S y Young D.** 2017. Pest management strategies for bed bugs in multi-unit housing: A literature review on field studies. *Journal of Integrated Pest Management*. 8:1–10.
- Romero A.** 2018. Insecticide resistance. In *Advances in the Biology and Management of Modern Bed Bugs*, First Edition. Edited by Stephen L. Doggett, Dini M. Miller, and Chow-Yang Lee. John Wiley & Sons Ltd.
- Usinger RL.** 1966. Monograph of Cimicidae (Hemiptera - Heteroptera). Entomological Society of America, College Park, MD.
- Wang C, Singh N, Zha C y Cooper R.** 2016. Bed bugs: Prevalence in low income communities, resident's reactions, and implementation of a low-cost inspection protocol. *Journal of Economic Entomology* 53: 639–646.



Los arbovirus y los culícidos en nuestro entorno

Carles Aranda ^{1,2} y Núria Busquets ²

¹ Servei de Control de Mosquits, Consell Comarcal del Baix Llobregat. 08980 Sant Feliu de Llobregat, Barcelona.

E-mail: caranda@elbaixllobregat.cat

² IRTA, Centre de Recerca en Sanitat Animal (CRESA, IRTA-UAB), Campus de la Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra.

E-mail: nuria.busquets@irta.cat

RESUMEN

Los arbovirus que pueden ser transmitidos por culícidos son agentes causantes de una significativa mortalidad y morbilidad en humanos y animales, y un factor de importancia en la introducción de enfermedades emergentes y reemergentes en nuestro entorno. Entre los años 2001 y 2005 gracias a la red EVITAR se capturaron y analizaron para la detección de arbovirus, 72.895 hembras de mosquitos (Diptera: Culicidae) pertenecientes a 20 especies de los géneros *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Culiseta*, *Coquillettia* y *Uranotaenia*, en cuatro de los humedales más importantes de España situados en Girona, Barcelona, Tarragona y Huelva. Se analizaron homogenizados de los vectores para detectar el ARN de arbovirus los géneros *Alphavirus*, *Flavivirus* y *Phlebovirus*. No se encontró ARN de arbovirus patógenos conocidos, aunque 111 pools fueron positivos a flavivirus, el único género detectado de entre los arbovirus analizados. Las secuencias de flavivirus identificadas fueron diferentes de cualquier flavivirus de mosquito conocido, pero con similitudes al virus Kamiti River (KRV) o al virus *Cell fusing agent* (CFA). Cabe señalar que en algunas muestras del género *Aedes*, el genoma detectado eran secuencias de ADN integradas en el genoma de los mosquitos. Posteriormente se detectó el virus Usutu (USUV) en un pool de mosquitos de *Culex pipiens* en Cataluña y otro en Andalucía en *Culex perexiguus*. El virus del Nilo occidental (VNO) fue detectado también en un pool de *Cx. pipiens* y en siete de *Cx. perexiguus* todos ellos en Andalucía. Estudios posteriores y hasta 2008, en el marco del plan de vigilancia del VNO coordinado por el DARP de Cataluña, detectaron en Cataluña, 61 positivos, pertenecientes a flavivirus y relacionados con virus de insectos.

PALABRAS CLAVE: Arbovirus, culícidos, virus del Nilo occidental, *Culex*, *Aedes*.

INTRODUCCIÓN

Arbovirus

Los arbovirus (**Figuras 1 y 2**) son virus ARN transmitidos por artrópodos usualmente a vertebrados. Reciben este nombre por el acrónimo derivado del inglés, *arthropod borne virus*. Estos virus se replican tanto en los huéspedes vertebrados como en sus vectores invertebrados, mantenidos así en un ciclo biológico complejo.

La detección de arbovirus es un factor clave en el estudio de la posible introducción de enfermedades emergentes en nuestra área geográfica. Sin embargo, en el estado español hay pocos estudios realizados hasta el comienzo de este siglo. Se debe tener en cuenta que la península Ibérica es un área muy diversa, con ecosistemas en los que pueden interactuar diferentes elementos que inciden en la transmisión de enfermedades

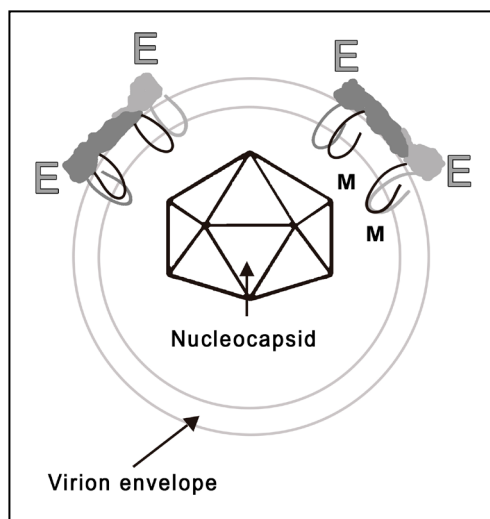


Figura 1. Esquema del virus del Nilo occidental. Adaptado de CDC.

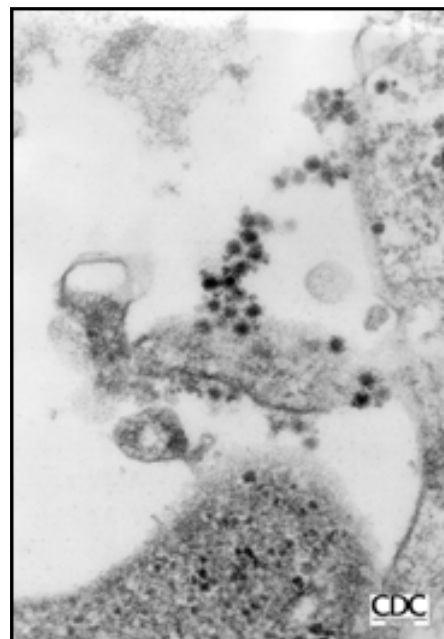


Figura 2. Virus VNO en tejido cerebral de cuervo. Adaptado de CDC. Imagen: B. Cropp, DVIBID.



causadas por arbovirus y es además, una de las vías de paso de aves migratorias que pueden introducir a su vez arbovirus y otros patógenos adquiridos fuera de nuestra área.

En las últimas décadas ha habido informes de la emergencia o reemergencia de la actividad de arbovirus: el virus del Nilo occidental (VNO) en América y Europa, el virus Usutu (USUV) en África y en Europa, el virus de la Fiebre del Valle del Rift (RVFV) en la península arábiga y el virus Chikungunya (CHIKV) en la India y la isla de la Reunión (Roehrig et al., 2002; Shoemaker et al., 2002; Staikowsky et al., 2006; Ashraf et al., 2015; Gossner et al., 2017). Más recientemente y en nuestro entorno europeo, en Italia hubo un brote de CHIKV en 2007 (Angelini et al., 2007) y otro en 2017 (Venturi et al., 2017), así como en Francia (Calba et al., 2017). La presencia de casos autóctonos también se ha manifestado con respecto a dengue en Francia (Marchand et al., 2013; Succo et al., 2015). En áreas diversas de la cuenca mediterránea, se han detectado de manera continuada brotes del VNO que han afectado caballos y humanos (Murgue et al., 2001; Del Giudice et al., 2004; Savini et al., 2008; Gossner et al., 2017).

En España se han detectado anticuerpos del VNO y otros flavivirus que pueden afectar humanos, desde finales del siglo XX (Lozano y Filipe; 1998, Vallés y Sánchez, 2000). Cabe recordar que durante el siglo XIX, España fue pasto de terribles epidemias de fiebre amarilla con unas 120.000 muertes en total incluyendo más de 10.000 en la ciudad de Barcelona. El vector implicado fue *Aedes aegypti* (Rico-Avelló, 1953; Angolotti, 1980), actualmente desaparecido de Europa occidental. En las últimas décadas ha habido evidencias de infección por el VNO en suero humano al haberse detectado IgM e IgG y se describió el primer caso con afectaciones neurológicas en España en 2004, así como casos también en 2010 y 2016 (Bofill et al., 2006; Bernabeu-Wittel et al., 2007; Kaptoul et al., 2007; García-Bocanegra et al., 2011; CCAES, 2017). También se han detectado anticuerpos frente a VNO en diversas especies de aves de humedales españoles (Figuerola et al., 2007; Figuerola et al., 2008; Alba et al., 2013) y se ha aislado el virus en aves incluyendo el linaje 2 en 2017 (Jiménez- Clavero et al., 2008; Sotelo et al., 2009; MAPAMA, 2017) de manera que la transmisión enzoótica se mantiene en aves y mosquitos (Ferraguti et al., 2016). Se han detectado anticuerpos en équidos y bóvidos (Jiménez- Clavero et al., 2007) y un nuevo linaje del VNO, ha sido detectado también en mosquitos (Vázquez et al., 2010).

Ciclo biológico de los arbovirus

Los arbovirus son diversos taxonómicamente y se agrupan en diferentes familias y 20 géneros (Vasilakis y Gubler, 2016). Los arbovirus principales se distribuyen entre las familias *Togaviridae*, *Flaviviridae*, *Peribunyaviridae*, *Nairoviridae*, *Phenuiviridae*, *Reoviridae* y *Rhabdoviridae*. Según Eldridge y Edman, 2000 y adaptado actualmente con las consideraciones

del International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV), podemos resumir las principales familias y géneros causantes de algunas de las enfermedades más conocidas, así como sus vectores en el siguiente cuadro:

Familia *Flaviviridae*

Género <i>Flavivirus</i>	Vectores (géneros)
Wesselsborn (WSL)	<i>Aedes, Mansonia, Anopheles</i>
Fiebre amarilla (YF)	<i>Aedes, Haemagogus</i>
Encefalitis de San Louis (SLE)	<i>Culex</i>
Encefalitis japonesa (JE)	<i>Culex</i>
Encefalitis de Murray Valley (MVE)	<i>Culex</i>
Del Nilo occidental (VNO)	<i>Culex, Aedes, Anopheles</i>
Dengue (DEN)	<i>Aedes</i>
Usutu (US)	<i>Culex</i>
Encefalitis por garrapatas (TBEV)	<i>Ixodes</i>
Powassan (POW)	<i>Ixodes, Dermacentor</i>

Familia *Peribunyaviridae*

Género <i>Ortobunyavirus</i>	Vectores (géneros)
Bunyamwera (BUN)	<i>Aedes, Mansonia, Culex</i>
Encefalitis de California (CE)	<i>Aedes, Haemagogus</i>
Oropuche (ORO)	<i>Culicoides</i>

Familia *Nairoviridae*

Género <i>Orthonairovirus</i>	Vectores (géneros)
Bunyamwera (BUN)	<i>Aedes, Mansonia, Culex</i>
Encefalitis de California (CE)	<i>Aedes, Haemagogus</i>
Oropuche (ORO)	<i>Culicoides</i>

Familia *Phenuiviridae*

Género <i>Phlebovirus</i>	Vectores (géneros)
Fiebre Rift Valley (RVF)	<i>Culex, Culicoides?</i>
Fiebre de los flebotomos, Nápoles	<i>Phlebotomus</i>

Familia *Reoviridae*

Género <i>Orbivirus</i>	Vectores (géneros)
Lengua azul (BLU)	<i>Culicoides</i>
Peste equina (AHS)	<i>Culicoides</i>
Enfermedad epizoótica hemorrágica (EHD)	<i>Culicoides</i>
Palyam (PAL)	<i>Culicoides</i>

Familia *Rhabdoviridae*

Género <i>Vesiculovirus</i>	Vectores (géneros)
Estomatitis vesicular New Jersey (VSNJ)	<i>Lutzomyia, Culicoides</i>

Género <i>Ephemerovirus</i>	Vectores (géneros)
Fiebre efímera bovina (BEF)	<i>Aedes, Culex, Culicoides</i>



El ciclo natural de los arbovirus implica habitualmente un artrópodo hematófago y un huésped vertebrado. Generalmente, el virus se transmite al vector al ingerir éste, sangre de un huésped infectado. Para que haya transmisión, el virus se ha de replicar y atravesar la barrera del sistema digestivo, llegar al hemocele y conseguir migrar a las glándulas salivares, infectarlas y ser excretado a la saliva. En ese momento, el vector ya es capaz de transmitir el patógeno a otro animal en caso de que vuelva a picar para obtener la sangre. En el huésped, el virus se multiplica, y puede transmitir el patógeno a un vector, siempre que se encuentre en la sangre, de forma que se cierra el ciclo. Continuamente se conocen nuevos arbovirus, aun así, se puede considerar que hay 534 virus registrados en el catálogo internacional de arbovirus (Karabatsos, 1985) de los que 135 se han documentado como causantes de enfermedades en humanos (Vasilakis y Gubler, 2016).

Los ciclos de transmisión son diversos y afectan en especial a mamíferos y aves. Dado que los vectores tienen apetencias específicas en cuanto a su hematofagia, se comprende fácilmente que, en cada caso, el ciclo de la enfermedad estará ligado a los huéspedes infectados por sus vectores específicos.

Muchos vectores tienen comportamientos hematófagos variables según las condiciones ecológicas en que se desarrollan como por ejemplo algunas especies de culicidos del género *Culex*, que pican especialmente aves, como es el caso de los mosquitos implicados en la transmisión del VNO. Respecto de este flavivirus cabe decir que es uno de los arbovirus transmitidos por mosquitos con una distribución temporal y geográfica más amplia en nuestro entorno mediterráneo y europeo y el único con casos autóctonos comprobados hasta la fecha en el país en los últimos decenios. El VNO ha reaparecido en zonas templadas de Europa y el 1999 se encontró por primera vez en el continente americano donde desde entonces constituye un riesgo para la sanidad humana y animal (Anderson et al., 1999; Trock et al., 2001).

Su ciclo es rural, pero puede llegar a ser urbano. El primer caso es el más habitual, mientras que el segundo conlleva la presencia de mosquitos urbanos y rurales que piquen aves y humanos.

El VNO se ha detectado en más de 50 especies de mosquitos, la mayoría picadoras de aves y principalmente de los géneros *Culex*, y *Aedes*. No parece que haya una importante adaptación específica del virus a determinadas especies, a diferencia de lo que sucede en otras enfermedades vectoriales. Las especies europeas que se han descrito como vectores potenciales han sido, hasta ahora, *Culex pipiens*, *Culex modestus*, *Culex perexiguus*, *Aedes vexans*, *Aedes cantans*, *Aedes excrucians*,

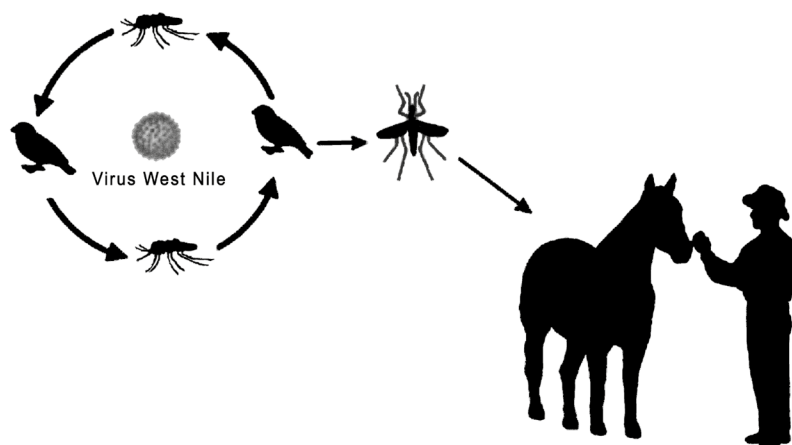


Figura 3. Ciclo del VNO. Adaptado de Eldridge y Edman, 2000.

Aedes caspius, *Anopheles maculipennis* sl. y *Coquillettidia richiardii*. (Hubálek y Halouzka, 1999; Lundström, 1999; Kulasekera et al., 2001; Hubálek et al., 2003; Vázquez et al., 2011). Por lo que se conoce de la transmisión en Europa y en Estados Unidos, parece que algunas especies de mosquitos, como *Cx. pipiens*, o varias especies del género *Culiseta*, claramente ornitófilas, mantienen la transmisión entre las aves y que, puntualmente, estas mismas especies u otras llamadas puente (*Culex tarsalis*, *Ae. vexans*), transmiten el virus a otros vertebrados, como humanos o caballos (Figura 3). *Cx. pipiens* es la especie europea más implicada en la transmisión (Kilpatrick, 2005; Molaei et al., 2007).

Se ha podido determinar que el virus permanece en mosquitos invernantes en especies del género *Culex* (Deubel et al., 2001; Nasci et al., 2001; Rudolf et al., 2017) y que existe transmisión vertical, es decir, de generación en generación, a través de los huevos (Miller et al., 2000).

Entre las otras enfermedades causadas por arbovirus cabe destacar el dengue en sus variedades y en especial en la hemorrágica, la fiebre amarilla, la fiebre del valle del Rift y varias encefalitis en humanos y la peste equina y la lengua azul en ganado, en este caso transmitida por ceratopogónidos. El brote de Chikungunya en 2007 y de nuevo en 2017 en Italia son hechos importantes en Europa al producirse la transmisión de un virus exótico nunca antes presente en esta zona del mundo de manera además reiterada.

Diferentes arbovirus de patogenicidad incierta han sido descritos también en mosquitos sin un huésped vertebrado conocido. Dentro del género *Flavivirus* se encuentran el *Cell fusing agent virus* (CFAV) detectado por primera vez en 1975 en una línea celular de *Ae. aegypti* y en forma de una nueva cepa llamada Culebra en los géneros *Aedes* y *Culex* en Puerto Rico (Cook et al., 2006), y el virus Kamiti River (KRV) encontrado en muestras de mosquitos en esta zona de Kenia (Stollar y Thomas, 1975; Sang et al., 2003; Petric et al., 2012). Poco es lo que se conoce sobre ellos fuera de que tienen capacidad de





infectar únicamente mosquitos (Cammisa-Parks et al., 1992). Se describen de manera regular nuevos virus como en Japón en *Cx. pipiens*, el llamado *Culex Flavivirus* (CxFV) (Hoshino et al., 2007), detectado posteriormente en otros lugares como Brasil (Fernandes, 2016).

Cabe señalar que también se ha observado, según algunos autores, tanto en la naturaleza como en líneas celulares, que genoma de estos tipos de virus se encuentra integrado en el genoma de los mosquitos en forma de ADN, (Crochu et al., 2004; Vázquez, 2008; Roiz et al., 2009).

Los vectores: Culícidos

Las especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) presentes en España están muy bien documentadas gracias a los excelentes estudios paludológicos llevados a cabo hasta mediados del siglo XX y a las actualizaciones hechas las últimas décadas. En 1982, Encinas Grandes hace una revisión completa, dejando en 56 el número de especies en España peninsular, Baleares y las Islas Canarias. Finalmente quedaron en 60 tras un trabajo de revisión (Eritja et al., 2000) y con la inclusión de *Culex torrentium* (Aranda et al., 2000) como nueva cita para el país y de *Aedes albopictus*, detectada por primera vez en la península Ibérica, (Aranda et al., 2006).

Cabe decir que de las teóricas 60 especies, al menos 2, *Ae. aegypti* y *Anopheles labranchiae*, se han de considerar desaparecidas en toda España, y hasta 6 más son bastante dudosas o de identificación errónea.

Por lo que hace a la nomenclatura se usa el criterio más actual y consensuado en la que el género *Ochlerotatus* se revierte de nuevo a subgénero y se deja la clasificación de los Aedinos tal como estaba antes del 2000 (Wilkerson et al., 2015).

Las especies de culícidos colonizan desde aguas fuertemente contaminadas hasta márgenes de ríos de alta montaña, pasando por marismas, humedales, agujeros de árboles y todo tipo de recipientes artificiales en los que se pueda acumular agua.

El ciclo vital comporta las fases de huevo, larva, pupa y adulto (Figura 4). Las larvas y pupas se desarrollan en el medio acuático; estos organismos respiran directamente el oxígeno atmosférico gracias a adaptaciones como el sifón y las trompetas respiratorias. Cabe señalar que, después de la emersión, los machos permanecen en reposo aproximadamente 24 horas para poder rotar correctamente el aparato genital y que éste sea funcional y desplegar completamente las fibras de las antenas. Inmediatamente, buscan activamente las hembras para fecundarlas en una única cópula, de forma que aporte para toda la vida de la hembra, suficientes espermatozoides que guardarán en unas estructuras especiales llamadas *espermatecas*. Las hembras, una vez realizada la cópula, se

movilizan para poder llevar a cabo el mayor número posible de puestas a lo largo de su vida. En general, y para cada puesta, es necesario ingerir sangre de vertebrados, incluyendo de humanos, en lo que se llama ciclo *trofogónico*. Algunas especies tienen una adaptación llamada autogenia que les permite poder hacer una primera puesta más pequeña sin necesidad de haber ingerido sangre. Una de las especies que más muestra esta adaptación es *Cx. pipiens*.

La actividad picadora de las hembras tiene lugar en general en las horas crepusculares y nocturnas como en el caso del género *Anopheles*, aunque en otros como en el género *Aedes*, también lo pueden hacer a cualquier hora del día.

Diversas especies muestran diferentes sistemas de diapausa. Uno de los más habituales en climas templados es el de hembras invernantes que permanecen en lugares de refugio como cuevas o agujeros en los árboles con una temperatura baja pero constante y una humedad elevada. El otro sistema más comúnmente presentado es el de huevos en diapausa o de resistencia que permiten poder superar los períodos en que los focos de cría están secos o bien la temperatura es demasiado baja.

Estas adaptaciones hacen que puedan superar los períodos adversos, pero a la vez conlleva otras implicaciones, ya que permite el mantenimiento de la transmisión de patógenos que, de otro modo, se detendría en desaparecer todos los efectivos poblacionales (Clements, 1992; Clements, 1999; Service, 1993).

Como la mayoría de artrópodos hematófagos, los culícidos son vectores potenciales de varios patógenos. Se puede afirmar

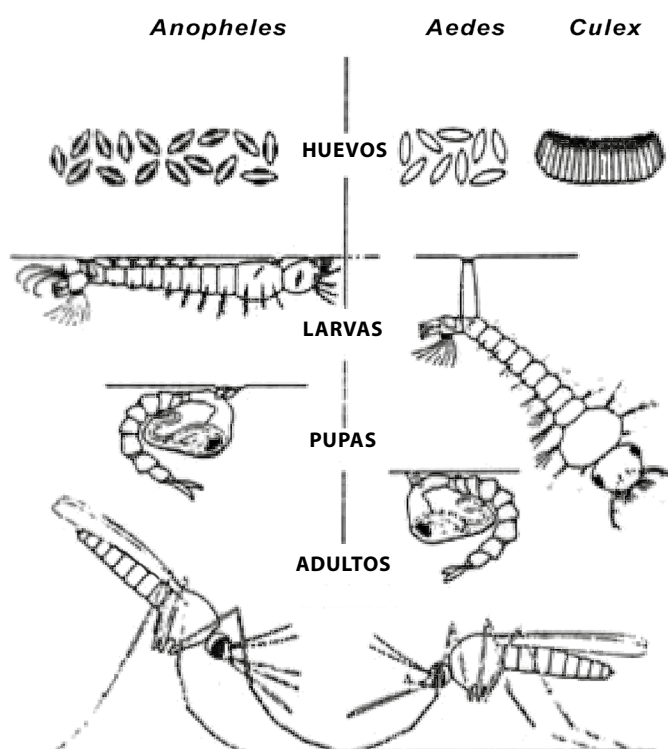


Figura 4. Ciclo vital de los culícidos. Modificado de WHO, 1991.



que son los organismos superiores que indirectamente más muertes causan en los humanos. De entre los centenares de patógenos que pueden ser transmitidos por mosquitos, la malaria humana o paludismo es la enfermedad infecciosa más ampliamente distribuida y persistente en el mundo. Actualmente casi el 50 % de la población mundial se encuentra bajo la amenaza de alguna de las cuatro especies de protozoos parásitos del género *Plasmodium* en las zonas de riesgo, con un número que en 2016 fue de 216 millones de personas enfermas y sobre medio millón de muertes anuales (WHO, 2018).

VIGILANCIA Y DETECCIÓN DE ARBOVIRUS EN MOSQUITOS

Estudio en humedales 2001-2005, Cataluña y Andalucía

A partir del nuevo siglo, en 2001, gracias a la iniciativa de la red EVITAR participada fundamentalmente por el Instituto de Salud Carlos III en Madrid (ISCIII) y, por la parte entomológica, los tres servicios de control de mosquitos de Cataluña (SCM) y el SCM de la Diputación de Huelva en Andalucía, todos dependientes de administraciones públicas locales, se llevó a cabo un estudio entomológico que abarcó hasta el 2005 (Sánchez-Seco, et al., 2009; Aranda, et al., 2009; Aranda, 2010).

Se recogieron de manera sistemática muestras de culícidos que posteriormente continuaron de manera fragmentada llegando hasta 2011. En estos estudios, la metodología empleada para obtener muestras entomológicas fue la ya existente en cada centro participante.

Las capturas se llevaron a cabo en varias localidades de las cuatro áreas estudiadas, principalmente en hábitats de marisma y humedales entre mayo y noviembre. Las metodologías abarcaban capturas sobre humano, trampas CDC y trampas lumínicas EVS con CO₂ (Figura 5). Los insectos se agruparon en pools según la fecha, la localidad, el sexo y la especie.



Figura 5. Trampas EVS con CO₂ y CDC. Aranda y Marquès.

Tres de los humedales seleccionados se encuentran en Cataluña: la Badía de Roses en Girona, el Baix Llobregat en Barcelona y el Delta de l'Ebre en Tarragona, y el cuarto en Andalucía, en las Marismas del Odiel y el Parque Nacional de Doñana, en Huelva.

Durante el estudio se capturaron y analizaron 72.895 hembras de mosquitos que se agruparon en 4.723 pools pertenecientes a 20 especies de los géneros *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Culiseta*, *Coquillettidia* y *Uranotaenia*. El número de especies de mosquito que se obtuvo en las muestras recogidas en cada región representó el 67 % de las especies detectadas en Huelva, el 47 % en Barcelona, el 43 % en Tarragona y el 43 % en Girona y, según el listado de especies encontradas en España, representan el 37 % de las especies detectadas en el país (Encinas Grandes, 1982, Eritja et al., 2000, Aranda et al., 2006). La especie más abundante fue *Ae. caspius* (40,9 %), seguida de *Cx. pipiens* (32,3 %), *Culex theileri* (10,9 %), *Anopheles atroparvus* (6,6 %) y *Cx. modestus* (4,6 %) (Tabla 1).

Se amplificaron secuencias propias del género *Flavivirus* en 111 de los pools de mosquitos analizados. Huelva fue la región con más captura y más positivos (64), seguida de Girona (36), Tarragona (8) y Barcelona (3). Aunque la metodología usada permitía detectar el ARN de arbovirus los géneros *Alphavirus*, *Flavivirus* y *Phlebovirus*, no se encontró ARN de arbovirus patógenos que coincidan con los conocidos en las bases de datos disponibles. Todos los pools positivos lo fueron a *Flavivirus* desconocidos, el único género detectado en este grupo taxonómico. Las secuencias de flavivirus identificados fueron diferentes de cualquier flavivirus de mosquito conocido, pero cercanas al KRV o al CFA, excepto en el caso de dos muestras de *Ae. caspius* de Huelva, que se pueden situar en el grupo de virus transmitidos por artrópodos.

La especie con más pools positivos fue *Cx. theileri*, con 50, seguida de *Ae. caspius*, con 29, *Ae. vexans*, con 16 y *Cx. pipiens*, con 9. El resto de especies tuvo 2 positivos o menos: *Aedes detritus* 2, *Culiseta annulata* 2, *An. atroparvus* 1, *Ae. albopictus* 1, *Cs. longiareolata* 1 y *Culiseta sp.* 1. La única especie que mostró positivos en todas las áreas estudiadas fue *Ae. caspius*. Huelva fue la región con más especies con positivos (6 especies y 1 *Culiseta* no identificada) seguida de Girona con 3, Barcelona con 2 y Tarragona con 1.

Los mosquitos recogidos en las cuatro áreas estudiadas mostraron genoma de arbovirus no descritos previamente. Estos resultados fueron los primeros en que se estudiaron virus en mosquitos en España, a pesar de que ya se había tenido con anterioridad algún estudio en humanos (Lozano y Filipe, 1998). La presencia de virus como el CFA o el KRV en mosquitos sin un huésped vertebrado es bastante conocido y se ha encontrado en una variedad de regiones que incluye África, América y el Japón (Cook et al., 2006; Hoshino et al., 2007). Por otro lado, también se ha descrito, la presencia de secuencias de ADN





Tabla 1 . Mosquitos capturados por zona y número de pools analizados entre 2001 y 2005. De Aranda 2010.

Especies	Huelva		Barcelona		Tarragona		Girona		Área total	
	pools	Nº	pools	Nº	pools	Nº	pools	Nº	pools	Nº
<i>Anopheles algeriensis</i>	13	100							13	100
<i>An. atroparvus</i>	59	517	w		226	1.035	126	3.294	411	4.846
<i>An. claviger</i>	1	1							1	1
<i>An. maculipennis</i>							1	1	1	1
<i>An. plumbeus</i>	2	9	2	2					4	11
<i>Anopheles sp.</i>			2	2			6	86	8	88
<i>Aedes albopictus</i>			4	15					4	15
<i>Ae. vexans</i>							37	427	37	427
<i>Ae. caspius</i>	659	22.910	30	260	467	4.092	123	2.556	1.279	29818
<i>Ae. detritus</i>	236	1714					9	66	245	1.780
<i>Ae. geniculatus</i>	1	2							1	2
<i>Ae. pulcritarsis</i>			4	5					4	5
<i>Culex modestus</i>	25	95	1	1	313	3.240			339	3.336
<i>Cx. perexiguus</i>	17	47							17	47
<i>Cx. pipiens</i>	642	8.425	639	6.347	87	393	300	8.396	1.668	23561
<i>Cx. theileri</i>	328	6.672					53	1.266	381	7.938
<i>Culex sp.</i>	29	319							29	319
<i>Culiseta annulata</i>	28	42					6	14	34	56
<i>Cs. longiareolata</i>	29	54	160	359	1	1			190	414
<i>Cs. subochrea</i>	1	1	3	4					4	5
<i>Culiseta sp.</i>	1	1	2	2					3	3
<i>Coquillettidia richiardii</i>	43	113	1	2	5	6			49	121
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	1	1							1	1
total	2.115	41.023	848	6.999	1.099	8.767	661	16.106	4.723	72.895

relacionadas con estos virus e integradas en el genoma de especies del género *Aedes* (Crochu et al., 2004), por lo que ha añadido aún más complejidad a este grupo.

Una gran parte de los positivos se obtuvo de pools de *Cx. theileri*, especialmente en Huelva, con casi la mitad del total de positivos; sin embargo, *Cx. modestus*, la especie más abundante en Tarragona, fue negativa a pesar de su papel en la transmisión de diferentes arbovirus (Hubálek y Halouzka, 1999; Lundström, 1999).

En este trabajo fue inusual la presencia de un importante número de positivos de flavivirus desconocidos. Este hecho está ligado al método utilizado, una PCR genérica para el género flavivirus y el estudio posterior de todos los positivos.

Finalmente, y teniendo en cuenta la presencia detectada de secuencias de genoma relacionadas con CFA en el genoma de mosquitos del género *Aedes* (CSA: *cell silent agent*) (Crochu

et al., 2004), se procedió a comprobar que los positivos obtenidos eran realmente el resultado de una amplificación de ARN. Los resultados aplicados en una muestra del total de positivos indica que algunas muestras pueden provenir de la amplificación de ADN. En el caso del grupo *Culex*, de siete muestras analizadas, una de *Cx. pipiens* fue concordante con ADN. En el caso del grupo de *Aedes*, ocho de catorce fueron también de ADN. El grupo de los dos positivos por *Ae. caspius* cercanos a virus transmitidos por artrópodos correspondieron todos a ARN. Estos resultados sorprendentes indican que en parte de las muestras, el genoma detectado era probablemente secuencias de ADN integradas en el genoma de los mosquitos, especialmente en el caso del género *Aedes*.

Detección del virus *Usutu* (USUV) y VNO en culicidos

Posteriormente a 2005, y una vez acabado el periodo cubierto por la red EVITAR, los estudios siguieron en Andalucía y Cataluña.



En 2006, y ya con la participación del Centre de Recerca en Sanitat Animal (CReSA), actualmente IRTA-CReSA, se encontró, entre 436 pools de 9 especies recogidos en los tres humedales catalanes, un positivo a un flavivirus identificado como virus Usutu (USUV) en un pool de 3 hembras de *Cx. pipiens* en Viladecans (Barcelona), en un área donde se alimentaban y criaban aves sedentarias y migratorias (Busquets et al., 2006). Dicha detección fue la primera detección del USUV en España y tercera vez en Europa. La cepa USUV detectada mostró una homología de 97,97 % con la cepa Saar-1776 de Sudáfrica y una similitud de 94,94 % con la cepa USUV de Viena del 2001 y la USUV de Budapest. Los datos de homología indican que la cepa española pertenece a USUV, pero que es más cercana a muestras africanas de USUV que a las obtenidas en la Europa central. En un estudio realizado entre 2008 y 2009 en Andalucía, en las marismas del Guadalquivir en Huelva, y con metodología de captura similar a la ya descrita, se detectó tres años más tarde, un positivo a este virus en un pool de mosquitos de entre 3.471 pools estudiados, pero en este caso de *Culex perexiguus*, con un grado de homología muy similar al virus detectado en Cataluña (Vázquez 2008; Vázquez et al., 2011). Estudios filogenéticos posteriores indicaron que las cepas circulantes en Europa pertenecían a tres diferentes clusters genéticos (Bakony et al., 2014).

En este mismo estudio, se detectó en verano y otoño de 2008, también en *Cx. perexiguus*, 7 pools positivos para VNO del linaje 1. En verano de 2006 en la misma zona, se había detectado un linaje diferente en un pool de 50 hembras de *Cx. pipiens* en Palos de la Frontera (Vázquez et al., 2010).

Vigilancia de VNO en culícidos en Cataluña 2007-2009

Entre 2008 y 2009 y bajo la dirección del CReSA, se llevó a cabo la captura de mosquitos con metodología homogénea, usando trampas CDC con CO₂, en los tres humedales principales de Girona, Barcelona y Tarragona anteriormente descritos con el resultado de la captura de 14.404 especímenes de 14 especies de mosquito diferentes. Las especies más abundantes fueron *Cx. pipiens*, *Ae. caspius* y *Cx. modestus*, de manera similar a como ya se había observado entre 2001 y 2005. De un total de 902 pools, 61 resultaron positivos para genoma de flavivirus, pero ninguno lo fue para VNO. De los 52 que se pudieron secuenciar, todos ellos mostraron similitud a otros virus de insectos previamente descritos como OccaF. En *Ae. caspius*, CXFV, CFAV y Quang Binh virus en *Cx. pipiens* y FV PoMoFlav en *Cx. theileri*. (Alba et al., 2013).

Desde entonces se han llevado a cabo estudios como los realizados por Martínez-de la Puente et al., 2018, sobre la importancia ecológica de la composición faunística de mosquitos en relación a la transmisión del VNO y otros que están aportando datos sobre la competencia vectorial de *Cx. pipiens* y *Ae. albopictus* locales frente a virus como el del valle del Rift o frente a los linajes 1 y 2 de VNO (Brustolin et al., 2016; Brustolin et al., 2017), en los que

se demuestra como ambas especies pueden infectarse frente a estos virus y llegar a ser infectivos en condiciones de laboratorio.

CONCLUSIONES

Desde el inicio de la primera década del presente siglo, ha habido un esfuerzo en la detección de arbovirus en vectores y especialmente en culícidos. Así pues, en los trabajos llevados a cabo por la red EVITAR se obtuvo una representación muy buena de las especies de las poblaciones de culícidos, que fue superior al 40% para cada una de las áreas estudiadas. Las especies de culícidos más capturadas (*Ae. caspius*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *An. atroparvus* y *Cx. modestus*) coinciden con las más abundantes en el país y las que causan más molestias. La metodología de captura, a pesar de que es diversa, permitió elaborar una representación de las poblaciones de mosquitos más comunes y de parte de las más poco frecuentes.

En cada zona se obtuvo una proporción de especies características de los hábitats donde se localizaban las trampas. En Huelva y Girona se capturaron más mosquitos que en el resto, especialmente en la primera zona.

Entre 2001 y 2005, se detectó regularmente genoma del género Flavivirus desconocidos en varias especies de culícidos y por primera vez en España. Se pudo detectar genoma de flavivirus en cada una de las áreas estudiadas en nueve especies y en cinco géneros, lo que mostró una extensa presencia de secuencias de genoma para este género que se agrupó mayoritariamente alrededor de virus propios de mosquito. Algunas de las muestras positivas a genoma de flavivirus en culícidos correspondieron a genoma de *Flavivirus* integrado en el genoma del mosquito siendo la primera vez que se describe este fenómeno en el género *Culex*.

A partir de 2006 y en estudios posteriores a los coordinados por la red EVITAR, se detectó también USUV en Cataluña en un pool de *Cx. pipiens* y en otro de la misma especie en Andalucía, así como VNO en pools de *Cx. pipiens* y *Cx. perexiguus* en Andalucía. En Cataluña se siguieron detectando flavivirus de insecto en estudios llevados a cabo hasta 2011, coordinados por el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARP) de Cataluña, pero no se detectó ningún positivo frente a VNO ni otros arbovirus de conocida patogenicidad.

Finalmente, se ha comprobado en laboratorio la competencia vectorial de cepas locales de algunas de las especies más comunes frente a VNO y virus del valle del Rift.

Todos estos resultados y los recientes brotes habidos en países vecinos, muestran que es por tanto necesario mantener una vigilancia activa en arbovirus en mosquitos con la suficiente financiación y capacidad de adaptación necesaria y que hay que dedicar los esfuerzos necesarios ante los retos que suponen las arbovirosis circulantes en Europa.





REFERENCIAS

- Alba A, Allepuz A, Napp S, Soler M, Selga I, Aranda C, Casal J, Pages N, Hayes EB y Busquets N.** 2013. Ecological Surveillance for West Nile in Catalonia (Spain), Learning from a Five-Year Period of Follow-up. *Zoonoses Public Health*. 2013 Apr 17. doi: 10.1111/zph.12048.
- Anderson JF, Andreadis TG, Vossbrinck CR, Tirrell S, Wakem EM, French RA, Garmendia AE y Van Kruiningen HJ.** 1999. Isolation of West Nile virus from mosquitoes, crows, and a Cooper's hawk in Connecticut. *Science* 286: 2331-2333.
- Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropulacos K, Silvi G, Macini P, Fortuna C, Venturi G, Magurano F, Fiorentini C, Marchi A, Benedetti E, Bucci P, Boros S, Romi R, Majori G, Ciufolini MG, Nicoletti J, Rezza G y Cassone A.** 2007. Chikungunya in North-Eastern Italy: a summing up of the outbreak. *Euro. Surveill* 2007. 12: E071122.2. <http://www.eurosurveillance.org/ew/2007/071122.asp#2>.
- Angolotti, E.** 1980. La fiebre amarilla. Historia y situación actual. La fiebre amarilla en la Barcelona de 1821. *Rev. San. Hig. Púb.* 54: 89-102.
- Aranda C, Eritja R, Schaffner F y Escosa, R.** 2000. *Culex (Culex) torrentium* Martini (Diptera: Culicidae) a new species from Spain. *Europ. Mosq. Bull.* 8: 7-9.
- Aranda C, Eritja R y Roiz, D.** 2006. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Med. Vet. Entomol.* 20: 150-152.
- Aranda C, Sánchez-Seco MP, Cáceres F, Escosa R, Gálvez JC, Masià M, Marqués E, Ruiz S, Alba A, Busquets N, Vázquez A, Castellà J y Tenorio A.** 2009. Detection and Monitoring of Mosquito Flaviviruses in Spain between 2001 and 2005. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. Vol 9(2): 171-178.
- Aranda, C.** 2010. Detecció d'arbovirus en vectors a Espanya. Tesis doctoral. UAB. Barcelona. 67 pgs.
- Ashraf U, Ye J, Ruan X, Wan S, Zhu B y Cao S.** 2015. Usutu Virus: An Emerging Flavivirus in Europe. *Viruses*. 7(1): 219-238. doi:10.3390/v7010219.
- Bakonyi T, Busquets N y Nowotny N.** 2014. Comparison of complete genome sequences of Usutu virus strains detected in Spain, Central Europe, and Africa. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2014 May;14(5):324-9. doi: 10.1089/vbz.2013.1510. Epub 2014 Apr 18.
- Bernabeu-Wittel M, Ruiz-Pérez M, Del Toro M, Aznar J, Muniain MA, de Ory F, Domingo C y Pachón J.** 2007. West Nile virus past infections in the general population of Southern Spain. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.* 25: 561-565.
- Bofill D, Domingo C, Cardenosa N, Zaragoza J, de Ory F, Minguell S, Sanchez-Seco MP, Dominguez A y Tenorio, A.** 2006. Human West Nile virus infection, Catalonia, Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 12: 1163-1164.
- Brustolin M, Talavera S, Santamaría C, Rivas R, Pujol N, Aranda C, Marqués E, Valle M, Verdún M, Pagès N y Busquets N.** 2016. *Culex pipiens* and *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*) populations as vectors for lineage 1 and 2 West Nile virus in Europe. *Med Vet Entomol.* 2016 Jun;30(2):166-73. doi: 10.1111/mve.12164. Epub 2016 Feb 18.
- Brustolin M, Talavera S, Nuñez A, Santamaría C, Rivas R, Pujol N, Valle M, Verdún M, Brun A, Pagès N y Busquets N.** 2017. Rift Valley fever virus and European mosquitoes: vector competence of *Culex pipiens* and *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*). *Med Vet Entomol.* 2017 Dec;31(4):365-372. doi: 10.1111/mve.12254. Epub 2017 Aug 7.
- Busquets N, Alba A, Allepuz A, Aranda C y Núñez JI.** 2006. Usutu virus sequences in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), Spain. *Emerg Infect Dis.* 2008;14:861-862.
- Calba C, Guerbois-Galla M, Franke F, Jeannin C, Auzet-Caillaud M, Grard G, Pigaglio L, Decoppet A, Weicherding J, Savail M, Munoz-Riviero M, Chaud P, Cadiou B, Ramalli L, Fournier P, Noël H, De Lamballerie X, Paty M y Leparç-Goffart, I.** 2017. Preliminary report of an autochthonous chikungunya outbreak in France, July to September 2017. *Euro Surveill.* 2017;22(39):pii=17-00647. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.39.17-00647>
- Cammissa-Parks H, Cisar LA, Kane A y Stollar, V.** 1992. The complete nucleotide sequence of cell fusing agent (CFA): homology between the nonstructural proteins encoded by CFA and the nonstructural proteins encoded by arthropod-borne flaviviruses. *Virology.* 189: 511-24.
- CCAES.** 2017. Informe de situación y evaluación del riesgo de la fiebre por virus del Nilo occidental en España. 52 pgs. <https://www.mssi.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/analisisituacion/infoSitua.htm/>
- Clements, AN.** 1992. The biology of mosquitoes. Volume 1: Development, nutrition and reproduction. London. Ed. Chapman & Hall. 509 pgs.
- Clements, AN.** 1999. The biology of mosquitoes, volume 2: Sensory reception and behaviour. Wallingford. Ed. CABI Publishing. 740 pgs.
- Cook S, Bennett SN, Holmes EC, De Chesse R, Moureau G y De Lamballerie, X.** 2006. Isolation of a new strain of the flavivirus cell fusing agent virus in a natural mosquito population from Puerto Rico. *J. Gen. Virol.* 87: 735-48.
- Crochu S, Cook S, Attoui H, Charrel RN, de Chesse R, Belhouchet M, Lemasson JJ, de Micco P y de Lamballerie, X.** 2004. Sequences of flavivirus-related RNA viruses persist in DNA form integrated in the genome of *Aedes* spp. mosquitoes. *J. Gen. Virol.* 85: 1971-1980.
- Deubel V, Gubler D, Layton M y Malkinson, M.** 2001. West Nile Virus: A Newly Emergent Epidemic Disease. *Emerg. Infect. Dis.* 7: 536.



- Del Giudice P, Schuffenecker I, Vandenbos F, Counillon E y Zeller, H.** 2004. Human West Nile virus, France. *Emerg. Infect. Dis.* 10: 1885-1886.
- Eldridge BF y Edman, JD.** 2000. *Medical entomology: a textbook on public health and veterinary problems caused by arthropods.* Dordrecht, Boston, London. Kluwer Academic. 659pgs.
- Encinas Grandes A.** 1982. *Taxonomía y biología de los mosquitos del área salmantina (Diptera, Culicidae)* CSIC - Ed. Universidad de Salamanca. 437pgs.
- Eritja R, Aranda C, Padrós J, Goula M, Lucientes J, Escosa R, Marquès, E y Cáceres, F.** 2000. An annotated checklist and bibliography of the mosquitoes of Spain (Diptera: Culicidae). *Europ. Mosq. Bull.* 8: 10-18.
- Fernandes LN, Paula MB, Araújo AB, Gonçalves EF, Romano CM, Natal D, et al.** 2016. Detection of *Culex flavivirus* and *Aedes flavivirus* nucleotide sequences in mosquitoes from parks in the city of São Paulo, Brazil. *Acta Trop* 2016; 157:73-83.
- Ferraguti M, La Puente J, Soriguer R, Llorente F, Jiménez-Clavero M y Figuerola, J.** 2016. West Nile virus-neutralizing antibodies in wild birds from southern Spain. *Epidemiology and Infection*, 144(9), 1907-1911. doi:10.1017/S0950268816000133
- Figuerola J, Soriguer R, Rojo G, Gómez Tejedor C y Jimenez-Clavero, MA.** 2007. Seroconversion in wild birds and local circulation of West Nile virus, Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 13: 1915-1917.
- Figuerola J, Jiménez-Clavero MA, López G, Rubio C, Soriguer R, Gómez-Tejedor C y Tenorio, A.** 2008. Size matters: West Nile Virus neutralizing antibodies in resident and migratory birds in Spain. *Vet Microbiol.* 132: 39-46.
- García-Bocanegra I, Jaén-Téllez, JA, Napp S, Arenas-Montes A, Fernández-Morente M, Fernández-Molera V y Arenas A.** 2011. West Nile fever outbreak in horses and humans, Spain, 2010. *Emerging Infectious Disease journal* 17:2397.
- Gossner CM, Marrama L, Carson M, Allerberger F, Calistri P, Dilaveris D y Gervelmeyer A.** 2017. West Nile virus surveillance in Europe: moving towards an integrated animal-human-vector approach. *Eurosurveillance*, 22(18), 30526. <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.18.30526>
- Gubler DJ.** 2002. The global emergence/resurgence of arboviral diseases as public health problems. *Arch. Med. Res.* 33: 330-342.
- Hoshino K, Isawa H, Tsuda Y, Yano K, Sasaki T, Yuda M, Takasaki T, Kobayashi M y Sawabe K.** 2007. Genetic characterization of a new insect flavivirus isolated from *Culex pipiens* mosquito in Japan. *Virology.* 359: 405-414.
- Hubálek Z y Halouzka, J.** 1999. West Nile Fever a Reemerging Mosquito Borne Viral Disease in Europe. *Emerg. Infect. Dis.* 5: 643-650.
- Hubálek Z, Kriz B, Menne B y Bertollini R.** 2003. *West Nile Virus: Ecology, epidemiology, and prevention.* cCASHs tech. Document N° 3. 1st draft for comments. Unedited. WHO. Eur/01/5036811. 32 pgs.
- Jiménez-Clavero MA, Gómez Tejedor C, Rojo G, Soriguer R y Figuerola, J.** 2007. Serosurvey of West Nile virus in equids and bovids in Spain. *Vet. Rec.* 161: 212.
- Jiménez-Clavero MA, Sotelo E, Fernandez-Pinero J, Llorente F, Blanco JM, Rodriguez-Ramos J, et al.** 2008. West Nile virus in golden eagles, Spain, 2007. *Emerg. Infect. Dis.* 14: 1489-1491.
- Kaptoul D, Viladrich PF, Domingo C, Niubó J, Martínez-Yélamos S, de Ory F y Tenorio A.** 2007. West Nile virus in Spain: Report of the first diagnosed case (in Spain) in a human with aseptic meningitis, *Scandinavian Journal of Infectious Diseases.* 39: 70-71.
- Karabatsos N.** 1985. *International catalogue of arboviruses, including certain other viruses of vertebrates.* 2001 update. Am. Soc. Trop. Med. Hyg. San Antonio, TX, USA.
- Kilpatrick AM.** 2005. West Nile virus risk assessment and the bridge vector paradigm. *Emerg Infect Dis.* 11: 425-429.
- Kulasekera A, Kramer L, Nasci R, Mostashari F, Cherry B, Trock S, Glaser C y Miller, J. 2001. *West Nile Infection in Mosquitoes, Birds, Horses, and Humans, Staten Island, New York, 2000.* *Emerging Infectious Diseases.* 7: 722-725.
- Lozano A y Filipe AR.** 1998. Anticuerpos frente a virus West Nile y otros virus transmitidos por artrópodos en la población del Delta del Ebro. *Rev. Esp. Salud Pública.* May-Jun: 245-250.
- Lundström J.** 1999. Mosquito Borne Viruses in Western Europe: A Review. *J. Vect. Ecol.* 24: 1-39.
- MAPAMA.** 2017. http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/enfermedades/fiebre-nilo-occidental/F_O_Nilo.aspx
- Marchand E, Prat C, Jeannin C, Lafont E, Bergmann T, Flusin O, et al.** 2013. Autochthonous case of dengue in France, October 2013. *Euro Surveill.*; 18(50):20661.
- Martínez-de la Puente J, Ferraguti M, Ruiz S, Roiz D, Llorente F, Pérez-Ramírez E, Jiménez-Clavero M, Soriguer R y Figuerola, J.** 2018. Mosquito community influences West Nile virus seroprevalence in wild birds: Implications for the risk of spillover into human populations. *Scientific Reports.* 8. 10.1038/s41598-018-20825-z.
- Miller B, Nasci R, Godsey S, Savage H, Lutwama J, Lanciotti R y Peters C.** 2000. First field evidence for natural vertical transmission of West Nile virus in *Culex univittatus* complex from Rift Valley Province, Kenya. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 62: 240-246.





- Molaei G, Andreadis TG, Armstrong PM, Bueno R Jr, Dennett JA, Real SV, Sargent C, Adilekhdid B, Randle Y, Guzman H, Travassos de Rosa A, Wuithiranyagool T y Tesh, RB.** 2007. Host feeding pattern of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) and its role in transmission of West Nile virus in Harris County, Texas. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 77: 73–81.
- Murgue B, Murri S, Zientara S, Durand B, Durand JP y Zeller H.** 2001. West Nile Outbreak in Horses in Southern France, 2000: The Return after 35 Years. *Emerg. Infect. Dis.* 7: 692-696.
- Nasci R, Savage H, White D, Miller J, Cropp B, Godsey M, Kerst A, Bennett P, Gottfried K y Lanciotti, R.** 2001. West Nile Virus in Overwintering *Culex* mosquitoes, New York City, 2000. *Emerg. Infect. Dis.* 7: 742-744.
- Petrić D, Hrnjakovic I, Radovanov J, Cvjetkovic D, Jerant Patic V, Milosevic V, Kovacevic G, Zgomba M, Ignjatovic Cupina A, Konjevic A, Marinkovic y Sánchez-Seco, M^a.** 2012. West Nile virus surveillance in humans and mosquitoes and detection of cell fusing agent virus in Vojvodina province (Serbia). *Healthmed.* 6. 462-468.
- Rico-Avelló y Rico.** 1953. Fiebre amarilla en España (Epidemiología histórica). *Revista de Sanidad e Higiene Pública* 27 (1-2): 29-87
- Roehrig JT, Layton M, Smith P, Campbell GL, Nasci R y Lanciotti, RS.** 2002. The emergence of West Nile virus in North America: ecology, epidemiology, and surveillance. *Curr. Top Microbiol. Immunol.* 267: 223-240.
- Roiz D, Vázquez A, Seco MP, Tenorio A y Rizzoli, A.** 2009. Detection of novel insect flavivirus sequences integrated in *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Northern Italy. *Virol. J.* 6: 93-99.
- Rudolf I, Betášová L, Blažejová H, Venclíková K, Straková P, Šebesta O, Mendel J, Bakonyi T, Schaffner F, Nowotny N y Hubálek Z.** 2017. *Parasit Vectors.* 2;10(1):452. doi: 10.1186/s13071-017-2399-7.
- Sánchez-Seco MP, Vázquez A, Collao X, Hernández L, Aranda C, Ruiz S, Escosa R, Gutiérrez R, Bustillo Ma, Molero F y Tenorio, A.** 2009. Surveillance of arbovirus in Spanish Wetlands: detection of new flavi- and phleboviruses. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases.* 10(2): 203-206.
- Sang RC, Gichogo A, Gachoya J, Dunster MD, Ofula V, Hunt AR, Crabtree MB, Miller BR y Dunster LM.** 2003. Isolation of a new flavivirus related to cell fusing agent virus (CFAV) from field-collected flood-water *Aedes* mosquitoes sampled from a dambo in central Kenya. *Arch. Virol.* 148:1085-1093.
- Savini G, Monaco F, Calistri P y Lelli R.** 2008. Phylogenetic analysis of West Nile virus isolated in Italy in 2008. 2008. *Euro Surveill.* 13 (48) pii: 19048.
- Shoemaker T, Boulianne C, Vincent MJ, Pezzanite L, Al-Qahtani MM, Al-mazrou Y, Khan AS, Rollin PE, Swanepoel R, Ksiazek TG y Nichol, ST.** 2002. Genetic analysis of viruses associated with emergence of Rift Valley fever in Saudi Arabia and Yemen, 2000-01. *Emerg. Infect. Dis.* 8:1415-1420.
- Service MW.** 1993. *Mosquito Ecology. Field sampling methods.* 2nd ed. Chapman and Hall, London. 988 pgs.
- Sotelo E, Fernandez-Pinero J Llorente F, Agüero M, Hoefle U, Blanco JM y Jiménez-Clavero MA.** 2009. Characterization of West Nile virus isolates from Spain: new insights into the distinct West Nile virus eco-epidemiology in the Western Mediterranean. *Virology* 395: 289-297.
- Staikowsky F, Pinar A, Cand E, Grivard P, Tallermin F y Michauld, A.** 2006. The infection by the virus Chikungunya: an emergent disease in the Reunion island. *Eur. J. Emerg. Med.* 13: 7-8.
- Stollar V y Thomas VL.** 1975. An agent in the *Aedes aegypti* cell line (Peleg) which causes fusion of *Aedes albopictus* cells. *Virology* 64: 367-377.
- Succo T, Leparac-Goffart I, Ferré JB, Roiz D, Broche B, Maquart M, et al.** 2016. Autochthonous dengue outbreak in Nîmes, South of France, July to September 2015. *Euro Surveill.* 21(21). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.21.30240.
- Trock S, Meade B, Glaser A, Ostlund E, Lanciotti R, Cropp B, Kulasekera V, Kramer L y Komar N.** 2001. West Nile virus outbreak among horses in New York State, 1999 and 2000. *Emerg. Infect. Dis.* 7: 745-747.
- Vallés X y Sánchez F.** 2000. West Nile virus: el virus de la fiebre del Oeste del Nilo. *Enf. Emerg.* 2: 232-238.
- Vasilakis, N y Gubler, D.** 2016. *Arboviruses, molecular biology, evolution and control.* Caister Academic Press. 209 pgs.
- Vázquez A.** 2008. Búsqueda de flavivirus en mosquitos de humedales españoles. Análisis molecular del virus West Nile y otros flavivirus. Tesis doctoral. UCM. Madrid. 130 pgs.
- Vázquez A, Sánchez-Seco MP, Ruiz S, Molero F, Hernández L, Moreno J, Magallanes A, Gómez-Tejedor C y Tenorio, A.** 2010. Putative new lineage of West Nile virus, Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 16: 549-552.
- Vázquez A, Ruiz S, Herrero L, Moreno J, Molero F, Magallanes A, Sánchez-Seco M.P, Figuerola J y Tenorio A.** 2011. West Nile and Usutu viruses in mosquitoes in Spain, 2008–2009. *Am. J. Trop. Med. Hyg.,* 85, 178–181.
- Venturi G, Di Luca M, Fortuna C, Remoli ME, Riccardo F, Severini F, et al.** 2017. Detection of a chikungunya outbreak in Central Italy, August to September 2017. *Euro Surveill.* 22(39). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2017.22.39.17-00646.
- Wilkerson R C, Linton YM, Fonseca DM, Schultz TR, Price DC y Strickman DA.** 2015. Making mosquito taxonomy useful: A stable classification of Tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships. *PLOS ONE.* Published: July 30, 2015 DOI: 10.1371/journal.pone.0133602.
- WHO.** 2018. <http://www.who.int/malaria/en/> accedido 10/04/2018



Garrapatas de la Península Ibérica de interés en Salud Pública y Veterinaria

Joaquim Castellà Espuny

Parasitologia. Departament de Sanitat i d'Anatomia Animals. Facultat de Veterinària. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra. Barcelona. E-mail: Joaquim.Castella@uab.cat

RESUMEN

Las garrapatas son ácaros hematófagos que parasitan a vertebrados terrestres. Pertenecen al orden Ixodida y están agrupadas en tres familias (Ixodidae, Argasidae y Nuttalliellidae). Algunas especies están implicadas en la transmisión de patógenos a los animales domésticos y a los humanos. A pesar de los avances en diagnósticos, terapias y control de plagas, las garrapatas siguen siendo un problema presente que exige una continua actualización de los conocimientos sobre su taxonomía, biología y ecología, necesarios para una correcta comprensión de la epidemiología de las enfermedades que transmiten.

Una primera parte de este trabajo está dedicada a describir los detalles morfológicos principales de este grupo y las características de sus ciclos biológicos. En una segunda parte se revisan las especies de la familia Ixodidae (garrapatas duras), presentes en la fauna ibérica, de mayor interés médico y veterinario.

PALABRAS CLAVE: Garrapatas, Ixódidos, Argásidos, Península Ibérica.

INTRODUCCIÓN

Las primeras citas sobre garrapatas quedan ya documentadas en el Papiro de Ebers (1550 a.C.), donde se emplea el término "ricinus" dada la similitud de la semilla del ricino (*Ricinus communis*) con las fases alimentadas de las garrapatas. La demostración de la capacidad vectorial de estos artrópodos tuvo que esperar a los trabajos realizados por T. Smith y K.L. Kilborne (1889-1893) sobre la enfermedad bovina conocida como fiebre de Texas. Era la primera vez que se conseguía demostrar la relación entre una enfermedad, su etiología (*Pyrosoma bigeminum*, actualmente *Babesia bigemina*) y un artrópodo vector (*Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*) (Pérez-Eid, 2007).

Se han identificado alrededor de 900 especies de garrapatas agrupadas en tres familias (Ixodidae, Argasidae y Nuttalliellidae). La situación taxonómica de la familia Ixodidae (ixódidos o garrapatas duras) se ha estudiado en profundidad y se puede decir que hay un consenso entre los diferentes grupos de expertos sobre la posición sistemática de los diferentes géneros (Durden y Beati, 2014; Guglielmone et al., 2014). Consta de unas 700 especies agrupadas en 12 géneros (sin contar los dos del registro fósil) (Tabla 1).

Los géneros y subgéneros que debe incluir la familia Argasidae (argásidos o garrapatas blandas) sigue generando controversias y debates entre las diferentes escuelas (Estrada-Peña et al., 2010; Durden y Beati, 2014). Basándonos en el trabajo de Guglielmone y Nava (2014) la familia Argasidae estaría formada por unas 193 especies agrupadas en 5 géneros (Tabla 1).

La familia Nuttalliellidae incluye una única y rara especie africana, *Nuttalliella namaqua*, que comparte características de las dos anteriores familias (Mans et al., 2011).

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

El cuerpo de las garrapatas se divide en dos partes, una anterior o ventral denominada capítulo o gnatosoma y una posterior denominada idiosoma. El capítulo está formado por una base, un par de palpos simétricos, un hipostoma central en posición ventral y dorsalmente a este un par de quelíceros (Figura 1c). Los palpos están formados por 4 artejos y tienen una función sensitiva. Los quelíceros y el hipostoma dentado son las estructuras que la garrapata introduce en la piel del hospedador para fijarse y alimentarse. En todas las larvas de las garrapatas y en las ninfas y adultos de la familia de los ixódidos el capítulo ocupa una posición anterior y es visible





Tabla 1. Distribución geográfica de los géneros conocidos de garrapatas y número de especies a nivel mundial (EM), en Europa y Norte de África (EEA) y en la Península Ibérica y Baleares (EPI)¹.

Familia	Género	Zona geográfica	EM	EEA	EPI	Observaciones
Argasidae						
	<i>Argas</i>	Cosmopolita	61	6	5	
	<i>Antricola</i>	Neotropical y Neártica	17			
	<i>Nothoaspis</i>	Neotropical	2			
	<i>Ornithodoros</i>	Cosmopolita	112	7	4	
	<i>Otobius</i>	Neártica	2			
Ixodidae						
	<i>Amblyomma</i>	Princ. Pantropical y Pansubtropical	110+20*			* Incluye especies del G. <i>Aponomma</i>
	<i>Bothriocroton</i>	Australasia	7			
	<i>Haemaphysalis</i>	Cosmopolita	166	8	5	
	<i>Ixodes</i>	Cosmopolita	245	25	11	
	<i>Anomalohimalaya</i>	Paleártica	3			
	<i>Cosmiomma</i>	Afrotropical	1			
	<i>Dermacentor</i>	Cosmopolita	33+1*	2	2	*Incluye una especie del G. <i>Anocentor</i>
	<i>Hyalomma</i>	Afrotropical, Paleártica y Oriental	27	11	4	
	<i>Margaropus</i>	Afrotropical	3			
	<i>Nosoma</i>	India	1-2			
	<i>Rhipicentor</i>	Afrotropical	2			
	<i>Rhipicephalus</i>	Cosmopolita	77+6*	8	5	*Incluye especies del G. <i>Boophilus</i>
Nuttalliellidae						
	<i>Nuttalliella</i>	Afrotropical	1			
			898	67	35	

¹Adaptado de Guglielmone y Nava (2014); Durden y Beati (2014); Estrada-Peña (2015) y Estrada-Peña et al. (2017).

en una vista dorsal del ejemplar. En las ninfas y adultos de los argásidos el capitulo está desplazado hacia la zona ventral del idiosoma (**Figuras 2c,f**).

El idiosoma es la parte posterior del cuerpo, no está segmentado y en él se encuentran estructuras como las escápulas, el escudo, los ojos, las patas, festones, el orificio anal el poro genital y los espiráculos. A diferencia de los ixódidos, conocidos también como garrapatas duras, los argásidos o garrapatas blandas reciben esta denominación por carecer de la placa dorsal denominada escudo que de manera constante presentan todas las especies y fases de los ixódidos (**Figuras 1y 2**). La cutícula de los argásidos es flexible, arrugada y de aspecto correoso. Cuando se alimentan la despliegan y esto les permite realizar una rápida ingesta de sangre, a diferencia de los ixódidos que deben sintetizar nueva cutícula durante los días que permanecen fijados alimentándose en la piel del hospedador.

Todas las fases de las garrapatas tienen cuatro pares de patas excepto las larvas que son hexápodos. En la superficie dorsal del tarso del primer par de patas todas las garrapatas tienen la

estructura denominada como órgano de Haller (**Figura 1f**). Se trata de una estructura sensitiva compleja que interviene en la localización de los posibles hospedadores.

En una posición ventrolateral del idiosoma las ninfas y los adultos tienen ubicados los espiráculos respiratorios. En los argásidos se sitúan entre las coxas 3 y 4, mientras que en los ixódidos se hallan por detrás de la coxa 4 y son fácilmente localizables porque se encuentran asociados a las placas espiraculares (**Figuras 1b,e**). En posición ventral y caudal todas las fases tienen un orificio anal encargado de la evacuación de unas heces ricas en guanina. Solo los adultos tienen una apertura genital.

FASES DE DESARROLLO Y CICLOS BIOLÓGICOS

Las garrapatas son ectoparásitos obligados de vertebrados que necesitan ingerir sangre para completar sus ciclos biológicos, pero la mayor parte de su vida se desarrolla en el medio ambiente como fases de vida libre. Durante su desarrollo pasan por los estadios de larva, ninfa y adulto.

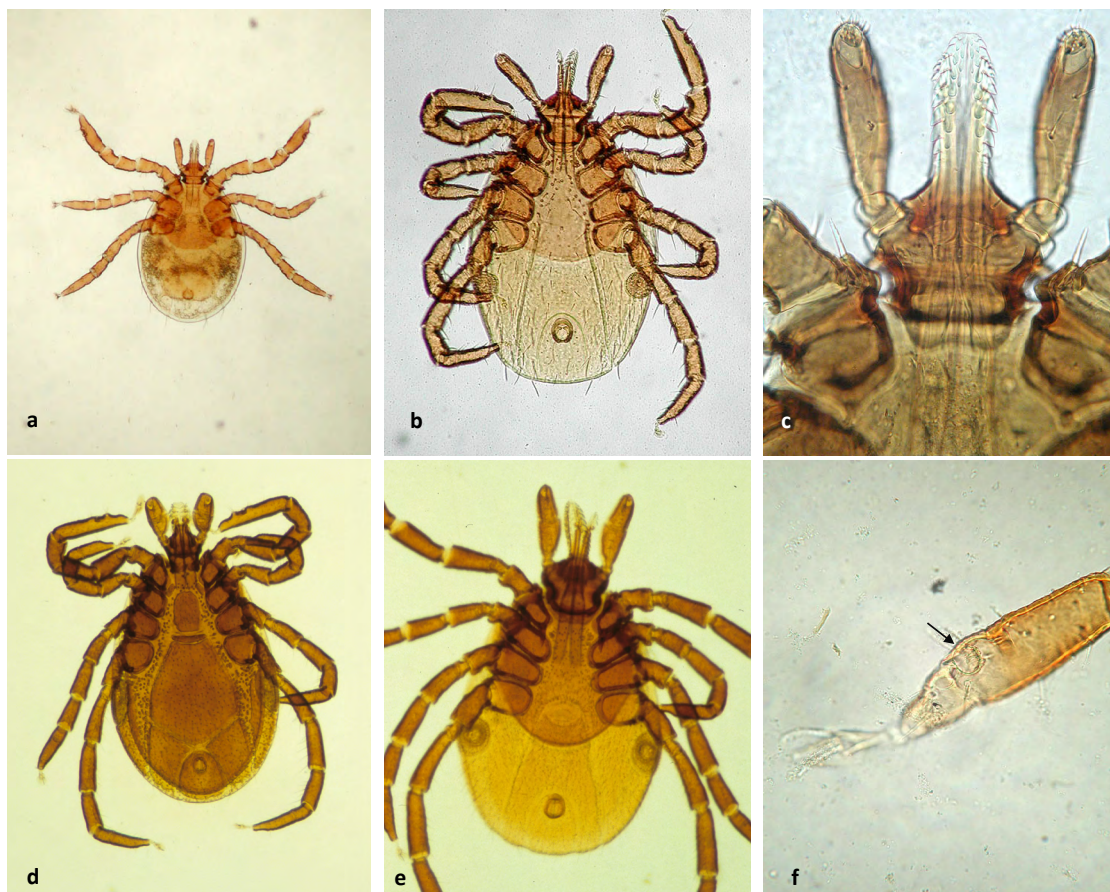


Figura 1. Fases de la garrapata *Ixodes ricinus*: Larva (a), ninfa (b), macho (c) y hembra (d); detalle del capítulo de un ixódido (e); Detalle del órgano de Haller ubicado en el tarso del primer par de patas (f).



Figura 2. *Hyalomma marginatum*, macho (a). *Haemaphysalis punctata*, hembra (b). *Argas persicus*, hembra (c). *Rhipicephalus bursa*, hembra (d). *Dermacentor marginatus*, hembra (e). *Ornithodoros erraticus*, macho (f).



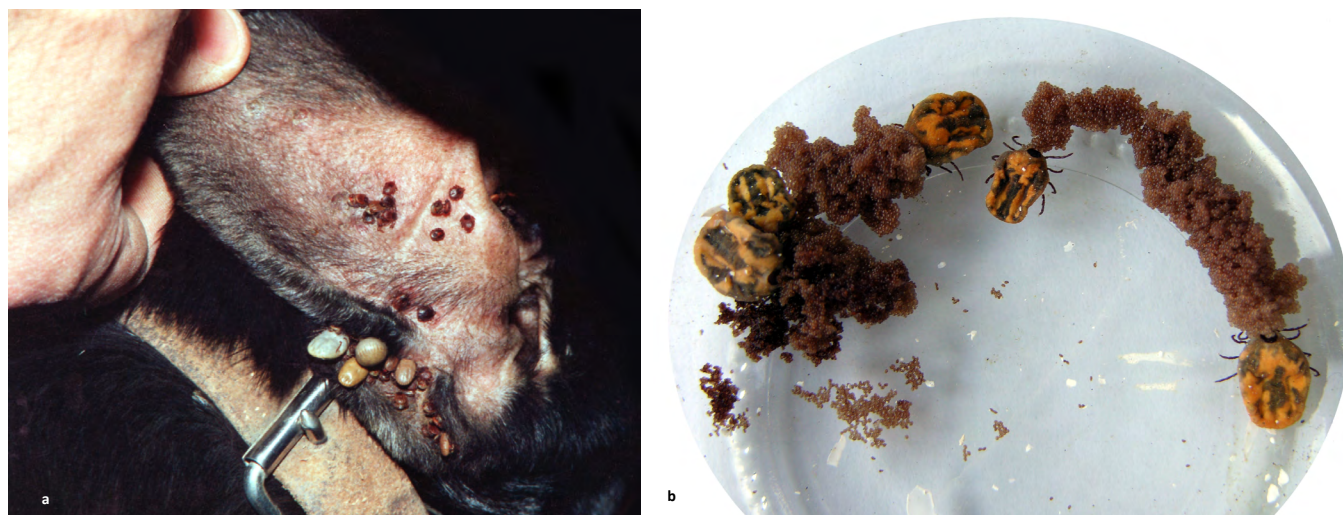


Figura 3. Adultos de *Rhipicephalus sanguineus* en la oreja de un perro (hembras en diferentes estados de repleción y machos) (a). Hembras de *R. sanguineus* realizando la puesta de huevos en el laboratorio (b).

La larva es el primer estadio inmaduro del ciclo y se caracteriza por tener 3 pares de patas (**Figura 1a**). A diferencia de las ninfas y de los adultos esta fase carece de espiráculos respiratorios. Los ixódidos realizan puestas que contienen una gran cantidad de huevos, de ellos eclosionan un gran número de larvas que permanecen cerca del lugar donde han eclosionado formando los denominados nidos de larvas. Cuando pasa cerca un hospedador las garrapatas se trasladan a su piel y se fijan. Después de la ingesta de sangre, que acontece en pocos días, las larvas de las especies trifásicas (de ciclo de 3 hospedadores) se desprenden como larvas alimentadas y en el suelo mudan a ninfas. En algunas especies las larvas permanecen en el hospedador, mudan a ninfas y se siguen alimentando del mismo hospedador, desprendiéndose como ninfas alimentadas. En este caso la especie se llama difásica o de ciclo de 2 hospedadores.

Las larvas de los argásidos, como el resto de las fases de esta familia, suelen ser endófilas y permanecen a la espera de que el hospedador acceda al nido, refugio o madriguera. En algunas especies de argásidos las larvas se alimentan en pocos minutos (15-30') pero en otras pueden invertir varios días.

La ninfa tiene 4 pares de patas y morfológicamente es similar a la hembra, pero carecen de poro genital y su tamaño es mucho menor (**Figura 1b**). Cuando han finalizado la alimentación se desprenden, caen al suelo y se esconden para realizar la muda a adultos. En algunas especies las larvas y las ninfas permanecen en el mismo hospedador hasta la fase de adulta, en este caso se denominan monofásicas o de ciclo de un hospedador.

En los argásidos el número de estadios ninfales puede ser variable incluso para una misma especie de garrapata. La fase de ninfa se alimenta varias veces hasta alcanzar el tamaño que le permita la muda a la fase adulta. Este paso por varios

estadios ninfales (2-7) y que requiere de diversas tomas de sangre, contribuye a dilatar, incluso varios años, los ciclos de esta familia de garrapatas.

Los ixódidos adultos presentan un claro dimorfismo sexual. En las hembras, al igual que ocurre con las larvas y las ninfas, el escudo dorsal solo cubre la parte anterior de la garrapata (**Figuras 1d y 2a**). En los machos el escudo protege completamente toda la zona dorsal (**Figuras 1e y 2b,d,e**). Esta característica se hace más evidente en aquellas especies que presentan un escudo ornamentado.

En la mayoría de las especies de garrapatas duras (ixódidos) tanto los machos como las hembras suben al hospedador y la cópula tiene lugar una vez iniciada la ingesta de sangre. Solo aquellas hembras que sean fecundadas finalizaran la ingesta de sangre. Cuando se desprendan del hospedador buscaran un lugar protegido donde realizar las puestas de huevos. Los ixódidos realizan una única y generalmente numerosa puesta de huevos (2000-15000), que depende de la especie de garrapata, del volumen de sangre ingerido y de la resistencia del hospedador (**Figura 3b**). Una vez completada la puesta de huevos las hembras mueren. Los machos pueden permanecer durante un tiempo sobre el hospedador alimentándose de forma intermitente y buscando nuevas hembras a las que fecundar, finalmente también mueren.

En los argásidos adultos la cópula generalmente tiene lugar fuera del hospedador. Las hembras se alimentan repetidas veces y realizan diferentes puestas de huevos a lo largo de su vida. El número de huevos por puesta en este caso será mucho menor (50-600 huevos).

En los ixódidos se dan los ciclos de 3 hospedadores, de dos hospedadores y de un hospedador. En todos estos ciclos después de una ingesta de sangre tiene lugar un cambio de fase o una única puesta de huevos en el caso de las hembras (**Figura 4**).



La mayoría de las especies de ixódidos presentes en la Península Ibérica son trifásicas, completan un ciclo de 3 hospedadores, excepto la especie monofásica *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* y las difásicas *Hyalomma marginatum* y *Rhipicephalus bursa*.

El ciclo de 3 hospedadores se caracteriza porque cada una de las fases se alimenta en un animal diferente, aunque puede ser de la misma especie. Las larvas pican a un primer hospedador y se sueltan a los pocos días como larvas alimentadas, una vez en el suelo realizan la muda a la fase de ninfa. La ninfa debe acceder a un segundo hospedador para alimentarse y cuando se desprende como ninfa alimentada busca un refugio donde realizar la muda a adulto. Los adultos, machos y hembras, acceden por tercera y última vez a un hospedador. Las hembras que sean fecundadas completan la ingestión de sangre entre una y dos semanas, se desprenden y una vez en el suelo buscan un lugar escondido y protegido para poner los huevos.

En el ciclo de 2 hospedadores las larvas suben al primer hospedador se alimentan y sin abandonarlo mudan a ninfas. Las ninfas alimentadas son las que se desprenden y mudan a adultos en el ambiente. Los adultos necesitan encontrar un segundo hospedador para alimentarse y reproducirse.

En el ciclo de un hospedador una vez las larvas encuentran un animal adecuado no lo abandonan hasta la fase de hembras alimentadas. Las hembras se desprenden para realizar las puestas de huevos en el suelo y mueren.

En los argásidos los ciclos son de tipo multihospedador (Figura 5), y difieren de los de los ixódidos en que se desarrollan varios estadios ninfales con la finalidad de incrementar gradualmente el tamaño del individuo. Los adultos (hembras y machos) pueden ingerir sangre de forma repetida y las hembras son capaces de realizar varias puestas de huevos a lo largo de su vida.

En función de la especificidad y tropismo por un determinado rango de hospedadores las garrapatas pueden ser telotropas, ditropas o monótropas. Las especies telotropas parasitan diferentes especies de hospedadores en cada uno de sus estadios desarrollo. En las garrapatas ditropas las formas inmaduras (larvas y ninfas) suelen preferir hospedadores que viven en nidos o madrigueras. Los adultos se hallan en biotopos abiertos parasitando especies de mayor tamaño. En las garrapatas monótropas todas las fases pueden alimentarse en la misma especie de hospedador, independientemente del tipo de ciclo que desarrollen.

IMPORTANCIA MÉDICA Y VETERINARIA

Las garrapatas son ectoparásitos de los animales domésticos y silvestres, los humanos somos hospedadores accidentales que

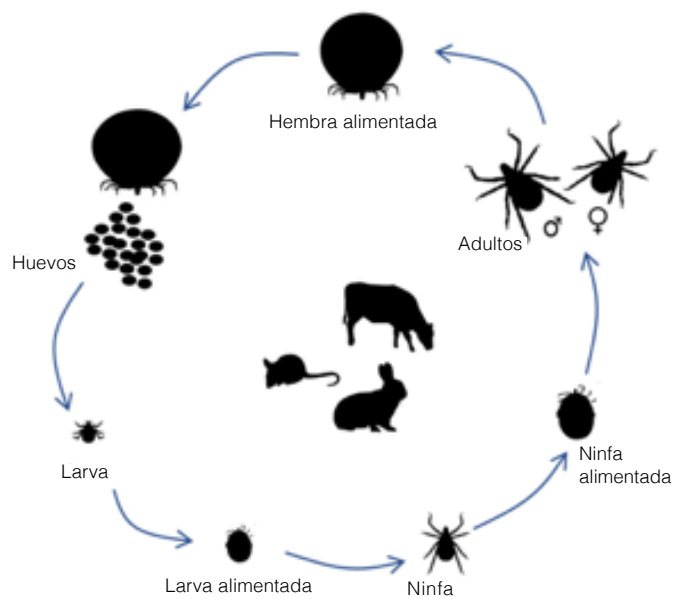


Figura 4. Ciclo biológico de los ixódidos (garrapatas duras).

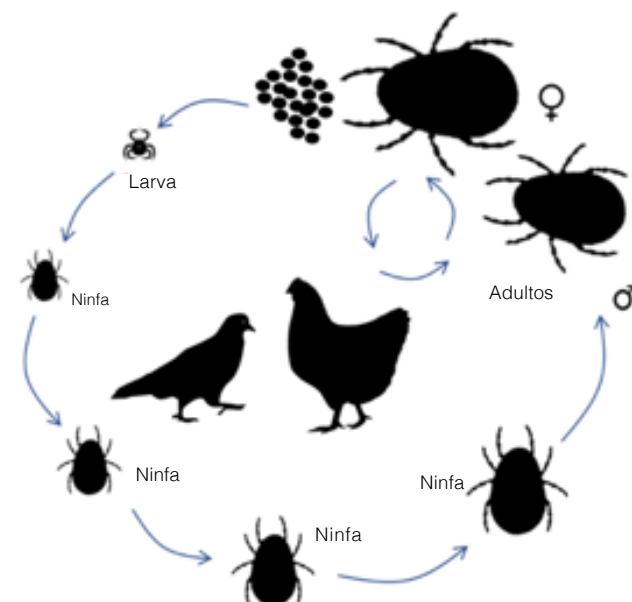


Figura 5. Ciclo biológico de los argásidos (garrapatas blandas). El número de fases ninfales de estos ciclos es variable (2-7), en este esquema se han representado 4 estadios ninfales. Los adultos pueden realizar varias ingestas de sangre y las hembras varias puestas de huevos.

esporádicamente nos vemos afectados al interferir en el hábitat de estos artrópodos. En otras ocasiones son los animales los que acercan las garrapatas al entorno de los humanos.

Los daños que causan las garrapatas pueden ser de dos tipos, los que derivan de una acción directa como por ejemplo anemias, en caso de infestaciones elevadas, alergias, parálisis y toxicosis y los considerados indirectos, por ser los causantes del problema los patógenos que vehiculan. Existe una gran cantidad y variedad patógenos (virus, bacterias, protozoos, helmintos) que pueden ser vehiculados por este grupo de





artrópodos, los motivos que en parte explican esta capacidad y eficacia vectorial son:

- Ingeren grandes volúmenes de sangre durante periodos prolongados de tiempo, esto incrementa las posibilidades de ingerir patógenos hemáticos y dérmicos.
- Los ciclos son complejos e implican a diferentes especies de hospedadores tanto domésticos como silvestres, que a su vez pueden verse parasitados por diferentes especies de garrapatas.
- Son artrópodos longevos que pueden mantener viables los patógenos durante largos periodos de tiempo actuando también como reservorios.
- Algunos patógenos pueden ser transmitidos a la descendencia incluso durante varias generaciones.
- Tienen un elevado potencial reproductor.
- De forma pasiva pueden desplazarse a grandes distancias transportados por sus hospedadores, por ejemplo, las fases que parasitan a las aves migratorias.

La circulación de los patógenos en los ciclos naturales es compleja y puede darse entre las garrapatas y sus hospedadores, pero también entre las propias garrapatas. Existen diferentes vías de transmisión que involucran a los hospedadores vertebrados. La transmisión salivar es una de las más habituales. Cuando la garrapata pica, inyecta con su saliva los patógenos al hospedador. En otros casos los patógenos se hallan situados en el tracto digestivo anterior de la garrapata y son regurgitados. Algunos organismos rickettsiales pueden salir con las heces de las garrapatas y contaminar heridas, mucosas o incluso acceder vía aerógena. En los argásidos el líquido coxal, que resulta de concentrar la ingesta de sangre, es otra vía de salida de patógenos (borrelias).

La transmisión de patógenos entre garrapatas puede ser vía vertical, vía transestadial o por "cofeeding". La transmisión vertical implica el paso de los patógenos de la garrapata infectada a su descendencia. La transmisión transestadial hace referencia al mantenimiento del patógeno cuando la garrapata muda a otra fase del ciclo. La vía del "cofeeding" es exclusiva de las garrapatas y consiste en la transmisión directa de un patógeno desde una garrapata infectada a otras garrapatas vecinas que se estén alimentando en la misma zona de piel, sin que ello implique la infección del hospedador.

IXÓDIDOS (GARRAPATAS DURAS) DE INTERÉS MÉDICO Y VETERINARIO DE LA PENÍNSULA IBERICA (PI)

Para una identificación morfológica de las especies presentes en la PI (**Tabla 2**), información sobre su biología, distribución geográfica y hospedadores, se recomienda la consulta de las

monografías de Manilla (1998), Walker et al. (2003), Estrada et al. (2004, 2017) y Pérez-Eid (2007). Una revisión de las enfermedades transmitidas por garrapatas se puede encontrar en Sonenshine y Roe (2014). La lista de patógenos descritos en las especies presentes en Europa y Norte de África se pueden consultar en Estrada-Peña et al. (2017).

Género *Ixodes*

Las especies del género *Ixodes* se pueden diferenciar del resto de los ixódidos por la presencia de un surco anal que rodea el poro anal por la parte anterior. Otras características de este género son la ausencia de ojos y un capítulo largo de base triangular (**Figura 1**). Desde un punto de vista médico y veterinario la especie más relevante es *Ixodes ricinus*.

Ixodes ricinus es una garrapata higrófila con una amplia distribución en la zona paleártica. En la Península Ibérica su distribución más abundante coincide con las zonas de influencia atlántica, mientras que en las áreas de influencia mediterránea prácticamente es inexistente. Es una garrapata de 3 hospedadores, los adultos parasitan principalmente a los rumiantes mientras que las larvas y las ninfas se alimentan en micromamíferos, aves y reptiles. Es de las especies que con más frecuencia pica los humanos (**Tablas 2 y 4**). Está involucrada en la transmisión de patógenos a los humanos (**Tabla 3**) y a los animales entre los que destacamos: Virus de las encefalitis por picadura de garrapatas (TBE), virus del louping-ill (LIV), *Borrelia burgdorferi* s.l. (borreliosis de Lyme o enfermedad de Lyme), *Borrelia miyamotoi* (fiebre recurrente por la picadura de garrapata), *Anaplasma phagocytophilum* (anaplasmosis), *Babesia divergens* (babesiosis bovina) y *B. microti*.

Género *Dermacentor*

Las especies del género *Dermacentor* son las únicas garrapatas de la región Mediterránea que tienen el escudo ornamentado (**Figura 2e**). Esta característica las hace fácilmente distinguibles del resto de las especies. Los adultos son garrapatas grandes con un capítulo de base rectangular, corto y con unos palpos robustos. En los márgenes del escudo tienen un par de ojos. En la PI se encuentran 2 especies *D. marginatus* y *D. reticulatus*.

D. marginatus, es una especie común en prácticamente en toda la región Mediterránea. Completa un ciclo anual de 3 hospedadores donde los adultos parasitan principalmente a los rumiantes y a los suidos (jabalí). Las formas inmaduras son nidícolas y se alimentan en pequeños mamíferos, carnívoros de tamaño medio y aves. Se halla entre las especies que con mayor frecuencia pica los humanos (**Tablas 2 y 4**). Está involucrada en la transmisión de patógenos a los humanos (**Tabla 3**) y a los animales entre los que destacamos: *Rickettsia slovaca* y *R. raoultii* (TIBOLA/DEBONEL), *Babesia caballi* y *Theileria equi* (piroplasmosis equinas).



D. reticulatus, es una especie paleártica que necesita hábitats con un elevado grado de humedad, a diferencia de *D. marginatus* que es más xerotermófila. En la PI prácticamente queda restringida en la zona norte peninsular. Completa un ciclo anual de 3 hospedadores donde los adultos son exófilos y parasitan principalmente al perro, pero también se ha observado en otros carnívoros y ungulados. Los estadios inmaduros son endófilos y se alimentan en micromamíferos y erizos. Está involucrada en la transmisión de patógenos a los humanos y a los animales entre los que destacamos: *Babesia canis* (babesiosis canina), *Babesia caballi* y *Theileria equi* (piroplasmosis equinas) y *Rickettsia raoultii* (TIBOLA/DEBONEL).

Género *Haemaphysalis*

Las especies del género *Haemaphysalis* son garrapatas de talla pequeña o mediana que carecen de ojos y de ornamentación en el escudo. El capítulo es de base rectangular y en la mayoría de las especies los palpos sobresalen de la base (**Figura 2b**). Las especies presentes en la fauna ibérica se pueden consultar en la **Tabla 2**. Los ciclos de este género son todos trifásicos (de 3 hospedadores) con un comportamiento endófilo y exófilo que varía según las especies y las fases. La especie de mayor interés en animales domésticos es *Hae. punctata*. Es una especie xerófila con una amplia distribución en la PI. En muchos hábitats coincide con *Rhipicephalus bursa* y *Dermacentor marginatus*, especies también asociadas a rumiantes. Es una especie trifásica, ditropa y de comportamiento exófilo. Los adultos parasitan a rumiantes domésticos y silvestres y a los suidos. Las larvas y las ninfas suelen encontrarse en micromamíferos, erizos, lepóridos, aves y reptiles. No es una especie muy agresiva para los humanos. Está involucrada en la transmisión de patógenos a los animales entre los que destacamos: *Babesia motasi* y *Theileria ovis* en pequeños rumiantes y *Babesia major* y *Theileria* spp. (complejo buffeli/orientalis) en bovinos.

Género *Hyalomma*

Son garrapatas adaptadas a vivir en zonas áridas donde la vegetación es tipo estepario o semidesértico. A diferencia de otras garrapatas los adultos son muy activos en la búsqueda de sus hospedadores, de ahí su denominación en inglés como "hunter ticks". Las especies de este género son grandes de color marrón oscuro y con unas patas largas y de aspecto anillado. Los ojos son semiesféricos, prominentes y bien delimitados. El capítulo es largo con unos palpos y un hipostoma de considerable longitud. La identificación de las diferentes especies de este género es compleja (**Figura 2a**). En la PI las dos especies endémicas y más importantes son *Hy. lusitanicum* e *Hy. marginatum*.

La distribución de *Hy. lusitanicum* es esencialmente ibérica y adaptada a la vegetación mesomediterránea. En la zona centro y sur de la PI es una garrapata frecuente de los bovinos,

en cambio no es habitual encontrarla en el Noroeste donde el clima es más fresco y húmedo. Como en la mayoría de las especies del género el ciclo de esta garrapata es de 3 hospedadores o trifásico. Las larvas y las ninfas son endófilas y parasitan al conejo silvestre (*Oryctolagus cuniculus*). Los adultos son exófilos y se alimentan en bovinos y otros ungulados domésticos y silvestres incluido el jabalí. Algunas veces puede llegar a picar a los humanos, pero con una frecuencia mucho menor que *Hy. marginatum* (**Tablas 2 y 4**). Está involucrada en la transmisión de patógenos a los animales entre los que destacamos: *Theileria annulata* (theileriosis bovina mediterránea) y *Theileria equi* (piroplasmosis equina).

A diferencia de la especie anterior *Hy. marginatum* es menos tolerante a unas condiciones de sequedad extrema. Su distribución geográfica abarca prácticamente toda la Cuenca Mediterránea. Es una garrapata con un ciclo de dos hospedadores (difásica) y ditropa. Los adultos, activos sobre todo durante los meses de marzo a junio, parasitan principalmente a los bovinos, pero también a otros ungulados (ovinos, caprinos, caballos). Las formas inmaduras, más activas en verano, se alimentan en lagomorfos, erizos y aves. Cuando parasita a aves migratorias esta garrapata puede ser desplazada a grandes distancias. Es una de las especies más citada entre las que pican los humanos (**Tablas 2 y 4**). Está involucrada en la transmisión de patógenos a los animales y a los humanos (**Tabla 3**) entre los que destacamos: El virus de la fiebre hemorrágica Crimea-Congo, *Babesia caballi* (Piroplasmosis equina) y *Th. annulata* (Theileriosis bovina).

Género *Rhipicephalus*

La mayoría de las especies de este género se concentran en África y en la Cuenca Mediterránea. Sin embargo, la garrapata del perro, *R. sanguineus*, tiene hoy en día una distribución prácticamente cosmopolita. Las especies que forman este género se caracterizan por tener un capítulo corto de base hexagonal. Actualmente se incluyen en el género *Rhipicephalus* las especies del género *Boophilus* que ha pasado a ser un subgénero de este. Las especies de la fauna ibérica se detallan en la **Tabla 2**. Excepto *R. pusillus* que es una garrapata del conejo silvestre, el resto de las especies (*R. sanguineus* s.l., *R. turanicus*, *R. bursa* y *R. annulatus*) parasitan también a los animales domésticos. En la biología de estas garrapatas encontramos especies con ciclos de 3 hospedadores (*R. sanguineus*, *R. turanicus* y *R. pusillus*), de dos hospedadores (*R. bursa*) y de un hospedador (*R. annulatus*).

R. bursa es una garrapata termófila, exófila y monótropa que parasita a ungulados domésticos y silvestres. En toda la Cuenca mediterránea es una de las garrapatas más abundantes. Al igual que *Hy. marginatum* se trata de una especie difásica porque las larvas se alimentan y mudan en el primer hospedador y no se desprenden hasta que la ninfa ha finalizado la ingesta de sangre. Está involucrada



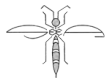


Tabla 2. Especies de garrapatas presentes en la Península Ibérica y Baleares, hospedadores que parasitan y frecuencia con la que se citan en humanos¹.

Género	Especie	Larvas y ninfas	Adultos	Humanos
<i>Argas</i>				
	<i>A. reflexus</i>	Aves	Aves	x
	<i>A. persicus</i>	Aves	Aves	x
	<i>A. vespertilionis</i>	Quirópteros	Quirópteros	
	<i>A. transgaripepinus</i>	Quirópteros	Quirópteros	
	<i>A. gilcolladoi</i>	Buitres	Buitres	
<i>Ornithodoros</i>				
	<i>O. coniceps</i>	Columbiformes	Columbiformes	x
	<i>O. capensis</i>	Aves marinas	Aves marinas	
	<i>O. maritimus</i>	Aves marinas	Aves marinas	x
	<i>O. erraticus</i>	Roedores y cerdo	Roedores y cerdo	x
<i>Dermacentor</i>				
	<i>D. marginatus</i>	Roedores, lepóridos y erizos	Ungulados	xxx
	<i>D. reticulatus</i>	Roedores, lepóridos y erizos	Carnívoros y ungulados	xx
<i>Haemaphysalis</i>				
	<i>H. punctata</i>	Mamíferos, aves y reptiles	Mamíferos i Aves	xx
	<i>H. sulcata</i>	Mamíferos, aves y reptiles	Rumiantes	x
	<i>H. inermis</i>	Roedores, aves y reptiles	Mamíferos y aves	x
	<i>H. concinna</i>	Mamíferos y aves	Mamíferos y aves	x
	<i>H. hispanica</i>	Lepóridos	Lepóridos	
<i>Hyalomma</i>				
	<i>H. marginatum</i>	Aves y lepóridos	Ungulados	xxx
	<i>H. lusitanicum</i>	Lepóridos	Ungulados	xx
	<i>H. aegyptium</i>	Tortugas	Tortugas	x
	<i>H. scupense</i>	Ungulados	Ungulados	
<i>Ixodes</i>				
	<i>I. hexagonus</i>	Erizos y carnívoros	Erizos y carnívoros	x
	<i>I. canisuga</i>	Carnívoros	Carnívoros	x
	<i>I. frontalis</i>	Aves	Aves	x
	<i>I. arboricola</i>	Aves	Aves	
	<i>I. simplex</i>	Quirópteros	Quirópteros	x
	<i>I. vespertilionis</i>	Quirópteros	Quirópteros	x
	<i>I. trianguliceps</i>	Insectívoros y roedores	Insectívoros y roedores	x
	<i>I. ventalloi</i>	Lepóridos, carnívoros y roedores	Lepóridos, carnívoros y roedores	x
	<i>I. ricinus</i>	Insectívoros, roedores, aves y reptiles	Ungulados y carnívoros	xxxx
	<i>I. inopinatus</i>	Reptiles	Carnívoros	
	<i>I. acuminatus</i>	Insectívoros y roedores	Insectívoros y roedores	
<i>Rhipicephalus</i>				
	<i>R. sanguineus</i>	Carnívoros	Carnívoros	xxx
	<i>R. turanicus</i>	Mamíferos	Ungulados	xxx
	<i>R. bursa</i>	Ungulados	Ungulados	xxx
	<i>R. pusillus</i>	Lepóridos	Lepóridos	x
	<i>R. annulatus</i>	Bóvidos	Bóvidos	x

¹Adaptado de Estrada-Peña (2015).



Tabla 3. Enfermedades que pueden transmitir las garrapatas a los humanos en la Península Ibérica (PI)¹.

Enfermedad	Patógeno	Vector en la PI	Observaciones
Fiebre botonosa mediterránea (FBM) y fiebres exantemáticas similares	<i>Rickettsia conorii</i> , <i>R. massiliae</i> , <i>R. sibirica mongolitimonae</i> , <i>R. aeschlimanni</i> *	Grupo <i>Rhipicephalus sanguineus</i> * <i>Ixodes ricinus</i>	Enfermedad relativamente frecuente.
Enfermedad de Lyme	<i>Borrelia burgdorferi sensu lato</i>	<i>I. ricinus</i>	Enfermedad relativamente frecuente
TIBOLA / DEBONEL / SENLAT	<i>R. slovacica</i> , <i>R. raoultii</i> y <i>R. rioja</i>	<i>Dermacentor marginatus</i>	Incidencia en aumento
Anaplasmosis granulocítica humana	<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>I. ricinus</i>	Rara
Babesiosis	<i>Babesia divergens</i> y <i>B. microti</i>	<i>I. ricinus</i>	Rara. Riesgo en personas inmunodeprimidas y esplenectomizadas
Tularemia	<i>Francisella tularensis</i>	Varias especies	Rara por picadura, es más habitual por contacto con animales
Fiebre hemorrágica Crimea-Congo (FHCC)	Virus de la FHCC	<i>Hyalomma marginatum</i>	Rara en la PI, solo dos casos. Se puede transmitir directamente entre personas
Fiebre recurrente transmitida por garrapatas	<i>Borrelia hispanica</i>	Complejo <i>Ornithodoros erraticus</i>	Infradiagnosticada
Encefalitis por garrapatas (TBE)	Virus (Flavivirus) de la TBE	<i>I. ricinus</i>	No descrita en la PI
Louping ill	Virus (Flavivirus) de la TBE	<i>I. ricinus</i>	No descrita en la PI

¹Adaptado de Dantas-Torres et al. (2011) y Oteo (2017).

Tabla 4. Garrapatas halladas fijadas en personas¹.

Especies	Núm. de garrapatas identificadas	%
<i>Ixodes ricinus</i>	595	52,8
<i>Dermacentor marginatus</i>	126	11,2
<i>Hyalomma marginatum</i>	125	11,1
<i>Rhipicephalus bursa</i>	111	9,8
<i>Rhipicephalus sanguineus</i> , Grupo	107	9,5
<i>Haemaphysalis punctata</i>	26	2,3
<i>Dermacentor reticulatus</i>	25	2,2
<i>Hyalomma lusitanicum</i>	11	1
<i>Haemaphysalis inermis</i>	1	0,1
	1.127	100

¹Datos obtenidos del programa para la prevención y control de zoonosis transmitidas por garrapatas de la Junta de Castilla y León (2014).

en la transmisión de patógenos a los animales entre los que destacamos: *Babesia bigemina* (*Babesiosis bovina*), *B. ovis* (*Babesiosis ovina*), *Anaplasma ovis*, *A. marginale* (anaplasmosis bovina) y *Theileria equi* (piroplamosis equina). Es una garrapata que se puede hallar en los humanos (**Tablas 2 y 4**).

R. turanicus, al igual que la especie anterior es una garrapata termófila ampliamente distribuida por toda la Cuenca Mediterránea. Es una especie trifásica con un comportamiento ditropo donde las formas inmaduras suelen ser endófilas y parasitan a micromamíferos y lagomorfos, los adultos son exófilos y prefieren animales de mayor tamaño. Aparentemente no es una garrapata muy selectiva en cuanto a hospedadores y se la cita tanto en animales domésticos como silvestres, ya sean carnívoros o ungulados. *R. turanicus* morfológicamente es muy similar a *R. sanguineus* y no siempre resulta fácil distinguir entre ambas especies. Actualmente el estatus taxonómico de esta especie está en discusión debido a la variabilidad morfológica, biológica y molecular que presentan especímenes recogidos en diferentes zonas geográficas e identificados como *R. turanicus*. Esta especie puede estar involucrada en la transmisión de patógenos a los animales y a los humanos entre los que destacamos: *B. ovis* (*Babesiosis ovina*), *Anaplasma ovis*, *Rickettsia massiliae* (Fiebre exantemática)

R. sanguineus s.l. es una garrapata trifásica, pero con un comportamiento monotropo y endófilo. Aunque puede parasitar a varias especies de animales domésticos y silvestres,





el perro es su principal hospedador (**Figura 3a**). El ciclo biológico lo puede completar en las instalaciones donde viven los perros. Por este motivo *R. sanguineus* s.l. tiene una distribución cosmopolita y se cita en países donde el clima no sería adecuado para la supervivencia esta garrapata termófila. En ambientes domésticos y peridomésticos en determinadas ocasiones puede llegar causar auténticas plagas. Las especies *R. sanguineus* s.l. y *R. turanicus* son morfológicamente muy similares lo cual dificulta su correcta identificación y genera algunas dudas sobre las citas bibliográficas existentes. Por otro lado, la taxonomía de *R. sanguineus* está actualmente en discusión debido a que se han identificado al menos dos linajes diferentes de garrapatas dentro de esta especie. Mientras este tema no se esclarezca se recomienda emplear la terminología *R. sanguineus* s.l. (sensu lato) (Nava, 2015). No hay que confundir esta terminología con la de grupo *R. sanguineus* que se emplea para incluir otras especies, en el caso de la fauna ibérica, *R. turanicus* y *R. pusillus*.

Las *R. sanguineus* s.l. no son especialmente agresivas para los humanos, pero debido a la estrecha convivencia entre perros y humanos las probabilidades de entrar en contacto con esta especie son más elevadas (**Tabla 4**). Con relación a la transmisión de patógenos a los animales y a los humanos (**Tabla 3**) destacamos: *Rickettsia conorii* (fiebre botonosa mediterránea), *Ehrlichia canis* (erliquiosis canina), *Hepatozoon canis* (hepatozoonosis canina), *Anaplasma platys* (trombopenia infecciosa canina), *Babesia vogeli* (babesiosis canina) y algunas especies de filarias del perro del género *Acanthocheilonema*.

R. (Boophilus) annulatus, todas las garrapatas del subgénero *Boophilus* son monofásicas, monotropas, exófilas y parasitan a grandes ungulados. *Bo. annulatus* puede transmitir a los bovinos enfermedades como la babesiosis (*B. bigemina* y *B. bovis*) y la anaplasmosis (*A. marginale*).

MEDIDAS PREVENTIVAS EN PERSONAS

Los humanos que han sido picados por garrapatas en algunas ocasiones desarrollan patologías derivadas de la inoculación de determinados patógenos (**Tabla 3**). Las medidas profilácticas pasan por evitar el contacto con las garrapatas y prevenir que se fijen en nuestra piel. En este sentido las recomendaciones serían: caminar por pistas, caminos y zonas despejadas de hierba y maleza, evitar sentarse o acostarse en suelos con vegetación, vestir ropa de colores claros y de manga larga que quede ajustada en sus extremos y usar repelentes aplicados en la ropa o en la piel.

En el caso de detectar algún ejemplar enganchado en la piel se debe retirar lo antes posible con el objetivo de disminuir la probabilidad de que nos inocule algún patógeno. No se recomienda el uso de los remedios tradicionales porque pueden incrementar el riesgo de inoculación de patógenos. El método recomendado se basa en el uso de unas pinzas de punta fina que permitan sujetar la garrapata por el capítulo y extraerla. Es conveniente desinfectar correctamente la herida y durante los días siguientes estar en observación, ante la presencia de fiebre, dolor de cabeza o algún tipo de lesión en la piel se debe acudir al médico.

REFERENCIAS

- Mans BJ, de Klerk D, Pienaar R y Abdalla A.** 2011. Nuttalliella namaqua: A Living Fossil and Closest Relative to the Ancestral Tick Lineage: Implications for the Evolution of Blood-Feeding in Ticks. PLoS ONE, Public Library of Science. DOI: 10.1371/journal.pone.0023675.
- Dantas-Torres F, Chomel BB y Otranto D.** 2012. Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. Trends in Parasitology, 28(10):437-46.
- Durden AL y Beati L.** 2014. Modern tick systematics. In Biology of ticks, Vol. I (D.E. Sonenshine & R.M. Roe, eds). Oxford University Press, Oxford, 17-58.
- Estrada-Peña A, Bouattour A, Camicas JL y Walker AR.** 2004. Ticks of domestic animals in the Mediterranean Region: a guide to identification of species. Zaragoza: University of Zaragoza, 131 pp.
- Estrada-Peña A, Mangold AJ, Nava S, Venzal JM, Labruna M, y Guglielmone AA.** 2010. A review of the systematics of the tick family Argasidae (Ixodida). Acarologia, 50: 317-333.
- Estrada-Peña A.** 2015. Orden Ixodida: Las garrapatas. Revista IDE@-SEA, 13: 1-15 pp. Accesible en: http://www.sea-entomologia.org/IDE@/revista_13.pdf
- Estrada-Peña A, Mihalca AD y Petney TN.** 2017. Ticks of Europe and North Africa. A Guide to Species Identification. Springer International Publishing, Berlin, 404 pp.
- Guglielmone AA y Nava S.** 2014. Names for Ixodidae (Acari: Ixodoidea): valid synonyms, *incertae sedis*, *nomina dubia*, *nomina nuda*, *lapsus*, incorrect and suppressed names – with notes on confusions and misidentifications. Zootaxa, 3767: 1-256
- Manilla G.** 1998. Fauna d'Italia. XXXVI. Acari: Ixodida. Edizioni Calderini, Bologna, 280 pp.
- Nava S, Estrada-Peña A, Petney T, Beati L, Labruna MB, Szabó MPJ, y col.** 2015. The taxonomic status of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806). Veterinary Parasitology, 208: 2-8.
- Oteo JA.** 2017. Enfermedades transmitidas por garrapatas. Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo. Revista de enfermedades emergentes, 16 (2): 86-114
- Pérez-Eid C.** 2007. Les tiques. Identification, biologie, importance médicale et vétérinaire. Paris: TEC&DOC, Lavoisier, coll. Monographies de microbiologie, 314 pp.
- Sonenshine DE y Roe RM.** 2014. Biology of Ticks. 2nd ed. (Vol. 2). Oxford: Oxford University Press, 491 pp.
- Walker AR, Bouattour A, Camicas JL, Estrada-Peña A, Horak IG, Latif AA y col.** 2003. Ticks of domestic animals in Africa. A guide to identification of species. Edinburgh: Bioscience Reports, 221 pp.



Mosquitos invasores a través de la mira del teléfono: contexto, retos y oportunidades

Roger Eritja¹ y Frederic Bartumeus^{1,2,3}

¹ CREAM, Cerdanyola del Vallès 08193, Spain.

² Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC), Blanes 17300, Spain. E-mail: fbartu@ceab.csic.es

³ ICREA, Institut Català de Recerca i Estudis Avançats, Barcelona 08010, Spain.

RESUMEN

El ritmo de dispersión global de las especies invasoras de mosquitos se ha incrementado exponencialmente en las últimas décadas, y lo ha hecho paralelamente a la globalización económica y sus consiguientes vías de transporte masivo y rápido. Siendo transmisoras de enfermedades humanas graves, la aparición de algunas de estas especies representa un problema grave de sanidad pública, como ya había sucedido con la introducción de *Aedes aegypti* en todo el Mediterráneo tres siglos atrás. Por ello es imprescindible la vigilancia sobre el territorio para la evaluación de riesgos. Sin embargo, el problema se ha abordado siempre mediante el establecimiento de sistemas de muestreo entomológico que pueden ser inadecuados para la situación actual, debido a las escalas y frecuencias actuales del fenómeno, que requieren nuevas herramientas de detección y seguimiento. La ciencia ciudadana basada en nuevas tecnologías es una de ellas, y gracias a su escalabilidad puede complementar muy bien los métodos existentes. Además, proporciona beneficios adicionales en el tratamiento social del problema, ya que al empoderar la ciudadanía ésta puede participar activamente al recibir conocimientos concretos que facilitan soluciones a escala local. En un futuro próximo debería ser posible establecer sistemas combinados de vigilancia, alerta y gestión que integren datos provenientes de herramientas tradicionales y datos ciudadanos en base a nuevas tecnologías. Estos sistemas prometen ser más coste-efectivos y mucho más eficaces a escala de país, pero requieren de la complicidad de muchos actores y de la capacidad de innovación en sanidad pública.

PALABRAS CLAVE: Mosquito, *Aedes albopictus*, invasor, vigilancia, ciencia ciudadana.

MOSQUITOS INVASORES: EL MOSQUITO TIGRE COMO PARADIGMA

La introducción de algunas especies invasoras de mosquito que son vectores de enfermedades humanas conlleva un importante factor de riesgo sanitario. Estos eventos se están multiplicando en Europa en las últimas décadas, paralelamente al desarrollo de nuevas vías y tecnologías de transporte global que los hacen posibles. El éxito de estas especies reside, por una parte, en su capacidad para explotar estos nuevos canales de transporte, y por la otra, su adaptación a hábitats larvarios artificiales, también disponibles gracias a la actividad humana (Juliano y Lounibos, 2005). Les ayuda a ello su facultad de producir huevos resistentes a la desecación, y en algunos casos, poseer capacidad de hibernación.

El paradigma actual en Europa meridional es el mosquito tigre (*Aedes albopictus*, **Figura 1**), que desde sus orígenes asiáticos se ha establecido en amplias áreas en todos los continentes, excepto el Antártico. En el caso de España, a su detección en

2004 (Aranda et al., 2006) le ha seguido una rápida dispersión a lo largo de la costa mediterránea (Collantes et al., 2015). Este mosquito es vector de dengue, chikunguña y Zika así como de más de 20 otras enfermedades (Paupy et al., 2009; Wong et al., 2013; Grard et al., 2014; Vega-Rua et al., 2014). El riesgo sanitario en nuestro país es secundario al no ser endémica ninguna de las principales, estando limitado a posibles brotes autóctonos locales originados a partir de la llegada de viajeros enfermos e infectivos, si se produjese en una área colonizada por el vector y en las condiciones adecuadas. Estos eventos ya se han producido en varios casos europeos tanto para dengue en Francia y Croacia (ej. La Ruche et al., 2010) como por chikunguña en Italia (Angelini et al., 2007) y en Francia. La simple presencia de la especie, por otra parte, implica una pérdida grave de calidad de vida, tratándose de un insecto agresivo, diurno y fuertemente ligado a las viviendas, cuyas larvas explotan aguas en recipientes artificiales que la población no percibe como un riesgo al formar parte del acervo cultural.





Figura 1. Algunos mosquitos invasores y vectores de enfermedades del género *Aedes*. De izquierda a derecha: *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti*, *Ae. koreicus*.

OTRAS ESPECIES INVASORAS

Desgraciadamente, el problema no se refiere a una única especie. Desde 1979 en que se produjo la llegada del mosquito tigre a Albania (Adhami y Murati, 1987), otras cuatro especies invasoras de mosquito han sido identificadas y están progresando en el ámbito europeo (Schaffner et al., 2013). Aunque presentan algunas diferencias en su ecología, preferencias ambientales y capacidad vectorial, las 5 especies pertenecen al género *Aedes* y comparten sus rasgos básicos, como el uso de pequeñas masas de agua para su cría larvaria.

El establecimiento de *Aedes japonicus ssp japonicus* se comprobó por primera vez en Suiza en 2008. Anteriormente se había detectado en Francia en el año 2000 en un cargamento de neumáticos, de donde se le pudo erradicar; y en Bélgica en 2002 donde se estableció localmente sin expandirse posteriormente. Es especie menos agresiva que *Ae. albopictus* y parece tener preferencia por climas más fríos que éste: se ha establecido en regiones de Suiza, Bélgica, Alemania, Austria, Eslovenia (Medlock, 2012) y norte de Francia. Se asume que en estas áreas representará la molestia principal, por delante de *Aedes albopictus* si se llegase a establecer. Aunque presenta cierta capacidad vectorial para varias arbovirosis entre las cuales encefalitis japonesa, chikunguña, dengue y virus del oeste del Nilo, su papel en condiciones naturales está por determinar y no se le considera como un riesgo de primer orden (Kauffman y Fonseca, 2014).

Aedes koreicus (Figura 1) se detectó en primer lugar en 2011 en Italia (Montarsi et al., 2015) donde se expande internamente desde entonces. Sin embargo, posteriormente fue detectado también en Bélgica. Siendo su aparición relativamente reciente, su capacidad invasora está por evaluar no conociéndose sus medios de dispersión. De biología y morfología próximas a *Ae. japonicus*, posee como éste la capacidad de hibernar y está bien adaptado al entorno urbano, alimentándose sobre humanos con facilidad. Su capacidad vectorial aparentemente

presenta un espectro menor, siendo el riesgo principal la encefalitis japonesa.

A diferencia de las demás, que tienen un origen asiático o africano, *Aedes atropalpus* es una especie norteamericana que se detectó por primera vez en Italia en 1996 y ha tenido apariciones locales en Holanda y en Francia desde entonces, casi siempre relacionadas con el comercio de neumáticos (Medlock, 2012). A pesar de que en Holanda se la ha encontrado en hábitats larvarios diferentes de los neumáticos, su capacidad invasora está por evaluar, así como su potencial como vector.

Aedes aegypti (Figura 1) es un importante vector global cuya trayectoria pasada en el Mediterráneo describimos más adelante. A diferencia de su pariente próximo el mosquito tigre -que penetra esporádicamente en las viviendas pero se siente más a gusto entre la vegetación-, es fuertemente endófilo, y totalmente antropófilo. Su característica más relevante, sin embargo, probablemente sea su incapacidad para producir formas hibernantes, lo que limita en teoría su distribución geográfica.

En nuestra opinión, las dos especies invasoras que deben preocuparnos más desde una perspectiva histórica, geográfica y ambiental son *Aedes albopictus* y *Ae. aegypti*, que reunimos bajo la denominación "Aedes urbanos". Aun siendo conscientes de lo simplista de esta nomenclatura, resulta útil y descriptiva al incluir dos especies de espectro vectorial muy similar, perfectamente adaptadas a las viviendas y con fuertes tendencias antropófilas en la picadura. Ciertamente es posible encontrar puntualmente otros *Aedes* en las ciudades pero están ligados a hábitats naturales -muy especialmente limnodendrófilos-, mientras que las larvas de las dos especies que nos interesan se encuentran rutinariamente en objetos producidos y utilizados por las personas, dispuestos o abandonados en las viviendas.



LA RECURSIVIDAD HISTÓRICA DE LAS INVASIONES

La intensidad de la oferta actual de oportunidades de desplazamiento de mosquitos ofrecidas por las actividades humanas se ha multiplicado en varios órdenes de magnitud en muy pocos años, con lo que el fenómeno se acelera en paralelo a la globalización económica.

Sin embargo, éste no es un problema nuevo en nuestras latitudes, puesto que alguna de estas especies ya causó gravísimos problemas trescientos años atrás. Concretamente, el tráfico de esclavos desde África había propiciado la introducción de *Aedes aegypti* y la fiebre amarilla en las Américas recién descubiertas, y del mismo modo, preparó el terreno para el fenómeno equivalente desde allí hacia Europa entre 1700 y principios del siglo XX.

Así, los episodios de fiebre amarilla -y esporádicamente de dengue- se iniciaban en los puertos al desembarcar las mercancías de ultramar, los mosquitos y las tripulaciones enfermas. Duraban meses y penetraban tierras adentro, hasta latitudes de clima totalmente desfavorable. Conocedores del riesgo, algunas autoridades alertadas por otros buques de la enfermedad a bordo de un navío en aproximación, podían perfectamente negarle el desembarco e incluso cañonearlo frente a la costa.

Esta situación pudo cobrarse la vida de más de medio millón de españoles únicamente en el período 1800-1850 (Rico-Avelló y Rico, 1953). Hubo que enfrentarse a epidemias muy severas sin muchos recursos, siendo una incógnita su causa real al desconocerse el papel del mosquito en la transmisión de la enfermedad. Los científicos, divididos en bandos contagionistas e infeccionistas, se enfrentaban en ardientes discusiones, que quedaron zanjadas en 1881, cuando el médico cubano Carlos Finlay describió la responsabilidad de *Aedes aegypti* en la transmisión de la fiebre amarilla.

Este caso de *Aedes aegypti* en su conjunto constituye una historia apasionante, especialmente considerando que posteriormente la especie declinó hasta desaparecer completamente de todo el Mediterráneo durante la primera mitad del siglo XX. No existen más que suposiciones sobre los motivos, que debieron ser múltiples. La ampliación y mejora de la red de distribución de agua potable suprimió innumerables focos de cría al convertir en innecesarios los bidones en los zaguanes. Se postula generalmente que las campañas de control del paludismo tuvieron un efecto colateral sobre *Aedes aegypti* (Reiter, 2001). Es cierto que las aplicaciones residuales de insecticida en los interiores de los domicilios debieron de afectar mucho la especie, que es fuertemente endófila; pero no es menos cierto que el problema del paludismo se daba con intensidad en zonas más bien rurales, mientras que el mosquito de la fiebre amarilla siempre fue -como su primo

Aedes albopictus- muy urbano. Al carecer de capacidad de hibernación, *Aedes aegypti* se halla limitado en cuanto a rango geográfico potencial a isothermas de enero superiores a 10 grados centígrados aunque los pocos modelos existentes (ECDC, 2012a) sugieren que puede perfectamente adaptarse a grandes áreas del Mediterráneo sur, de donde desapareció.

Sabemos que la última cita de *Aedes aegypti* en España es la proporcionada por Ramon Margalef en el año 1939 (Margalef, 1943). No se le ha vuelto a encontrar desde entonces, a pesar de la confusión generada por algunas revisiones de su distribución realizadas sobre bibliografía y sin poder sospechar una desaparición de la que no había registros (Rico-Avelló y Rico, 1953). No es hasta una época más moderna en que se consideró *Ae.aegypti* extinguida (Eritja et al., 2000).

El caso del resto del Mediterráneo es muy parecido, lo cual es harto chocante si consideramos que en el bienio 1927-28, la especie había provocado una epidemia de dengue en Grecia con un millón de casos, (entre ellos el 90% de la población de Atenas) y 1.500 fallecimientos registrados (Rosen, 1986; Schaffner y Mathis, 2014).

Conocer los motivos de su desaparición un siglo atrás sería útil en vistas a su preocupante avance contemporáneo; por una parte, en la costa meridional del Mar Negro (Yunicheva et al., 2008, Akiner et al., 2016) de donde se sospecha que pudo no llegar a desaparecer nunca en realidad (Schaffner y Mathis, 2014), y por la otra, en la isla de Madeira en 2004 (Margarita et al., 2006), donde propició entre 2012 y 2013 una epidemia de dengue con más de 2.200 casos confirmados (Sousa et al., 2012). Finalmente, en 2017 la especie apareció en la isla de Fuerteventura, en Canarias (Gobierno de Canarias, 2017), lo cual, obviamente, es un toque de atención relevante para el Mediterráneo español.

MECANISMOS DE DISPERSIÓN Y SU POTENCIACIÓN EN UN CONTEXTO DE GLOBALIZACIÓN

El fenómeno de la globalización económica ayudada por nuevas tecnologías de la comunicación ha producido una auténtica revolución en los estilos de vida, especialmente en lo que se refiere a la aceleración del consumo en la sociedad occidental. Los bienes producidos a gran escala en países-factoría se transportan ahora de forma masiva y llegan a destino en cuestión de horas. Las personas por su parte, gozan de una capacidad de desplazamiento a nivel mundial nunca vista. Como resultado, se dan ahora multitud de nuevas oportunidades de transporte accidental de los vectores, así como facilidades para las personas para enfermar





en países endémicos transportando a su vez los patógenos correspondientes a los vectores ya establecidos en sus domicilios.

Se ha comprobado que los mosquitos invasores se dispersan mediante una diversidad de vías de transporte ligadas a la actividad comercial humana, bien sea masivamente en cargamentos, o bien como especímenes adultos desplazados individualmente. En el primer caso, se trata del desplazamiento accidental a larga distancia de fases inmaduras (larvas, pupas y los resistentes huevos) a bordo de embarcaciones y camiones que transportan mercancías tales como neumáticos usados, o ciertas plantas como el Bambú de la Suerte (*Dracaena sandariana*). Son mercancías que no sólo pueden contener elevadas cantidades de agua y altas densidades de mosquitos, sino que por su naturaleza se almacenan al aire libre, lo cual incrementa sus posibilidades de establecimiento a su llegada y depósito en descampados periurbanos. Se ha comprobado en múltiples ocasiones que éste es el mecanismo responsable de los saltos intercontinentales a bordo de barcos (Hawley et al., 1987; Dalla Pozza y Majori, 1992) así como de los desplazamientos internos a distancias moderadas, a través de camiones cargados con neumáticos en EEUU y en Italia (Moore y Mitchell, 1997; Knudsen et al., 1996).

La paradoja de una especie invasora extremadamente eficaz reside en que los adultos tienen una capacidad de vuelo autónomo muy baja (Hawley, 1988; Honório et al., 2003; Marini et al., 2010), lo cual descarta la hipótesis más intuitiva para explicar su expansión local a partir de los núcleos de introducción. Se ha comprobado, sin embargo, que la dispersión a menor escala puede ser facilitada por los automóviles particulares (Eritja et al., 2017). A diferencia del anterior, este mecanismo involucraría individuos en fase adulta y en baja densidad en cada evento individual, lo que sin embargo es compensado por la elevada frecuencia de repetición del fenómeno. Esto es fácilmente visualizable si se piensa en los 6,5 millones de viajes diarios en automóvil en el área de Barcelona, y en un 0,5% de vehículos positivos por mosquito tigre (Eritja et al., 2017). Este mecanismo podría ser menos relevante a distancias largas puesto que los adultos son vulnerables, especialmente frente a las condiciones ambientales de un automóvil en verano a causa de la climatización interior.

Se describe así un esquema de dispersión estratificada (Roche et al., 2015, Liebhold y Tobin, 2008), frecuente en especies invasoras y que combina varios mecanismos de transporte a diferentes escalas geográficas, involucrando diferentes fases biológicas de la especie. El resultado global en este caso es un rápido desplazamiento a localidades remotas con una alta probabilidad de establecimiento, seguido por posteriores radiaciones locales más lentas.

VIGILANCIA Y CONTROL DE MOSQUITOS INVASORES: EL BINOMIO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

Métodos tradicionales de vigilancia: el problema de escala

El evidente riesgo sanitario así como la protección de la calidad de vida de la ciudadanía obligan a mantener una vigilancia sobre la dispersión del mosquito tigre y un monitoreo de la posible llegada de las otras especies, y muy concretamente de *Aedes aegypti*. En el caso de *Aedes albopictus* existe una exigencia adicional derivada desde el área de Medio Ambiente por su inclusión en el Catálogo español de especies invasoras creado por la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Esto implica la obligación legal de plantear planes no ya solamente de vigilancia, sino de contención y erradicación.

¿Cómo se articula esta red de alertas? La vigilancia de los mosquitos invasores no puede estructurarse únicamente usando muestreos dirigidos, porque la dispersión estratificada sobre múltiples frentes tal y como la hemos descrito, permite a las especies invasoras superar muy rápidamente las jurisdicciones. Las campañas tradicionales de vigilancia entomológica son necesarias (ECDC, 2012b) pero quedan muy limitadas a nivel de escalas puesto que los saltos a gran distancia son el resultado de actividades comerciales no monitorizables y fundamentalmente desconocidas por la Administración pública. En lo referente al tráfico internacional existe la obligación de la vigilancia y control de vectores en puntos de entrada en puertos y aeropuertos según el Reglamento Sanitario Internacional (OMS, 2005), así como inspección de cargamentos, que es dificultada por cuestiones comerciales, normativa de libre circulación de mercancías, fragmentación de competencias y ausencia de los recursos necesarios.

No es mejor la situación en lo referente al comercio a nivel nacional, al no existir posibilidad de control del transporte de productos entre zonas colonizadas por mosquitos invasores y las zonas libres de ellos; ni al transporte rodado diario por movilidad laboral, que implica un gran número de coches circulando desde las principales ciudades costeras (que normalmente presentan altas densidades de mosquito tigre) hacia el interior (Eritja et al., 2017). Examinando el preocupante ejemplo del comercio de los neumáticos usados (Roiz et al., 2007) así como los primeros resultados de flujos de mosquito entre provincias en España por carretera (Eritja et al., 2017), no podremos más que asumir -con gran desazón- que existen probabilidades altísimas de desplazamiento de *Aedes albopictus* a lo largo de toda la estación activa, hacia cualquier punto del territorio español.

De hecho, los resultados de los métodos de vigilancia tradicionales no invitan realmente al optimismo, puesto que



muchos de los nuevos hallazgos de especies invasoras, incluido el caso español de *Aedes albopictus* (Aranda, 2006) o el portugués en Madeira con *Ae.aegypti* (Almeida et al., 2007) no han sido obtenidos gracias a dispositivos formales de vigilancia gubernamental sobre puntos de entrada de mercancías o viajeros, sino por el público en general. En unas ocasiones estas alarmas se desencadenaron por comunicaciones ciudadanas a sus autoridades municipales; en otras, se identificaron a través de los profesionales sanitarios (Giménez et al., 2007) por las consecuencias de unas picaduras antes inexistentes; y finalmente, otra vía es la ciencia ciudadana, que tratamos a continuación.

La ciencia ciudadana: el problema de la calidad y la apertura de datos

La dispersión estratificada que se halla en la misma base del éxito del insecto sugiere que su seguimiento también debería de realizarse incorporando simultáneamente diferentes escalas, tanto locales como globales, siendo claves los mecanismos que permitan una recopilación masiva de datos, y que además puedan ser escalables con la misma agilidad de la especie invasora (Kampen et al., 2015, Palmer et al., 2017). Gracias a las nuevas tecnologías como Internet, las redes sociales, y los teléfonos móviles inteligentes, los programas de ciencia ciudadana actuales proporcionan un mecanismo de este tipo permitiendo la participación del público en general a grandes escalas. La educación y la concienciación ciudadana han sido y siguen siendo claves en los programas de vigilancia y control de vectores, pero las nuevas tecnologías están amplificando las posibilidades y los canales de comunicación y participación.

En Europa, pero también en Estados Unidos y Australia, existen ya un buen número de programas de ciencia ciudadana que, explotando nuevas tecnologías, alientan a la sociedad civil a participar en una amplia gama de aspectos relacionados con la presencia de mosquitos transmisores de enfermedades, o mosquitos en general. Los objetivos de estos proyectos son muy diversos y pueden ir desde la catalogación de la biodiversidad de mosquitos (ej. Muckenatlas), la evaluación de su molestia e impacto social en grandes ciudades (ej. Bitebytes, Zanzamap), la colaboración directa en la gestión diaria de vigilancia y control de mosquitos diana junto con agencias de salud pública y servicios de control de mosquitos (ej. Mosquito Alert), o el mapeo de criaderos de mosquitos para educar en la prevención de la emergencia de posibles enfermedades (ej. Mosquito Habitat Mapper). Es importante destacar que la mayoría de los programas tienen en común un fuerte componente educativo y de sensibilización, que es clave para prevenir el riesgo de enfermedad y controlar las especies en áreas privadas. Los resultados de estas iniciativas se pueden ya empezar a ver, y son tan diversos como sus objetivos y métodos. En Holanda, el proyecto Muggenradar se ha utilizado como un método eficaz para la recolección de

especímenes para aclarar la distribución de biotipos de *Culex pipiens* (Vogels Chantal et al., 2015). En Alemania, Mückenatlas ha demostrado ser eficaz en la detección de cambios en la fauna de mosquitos, incluyendo la llegada de nuevas especies (Walther y Kampen, 2017), y en España, Mosquito Alert ha añadido pruebas a la dispersión del mosquito tigre en coche (Eritja et al., 2017).

La ventaja de todas estas redes de participación ciudadana es que están bien posicionadas para eludir las barreras geográficas o administrativas que, junto a imposibilidades presupuestarias, reducen los métodos tradicionales al estudio local de unas pocas áreas que se supone por algún motivo que son susceptibles de ser invadidas. Sin embargo, la duda reside en la calidad de los datos que este tipo de aproximaciones pueden llegar generar, y en particular, su capacidad predictiva y utilidad para la gestión y evaluación de riesgos. En este sentido, cada vez hay más pruebas de que la combinación de datos ciudadanos con otras fuentes de información (**Figura 2**) puede mejorar significativamente nuestro conocimiento entomológico (Kampen et al., 2015; Barceló et al., 2015; Collantes et al., 2015; Collantes et al., 2016; Delacour-Estrella et al., 2014; Delacour-Estrella et al., 2016). Más recientemente, Palmer et al. (2017) demuestran que una vez minimizados los sesgos asociados al uso de móviles como herramientas de recolección de datos, los datos de ciencia ciudadana pueden tener la misma calidad y poder predictivo que los datos obtenidos mediante métodos de trapeo tradicional (ej. trampas de oviposición), siendo la diferencia clave su mayor escalabilidad y flexibilidad. Así pues, la combinación de datos de ciudadanos con otras fuentes de datos (**Figura 2**), agrega solidez estadística y ofrece una base sólida para implementar estrategias de gestión más rentables a largo plazo (Palmer et al., 2017; Eritja et al., 2017).

En contextos de salud pública, el hecho que la ciencia ciudadana es una ciencia abierta y participativa podría verse como una limitación. Empoderar a la ciudadanía con determinada información podría llegar a ser contraproducente o poco funcional (ej. generación de falsas alarmas, falta de jerarquización en la transmisión de información). Pero el empoderamiento ciudadano bien gestionado, en base a información contrastada y filtrada científicamente, siempre debe considerarse positivo a largo plazo, y de hecho, una sociedad madura debería tender a él.

Mosquito Alert como caso de referencia en España

Mosquito Alert (www.mosquitoalert.com) es un proyecto de ciencia ciudadana que empieza con un proyecto piloto en 2013 bajo el nombre de AtrapaelTigre (Oltra et al., 2016) y que se ha abierto al gran público e ido desarrollando desde 2014 hasta ahora. La misión de Mosquito Alert es ofrecer herramientas útiles, innovadoras y actualizadas para el estudio, seguimiento y control de mosquitos distribuidos globalmente y vectores de enfermedades (i.e. *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*). Mosquito





Alert es un observatorio, una plataforma, y una comunidad para:

- (i) la detección temprana de mosquitos invasores de interés,
- (ii) el seguimiento y control de mosquitos vectores, complementando métodos tradicionales,
- (iii) la investigación y predicción de riesgos de enfermedades transmitidas por mosquitos,
- (iv) la información, educación y generación de conocimiento general sobre mosquitos y sus riesgos,
- (v) el empoderamiento ciudadano y la innovación.

Gracias a este observatorio han sido posibles en España varios descubrimientos de la especie en regiones muy alejadas del frente de invasión asumido (Delacour-Estrella et al., 2014; Delacour-Estrella et al., 2016; Palmer et al., 2017). En los años 2014 y 2015 aproximadamente el 50% de descubrimientos de mosquito tigre en nuevos municipios se originó desde el observatorio Mosquito Alert, el otro 50% via métodos de vigilancia tradicional (Palmer et al., 2017). Mosquito Alert, ha permitido también descubrir nuevas distribuciones provinciales de otras especies de mosquitos de interés (Eritja et al., 2018). A lo largo de estos años, Mosquito Alert se ha ido integrando paulatinamente en el sistema de vigilancia y control a nivel de país (MSSSI, 2016). También existen colaboraciones en marcha a nivel de CCAA (Madrid, Cataluña, Canarias) y de grandes ciudades (ej. Barcelona o Valencia), e iniciativas de colaboración con municipios pequeños. Igualmente, se están desarrollando proyectos educativos transversales donde se potencia el uso de nuevas tecnologías para comprender conceptos básicos de salud pública, entomología médica, epidemiología, y corresponsabilidad social.

Mosquito Alert debe ser considerado un nuevo canal de información y de generación de datos, que funciona de forma sinérgica con los sistemas de prevención, vigilancia y control entomológico tradicionales, allá donde los haya (véase **Figura 2**). De esta manera se explota lo mejor de la entomología médica y de las nuevas tecnologías, aumentando la eficacia del control vectorial y la capacidad de anticipación y preparación ante crisis de salud pública derivadas de la posible aparición de casos autóctonos de arbovirosis, que no se ha producido hasta el momento en España. En base a esta idea, hemos dedicado muchos esfuerzos a facilitar el acceso a los datos desde la plataforma Mosquito Alert, tanto a ciudadanos como a administraciones, y a la comunicación entre ciudadanos y agentes del control vectorial o salud pública (véase documentación de todo ello

en mosquitoalert.com). Este proceso culmina con la necesidad de desarrollar un Portal de Gestión de acceso privado donde se pueden cotejar los datos de distribución de vectores (datos de trampeos y ciudadanos) con información epidemiológica y social, que son fundamentales para la prevención de riesgos. En un futuro, esperamos visualizar modelos de riesgo derivados de toda esa información conjunta, a tiempo casi real, tanto para ciudadanos como para gestores.

La ciencia ciudadana planteada como una herramienta de gestión innovadora, y combinada con soluciones de análisis y modelización "big data" como sugiere la hoja de ruta de Naciones Unidas (UN Global Pulse, 2012; Hay et al., 2013), puede ser instrumental para mitigar el riesgo y reducir las amenazas de salud por enfermedades transmitidas por vectores acoplando escalas de actuación local y global. Por un lado, la ciencia ciudadana aumenta la información ya disponible de fuentes de salud pública (datos autoritativos), y por otro, permite distribuirla de manera rápida y eficaz, sin limitaciones de escala. De hecho, el uso de nuevas tecnologías y la participación ciudadana nos conduce directamente a nuevos modelos de innovación para la sanidad pública (Curley y Salmelin, 2013; Curley, 2016). Una invención puede llegar a convertirse en innovación cuando es adoptada por muchos y muy diversos sectores interesados: sociedad civil, gobierno y administraciones públicas, academia, y sector privado (ej. empresas de control de plagas), que activamente la transforman y le agregan valor (Curley y Salmelin, 2013).

En otras palabras, la innovación ocurre cuando el cliente (en este caso diversificado y masivo) deja de ser un sujeto pasivo y se convierte en co-creador de valor, un sujeto activo del proceso de innovación. En este sentido, la plataforma Mosquito Alert ha demostrado ser válida como prueba de concepto, pero elevarla a un modelo de innovación en el ámbito de la sanidad pública es todo un reto que supera ampliamente el

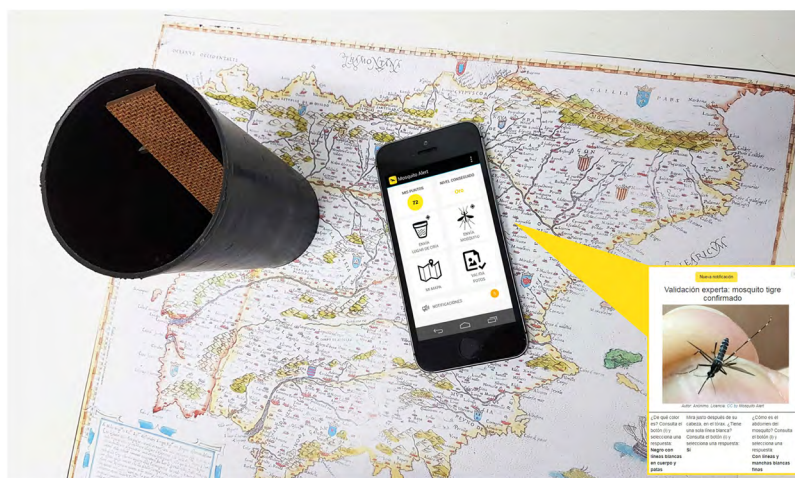


Figura 2. Vigilancia y control de mosquitos invasores transmisores de enfermedades en España. La combinación de métodos tradicionales con el uso de nuevas tecnologías y la participación ciudadana puede generar sistemas de gestión y predicción de riesgo más avanzados, flexibles y escalables, que permitan una mejor y más rápida adaptación al proceso de invasión y preparación a la problemática de salud pública que conlleva.



entorno académico que la originó. A pesar que la situación de riesgo en España requiere de una herramienta así, sin una amplia y diversificada complicidad social e intersectorial que asegure la manutención del sistema y permita un buen uso y una explotación integral de los datos, la idea de observar mosquitos a través de la mira del teléfono nunca llegará al *status* de innovación. Si se consigue, la promesa consiste en revolucionar -entre todos- la gestión del riesgo de enfermedades transmitidas por mosquitos en España.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el trabajo de todo el equipo de Mosquito Alert y todos los ciudadanos anónimos que han ofrecido voluntariamente su tiempo y energía para participar en Mosquito Alert. Mosquito Alert está actualmente impulsado por la Fundación Bancaria 'la Caixa' y la Diputación de Salud de Girona (Dipsalut) y esponsorizada por la empresa Lokimica S.A. FB quiere también agradecer la financiación recibida de MINECO 2014-2017 (CGL2013-43139-R) y la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FCT-13-7019, FCT-15-9515).

REFERENCIAS

Adhami J y Murati N. 1987. Présence du moustique *Ae. albopictus* en Albanie. *Revist Mjebesore* 1: 13–16.

Akiner MM, Demirci B, Babuadze G, Robert V y Schaffner F. 2016. Spread of the Invasive Mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Black Sea Region Increases Risk of Chikungunya, Dengue, and Zika Outbreaks in Europe. *PLoS Negl Trop Dis* 10(4): e0004664. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004664>

Almeida AP, Gonçalves YM, Novo MT, Sousa CA, Melim M y Grácio AJ. 2007. Vector monitoring of *Aedes aegypti* in the Autonomous Region of Madeira, Portugal. *Eurosurveillance* 12:46

Angelini R1, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropulacos K, Macini P, Fiorentini C, Fortuna C, Venturi G, Romi R, Majori G, Nicoletti L, Rezza G y Cassone A. 2007. An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Eurosurveillance* 6;12(9):E070906.1.

Aranda C, Eritja R y Roiz D. 2006. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Medical and Veterinary Entomology* 20, 150–152.

Barceló C, Bengoa M, Moneris M, Molina R, Delacour-Estrella S, Lucientes S y Miranda MA. 2015. First record of *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera; Culicidae) from Ibiza (Balearic Islands; Spain). *Journal of the European Mosquito Control Association* 33, 14.

Collantes F, Delacour S, Alarcón-Elbal PM, Ruiz-Arondo I, Delgado JA, Torrell-Sorio A, Bengoa M, Eritja R, Miranda MA, Molina R y Lucientes J. 2015. Review of ten-years presence of *Aedes albopictus* in Spain 2004–2014: known distribution and public health concerns. *Parasites and Vectors* 8, 655.

Collantes F, Delacour S, Delgado JA, Bengoa M, Torrell-Sorio A, Guinea H, Ruiz S, Lucientes J y Mosquito Alert. 2016. Updating the known distribution of *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) in Spain 2015. *Acta Tropica* 164, 64–68.

Curley M y Salmelin B. 2013. Open Innovation 2.0-A New Paradigm (EU Open Innovation and Strategy Policy Group, 2013).

Curley M. 2016. Twelve principles for open innovation 2.0. *Nature* 533:314-316.

Dalla Pozza G. y Majori G. 1992. First record of *Aedes albopictus* establishment in Italy. *Journal of the American Mosquito Control Association* 8, 318–320.

Delacour-Estrella S, Collantes F, Ruiz-Arondo I, Alarcón-Elbal PM, Delgado JA, Roger E, Bartumeus F, Oltra A, Palmer JRB y Lucientes J. 2014. Primera cita de mosquito tigre, *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae), para Andalucía y primera corroboración de los datos de la aplicación Tigatrapp. *Anales de Biología*. 36, 93–96.





- Delacour-Estrella S, Ruiz-Arrondo I, Alarcón-Elbal PM, Bengoa M, Collantes F, Eritja R, Ventura M, Martínez-Gavín A, Lucientes J y AtrapaelTigre.** 2016. Primera cita del mosquito invasor *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) en Aragón: confirmación de su presencia en Huesca capital. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 58, 157–158.
- ECDC.** 2012a. The climatic suitability for dengue transmission in continental Europe. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control.
- ECDC.** 2012b. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Technical report. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control.
- Eritja R, Aranda C, Padrós J, Goula M, Lucientes J, Escosa R, Marquès E y Cáceres F.** 2000. An annotated checklist and bibliography of the mosquitoes of Spain (Diptera: Culicidae). European Mosquito Bulletin 8: 10-18.
- Eritja R, Palmer JRB, Roiz D, Sanpera-Calbet I y Bartumeus F.** 2017. Direct evidence of *Aedes albopictus* dispersal by car. Scientific Reports 7:14399.
- Eritja R, Rubido-Bará M, Delacour-Estrella S, Bengoa M, Ruiz-Arrondo I y Comunidad Mosquito Alert.** 2018. Ciencia ciudadana y biodiversidad: primera cita de *Aedes (Fredwardsius) vittatus* (Bigot, 1861) (Diptera: Culicidae) en Galicia, mediante el proyecto Mosquito Alert. Anales de Biología 40: 41-45.
- Giménez N, Barahona M, Casasa A, Domingo A, Gavagnach M y Martí C.** 2007. Llegada de *Aedes albopictus* a España, un nuevo reto para la salud pública. Gaceta Sanitaria 21(1): 25-28.
- Gobierno de Canarias. El Sistema de Vigilancia Entomológica de Canarias detecta la presencia de mosquito *Aedes aegypti* en Fuerteventura.** Lanzadera, 13 diciembre 2017, <http://www.gobcan.es/noticias/lanzadera/90127/sistema-vigilancia-entomologica-canarias-detecta-presencia-mosquito-aedes-aegypti-fuerteventura>. Última consulta en 16/4/2018.
- Grard G, Caron M, Mombo IM, Nkoghe D, Mboui Ondo S, Jiolle D, et al.** 2014. Zika virus in Gabon (Central Africa) – 2007: a new threat from *Aedes albopictus*? PLoS Neglected Tropical Diseases 8, e2681.
- Hawley WA, Reiter P, Copeland RS, Pumpuni CB y Craig GB.** 1987. *Aedes albopictus* in North America: probable introduction in used tires from northern Asia. Science 236, 1114–1116.
- Hawley WA.** 1988. The biology of *Aedes albopictus*. Journal of the American Mosquito Control Association 4, 1–39.
- Hay SI, George DB, Moyes CL y Brownstein JS.** 2013. Big Data Opportunities for Global Infectious Disease Surveillance. PLoS Med 10(4): e1001413.
- Honório NA, Silva Wda C, Leite PJ, Gonçalves JM, Lounibos LP y Lourenço-de-Oliveira R.** 2003. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an urban endemic dengue area in the State of Rio de Janeiro, Brazil. Memórias Instituto Oswaldo Cruz 98, 191–198.
- Juliano SA y Philip Lounibos L.** 2005. Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. Ecology Letters 8, 558–574.
- Kampen H, Medlock JM, Vaux AGC, Koenraadt CJM, van Vliet AJH, Bartumeus F, Oltra A, Sousa CA, Chouin S y Werner D.** 2015. Approaches to Passive Mosquito Surveillance in the EU. Parasites and Vectors 8 (9): 1–13.
- Kauffman MG y Fonseca DM.** 2014. Invasion Biology of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). Annual Review of Entomology 59: 31–49. DOI: 10.1146/annurev-ento-011613-162012.
- Knudsen AB, Romi R y Majori G.** 1996. Occurrence and spread in Italy of *Aedes albopictus*, with implications for its introduction into other parts of Europe. Journal of the American Mosquito Control Association 12, 177–183.
- La Ruche G, Souarès Y, Armengaud A, Peloux-Petiot F, Delaunay P, Desprès P, et al.** 2010. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. Eurosurveillance 15: 19676.
- Liebhönd AM y Tobin PC.** 2008. Population ecology of insect invasions and their management. Annual Review of Entomology 53, 387–408.
- Margalef R.** 1943. Sobre la ecología de las larvas de algunos culicidos. Graellsia 1: 7-12.
- Margarita Y, Santos Grácio AJ, Lencastre I, Silva AC, Novo T, Sousa C, et al.** 2006. First record of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae) in Madeira Island. Acta Parasitológica Portuguesa, 2006; 13:59-61.
- Marini F, Caputo B, Pombi M, Tarsitani G y della Torre A.** 2010. Study of *Aedes albopictus* dispersal in Rome, Italy, using sticky traps in mark-release-recapture experiments. Medical and Veterinary Entomology 24, 361–8.
- Medlock JM, Hansford KM, Schaffner F, Versteirt V, Hendrickx G, Zeller H y Van Bortel W.** 2012. A review of the invasive mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. Vector-borne and zoonotic diseases, 12: doi:10.1089/vbz.2011.0814.
- Montarsi F, Drago A, Martini S, Calzolari M, De Filippo F, Bianchi A, Mazzucato M, Ciocchetta S, Arnoldi D, Baldacchino F, Rizzoli A y Capelli G.** 2015. Current distribution of the invasive mosquito species, *Aedes koreicus* [*Hulecoeteomyia koreica*] in northern Italy. Parasites and Vectors 8: 614.
- Moore CG y Mitchell CJ.** 1997. *Aedes albopictus* in the United States: ten-year presence and public health implications. Emerging Infectious Diseases 3, 329–334.



- MSSSI (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad), varios autores.** 2016. Plan nacional de preparación y respuesta frente a enfermedades transmitidas por vectores. Parte I: Dengue, Chikungunya y Zika. MSSSI, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Abril 2016.
- Oltra A, Palmer JRB y Bartumeus F.** 2016. AtrapaelTigre.com: Enlisting Citizen-Scientists in the War on Tiger Mosquitoes. In *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information*, edited by Cristina Capineri, Muki Haklay, Haosheng Huang, Vyrion Antoniou, Juhani Kettunen, Frank Ostermann, and Ross Purves, 295–308. London: Ubiquity Press.
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** 2005. Reglamento Sanitario Internacional. Tercera Edición, Ginebra.
- Palmer JBR, Oltra A, Collantes F, Delgado JA, Lucientes J, Delacour S, Bengoa M, Eritja R y Bartumeus F.** 2017. Citizen science provides a reliable and scalable tool to track disease-carrying mosquitoes. *Nature Communications* 8: 916.
- Paupy C, Delatte H, Bagny L, Corbel V y Fontenille D.** 2009. *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. *Microbes and Infection* 11, 1177–1185.
- Reiter P.** 2001. Climate Change and Mosquito-Borne Disease. *Environmental Health Perspectives* 109, supp. 1.
- Rico-Avelló y Rico C.** 1953. Fiebre amarilla en España. *Revista de Sanidad e Higiene Pública XXVII* (1-2): 29-87.
- Roche B, Léger L, L'Ambert G, Lacour G, Foussadier R, Besnard G, et al.** 2015. The spread of *Aedes albopictus* in metropolitan France: contribution of environmental drivers and human activities and predictions for a near future. *PLoS One* 10, 1–13.
- Roiz D, Eritja R, Escosa R, Lucientes J, Marquès E, Melero-Alcibar R, Ruiz S y Molina R.** 2007. A survey of mosquitoes breeding in used tires in Spain for the detection of imported potential vector species. *Journal of Vector Ecology* 32 (1): 10-15.
- Rosen L.** 1986. Dengue in Greece in 1927 and 1928 and the pathogenesis of dengue hemorrhagic fever: new data and a different conclusion. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 35:642–653.
- Schaffner F, Medlock JM y Van Bortel W.** 2013. Public health significance of invasive mosquitoes in Europe. *Clinical Microbiology and Infection* 19: 685-692.
- Schaffner F y Mathis A.** 2014. Dengue and dengue vectors in the WHO European region: past, present, and scenarios for the future. *The Lancet Infectious Diseases* 14: 1271–80.
- Sousa CA, Clairouin M, Seixas G, Viveiros B, Novo MT, Silva AC, Escoval MT y Economopoulou A.** 2012. Ongoing outbreak of dengue type 1 in the Autonomous Region of Madeira, Portugal: preliminary report. *Eurosurveillance* 17: 20333.
- UN Global Pulse,** 2012. Big Data for Development: Challenges and Opportunities.
- Vega-Rua A, Zouache K, Girod R, Failloux A-B y Lourenco-de-Oliveira R.** 2014. High level of vector competence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from ten American countries as a crucial factor in the spread of Chikungunya virus. *Journal of Virology* 88, 6294–6306.
- Vogels CB, van de Peppel LJ, van Vliet AJ, Westenberg M, Ibañez-Justicia A, Stroo A, Buijs JA, Visser TM y Koenraadt CJ.** 2015. Winter Activity and Aboveground Hybridization Between the Two Biotypes of the West Nile Virus Vector *Culex pipiens*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 15(10).
- Walther D, y Kampen H.** 2017. The Citizen Science Project 'Mueckenatlas' Helps Monitor the Distribution and Spread of Invasive Mosquito Species in Germany. *Journal of Medical Entomology*, 54 (6), pp. 1790–1794.
- Wong P-S J, Li MI, Chong, C-S, Ng L-C y Tan C-H.** 2013. *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse): a potential vector of Zika virus in Singapore. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 7, 1–5.
- Yunicheva YU, Ryabova TE y Markovich NY.** 2008. First data on the presence of breeding populations of the *Aedes aegypti* L. mosquito in Greater Sochi and various cities of Abkhazia. *Meditin Parazitol i Parazitarnye Bolezni* 3: 40–43.





Las termitas en España

M. Gaju-Ricart¹, J. Carbonero-Pacheco y R. Molero-Baltanás

Dpto. de Zoología. Campus de Rabanales, Edif. C. Darwin 3ª pl. Universidad de Córdoba. 14014 Córdoba.

¹ E-mail: ba1garim@uco.es

RESUMEN

Se describe la situación actual del conocimiento de las termitas en España. Se aporta información sobre las características anatómicas y biológicas de las termitas. Actualmente se conocen siete especies de termita en España, seis autóctonas entre la península Ibérica y las islas Canarias y una especie invasora introducida en ambos territorios. Se proporciona información sobre la taxonomía, biología y daños que provocan las cuatro especies de termitas que constituyen plagas en España: *Kaloterms flavicollis*, *Cryptotermes brevis*, *Reticulitermes banyulensis* y *R. grassei*. Se comenta la Norma UNE 56418 desarrollada para establecer un protocolo de actuación para tratamientos de plagas de termitas en los cascos urbanos.

PALABRAS CLAVE: Isoptera, *Reticulitermes*, *Cryptotermes*, *Kaloterms*, plagas urbanas.

INTRODUCCIÓN

¿Qué son las termitas? Las termitas o termes, también llamadas comején, son insectos exopterigotos, hemimetábolos, que viven en grupos con una organización social (termiteros o colonias) en los que se observa un evidente polimorfismo (castas), con un número limitado de individuos reproductores asociados con numerosos individuos estériles diferenciados en soldados y obreras. En todas las castas los individuos pueden ser machos o hembras. Los termes son insectos detritívoros que se alimentan de materia de origen vegetal, que puede proceder de árboles muertos o de restos vegetales en el suelo. A pesar de poseer celulasas, las termitas degradan la celulosa mediante la colaboración de otros organismos endosimbiontes (flagelados y/o bacterias) o que cultivan en sus termiteros (hongos). El hábitat natural de las termitas son los bosques y las sabanas, sin embargo, algunas especies viven en medios urbanos donde se alimentan de estructuras de madera o de otros productos de origen vegetal (cartón o papel) provocando en ocasiones daños irreparables. Aunque no constituyen una plaga de "Sanidad Ambiental" y no afectan la salud humana, pueden provocar daños por colapso de edificios y graves daños tanto al patrimonio de los ciudadanos (**Figura 1**) como al Patrimonio Histórico-Artístico.

Según Khishna et al. (2013) se conocen aproximadamente 2900 especies de termitas junto con otras 140 especies fósiles (las más primitivas, del cretácico inferior, de aproximadamente 130 m.a. (Grimaldi et al., 2008; Vrsansky y Aristov, 2014)). Se distribuyen por todas las regiones tropicales, subtropicales y buena parte de las zonas templadas del mundo, estando los límites de su área de distribución aproximadamente a 45° latitud N y S. La mayor diversidad se da en las zonas tropicales; en España continental sólo se conocen tres especies autóctonas.



Figura 1. Ejemplo de daños que pueden causar las termitas. Se aprecia la destrucción que han provocado en la parte superior del marco de una puerta.



De todas las especies de termitas, tan sólo unas 150 son potencialmente peligrosas porque han provocado daños en ambientes urbanos (Pearce, 1997). Sin embargo, son muchas menos las especies que se consideran invasoras y, según Evans et al. (2013), 29 especies de termitas se han diseminado fuera de sus zonas de origen, principalmente al ser transportadas por el hombre.

En este artículo describiremos las características anatómicas básicas de las termitas y su ciclo de vida; también indicaremos las especies de termitas que viven en España, los daños que provocan y los métodos para su tratamiento y control.

CARACTERÍSTICAS DE LAS TERMITAS

Como se ha indicado, las termitas son insectos hemimetábolos y exopterigotas; todas las especies viven en colonias con una relación eusocial entre los individuos, distinguiéndose básicamente tres castas: reproductores primarios, obreras y soldados. Cada una de estas castas, descritas con detalle en Gaju et al (2015), poseen características anatómicas propias que describiremos brevemente.

Reproductores primarios: Equivalen a los imagos típicos del ciclo de vida de un insecto hemimetábolo como resultado del desarrollo progresivo de las etapas juveniles previas (ninfas), a las que se les van desarrollando progresivamente los esbozos de las alas y las gónadas. El desarrollo tiene lugar dentro del termitero y una vez completado, los imagos alados salen durante la enjambrazón (**Figura 2**). Se caracterizan por tener los dos pares de alas casi iguales (característica que da nombre al grupo: Isópteros). Macho y hembra son muy parecidos, distinguiéndose por la presencia de un par de pequeños estilos en el último esternito abdominal del macho. Hembra y macho conjuntamente son los fundadores de una nueva colonia; tras perder las alas, excavan una galería en un tronco de madera e inician la puesta de huevos y cuidado de la primera generación de termitas de la colonia; cuando se forman las primeras obreras, éstas ya se dedican a las funciones propias de su casta y los reproductores sólo a la reproducción.

Obreras: Representan la persistencia del estado juvenil. Tienen el aspecto de ninfas que no han desarrollado esbozos de alas. Sus características más significativas son la ausencia de ojos y de pigmento corporal. Su labor en la colonia es la de buscar alimento, cuidar las larvas (estadios I y II) y construir y limpiar el termitero.

Soldados: Son termitas que han modificado su cabeza, de forma que en algunas especies se hipertrofia y presenta mandíbulas muy desarrolladas (**Figura 3**) que utilizan para defender la colonia de otros animales que la atacan, mientras que otras especies desarrollan una glándula cefálica que segrega una sustancia irritante utilizada para la defensa de la colonia. Los soldados se originan a partir de obreras; su proporción en la

colonia es variable, en general en una proporción muy inferior a la de obreras

Además de estas tres castas básicas, en las colonias de termitas podemos encontrar otros individuos que, en sentido estricto, no son equivalentes a los descritos:



Figura 2. Enjambrazón de *Reticulitermes grassei* en Córdoba. Pueden verse numerosos imagos alados que han salido entre baldosas del suelo, donde se observa la cabeza de una obrera que les ha facilitado la salida.

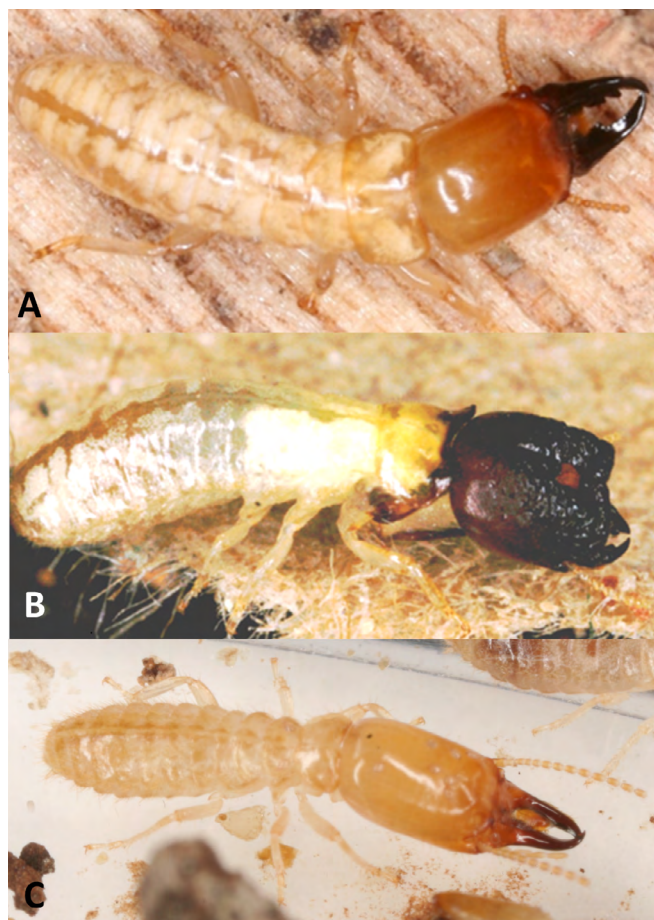


Figura 3. Soldados de los tres géneros de termitas presentes en la península ibérica: A.- *Kalotermes flavicollis*; B.- *Cryptotermes brevis*; C.- *Reticulitermes grassei*. Puede verse el gran desarrollo de cabeza y mandíbulas en A y C, mientras que en B se aprecia una cabeza deforme con mandíbulas reducidas.





Ninfas: son las etapas juveniles de los individuos que se transformarán en reproductores primarios, inician el desarrollo de esbozos de alas a partir del estadio III y, en función de las especies, la ninfa VII se transformará en imago alado.

Pseudoergados: En las familias de termitas más primitivas (termitas inferiores) existe un tipo de obrera que tiene la capacidad de transformarse en otras formas de la colonia (soldados o ninfas) y también en la siguiente forma que vamos a describir.

Reproductores secundarios: dependiendo de las especies, ninfas, pseudoergados u obreras se pueden transformar en reproductores, que mantienen el aspecto de la casta de la que se han formado, con algún pequeño cambio, como un incremento de pigmentación corporal y aparición de esbozos de ojos, pero nunca alcanzan el aspecto de los reproductores primarios. En las especies que sólo permiten una pareja reproductora, sustituyen a cualquiera de los dos que hayan muerto; sin embargo, en las especies que permiten más reproductores, pueden incrementar en mucho la capacidad reproductora de la colonia (puede haber cientos).

CICLO BIOLÓGICO DE LAS TERMITAS

Los termites son insectos hemimetábolos, pero su ciclo biológico se ha alterado con la aparición de la casta obrera y soldado. El ciclo típico hemimetábolo está representado por el desarrollo de las ninfas hasta el imago alado, que se alcanza tras siete mudas; sin embargo, las obreras permanecen en estado juvenil, sin esbozos de alas y, como particularidad, parece que sean insectos ametábolos ya que pueden continuar mudando el resto de su vida, que se puede prolongar más de cuatro años. Por el contrario, los soldados se originan a partir de obreras o pseudoergados que, tras una muda intermedia que forma el denominado soldado blanco, vuelve a mudar en soldado definitivo y no mudará más el resto de su vida, que también puede superar los cuatro años.

El ciclo biológico de la colonia como superorganismo se fundamenta en la cooperación de todas las castas descritas previamente. Los reproductores primarios o secundarios se encargan de la reproducción, poniendo constantemente huevos, que son cuidados por las obreras. Estas cuidarán también de los dos primeros estadios de desarrollo (larvas I y II) y se encargarán de alimentar a los reproductores y soldados mediante trofalaxia boca-boca. Los soldados defienden la colonia con la colaboración de las obreras. Los trabajos de construcción del termitero, de abrir nuevas vías de circulación y de buscar alimento son realizados por las obreras.

A los pocos años de su fundación la colonia inicia la producción de imagos, que tras salir por enjambrazón fundarán nuevos termiteros. Las colonias de Kalotermítidos que viven confinadas

en el interior de estructuras de madera, podrán sobrevivir mientras haya madera para comer, después la colonia se extingue. Al contrario, las termitas subterráneas (género *Reticulitermes*) van extendiendo el termitero progresivamente y buscan nuevas fuentes de alimento; podemos pensar que pueden ser eternos, mientras localicen fuentes de alimento van a sobrevivir.

CLASIFICACIÓN DE LAS TERMITAS

Desde hace muchos años se consideraba que los Isópteros estaban relacionados filogenéticamente con las cucarachas, principalmente porque la familia más primitiva (*Mastotermitidae*), pone los huevos en paquetes, de modo parecido a como lo hacen las cucarachas (ootecas) y porque una familia de cucarachas es xilófaga (*Cryptocercidae*) y, muchas especies de este grupo tienen tendencia al gregarismo (¿paso previo a la eusociabilidad?). Este hecho se ha demostrado recientemente mediante estudios genéticos (Inward et al., 2007; Harrison et al., 2018) quedando todos los isópteros incluidos entre los Blatodeos, pero formando un grupo homogéneo (monofilético).

La clasificación actual incluye 7 familias, seis de ellas (*Mastotermitidae*, *Termopsidae*, *Hodotermitidae*, *Kalotermitidae*, *Rhinotermitidae* y *Serritermitidae*) consideradas termitas inferiores (tienen endosimbiontes flagelados en su intestino) y una, la más diversificada al estar representada por más de 2000 especies, *Termitidae*, que carecen de dichos endosimbiontes, aunque tienen bacterias.

LAS TERMITAS EN ESPAÑA

En España peninsular, incluyendo las islas Baleares, se conocen sólo tres especies de termitas autóctonas: *Kalotermes flavicollis* (Fabricius, 1793), *Reticulitermes grassei* Clément, 1977 y *R. banyulensis* Clément, 1977. En las islas Canarias se han citado tres especies más, los kalotermítidos *Kalotermes dispar* Grassé, 1938 y *Bifiditermes rogiaræ* Hollande, 1982 y el termitido *Eutermes canariensis* Czerwinski, 1901.

Por otro lado, tanto en España peninsular como en el archipiélago canario, se han citado especies alóctonas introducidas, siendo la más destacable *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853), por constituir una plaga muy insidiosa. Se ha sugerido que la especie americana *R. flavipes* (Kollar, 1837) introducida en Francia (costa atlántica) podría haber llegado a las provincias vascas.

De todas las especies citadas, se considera que *K. flavicollis*, *C. brevis* y las dos de *Reticulitermes* son las causantes de plagas en ambientes urbanos o agrícolas en nuestro país y, de ellas vamos a comentar aspectos relativos a su biología, distribución y tratamiento.



***Kaloterme flavicollis*:**

Kalotermítido con una distribución circunmediterránea. La biología de esta especie se describe en Bach de Roca y Gaju-Ricart (1998). Es una especie que sólo admite una pareja reproductora en su colonia; ésta es de tamaño reducido y se ubica en el interior de troncos de madera; afecta árboles o arbustos vivos que progresivamente va destruyendo hasta causar su muerte; la colonia se ubica en la zona de madera muerta, pero a medida que aumenta la población se va extendiendo. La colonia sobrevive mientras haya madera que comer en el árbol. Cuando la colonia alcanza la madurez, se inicia la producción de imagos alados que salen progresivamente de la colonia en los meses de otoño.

Kaloterme flavicollis es una especie problemática en España porque causa daños en cultivos leñosos (árboles frutales y viñas) (Bach de Roca y Gaju-Ricart, 1998); también en árboles urbanos como los plátanos de sombra (*Platanus x hispanica* Mill. ex Münchh, 1770); también es causa de destrucción de estructuras de madera en inmuebles urbanos.

Su tratamiento en medios agrícolas es difícil, ya que cada año se producen nuevos enjambrazones y cada árbol o cepa puede tener una o varias colonias. La pareja fundadora entra en los árboles por las heridas de poda o grietas en el tronco. En los viñedos de Jerez se han descrito daños muy importantes (López et al. 2003). Los tratamientos químicos son contraproducentes por tratarse de cultivos para consumo humano.

En varias ciudades se ha citado la presencia de *K. flavicollis* en el arbolado urbano, como Sevilla, Córdoba o Madrid (Noble et al., 2004; Elías-Bonells, 2017; Sánchez-Blanco y Septién, s.f.). En este caso, el problema es la rotura de ramas de gran porte que pueden causar daños a transeúntes. Las labores de mantenimiento del arbolado urbano deberían ser suficientes para eliminar las ramas afectadas.

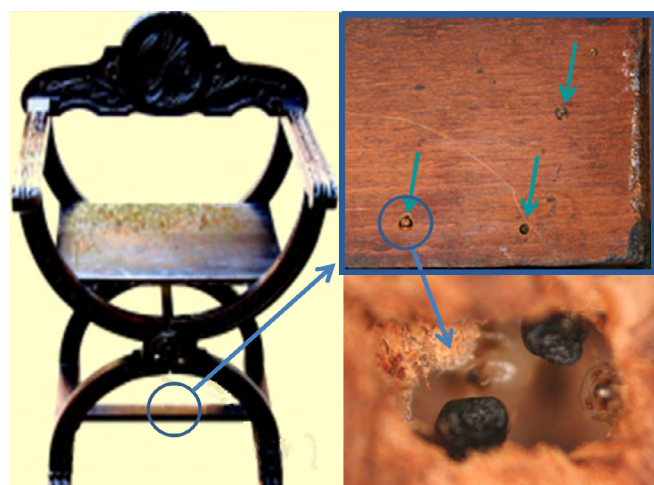


Figura 4. Ejemplo del lugar dónde puede formar una colonia *Cryptoterme brevis*. La silla es de una vivienda de Barcelona y en el travesaño inferior se pueden ver unos agujeros en los que se distingue la cabeza de soldados y obreras de esta especie de termita.

También se han citado en viviendas, causando daños en estructuras como marcos de puertas o ventanas (Benamejí, Córdoba) y también en suelos de madera en viviendas de Barcelona (información proporcionada por IBERTRAC S.L.). Al ser colonias circunscritas a la madera y de tamaño relativamente reducido, el tratamiento químico o mediante microondas es efectivo para su eliminación.

***Cryptoterme brevis*:**

Kalotermítido originario de Sudamérica (Scheffrahn et al., 2009) y diseminado por todo el mundo mediante el transporte de enseres de nuestras viviendas. Sus colonias son algo más reducidas que las de *K. flavicollis*, contando generalmente con unos centenares de individuos. Al proceder de una zona árida de balance hídrico muy negativo (costa entre Chile y Perú), soportan bien la falta de humedad y pueden vivir en muebles de nuestras viviendas (**Figura 4**). Su localización es difícil, ya que cuando se detectan, sus colonias pueden haber generado ya algunos enjambrazones y colonizado otros muebles de la vivienda; su presencia es indicada por un pequeño montón de excrementos debajo del mueble (parecido al montón de serrín de la carcoma) (**Figura 5**). En España peninsular se citó por primera vez en la costa mediterránea (C.I.E.: CABI, 1980; Edwards y Mill, 1986), pero la cita no se ha podido confirmar y puede corresponder a una interpretación errónea de la cita de Torres-Juan (1968) en Canarias. Posteriormente Nunes et al. (2010) confirmaron su presencia en Lisboa y Barcelona, ciudad en la que se considera que la especie está bien establecida (se conocen más de 10 citas en varias zonas de la ciudad); también se ha encontrado en otras localidades de Barcelona y Gerona y, en San Sebastián se confirma su presencia (Maidar Arana, com. personal) pero no se puede asegurar que se haya establecido (una única cita); comentarios de algunos controladores de plagas sugieren su presencia en otras ciudades de la península. En Canarias se considera que está bien establecida (Torres-Juan, 1968).

El tratamiento depende de dónde se localice la colonia: si es un mueble, se puede incluir en una cámara o bolsa para hacer un



Figura 5. Diferencias entre el serrín de una carcoma (Coleoptera: Anobiidae) a la izquierda y excrementos de *Cryptoterme brevis* (derecha). En ambos casos aparecen debajo de los agujeros por donde los expulsan.





tratamiento de atmósfera anóxica; pero si es una estructura del inmueble, deberá hacerse tratamiento químico o choque con microondas.

Reticulitermes banyulensis* y *R. grassei

Son termitas pertenecientes a la familia Rhinotermitidae. Hasta hace unos años se consideraba que la única especie de este género en Europa occidental era *R. lucifugus* (Rossi, 1792), pero Clément en 1977 la fragmenta en tres especies (*R. lucifugus* en Italia; *R. banyulensis* en la costa mediterránea francesa hasta Castellón y ocupando también el valle del Ebro y, *R. grassei* extendida por el sur y costa atlántica de Francia y el resto de la península Ibérica). Es difícil distinguir estas tres especies morfológicamente y su identificación se efectúa mediante análisis genéticos. Las dos especies ibéricas ocupan áreas geográficas disjuntas (Figura 6), aunque en algunas zonas colindantes se pueden hallar ambas (Lefebvre et al., 2016). Pertenecen al grupo denominado termitas subterráneas, al tener termiteros difusos con núcleos de población dispersos e interconectados por galerías subterráneas; sus termiteros pueden abarcar amplios territorios que pueden superar los 2000 m² (Gaju et al., 2002). Su hábitat natural son bosques (tanto pinares como encinares) y zonas con vegetación arbustiva. Constituyen un grave problema cuando afectan a ciudades, ya que si no se controlan a tiempo pueden ocupar grandes extensiones de los cascos urbanos, desde el nivel del suelo hasta varias plantas de altura (Alcaide et al., 2010). Durante muchos años el tratamiento para su control era mediante barreras químicas con sustancias tóxicas, a veces de gran persistencia; en ocasiones tratamientos mal realizados provocaban la diseminación de la colonia, extendiendo el problema. Actualmente, el método más empleado para su control es el de cebos con sustancias de baja toxicidad y efecto retardado que actúan cuando las termitas efectúan la muda (Gaju et al., 2008). Otro efecto de este tipo de productos es que permite su distribución por la colonia a través de los intercambios de comida (trofalaxia), lo que acelera el proceso de eliminación.

Dado el grave problema detectado en algunos municipios y con la finalidad de que los tratamientos de control se realicen de la manera más eficaz posible, el Grupo de trabajo "Expertos en termitas" del Subcomité Técnico 4 "Protección de Maderas" en el que están integrados Centros de Investigación, Universidades, Administraciones y Empresas de control de plagas, organizado dentro del Comité Técnico de Normalización CTN-56 "Maderas y corcho" de la Asociación Española de Normalización (UNE), ha elaborado un protocolo, elevado a Norma

(UNE 56418) donde se establecen los pasos a seguir para una correcta erradicación de las termitas en los cascos urbanos. Se establece una fase de activación (cuando se supone que puede haber una plaga de termitas), una fase de diagnóstico (para confirmar si son o no termitas), una fase de tratamiento (para la erradicación de las termitas) y finalmente una fase de mantenimiento.

Por otro lado, dado el desconocimiento general sobre los municipios afectados en España y para que sirva de información tanto para administraciones como para ciudadanos, se está elaborado un mapa de termitas de España, todavía en fase de desarrollo (Figura 7).

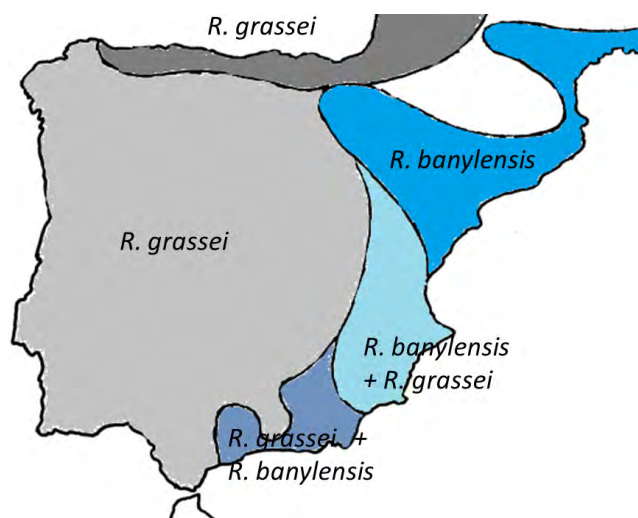


Figura 6. Distribución conocida de las especies de *Reticulitermes* en la península Ibérica. Modificado de Lefebvre et al. (2016). Las poblaciones de termitas estudiadas en cada zona se distinguen por diferentes patrones genéticos. Se interpreta que *R. banyulensis* y *R. grassei* se originaron en sur de la península o el norte de África y después de las glaciaciones del Cuaternario se expandieron hacia el Norte.



Figura 7. Imagen del programa informático que se ha desarrollado para estudiar la distribución de termitas en España. El programa ha sido financiado por ANECPILA y el INIA. Puede verse la distribución de *Kaloterms flavicollis* en base a los datos introducidos. Los números corresponden al número de citas.



REFERENCIAS

- Alcaide E, Molero R, Díz J y Miquel Gaju M.** 2010. Control of *Reticulitermes grassei* as a pest in Spain: Termite distribution in an urban area. International Research Group on Wood Protection. Doc.: IRG/WP 10-10719. Pp: 2-14.
- Bach de Roca C y Gaju-Ricart M.** 1998. Els tèrmits que ataquen els nostres arbres. Catalunya Rural i Agraria nº 45: 17-20.
- Commonwealth Institute of Entomology. (C.I.E.)** 1980. Distribution Map of Pests nº 77. Pest: *Cryptotermes brevis* (Wik.). CAB.
- Edwards R, Mill P.** 1986. Termites in buildings. Their biology and control. East Grinstead, UK; Rentokil Ltd., 261pp.
- Elías Bonells, J.** 2017. Estudio de las cavidades presentes en los plátanos de Sevilla. <https://jardinessinfronteras.com/2017/10/25/estudio-de-las-cavidades-presentes-en-los-platanos-de-sevilla/> (acceso 14/03/2018).
- Evans TA, Forschler BT y Grace JK.** 2013. Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review. Annual Review of Entomology, 58: 455-474.
- Gaju M, Notario M^aJ, Mora R, Alcaide E, Moreno T, Molero R y Bach de Roca C.** 2002. Termite Damage to Buildings in the Province of Córdoba, Spain. Sociobiology 40 (1): 78-85.
- Gaju-Ricart M, Urbano-Luque M, Molero-Baltanás R, Patiño-Martínez C y Bach de Roca C.** 2008. Laboratory evaluation of four benzoylphenylureas against two species of *Reticulitermes Holmgren*, 1913 (Isoptera: Rhinotermitidae) from Southwest Europe. International Research Group on Wood Protection. Doc.: IRG/WP 08-30472. Pp: 2-9.
- Gaju Ricart M, Bach de Roca C y Molero Baltanás R.** 2015. Orden Isoptera. Revista IDE@ - SEA, nº 49: 1-17.
- Grimaldi D, Engel MS, y Krishna K.** 2008. The Species of Isoptera (Insecta) from the Early Cretaceous Crato Formation: A Revision. American Museum Novitates No 3626 pp:30.
- Harrison MC, Jongepier E, Robertson HM, Arning N, Bitard-Feildel T, Chao H, Childers CP, Dinh H, Doddapaneni H, Dugan S, Gowin J, Greiner C, Han Y, Hu H, Hughes DST, Huylmans AK, Kemena C, Kremer LPM, Lee SL, Lopez-Ezquerria A, Mallet L, Monroy-Kuhn JM, Moser A, Murali SC, Muzny DM, Otani S, Piulachs MD, Poelchau M, Qu J, Schaub F, Wada-Katsumata A, Worley KC, Xie Q, Ylla G, Poulsen M, Gibbs RA, Schal C, Richards S, Belles X, Korb J y Bornberg-Bauer E.** 2018. Hemimetabolous genomes reveal molecular basis of termite eusociality. Nature Ecology and Evolution, 2: 557-566.
- Inward D, Beccaloni G y Eggleton P.** 2007. Death of an order: a comprehensive molecular phylogenetic study confirms that termites are eusocial cockroaches. Biology Letters, 3: 331-335.
- Krishna K, Grimaldi DA, Krishna V y Engel MS.** 2013. Treatise on the Isoptera of the World. Bulletin of the American Museum of Natural History, 37, 202 pp.
- Lefebvre T, Vargo EL, Zimmermann M, Dupont S, Kutnik M y Bagnères AG.** 2016. Subterranean termite phylogeography reveals multiple postglacial colonization events in southwestern Europe. Ecology and Evolution 6(16): 5987-6004.
- López MA, Ocete R y Gonzalez-Andújar JL.** 2003. Logistic model for describing the pattern of flight of *Kaloterms flavicollis* (Fabricius) (Isoptera, Kalotermitidae) in Sherry vineyards. Eppo Bulletin, 33: 331-333.
- Noble M, Pavón V, Pradas I, López MA, Ocete R y Torrent P.** 2004. Incidencia de *Kaloterms flavicollis* (Fabricius) (Isoptera, Kalotermitidae) en tres especies del arbolado urbano de Sevilla. Boln. San. Veg. Plagas, 30: 469-474.
- Nunes L, Gaju M, Krecek J, Molero R, Ferreira MT y Bach de Roca C.** 2010. First record of urban invasive *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae) in continental Spain and Portugal. Journal of Applied Entomology, 134(8): 637-640. DOI:10.1111/j.1439-0418.2009.01490.x
- Pearce MJ.** 1997. Termites. Biology and Pest Management. CAB International. UK.
- Sánchez-Blanco M y Septién A. (s.f.)** Defectos y anomalías del Arbolado viario de Madrid. Guía de reconocimiento y diagnóstico. pp. 201. <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/ZonasVerdes/ContenidosGenericos/DefectosArbolado.pdf> (acceso, 14/03/2018)
- Scheffrahn RH, Krecek J, Ripa R y Luppichini P.** 2009. Endemic origin and vast anthropogenic dispersal of the West Indian drywood termite. Biol. Invasions 11 (4): 787-799. DOI 10.1007/s10530-008-9293-3.
- Torres Juan J.** 1968. Los organismos xilófagos y su tratamiento. Ministerio de Agricultura. Servicio de Plagas forestales. Madrid.
- UNE 56418.** 2016. Protocolo de actuación en cascos urbanos afectados por ataques de termitas subterráneas. Aenor.
- Vrsansky P y Aristov D.** 2014. Termites from the Jurassic/Cretaceous boundary; evidence for the longevity of their earliest genera. Eur. J. Entomol., 111(1): 137-141.





Actualización de los conocimientos sobre los Flebotomos Ibéricos (Diptera: Psychodidae)

Javier Lucientes

Departamento de Patología Animal. Instituto Agroalimentario de Aragón ia2. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Calle Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza. E-mail: jlucien@unizar.es

RESUMEN

Los flebotomos son pequeños dípteros pertenecientes a la Familia Psychodidae y subfamilia Phlebotominae que tienen un gran interés sanitario debido a su capacidad para transmitir enfermedades, gracias a los hábitos hematófagos de las hembras. Se encuentran repartidos por toda España tanto peninsular como insular aunque son muy escasos en las Islas Canarias. A pesar de tener ciclo evolutivos terrestres se tienen grandes desconocimientos de sus lugares de cría. Se hace una breve descripción de sus costumbres resaltando aquellos aspectos más relacionados con su papel como vector de enfermedades y se describen brevemente los métodos de control más actualizados sobre estos insectos.

PALABRAS CLAVE: *Phlebotomus*, distribución, biología, control, España.

INTRODUCCIÓN

Los Flebotomos en la Península ibérica tienen un interés fundamentalmente sanitario. Aunque sus picaduras pueden producir reacciones alérgicas en las personas sensibles estas son muy localizadas y poco reactivas, pero su mayor importancia es por su capacidad para actuar como transmisores de enfermedades. De ellas tal vez la más conocida en España es la Leishmaniosis canina, que también afecta a otros animales incluso al hombre, pero también es un eficaz vector de diversos virus de sintomatología sobre todo de tipo nervioso en humanos. Por ello el profundizar en su bioecología permite conocer mejor la epidemiología de las enfermedades de las que son vectores y desarrollar planes de control más eficientes. En este trabajo resumimos los conocimientos más recientes en cuanto a especies, distribución, costumbres y potenciales métodos de control de estos insectos en España.

IDENTIFICACIÓN

Los Flebotomos son dípteros Nematocera que pertenecen a la Familia Psychodidae y subfamilia Phlebotominae. Se caracterizan por la morfología de las alas. Éstas son lanceoladas

y pilosas, siendo característica la venación de esta subfamilia pues presenta una doble horquilla en la 2ª vena longitudinal y una horquilla simple en la 4ª vena (**Figura 1**).

Estos pequeños dípteros pasan muy desapercibidos, ya que escasamente miden de 2 a 3 mm, aunque puntualmente pueden ser bastantes abundantes. Morfológicamente son bastante fáciles de identificar por poseer largas patas, su color es beige con muchas vellosidades repartidas por todo el cuerpo y de aspecto giboso ya que su cabeza tiene una implantación inferior en el tórax, y con dos conspicuos ojo negros. Antenas largas formadas por 16 segmentos. Resulta muy característico que en reposo las alas están elevadas formando un ángulo de 45 ° con el cuerpo adoptando una forma en "V".

Las hembras son ligeramente más grandes que los machos. Estos se distinguen bien, incluso a simple vista por la presencia en el último segmento abdominal de una estructura articulada que es la genitalia externa que sobresale del cuerpo. Esta genitalia externa es característica de cada especie y es básica para la clasificación de los machos a nivel específico. Aparte de la longitud de los diferentes segmentos que la componen y la presencia de sedas, los edeagos son diferentes en cada especie por lo que son fundamentales para su identificación.

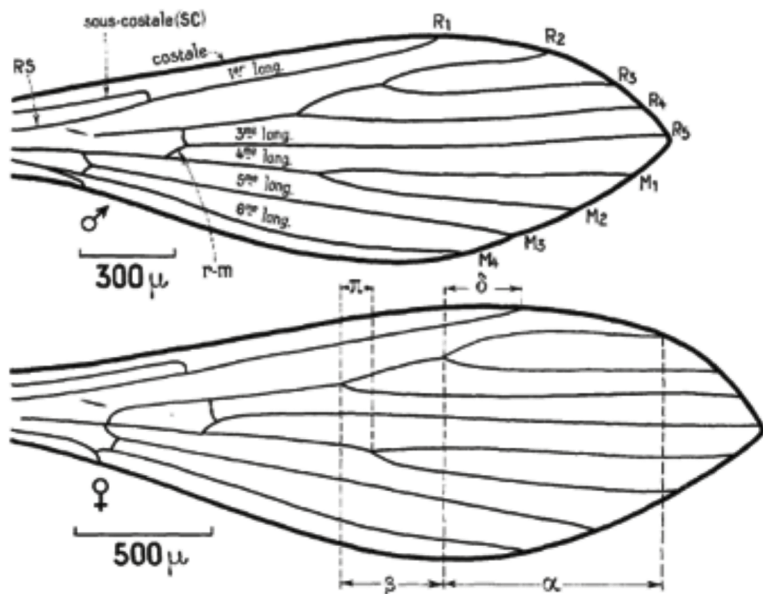


Figura 1. Ala de *Phlebotomus ariasi* según Rioux & Golvan, 1969.

Las hembras externamente son muy similares y hay que recurrir a la morfología de algunos de sus órganos genitales internos (espermateca, conducto espermático) y del cibarium para identificarlas.

ESPECIES EN ESPAÑA

Los flebotomos ibéricos es un grupo reducido de dípteros pues solo cuentan con 12 especies pertenecientes a dos géneros diferentes. El género *Sergentomyia* con dos especies y el Género *Phlebotomus* con 10 especies reconocidas en este momento (Tabla 1). Se pueden encontrar tanto en la península como en las Islas Baleares y las Islas Canarias, aunque son más abundantes y con mayor diversidad de especies en la península.

En España el género *Sergentomyia* está presente con solo dos especies, *Sergentomyia minuta* que se encuentra en la península y ambos archipiélagos, y *Sergentomyia fallax* que es una especie africana que solo se localiza en las Islas Canarias. Las dos del mismo Subgénero: *Sergentomyia*. Son especies que se alimentan de sangre de reptiles especialmente Gekonidos, siendo vectores de varios parásitos trypanosomatidos hemáticos que les afectan. Recientemente se ha detectado que *Sergentomyia minuta* puede alimentarse también de sangre de mamíferos (Jouadi et al., 2013), incluso se ha encontrado en Portugal parasitada por una especie de *Leishmania* propia de roedores como es *Leishmania major* (Campino et al., 2013).

El género *Phlebotomus* tiene en España 10 especies, de ellas *Phlebotomus fortunatarum* es el único endémico de las Islas Canarias. Pertenecen a cinco subgéneros diferentes (Tabla 1) siendo el más importante el subgénero *Larrousius* porque

Tabla 1. Especies de Phlebotominae identificadas en España.

Genero	Subgénero	Especie
<i>Sergentomyia</i>	<i>Sergentomyia</i>	<i>minuta</i>
		<i>fallax</i>
<i>Phlebotomus</i>	<i>Phlebotomus</i>	<i>papatasi</i>
		<i>pernicius</i>
		<i>ariasi</i>
		<i>langeroni</i>
		<i>sergenti</i>
	<i>Paraphlebotomus</i>	<i>alexandri</i>
		<i>chabaudi</i>
		<i>riouxi</i>
	<i>Transphlebotomus</i>	<i>mascitti</i>
	<i>Anaphlebotomus</i>	<i>fortunatarum</i>

en él se incluyen los vectores de *Leishmania infantum*: *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus ariasi* y *Phlebotomus langeroni* (Killick-Kendrick, 1990). Hasta hace poco se incluía otra especie *Phlebotomus longicuspis* pero se ha demostrado que es sinónimo de *Ph. perniciosus*, como ya se venía sospechando (Collantes y Martínez Ortega, 1997; Pesson et al., 2004).

DISTRIBUCIÓN EN ESPAÑA

Hay todavía grandes lagunas en cuanto a su distribución pues algunas de las especies citadas tienen hábitats naturales muy específicos con lugares de cría que desconocemos y que están poco estudiados. Las especies mejor conocidas son las que están implicadas en la transmisión de patógeno al hombre y a los animales domésticos.

Distribución global conocida de cada especie en España basada en los trabajos publicados hasta el momento (Alcover, 2014; Bravo Barriga, 2017; Lucientes et al., 2016a y Lucientes et al. 2016b):

- *Phlebotomus (Phlebotomus) papatasi* (Scopoli, 1786). Se encuentra distribuido prácticamente por toda España peninsular y las Islas Baleares. Falta en Galicia y es puntual en la zona cantábrica. No está citado en Canarias.
- *Phlebotomus (Larrousius) perniciosus* Newstead, 1911. Distribuido y abundante por toda España peninsular y las Islas Baleares. Muy raro en las Islas Canarias. Se trata del vector más importante de la Leishmaniosis en nuestro país.





- *Phlebotomus (Larrousius) ariasi* Tonnoir, 1921. Ampliamente distribuido por toda España peninsular, escaso en las Islas Baleares pero muy raro en las Islas Canarias. Es menos abundante que *Phlebotomus perniciosus* y prefiere hábitats más húmedos y frescos. Vector también de la Leishmaniosis.
- *Phlebotomus (Larrousius) langeroni* (Nitzulescu, 1930). Especie de distribución norteafricana. España presenta el área más norteña de distribución de esta especie. Está asociada a ambientes áridos. Citada en Zaragoza, Madrid y Granada. Recientemente se ha conocido su papel como vector también en España de Leishmaniosis.
- *Phlebotomus (Paraphlebotomus) sergenti* Sinton, 1928. Amplia distribución en nuestro país, pero ausente de todo el cuadrante noroeste de España. Presente en las Islas Baleares y en las Islas Canarias.
- *Phlebotomus (Paraphlebotomus) chabaudi* Croset, Abonnenc y Rioux, 1970. Especie norteafricana de ambientes áridos localizada solo en el sureste de la Península, en las provincias de Alicante, Almería y Granada.
- *Phlebotomus (Paraphlebotomus) alexandri* Sinton, 1928 . Especie norteafricana de ambientes áridos localizada solo en el sureste de la Península. Solo en las provincias de Alicante, Murcia, Almería y Granada.
- *Phlebotomus (ParaPhlebotomus) riouxi* Depaquit, Léger y Killick-Kendrick, 1998 . Especie norteafricana de ambientes áridos localizada solo en el sureste de la Península en la provincia de Granada.
- *Phlebotomus (TransPhlebotomus) mascitti* Grassi, 1908. Especie europea. Muy rara en España. Citada puntualmente únicamente en Cataluña y Cantabria.
- *Phlebotomus (AnaPhlebotomus) fortunatarum* Ubeda Ontiveros, Morillas Márquez, Guevara Benítez, López Román y Cutillas Barrios, 1982. Especie localizada solo en las Islas Canarias donde es endémica.
- *Sergentomyia (Sergentomyia) minuta* (Rondani, 1843). Especie muy abundante y localizada en toda España incluidas las Islas Baleares y las Islas Canarias.
- *Sergentomyia (Sergentomyia) fallax* (Parrot, 1921). Especie africana localizada solo en las Islas Canarias.

BIOLOGÍA Y COSTUMBRES

Los adultos son voladores y su ciclo evolutivo se lleva a cabo siempre en ambientes terrestre. Para el desarrollo de sus fases larvarias prefieren zonas de suelos con abundante materia orgánica y un cierto grado de humedad. Así se puede encontrar en un amplio abanico de lugares, desde ambientes naturales con vegetación como al pie de arbustos y árboles, campos de cultivo, grietas en el suelo, madrigueras de animales, hasta ambientes antrópicos como construcciones ganaderas, sótanos, leñeras, jardines, mechinales de muros, basureros, alcantarillas, etc. (Abonnenc, 1972; Killick-Kendrick, 1983; Bettini et al., 1986; entre otros).

Morfológicamente los huevos son de color marrón oscuro con un corión rugoso. Las larvas son eucefalas con largos apéndices en el último segmento. La pupa es obtecta dejando la exuvia de la Larva IV en la última parte del cuerpo por la que se fija al sustrato. Las larvas se alimentan sobre todo de materia vegetal en descomposición y restos de heces animales (**Figura 2**).

Los adultos son telmófagos y poseen un aparato bucal con un labium desarrollado y 6 estiletes cortos, anchos y algunos dentados, con los que cortan la piel de los animales en la que provocan pequeñas heridas ligeramente dolorosas. Ambos sexos se alimentan de azúcares vegetales que consiguen de diversos tipos de plantas y también de los mielatos producidos por los áfidos. (Killick-Kendrick y Killick-Kendrick, 1987; Schelin y Yuval, 1987). Solo las hembras son hematófagas necesitando la sangre de animales vertebrados para la maduración y puesta de los huevos. La mayoría de las especies se alimentan de

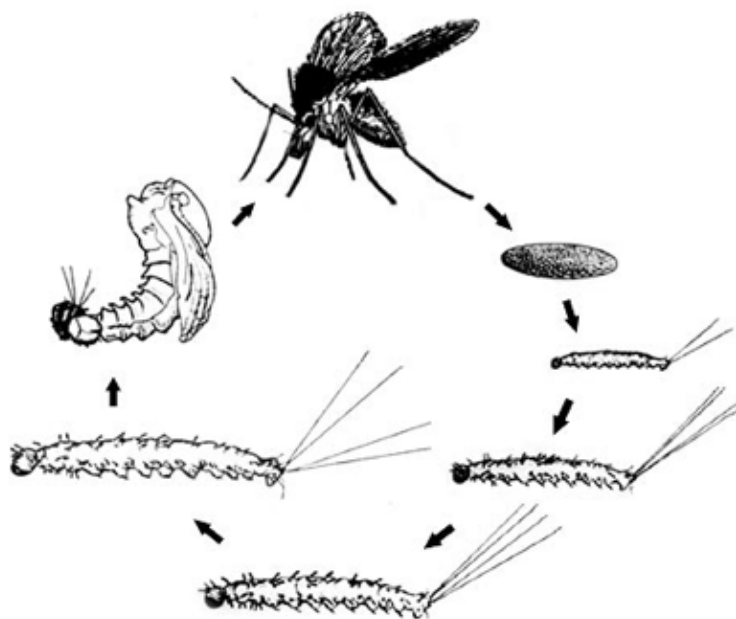


Figura 2. Ciclo evolutivo de *Phlebotomus*. Según Dillón (2008). http://pcwww.liv.ac.uk/leishmania/life_cycle__habitats.htm . Consultado el 14 de Abril de 2018.



mamíferos y aves, pero hay algunas, por ejemplo el género *Sergentomyia*, que se alimentan de reptiles. Suelen tener concordancia gonotrófica, es decir realizan la maduración y puesta de huevos después de cada ingestión de sangre, pero algunas especies como *Ph. papatasi* pueden chupar sangre varias veces a distintos hospedadores durante el desarrollo de los huevos (Ready, 2013) porque lo que facilita la transmisión de enfermedades. Unas pocas especies, sobre todo las que habitan en cuevas como *Ph. mascitti*, pueden tener fases autógenas y no necesitan ingerir sangre para realizar al menos una primera puesta de huevos (Guilvard et al., 1980).

El número de huevos que ponen está relacionado con la cantidad de sangre ingerida. Las hembras de los flebotomos son oportunistas y se alimentan de las especies que encuentran en sus desplazamientos, por ello sus hospedadores varían mucho dependiendo del ambiente en el que viven. Las que se encuentran en hábitats domésticos prefieren, al hombre, perros, gatos, ratas, palomas, mientras que las que se encuentran en ambientes periurbanos y rurales prefieren conejos, liebres, ratones, gallinas, caballos, vacas, ovejas y cabras (Bongiorno et al., 2003; Jiménez et al., 2013; González et al., 2015).

Las hembras buscan activamente a los animales de los que se alimentan volando cerca del suelo, normalmente lo hacen contra la dirección del aire a menos de un metro de altura, desplazándose en zigzag hasta que detectan el rastro de un hospedador. Si llegan a un muro pueden ascender con vuelos cortos hasta alturas de más de 6 metros (Rioux et al., 1971; Faiman et al., 2011). Son sensibles al viento y a la lluvia. Vientos por encima de 1 m por segundo y la lluvia fuerte les impide volar (Killick-Kendrick, 1999).

Los adultos vuelan fundamentalmente al crepúsculo y por la noche. Su principal periodo de actividad se inicia a últimas horas de la tarde, justo al ponerse el sol, siendo muy abundantes durante tres o cuatro horas, después disminuyen hasta el amanecer que pueden tener otro repunte de actividad (Romera Lozano y Martínez Ortega, 1998; Lucientes et al., 2005). Pero dentro de las construcciones humanas y de cuevas pueden estar activos durante todo el día. Poseen pues un endotropismo positivo y son endofágicos alimentándose también dentro de las construcciones humanas. Además, son atraídos por la luz, por lo que facilita su capacidad para penetrar en las casas para chupar sangre, lo que aumenta la transmisión de enfermedades a las personas. Este fototropismo positivo hace que uno de los métodos de muestreo más empleado para detectar estos insectos sean las trampas de atracción lumínica, tanto de luz blanca como ultravioleta, sobre todo esta última (Alexander, 2000). Algunas especies como *Phlebotomus papatasi* son atraídas también por luces de leds rojas (Hoel et al., 2007).

En pruebas realizadas con flebotomos marcados con polvos fluorescentes se puede comprobar que los machos apenas se desplazan 200 o 400 metros de los lugares de suelta. Las hembras una vez han ingerido sangre se desplazan generalmente pocos centenares de metros, hasta 600 metros, pero posteriormente pueden llegar a localizarse incluso a varios kilómetros de los lugares donde se han liberado, en busca de lugares de puesta o de otros hospedadores de los que alimentarse (Killick-Kendrick et al., 1984; Doha et al., 1991). Los que viven en lugares habitados como ciudades vuelan menos pues la dificultad para desplazarse es mayor debido a los obstáculos que representan las construcciones.

Es importante conocer el periodo de actividad que presentan las especies que pueden transmitir enfermedades pues condiciona la aparición de la mismas. Éste depende de las localidades pues está relacionado por latitud y la temperatura media anual. En un estudio realizado a nivel europeo en las latitudes más al sur, la actividad del vector se inicia tan temprano como principios de Abril y termina a finales de Noviembre (Alten et al., 2016). En España en algunas zonas de la mitad sur pueden estar presentes ya desde el mes de Marzo, detectándose su actividad hasta primeros de Diciembre (Lucientes observación personal).

El cambio climático está favoreciendo seguramente la ampliación de su periodo de actividad y la colonización de zonas donde antes no estaban presentes. Trabajos recientes han demostrado su presencia en zonas de montaña que antes no colonizaban, o como los adultos están activos durante periodos de tiempo más amplios, por ejemplo en los Pirineos de Lérida (Ballart et al., 2014) o en la Sierra de Madrid (Gálvez et al., 2010), lo que ha permitido la expansión geográfica de la Leishmaniosis en algunas regiones de España. El cambio climático no solo está afectando a los flebotomos en ambientes naturales sino que aquellas especies muy ligadas a ambientes urbanos están viendo modificados también sus periodos de actividad. Las ciudades actúan como islas de calor, con temperaturas de 3 ° a 7° más altas que los ambientes naturales que les rodean, y esta contaminación calórica antropogénica puede crear las condiciones apropiadas no solo para el alargamiento de su periodo de actividad, si no que podría facilitar la hibernación de los adultos (Trájer et al., 2014).

VECTORES DE ENFERMEDADES

Su importancia como vectores de enfermedades hace que solo determinadas especies se hayan estudiado con detenimiento y se tenga una información más completa de su biología. En España son principalmente *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus ariasi*, y *Phlebotomus langeroni* que actúan como vectores de *Leishmania infantum* (Alvar Díaz Sáez et al. 2018). Otras especies como *Phlebotomus sergenti* y *Phlebotomus papatasi* son vectores de las





Leishmaniosis cutáneas por *Leishmania tropica* y *Leishmania major* respectivamente (Killick-Kendrick, 1990), de las que no se han registrado casos autóctonos en España, pero que se encuentran en el norte de África y se diagnostican en nuestro país en personas desplazadas desde estas zonas, por lo que existe un riesgo de transmisión en nuestro país.

Un aspecto tal vez más desconocido es su capacidad de transmitir bacterias y virus que afectan a humanos y animales, algunos tan importantes como la Enfermedad de Carrión de origen bacteriano en personas, o el virus de la Estomatitis vesicular bovina, ambas en América. En Europa algunos virus principalmente Phlebovirus, Vesiculovirus y Orbivirus se han asociado a brotes de casos humanos. De todos ellos en España el Virus Toscana es más conocido y se encuentra ampliamente repartido. Muchos casos son asintomáticos pero algunas veces presenta síntomas gripales y, debido a su tropismo al sistema nervioso, produce casos de meningitis y meningo encefalitis. La transmisión del virus es más frecuente de lo que podría pensarse con prevalencias que llegan al 26%. Los vectores conocidos son *Phlebotomus* del subgénero Larrousius donde se ha demostrado incluso transmisión vertical a los huevos (Depaquit et al., 2010).

CONTROL

El control de estos insectos es una parte importante de los métodos de lucha frente a las enfermedades que transmiten. Estos últimos años se ha avanzado mucho en métodos de prevención de picaduras sobre todo en perros, con collares y pipetas, y el uso de redes mosquiteras en humanos, pero relativamente poco en lo que se refiere a la lucha orientada como un problema de Salud Pública. Clásicamente se han realizado planes de control, pero principalmente frente a los flebotomos adultos ante la dificultad de acceder a los lugares de cría por el desconocimiento que se tienen sobre los mismos. Un método muy recurrido para eliminar los hábitat de cría de algunas especies de flebotomos vectores ha sido la destrucción de las colonias de roedores donde se desarrolla su ciclo, pero sin gran eficacia (Lane, 1991). Y para el control de adultos los tratamientos peri e intradomiciliarios con insecticidas de alto poder residual como organoclorados y organofosforados (Kishore et al., 2006).

En el momento actual se ha modificado en gran medida todos estos métodos por la necesidad de sustituir los productos más agresivos para la salud humana por otros con menor impacto sanitario y ambiental. Ello ha llevado a la puesta a punto del uso de nuevos biocidas y de técnicas más elaboradas para intentar su control, pero siguen existiendo dificultades que hacen que no se pueda generalizar un método que pueda utilizarse en todos los focos de Leishmaniosis de los distintos continentes.

Como alternativa, en el control de algunas especies que crían asociados a madrigueras y cuyas larvas se alimentan fundamentalmente de restos de heces de los animales que los habitan, por ejemplo roedores, se está ensayando la administración de inhibidores del crecimiento, mezclado con los alimentos de estos hospedadores vertebrados. Estos productos son eliminados por las heces y originan la muerte de las larvas que se alimentan de ellas, o impiden que lleguen a pupar evitando la eclosión de adultos. Productos como el diflubenzuron o el ipronil se han probado con una buena eficacia en la reducción de diferentes especies de *Phlebotomus* (Mascari et al., 2017, 2013; Poche et al., 2013). También se ha comprobado la eficacia de los extractos del Neem, que se obtienen de árbol *Azadirachta indica* del continente Indio. Es un producto natural empleado contra plagas agrícolas que ha demostrado, a nivel de laboratorio, un potente efecto inhibitor del desarrollo larvario de estos insectos (Andrade-Coelho et al., 2006) incluso un efecto repelente (Kebede et al., 2010).

El control de adultos tiene dos vertientes, por un lado impedir el acceso de los flebotomos a los núcleos urbanos y por otro la destrucción de los mismos. Conociendo que vuelan a poca altura del suelo y a pesar de su capacidad para desplazarse hacia las alturas, cuando llegan a un obstáculo, como un pared, se concentran en los primeros metros de la misma, y en Israel para proteger a los núcleos urbanos situados en zonas endémica de transmisión de Leishmaniosis cutánea, han empleado con éxito la instalación en las proximidades de estos, de un vallado con mallas tupidas de 2 metros de altura tratadas con deltametrina y ciflutrina, consiguiendo una reducción de hasta un 60 % de los flebotomos que acceden a la zona habitada. En cercados más pequeños la reducción es del 90% (Faiman et al., 2009). Este tipo de vallado incluso sin insecticida pueden ayudar a reducir la población y por lo tanto la transmisión de las enfermedades. Otro sistema empleado es la administración de insecticidas por vía sistémica o por vía oral a los vertebrados de los que se alimentan. Las hembras de los flebotomos al ingerir sangre de estos animales mueren o tienen efecto directo sobre la puesta. Se ha ensayado con varios productos como lactonas macrocíclicas, neonicotenoideas o isoxazolinasa con resultado variable, pero destacar el fluralaner que ha mantenido una mortalidad entre el 60 y 80 % hasta los 30 días del tratamiento (Ares Gómez et al., 2018).

El uso de cebos azucarados tóxicos está siendo otra vía de investigación. Basado en que tanto los machos como las hembras a las pocas horas de emerger de las pupas, necesitan ingerir azúcares sobre todo de origen vegetal se ha trabajado en ver la atracción de los flebotomos por los diferentes tipos de plantas de cada foco y su efecto sobre las poblaciones cuando se les rocía con sustancias azucaradas mezcladas con insecticidas. En Israel esta técnica ha conseguido reducir la presencia de flebotomos en algunos focos hasta en un 83,2 %



(Quails et al., 2015). Hay que tener mucho cuidado como se disponen estos cebos tóxicos por el impacto sobre otra fauna no diana, sobre todo de polinizadores.

Otra medida de control es el uso en interiores de las habitaciones de insecticidas aplicados con pinturas o lacas en puntos estratégicos. La facilidad que presentan los flebotomos para entrar dentro de las habitaciones humanas para alimentarse sobre personas y animales domésticos hace que sea más fácil acceder a ellos en las habitaciones que en el medio ambiente. Dentro de las habitaciones tienden a desplazarse por las paredes hasta la zona del techo y sobre todo en los rincones poco iluminados y protegidos del aire. En India, la aplicación de nuevas tecnologías en pinturas con microcápsulas conteniendo insecticidas residuales que

favorecen una liberación lenta, prolongando su efecto más de 6 meses, han demostrado ser la mejor herramienta comparada con las pinturas habituales o el uso de mosquiteras (Ghosh et al., 2017).

REFERENCIAS

Abonnenc E. 1972. Les Phlébotomes de la région éthiopienne (Diptera, Psychodidae). Mémoires ORSTOM nº 55 . 289 pp.

Alcover Amengual MM. 2014. Los flebotomos de las islas de Mallorca y Menorca y su papel focalizador en la distribución de la leishmaniosis. Tesis Doctoral. Facultat de Farmacia. Universitat de Barcelona. 161 pp.

Alexander B. 2000. Sampling methods for phlebotomine sandflies. *Medical and Veterinary Entomology* 14: 109-122.

Alten A, Maia C, Afonso MO, Campino L, Jiménez M, González E, et al. 2016. Seasonal Dynamics of Phlebotomine Sand Fly Species Proven Vectors of Mediterranean leishmaniasis Caused by *Leishmania infantum*. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 10(2): e0004458. doi:10.1371/journal.pntd.0004458.

Alvar J. 1997. Las Leishmaniasis: de la biología al control. Valladolid. Editado por la Junta de Castilla León. 151 pp.

Andrade-Coelho CA, Araujo de Souza N, Eder MD, da Silva CE, de Souza García E, Azambuja P, Salabert Gonzalez M y Rangel E. 2006. Effects of azadirachtin on the development and mortality of *Lutzomyia longipalpis* larvae (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). *Journal of Medical Entomology* 43(2): 262-266.

Ares-Gómez S, Lucientes J, Castillo-Hernández JA; Peris Peris P, Esteban Gil A, Oropeza Velasquez RV, Ortega Hernández P y Picado A. 2018. Phlebotomine mortality effect of systemic insecticides administered to dogs. *Parasite & Vectors* 11:320. <https://doi.org/10.1186/s13701-018-2820-x>

Ballart C, Guerrero I, Castells X, Barón S, Castillejo S, Alcover MM, Portús M y Gállego M. 2014. Importance of individual analysis of environmental and climatic factors affecting the density of *Leishmania* vectors living in the same geographical area: the example of *Phlebotomus ariasi* and *P. perniciosus* in northeast Spain. *Geospatial Health* 8(2): 389-403.

Bettini S, Contini C, Atzeni MC y Tocco G. 1986. Leishmaniasis in Sardinia. I. Observations on a larval breeding sites of *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus perfiliewi perfiliewi* and *Sergentomyia minuta* (Diptera: Psychodidae) in the canine leishmaniasis focus of Soleminis (Cagliari). *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 80(3): 307-315.

Bongiorno G, Habluetzel A, Khoury C y Maroli. 2003. Host preferences of phlebotomine sand flies at a hypoendemic focus of canine leishmaniasis in central Italy. *Acta Tropica* 88: 109-116.

Botet Fregola J. 1991. Los Phlebotominae (Insecta, Diptera) de Barcelona en tanto que vectores de *Leishmania* Ross, 1903. Contribución a su conocimiento. Tesis Doctoral. Department de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries. Universitat de Barcelona. 310 pp.

Bravo Barriga D. 2017. Entomofauna de Culicidae y Phlebotominae en Extremadura, España. Detección molecular de parásitos asociados (*Dirofilaria* spp. y *Leishmania* spp.) Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de Cáceres. Universidad de Extremadura. 269 pp.

Campino L, Cortés S, Dionisio L, Nieto L, Afonso MO y Maia C. 2013. The first detection of *Leishmania major* in naturally infected *Sergentomyia minuta* in Portugal. *Memoria Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol 108(4):516-518. June 2013.

Collantes F y Martínez Ortega E. 1997. Sobre la validez taxonómica de *Phlebotomus longicuspis* Nitzulescu, 1931 (Diptera:Psychodidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 21,: 141-146.

Depaquit J, Grandadam M, Fouque F, Andry PE y Peyrefitte C. 2010. Arthropod-borne viruses transmitted by *Phlebotomine sandflies* in Europe: a review. *Euro Surveillance*.2010;15(10):pii=19507.





- Díaz Sáez V, Morillas-Márquez F, Merino-Espinosa G, Carpas-López V, Morales-Yuste M, Pesson B, Barón-López S, Lucientes Curdi J y Martín Sánchez J.** 2018. *Phlebotomus langeroni* Nitzulesci (Diptera; Psychodidae) a new vector for *Leishmania infantum* in Europe. Parasitology Research 2018_ <https://doi.org/10.007/s00346-018-5788-8>
- Dillon R.** 2008. Introduction of Sandflies. Life Cycle. http://pcwww.liv.ac.uk/leishmania/life_cycle__habitats.htm. Consultado última vez el 17 de Abril de 2018.
- Doha S, Shehata MG, El Said S y El Sawaf B.** 1991. Dispersal of *Phlebotomus papatasi* (Scopoli) and *P. langeroni* Nitzulescu in the Hammam Matrouh Governatore, Egypt. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 59(6): 555-572.
- Echevarría JM, de Ory F, Guisasola ME, Sánchez-Seco MP, Tenorio A, Lozano A, Córdoba J y Gobernado M.** 2003. Acute meningitis due to Toscana virus infection among patients from both the Spanish Mediterranean región and the región of Madrid. Journal of Clinical Virology 26: 79-84.
- Faiman R, Cuño R y Warburg A.** 2009. Control of Phlebotomine Sand flies with vertical fine-mesh nets. Journal of Medical Entomology 46(4): 820-831
- Faiman R, Kirstein O, Moncaz A, Guetta H y Warburg A.** 2011. Studies on the flight patterns of foraging sand flies. Acta Tropica 120:110-114.
- Feliciangeli MD.** 2004. Natural breeding places of phlebotomine sandflies. Medical and Veterinary Entomology 18: 71-80.
- Gálvez R, Descalzo MA, Miró G, Jiménez MI, Martín O, Dos Santos-Brandao, Guerrero I, Cubero E y Molina R.** 2010. Seasonal trends and spatial relations between environmental/meteorological factors and leishmaniasis sand fly vector abundances in Central Spain. Acta Tropica 115: 95-102.
- González E, Gállego M, Molina R, Abras A, Alcover MM; Ballart C, Fernández A y Jiménez MI.** 2015. Identification of blood meals in field captured sand flies by a PCR-RFLP approach based on cytochrome b gene. Acta Tropica 152: 96-102.
- Ghosh D, Mamun Huda M, Almahmud Md, Abdul Alim Md, Oliaro PL, Matlashewski G, Kroeger A y Dinesh Mondal A.** 2017. Insecticidal wall painting for sand fly control – A cluster randomized controlled trial. 7th SOVE International Congress 1 to 6 October 2017. Palma de Mallorca (Spain). Book of abstracts: 257.
- Guilvard E, Wilkes TJ, Killick-Kendrick R y Rioux JA.** 1980. Ecologie des Leishmaniasis dans le sud de la France: 15. Déroulement des cycles gonotrophiques chez *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921 et *P. mascitti* Grassi, 1908 en Cévennes. Corollaire épidémiologique. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée. 55: 659-664.
- Hoel DF; Butler JF, Fawaz EY, Watany N, El-Hossary y Villinski J.** 2007. Response of phlebotomine sand flies to light-emitting diode-modified light traps in southern Egypt. Journal of Vector Ecology 32(2): 302-308.
- Jaouadi K, Haous N, Chaara D, Boudabous R, Gorcii M, Kidar A, Depaquit J, Pratloug F, Dedet JP y Babba H.** 2013. Phlebotomine (Diptera, Psychodidae) Bloodmeal Sources in Tunisian Cutaneous Leishmaniasis Foci: Could sergentomyia minuta, Wich Is Not an Exclusive Herpetophilic Species, be Implicated in the transmission of pathogens? Annals Of Entomological Society of America 106(1): 79-85.
- Jiménez MI, González E, Iriso A, Marco E, Alegret A, Fuster F y Molina R.** 2013. Detection of Leishmania infantum and identification of blood meals in *Phlebotomus perniciosus* from a focus of human leishmaniasis in Madrid, Spain. Parasitology Research 112: 2543-2459.
- Kebede Y, Gebre-Michael T y Balkew M.** 2010. Laboratory and field evaluation of neem (*Azadirachta indica* A.Juss) and Chinaberry (*Melia acedarach* L.) oils as repellents against *Phlebotomus orientalis* and *P. bergeroti* (Diptera: Psychodidae) in Ethiopia. Acta Tropica 113(2): 145-150.
- Killick-Kendrick R.** 1983. Investigations of phlebotomine sandflies vectors of leishmaniasis. Proceedings of the Indo-UK Wokshop on Leishmaniasis. Patna, India: 72-83.
- Killick-Kendrick R.** 1990. Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. Medical and Veterinary Entomology 4(1): 1-24.
- Killick-Kendrick R.** 1999. The biology and control of Phlebotomine sand flies. Clinics in Dermatology 17: 279-289.
- Killick-Kendrick R y Killick-Kendrick M.** 1987. Honeydew of aphids as a source of sugar for *Phlebotomus ariasi*. Medical and Veterinary Entomology 1(3):297-302.
- Killick-Kendrick R, Rioux JA, Bailly M, Guy MW, Wilkes TJ, Guy FM, Davidson I, Knecht R, Ward R, Guilvard E, Perieres J y Dubois H.** 1984. Ecology of Leishmaniasis in the south of France. 20. Dispersal of *Phlebotomus ariasi* Tonnoir 1921 as a factor in the spread of visceral Leishmaniasis in the Cévennes. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 66(2): 69-76.
- Kishore K, Kumar V, Kesari S, Dinesh DS, Kumar AJ, Das P y Bhattacharya SK.** 2006. Vector Control in Leishmaniasis. Indian Journal of Medical Research 123: 467-472.
- Lane RP.** 1991. The contribution of sandfly control to Leishmaniasis control. Annales de la Societe Belge de Medicine Tropicale 71 (Suppl1): 65-74.
- Lucientes J, Estrada R, Oropeza-Velasquez V, Delacour-Estrella S, Alarcón-Elbal P M, Ruiz-Arroondo I y Molina R.** 2016a. Updated distribution records of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of Spain. Proceedings of the IX International Symposium On Phlebotomine Sandflies (ISOPS IX) Reims France June 28- July 1, 2016. Parasite 23 E1: 21.



- Lucientes J, Estrada R, Oropeza-Velasquez V, Delacour-Estrella S, Alarcón-Elbal P M, Ruiz-Aarrondo I y Molina R.** 2016b. Presence of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908, in northern Spain: first record for the Cantabrian Region and second for the Iberian Peninsula. Proceedings of the IX International Symposium On Phlebotomine Sandflies (ISOPS IX) Reims France June 28-July 1, 2016. Parasite 23 E1: 22.
- Lucientes J, Palmero J, Guarga JL, Gracia MJ, Peribáñez MA, Zarate J y Castillo JA.** 2005. Risk of transmission of canine leishmaniosis in Eastern Spain. Veterinary Record 156(23): 743-744.
- Mascari TM, Mitchell MA, Eowton ED y Foil LD.** 2007. Laboratorial evaluation of diflubenzuron as feed-through for control of inmatures sand flies sand flies (Diptera: Psychodidae). Journal of Medical Entomology 44(2): 171-174.
- Mascari TM, Stout RW y Foil LD.** 2013. Oral tretament of rodent with fipronil for feed-through and systemic control of sand flies (Diptera: Psychodidae). Journal of Medical Entomology 50(1): 122-125.
- Pesson B, Ready JS, Benabdennbi I, Martín-Sánchez J, Essegir S, Cadi-Soussi M, Morillas Márquez F y Ready PD.** 2004. Sandflies of the *Phlebotomus perniciosus* complex: mitochondrial introgression and a new sibling species of *P. longicuspis* in the Moroccan Rif. Medical and Veterinary Entomology 18:25-37.
- Poche RM, Garlapati R, Singh M y Poche DM.** 2013. Evaluation of fipronil oral dosing to cattle for control of adult and larval sand flies under controlled conditions. Journal of Medical Entomology 50(4): 833.
- Qualls WA, Müller G, Khallaayoune K, Revay EE, Zhioua E, Kravchenko VD, Arheart KL, Xur R-D, Schlein Y, Hausmann A, Kline DL y Beier JC.** 2015. Control of sand flies with attractive toxic sugar baits (ATSB) and potential impact on non-target organism in Morocco. Parasites & Vectors 8: 87. DOI 10.1186/s13071-015-0671-2.
- Ready PD.** 2013. Biology of Phlebotomine Sand Flies as Vectors of Disease Agents. Annual Review of Entomology 58: 227-250.
- Rioux JA y Golvan YJ.** 1969. Épidiologie des Leishmanioses dans le sud de la France. Monographies de l'INSERM n° 37 Paris: 223 pp.
- Rioux JA, Croser H, Houin R, Papierok B y Tour S.** 1971. Observations sur les hauteurs de vol de *Phlebotomus ariasi* Tonnoir 1921. Annales de Parasitologie (Paris) 46(3): 277-283
- Romera Lozano E y Martínez Ortega E.** 1998. Datos preliminares sobre el ciclo nictimeral de *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911 y *Phlebotomus sergenti* Parrot 1917 (Diptera;Psychodidae). Anales de Biología 23(Biología Animal 12) (1998) 2001: 9-18.
- Schelin Y y Yuval B.** 1987. Leishmaniasis in the Jordan Valley IV. Attraction of *Phlebotomus papatasi* (Diptera; Psychodidae) to plants in the field. Journal of Medical Entomology 24 : 87-90.
- Trájer A, Mlináik L, Jihász P y Bede-Fazekas A.** 2014. The combined impact of urban heat island, termal bridge effect of buildings and future climate change in the potential overwintering of Phlebotomus species in a central european metrópolis. Applied Ecology and Environmental Research 12(4): 887-908.
- Yuval B, Warburg A y Schlein Y.** 1988. Leishmaniasis in the Jordan Valley. V. Dispersal characteristics of the sandfly *Phlebotomus papatasi*. Medical and Veterinary Entomology 2 (4): 391-395.





Entrevista a Marcel Dicke

Por Apostolos Pekas y Alejandro Tena

“Cuando las plantas piden ayuda”

El profesor Marcel Dicke es el director del Laboratorio de Entomología de la Universidad de Wageningen (Países Bajos), una de las instituciones líderes a nivel mundial en investigación básica y aplicada sobre las interacciones entre insectos y plantas. El Prof. Dicke comenzó su carrera estudiando como los volátiles que emiten las plantas afectan a su interacción con los depredadores de ácaros fitófagos mediante volátiles, conocido como "[Plants that cry for help](#)". Actualmente el Prof. Dicke promueve el uso de insectos como alimento para humanos. Su charla en TED "[Why not to eat insects?](#)" ha recibido más de un millón de visitas y ha sido traducida a 32 idiomas. Este mismo año se ha celebrado el congreso "Edible Insects: the value chain" que conmemora los 10 años de investigación en este tema en Wageningen. En esta entrevista repasamos algunos de estos logros científicos por los cuales recibió el premio [Spinoza](#) (también conocido como Premio Nobel Holandés) en 2007.



¿Cómo llegaste al estudio de los insectos? ¿Era un niño apasionado persiguiendo mariposas o fue por "coincidencia"?

Como estudiante de secundaria, tuve un profesor de biología que me transmitió su entusiasmo por la biología. Esto me estimuló a elegir estudiar Biología. Estaba fascinado con todas las formas de vida, en un principio me centré en la biología química y la bioquímica. Los insectos resultaron ser importantes en muchos campos de la biología y su biología me intrigó mucho, especialmente cómo las señales químicas mediaban las interacciones entre los insectos y entre los insectos y su entorno. Mi tesis de Máster fue sobre la ecología química de las interacciones entre el parasitoide *Leptopilina heterotomay* su huésped *Drosophila melanogaster*.

Durante tu investigación de doctorado en la década de 1980, descubriste el papel de los volátiles en las interacciones entre las plantas y los artrópodos entomófagos. ¿Cómo fue tu investigación? ¿Tuviste un "momento Eureka"?

Mi doctorado se centró en las interacciones entre los ácaros depredadores, los ácaros fitófagos y sus plantas hospedantes. Los ácaros fitófagos sobreexplotan a sus plantas hospedantes y los depredadores sobreexplotan a los ácaros fitófagos, exterminando sus poblaciones. Los depredadores era atraídos por las plantas con sus presas, mientras que las presas por se no atraían a los depredadores. Con mi director de tesis, Maurice Sabelis, nos preguntamos si las plantas que estaban infestadas por arañas rojas podrían reclutar a los depredadores para que las salvaran de los ataques de las arañas. Después de varios años emocionantes recopilando datos sobre comportamiento, fisiológicos y químicos, respondimos muchas hipótesis alternativas que resultaron en una discusión científica muy intensa.

En definitiva, presentamos pruebas de cómo las plantas pueden responder a los ácaros herbívoros con la producción de compuestos volátiles inducidos que atraen a los enemigos de los herbívoros.

“Todavía tenemos que descifrar cómo evolucionaron los volátiles inducidos en las plantas y cuáles son sus costos y beneficios”



Foto 1. Sello conmemorativo de los 75 años de la Universidad de Wageningen (1993), representa el control biológico de *Trialeurodes* por el parasitoide *Encarsia*.

Se han obtenido grandes logros en esta área científica. ¿Cuáles son las principales preguntas que aún deben responderse?

Desde la década de los ochenta, muchos colegas internacionales han desentrañado interacciones tritróficas mediadas por compuestos volátiles inducidos y, gracias al trabajo de muchos grupos de investigación, ahora sabemos que existe una extensa cadena trófica asociada a las plantas, que involucra al menos cuatro niveles tróficos, con muchas interacciones mediadas por volátiles de plantas inducidas por herbívoros. Esto ocurre no solo en la superficie sino también bajo tierra, y no solo están involucrados los insectos, sino también los microorganismos asociados con los diferentes niveles de la cadena trófica. A pesar del progreso significativo, todavía tenemos que descifrar cómo evolucionaron los volátiles inducidos en las plantas y cuáles son sus costos y beneficios. Esto último es extremadamente complicado porque los volátiles inducidos median en muchas interacciones. Las investigaciones sobre plantas silvestres en su hábitat natural son importantes para obtener información sobre la evolución de estos volátiles. Sin embargo, como en el hábitat natural entran en juego otras señales, como las visuales, existen todavía muchos desafíos en estos estudios. Por lo tanto, este campo de investigación tiene mucho que ofrecer para el futuro.

El uso de compuestos volátiles para atraer y mantener a los artrópodos entomófagos en el cultivo se ha probado, ya sea mediante volátiles aplicados directamente o mediante plantas genéticamente modificadas. Sin embargo, este enfoque no se aplica todavía en el campo. ¿Crees que esto pronto será otra herramienta para la protección sostenible de cultivos?

Cada vez es más claro que los pesticidas no son el camino a seguir en la agricultura. Existen muchos ejemplos excelentes de control biológico de plagas de insectos, algunos de los cuales se extienden en grandes superficies de cultivos al aire libre. Además, mejorar la efectividad del control biológico ciertamente ayudará al desarrollo de una agricultura libre de pesticidas. Sabemos que las variedades de plantas difieren en las emisiones de volátiles inducidos y hemos estado trabajando con la industria en determinar los marcadores genéticos. Estos desarrollos pueden conducir a variedades de cultivos en las que se mejora el control biológico. Hasta ahora, la mejora de las plantas se ha realizado principalmente en el contexto del control químico de plagas, pero con el abandono del control químico aumentarán los incentivos para desarrollar nuevas variedades de cultivos que tengan buen rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades y que promuevan la eficacia de los agentes de control biológico.

“Pueden conducir a variedades de cultivos en las que se mejora el control biológico. Hasta ahora, la mejora de las plantas se ha realizado principalmente en el contexto del control químico de plagas, pero con el abandono del control químico aumentarán los incentivos para desarrollar nuevas variedades de cultivos que tengan buen rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades y que promuevan la eficacia de los agentes de control biológico.”



Foto 2. *Aphidius matricaria* parasitando a un pulgón - tema de la tesina de Marcel Dicke. Foto de Marcel Dicke.





¿Cómo ve la evolución del control biológico en los próximos años? ¿Cómo cree que el control biológico contribuirá a la agricultura? ¿Cree que el uso de insecticidas sintéticos se reducirá aún más en los próximos diez y veinte años?

Recientemente, la Comisión Europea prohibió el uso de tres neonicotinoides en cultivos abiertos. Esta decisión tiene una amplia base científica porque hay muchos estudios que muestran que los neonicotinoides tienen efectos adversos sobre los insectos beneficiosos ([ver metaanálisis recientes al respecto](#)), especialmente documentados para polinizadores, pero también están apareciendo estudios sobre efectos importantes sobre los agentes de control biológico. La decisión de la Comisión Europea significa que los agricultores necesitan alternativas. La primera alternativa que muchos parecen considerar son otros insecticidas, como los piretroides o los neonicotinoides que todavía están autorizados. Sin embargo, la prohibición de estos tres neonicotinoides brinda una excelente oportunidad para desarrollar un enfoque de Gestión Integrada de Plagas (GIP), si los gobiernos, los agricultores, los consumidores y los científicos hacen un esfuerzo serio de colaboración. Un buen ejemplo de esto es la horticultura en Almería, donde el control biológico se utiliza ampliamente desde el año 2006.

En términos de control biológico aumentativo, la cría y liberación de enemigos naturales, los Países Bajos con sus compañías privadas y universidades son una referencia mundial, especialmente en invernaderos. ¿Cuáles son, en su opinión, las principales razones detrás de este liderazgo histórico?

La razón principal, en mi opinión, es la iniciativa de personas innovadoras que no querían dar por hecho que la agricultura se base en los pesticidas. Por ejemplo, Jan Koppert era un productor de pepinos y tomates. Experimentó problemas cada vez mayores con el



Foto 3. *Cotesia glomerata* parasitando a una oruga de *Pieris brassicae*. Foto de Hans Smid.

“La prohibición de estos tres neonicotinoides brinda una excelente oportunidad para desarrollar un enfoque de Gestión Integrada de Plagas (GIP), si los gobiernos, los agricultores, los consumidores y los científicos hacen un esfuerzo serio de colaboración. Un buen ejemplo de esto es la horticultura en Almería, donde el control biológico se utiliza ampliamente desde el año 2006”

“Existe una colaboración muy valiosa entre la industria de control biológico y la academia tanto en Holanda como en Bélgica.”

control químico y contactó con investigadores que pensó que podrían ayudarlo a encontrar una solución contra dos plagas clave en sus cultivos: la araña roja *Tetranychus urticae* y la mosca blanca de invernadero *Trialeurodes vaporariorum*. Como resultado, en 1967 comenzó a experimentar para controlar estas plagas con sus enemigos naturales, inició una cultura y comenzó a distribuir enemigos naturales a sus vecinos. Su actitud innovadora y su buen espíritu empresarial han sido la base de Koppert Biological Systems. En Bélgica, el veterinario Roland De Jonghe desarrolló una producción de abejorros para polinizar tomates en 1987, primero en su propio invernadero y más tarde criándolos y vendiendo abejorros. Esto proporcionó un impulso importante al

control biológico porque el uso de abejorros impidió el uso de control químico. Joop van Lenteren fue un apasionado biólogo de una familia con muchos miembros involucrados en la horticultura. En la década de 1970 creó un innovador programa de investigación que combinaba investigación fundamental y aplicada, basado en la convicción de que el desarrollo del control biológico y la GIP necesitan una base sólida para comprender el sistema. Existe una colaboración muy valiosa entre la industria de control biológico y la academia tanto en Holanda como en Bélgica.



La población humana está aumentando constantemente; se estima que 9.000 millones de personas vivirán en el planeta en el año 2050. ¿Son los insectos una solución para suministrar proteína animal a esta población?

Así es. Los insectos ya son un elemento común en la dieta de 2.000 millones de personas. La FAO ha calculado que necesitaremos un 70% más de alimentos para alimentar a la población humana en 2050 en comparación a 2009. Esto no se puede lograr con el actual modelo de producción. Aproximadamente el 70-80% de toda la tierra agrícola se usa para la producción ganadera. Esto se debe al excesivo consumo de carne en los países con altos ingresos, así como al bajo factor de conversión de alimento para carne de ganado convencional. Los insectos como los grillos tienen un factor de conversión 10 veces mayor que el ganado y por lo tanto requieren 10 veces menos tierra para la producción de la misma cantidad de proteína animal de alta calidad. La producción ganadera se basa en alimentos como la harina de pescado y la harina de soja, por lo que compite con la producción de alimentos. Se pueden criar varias especies de insectos comestibles a partir de desechos orgánicos que no son aptas para el consumo humano. Por lo tanto, la producción de insectos como alimento puede lograrse a través de un enfoque de economía circular, con una eficiencia mucho mayor. El producto es una fuente de alimentos de alta calidad que se ha pasado por alto en el mundo occidental. Podemos aprender de los habitantes de los trópicos a apreciar esta nueva fuente sostenible de proteína animal. En Tailandia, aproximadamente 20,000 pequeñas granjas producen insectos como alimento. En Europa, América del Norte, China y Sudáfrica, las grandes empresas productoras de insectos han surgido más recientemente.

¿2018 es un buen año para comenzar a consumir insectos? La UE ha regulado las ventas y la preparación de insectos para su consumo. ¿Cuál es, en su opinión, el siguiente paso que la UE debería tomar para incrementar el uso de insectos como fuente de alimentos?

La UE ha dado un paso importante. Este paso permitirá la introducción de insectos comestibles como alimento en todos los países de la UE. También se ha permitido recientemente el uso de insectos como pienso para peces. Los próximos pasos deberían ser modificar la regulación sobre el uso de insectos como alimento para

aves de corral y cerdos. Además, dado que la producción de insectos como alimento también resulta en una menor emisión de gases de efecto invernadero, comer insectos en lugar de las tradicionales fuentes de carne contribuye a mitigar el cambio climático y cumplir con el acuerdo climático de París. Por lo tanto, será importante apoyar la transición de proteínas de cualquier manera posible.

En España, por ejemplo, los caracoles se consideran un manjar, sin embargo, el consumo de insectos ni siquiera ha comenzado. ¿Cómo podemos nosotros, como consumidores, romper nuestras barreras culturales para comenzar a consumir insectos?

La educación es el tema central aquí. Los argumentos subyacentes para usar insectos como alimento y pienso deben ser transmitidos de forma clara a la sociedad. Estos argumentos incluyen seguridad alimentaria, mitigación del cambio climático, biodiversidad y salud humana, que se relaciona con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible más importantes de las Naciones Unidas. Además, se pueden usar varios escenarios para fomentarlo.

A algunas personas les gusta explorar nuevas comidas y verlas en su plato, mientras que otras están dispuestas a contribuir pero no desean ver lo que contienen. Para estos últimos, los insectos molidos como ingredientes en alimentos procesados puede ser una opción. Para los primeros, la mejor opción son los insectos enteros. Una cadena de supermercados francesa recientemente ha puesto insectos en los estantes en España y ya hay varias compañías que se dedican a la cría de insectos para alimentos y piensos.

Y, en términos de investigación, ¿podría explicar las líneas principales en las que trabaja el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Wageningen? ¿Y cuáles son, en su opinión, las líneas más prometedoras para los próximos años?

Nuestra visión es que la ciencia fundamental proporciona una base importante para realizar contribuciones significativas para resolver problemas sociales y, por lo tanto, conectamos la ciencia fundamental con los proyectos aplicados e invertimos en comunicación científica para lograr el máximo impacto social. Nuestra investigación aborda (1) interacciones insecto-planta, (2) biología de insectos vectores: insectos como vectores de enfermedades de humanos y animales, (3) reproducción





de insectos y (4) insectos como alimento y pienso. Estos temas son realmente interesantes desde un punto de vista fundamental. Por ejemplo, recientemente hemos demostrado que un virus simbiótico de un parasitoide no solo bloquea el sistema inmune de la oruga en la que el parasitoide deposita sus huevos, sino que también traiciona a la descendencia del parasitoide, al inducir volátiles que atraen a los hiperparasitoides a través de la alimentación de la oruga parasitada. Además, todas nuestras líneas de investigación también tienen un elemento aplicado, incluyendo las contribuciones al desarrollo de la agricultura sostenible en un momento en el que la biodiversidad de insectos está disminuyendo rápidamente. Por ejemplo, nuestra investigación está muy conectada con el desarrollo de nuevas estrategias de producción en cultivos al aire libre como es el uso de franjas florales. Esto requiere un enfoque multi- y transdisciplinario.

Durante los últimos años varios estudiantes de doctorado (Maite Fernández de Bobadilla; Miguel Calvo) e investigadores (Dr. Ana Pineda; Dr. Enric Frago) están o han estado trabajando en su laboratorio. Muchos jóvenes entomólogos españoles leerán esta

entrevista, ¿cuáles serían sus recomendaciones para aquellos que buscan un doctorado o una posición postdoctoral en el extranjero? Y, ¿qué elementos en su CV le hacen seleccionar / aceptar candidatos en su grupo?

Tenemos un equipo internacional en el Laboratorio de Entomología. El grupo consta de alrededor de 60-65 personas, que representan más de 20 nacionalidades. Además, colaboramos con muchos grupos internacionales de investigación, incluidos grupos en España, como los de Alberto Urbaneja y Alejandro Tena. Al seleccionar estudiantes o postdoctorados, nos fijamos especialmente en la actitud académica de los candidatos, que es visible a partir de las asignaturas que han seleccionado durante sus estudios, la calidad de sus tesis y sus publicaciones y su interés por comprender la naturaleza. Además, las técnicas que dominan son importantes. Finalmente, trabajamos en equipos colaborativos y las discusiones internas, así como el trabajo en equipo en una atmósfera constructiva, se valoran en el Laboratorio de Entomología.

Muchas gracias!



Foto 4. Laboratorio de Entomología. Foto de Hans Smid.

Más información:

<https://www.wur.nl/es/Persons/prof.dr.-M-Marcel-Dicke.htm>

<https://scholar.google.com/citations?user=VpMIC1YAAAAJ&hl=es>

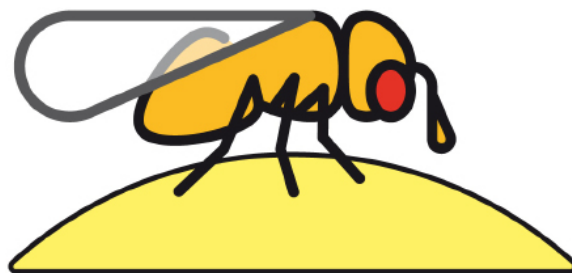
The insect cookbook: <https://cup.columbia.edu/book/the-insect-cookbook/9780231166843>

Acceso a la **entrevista en inglés**



Resumen del X Congreso Nacional de Entomología Aplicada, ¡un congreso cada vez más internacional!

XVI Jornadas Científicas de la SEEA



El X Congreso Nacional de Entomología Aplicada -XVI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada (SEEA)- tuvo lugar en la ciudad de Logroño (La Rioja) entre los días 16 y 20 de octubre de 2017. Fueron unos días intensos en los que científicos de toda España y de otros países del mundo presentaron y debatieron sobre sus avances en el conocimiento de la Entomología Aplicada. También se difundieron tecnologías asociadas y productos generados en el sector.

EL LOGO DEL CONGRESO

El logo representa a una hembra del parasitoide *Trichogramma cacoeciae* explorando un huevo de la polilla del racimo de la vid, *Lobesia botrana*.

DATOS DESTACADOS DEL CONGRESO

El número de asistentes se elevó a 178 (**Foto 1**), la mayoría de ellos españoles. Sin embargo, a pesar de ser un congreso de carácter nacional, acudieron investigadores que trabajan en diferentes países (Portugal, México, Colombia, Argentina, Chile, Egipto, Reino Unido, Bélgica, Grecia, Canadá, Argelia e Italia).

Se celebraron tres conferencias plenarios en las que los doctores Miodrag Grbic, José Antonio Oteo y Dirk Jansen disertaron sobre temas tan interesantes como las aproximaciones de la Genómica a la Entomología moderna, las enfermedades transmitidas por garrapatas y el control biológico de *Bemisia tabaci* como estrategia de manejo del *Tomato leaf curl New Delhi virus*, respectivamente.



Foto 1. Asistentes del X Congreso Nacional de Entomología Aplicada - XVI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada.





Durante el Congreso tuvieron lugar 16 sesiones orales en las que se presentaron 102 comunicaciones. En la siguiente tabla se muestran las áreas temáticas y el número de sesiones y de comunicaciones presentadas sobre ellas:

Áreas temáticas	Nº de sesiones	Nº de comunicaciones
Control biológico: depredadores	2	14
Control biológico: parasitoides	1	8
Entomopatógenos: hongos y nematodos	2	11
Entomopatógenos: bacterias y virus	2	12
Plaguicidas	1	9
Resistencia a plaguicidas	1	7
Herramientas para el Manejo Integrado de Plagas	2	10
Semioquímicos y atrayentes	1	4
Interacción planta-artrópodo	2	12
Biodiversidad funcional	1	9
Otros temas	1	6

A las comunicaciones en panel se dedicaron dos sesiones en las que se presentaron un total de 76.

LOS PREMIOS DEL CONGRESO

Durante el Congreso se resolvieron dos premios ya consolidados a lo largo de un número importante de ediciones. Al XI premio de la SEEA a la mejor comunicación oral de un estudiante, establecido por la Junta Directiva de la SEEA en 1997, optaron un total de 31 comunicaciones. Fue otorgado *ex aequo* a las dos investigadoras siguientes:

- Sarra Bouaga (**Foto 2**) que trabaja en el Centro de Protección Vegetal y Biotecnología del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), con la comunicación “Resiliencia en pimiento mediante la explotación de la zoofitofagia” de la que son autores Bouagga, S.; Urbaneja, A.; Rambla, J.L.; Flors, V., Granell, A.; Jaques, J.A. y Pérez-Hedo, M.
- Ana Guillem Amat (**Foto 2**) que investiga en el Laboratorio de interacción Planta-Insecto del Departamento de Biología Medioambiental del Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC, con la comunicación “Estudio de la herencia y mapeo de la resistencia de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) al insecticida lambda-cihalotrina” de la que son autores Guillem-Amat, A.; González-Guzmán, M.; López-Errasquín, E.; Sánchez, L.; Castañera, P.; Hernández-Crespo, P. y Ortego, F.



Foto 2. Ana Guillem Amat y Sarra Bouaga ganadoras del XI premio de la SEEA a la mejor comunicación oral de un estudiante.



Por otra parte, un total de 20 paneles optaron al VIII premio de la SEEA-Phytoma-España a la mejor comunicación en panel a un investigador joven (menor de 35 años), establecido por la SEEA y la revista de sanidad vegetal Phytoma-España. El premio fue otorgado a Xabier Elizalde Gaztea (**Foto 3**) que trabaja en el Departamento de Biología Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Navarra con el trabajo que lleva por título "Bandas floridas en tomate: estudio de su efecto sobre el control biológico", cuyos autores son Elizalde, X.; Baquero, E. y Biurrun, R.



Foto 3. Xabier Elizalde Gaztea ganador del VIII premio de la SEEA-Phytoma-España a la mejor comunicación en panel.

ACTIVIDADES LÚDICO-CULTURALES

Durante los días del Congreso se realizaron las tres visitas siguientes:

- Al centro histórico de la ciudad de Logroño donde se pudo ver, entre otras cosas, la Concatedral de Santa María la Redonda, algunos de los muchos calados (bodegas que estaban bajo las casas) que allí se encuentran o la Iglesia de Santiago, parada obligada de los peregrinos del Camino de Santiago.
- A Bodegas Franco-Españolas, una de las grandes bodegas de La Rioja que cuenta con 125 años de historia y que continúa siendo un referente a la hora de hablar del mundo del vino.
- Al museo de la Cultura del Vino Dinastía Vivanco, dedicado a mostrar la relación que han mantenido el ser humano y el vino durante 8000 años de historia. Cuenta con cinco salas de exposición permanente, una sala de exposiciones temporales y, en el exterior, el Jardín de Baco, una colección de vides que cuenta con más de 220 variedades de todo el mundo.

ENTIDADES COLABORADORAS Y PATROCINADORAS

No queremos dejar pasar esta oportunidad para agradecer sinceramente el apoyo recibido por parte de las siguientes entidades:

- Colaboradoras: Gobierno de La Rioja, La Rioja Turismo, Ayuntamiento de Logroño y Phytoma-España.
- Patrocinadoras: Actilab, Agrobío, Basf, Insectaria, Lin-Lab, Ready Topub, Koppert y Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de La Rioja.

AGRADECIMIENTOS

Queremos también mostrar nuestro más sincero agradecimiento a todos los asistentes sin cuya presencia nada hubiera tenido sentido. Muchas gracias también a los moderadores de las diferentes sesiones, a los miembros de los jurados de los dos premios otorgados en el Congreso y a los componentes del Comité Científico por su labor callada pero crucial para el buen funcionamiento del Congreso. Por último, gracias a la Sociedad Española de Entomología Aplicada, representada por su Junta Directiva, por el apoyo que nos mostraron en todo momento y por hacernos sentir que estaban ahí siempre, dispuestos a ayudar ante cualquier adversidad que pudiera surgir.

El Comité Organizador





Entrevista a Juan Manuel Alba Cano, Saioa Legarrea Imizcoz e Inmaculada Torres Campos

Por Michelangelo La Spina

“Trabajando en la Torre de Babel

Seguimos nuestra serie de entomólogos por el mundo y de Canadá nos trasladamos a Amsterdam (Países Bajos) para conocer a tres entomólogos que trabajan en la Universidad de Amsterdam. Ellos son Juan Manuel Alba Cano, Saioa Legarrea Imizcoz e Inmaculada Torres Campos. Los tres trabajan en el Instituto de Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas, conocido por sus siglas en inglés como **IBED**. Muchos entomólogos formados en España conocemos este centro porque hemos pasado algún tiempo en él, mejorando nuestra formación. Juanma e Inma se formaron en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea (IHSM) “La Mayora” (CSIC, Málaga) mientras que Saioa se formó en Navarra y obtuvo su doctorado en el Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC, Madrid). Cada uno representa a una generación de entomólogos y cada uno nos aportará su visión desde una perspectiva diferente: Investigador, Postdoc, Postdoc novel.



¿Qué os llevó a trabajar con insectos, cual fue vuestra inspiración?

Inma: Realmente de pequeña no tenía mucho interés por los insectos, de hecho, mi familia siempre me recuerda que las hormigas me daban mucho miedo. No fue hasta la universidad cuando comencé a interesarme por los insectos, en especial tras conocer su implicación en la agricultura y de lo que se trataba el control biológico de plagas.

Saioa: Para mí fue clave el verano del año 2004 porque entonces realicé mis prácticas de Biología para la Estación de Avisos de plagas del INTIA en la región de Navarra (<https://intiasa.es/es/explotaciones-agricolas/areas-de-interes/proteccion-de-cultivos/estacion-avisos.html>), desde ahí, fue muy fácil interesarme por los insectos (especialmente los considerados plaga) y me encaminó a estudiar métodos de control alternativos a los insecticidas.

Juanma: Pues la verdad es que fue un poco por casualidad. Al acabar la carrera andaba un poco perdido, tenía claro que quería trabajar con algo relacionado con la fisiología de plantas y Rafael Fernández me dio la oportunidad de

empezar una tesis doctoral sobre la resistencia a plagas conferida por tricomas glandulares en tomate. Como plaga se eligió el ácaro araña roja, por las grandes ventajas que presenta, como facilidad de manejo y por ser un organismo modelo bastante conocido. Algo tendrá este ácaro que te quedas atrapado en sus redes...

Ahora mismo estáis en Amsterdam, tras las estancias predoctorales y postdoctorales habréis conocido varios países y diferentes laboratorios, ¿son parecidos todos los laboratorios o el país y su cultura influyen en la forma de investigar de cada laboratorio?

Inma: Durante mi etapa predoctoral tuve la oportunidad de realizar una estancia en el grupo del Dr. Jacques Brodeur en el IRBV (Institut de Recherche en Biologie Végétale) de la Universidad de Montreal. En esos meses aprendí a focalizar el trabajo y cómo traducirlo en artículos. Trabajan de una forma muy estructurada, a cada período de trabajo experimental le sigue un período de escritura. El tiempo que llevo en Amsterdam también he visto una forma de trabajo muy similar. Puede que sus culturas influyen en una forma de trabajar



más metódica. No se puede generalizar, pero quizás en España somos muy eficientes generando buenos resultados, pero los vamos acumulando y no le damos salida a la misma velocidad.

Saioa: Cada laboratorio es un mundo y aunque las personas que formamos los equipos de trabajo somos generalmente de muchos sitios, la cultura del país de acogida influye mucho en la manera de relacionarnos, los horarios, el día a día...

Juanma: Tras acabar la tesis en La Mayora y andar un tiempo como postdoc llegué al grupo de Merijn Kant donde he ido enlazando postdoctorales. Por suerte para mí y mi pareja, no nos hemos tenido que mover de Ámsterdam, lo que ha supuesto un alivio a la hora de coordinarnos entre los dos. Así que solo te puedo comparar el laboratorio de Mejora en Málaga, con el laboratorio de Ecología Molecular en Amsterdam. La verdad es que me he sentido muy a gusto en ambos laboratorios. A lo mejor soy un conformista, pero uno tiene que ser creativo con las herramientas de las que dispone. Algo que ambos laboratorios tienen en común es que me han dado mucha libertad en cómo desarrollar los proyectos, aunque desde una perspectiva muy diferente. Digamos que en España estudié cómo la planta se defiende contra la araña roja, y en Ámsterdam estudio cómo la araña puede manipular estas defensas.

¿Qué importaríais a España para mejorar la investigación y que importaríais a los Países Bajos para mejorar su investigación? Un, dos, tres responde otra vez el queso de los Países Bajos y el jamón de España...

Inma: ¡Comer bien siempre ayuda a pensar mejor! Así que el jamón sería bienvenido aquí. De los Países Bajos importaría la forma de relacionarse con otros grupos de investigación. Constantemente tienen reuniones que les permiten interactuar y facilita las colaboraciones. Y de España importaría nuestra capacidad resolutoria y la creatividad cuando no se cuentan con todos los recursos necesarios.

Saioa: A España importaría el pensamiento crítico holandés y la base teórica o de investigación fundamental en la que se suelen enmarcar los experimentos. A Holanda, importaría... el sol!

Juanma: Creo que la principal diferencia que hay ahora mismo entre España y cualquiera de los países con las que la compares es la inversión que se está haciendo en

Ciencia. Así que lo que más se necesita es financiación con la que se puedan mantener los grupos y desarrollar proyectos. Es muy triste ver la sangría de personal y de proyectos que se está produciendo, es tiempo y recursos perdidos que costará trabajo recuperar.

Algunos de vosotros conoce el sistema norteamericano, ahora estáis en uno de los mejores Institutos de investigación de Europa, ¿Veis diferencias entre los dos sistemas de investigación, con cual os quedáis?

Inma: En mi caso solo tuve contacto pocos meses con el sistema norteamericano por lo que no pude conocer el completo funcionamiento. Y en el IBED solo llevo 4 meses, así que por ahora es difícil hacer una comparativa. Sólo opinar que son sistemas con buena financiación e intervención de la empresa privada lo que creo que facilita todo.

Saioa: En mi caso he estado en la Universidad de Georgia durante un año y ahora en Ámsterdam. El sistema de investigación es muy bueno en ambos casos, aunque las cosas se hacen de manera diferente. Por ejemplo, los estudiantes de doctorado en Estados Unidos tienen una gran carga de clases lectivas, mientras que en Holanda, la participación en cursos, por ejemplo de estadística depende de la iniciativa y el interés que muestre cada persona. La verdad es que no puedo elegir entre los dos modelos, tengo el corazón dividido en este caso.

¿Fue fácil entrar a trabajar en el IBED? ¿Cómo fue el proceso?

Inma: En mi caso estoy trabajando en un proyecto europeo en el que colaboran tres países: Países Bajos, Bélgica y España. Una buena parte del trabajo experimental se va a llevar a cabo en España, en el IHSM La Mayora, pero también se realizan estancias en el IBED. Me presenté al puesto y debido a que me ajustaba al perfil y además tenía la disponibilidad de pasar períodos en ambos países, comencé a trabajar aquí.

Juanma: Yo entré con una beca personal (Marie Curie), y con un Inglés bastante limitado. Gracias a la gran paciencia que tuvieron conmigo y cierta constancia he podido ir desarrollando mi carrera aquí. Un aspecto que me ayudó bastante fue que nuestro Profesor Maus Sabelis estaba muy pendiente de cómo te adaptabas al grupo. Recuerdo que al principio trabajaba bastante duro, sin tiempo ni para hacer el break del café, era un poco las ganas de obtener resultados lo más rápido posible. Maus llegó a preguntarme si tenía algún problema personal,





que por qué no me unía a esos breaks. Entonces entendí la importancia que se da a que te integres en el grupo, a que trabajes a gusto, y compartir las vivencias con tus compañeros. No negaré que el proceso haya sido duro, por ejemplo, hubo un gran salto cualitativo en cuanto a las técnicas que emplee en Mejora y las que se desarrollan en Ecología Molecular.

Durante mi doctorando adquirí una buena formación en Genética Cuantitativa, y pasé a un laboratorio que tiene una gran carga en Biología Molecular. Aunque el sistema de estudio ha sido siempre el mismo, las técnicas utilizadas son muy distintas, y noté bastante el no haber tenido experiencia previa en Biología Molecular, pero vamos, que todo se aprende.

¿Es más fácil investigar en los Países Bajos o en España? ¿Participa el sector privado más que en España?

Inma: Si lo miramos desde el punto de vista económico yo diría que sí. El IBED cuenta con unas instalaciones punteras y buenos servicios de apoyo a la investigación lo que hace más fácil sacar el trabajo adelante. Yo creo que el sector privado está bastante más implicado y hay más comunicación entre ambos sectores.

Saioa: Mi experiencia actual es que el sector privado tiene un papel relevante en los proyectos de investigación

“El sector privado tiene un papel relevante en los proyectos de investigación que tienen lugar en las universidades en Holanda”

“La búsqueda de un Postdoc puede ser una carrera de fondo”

que tienen lugar en las universidades en Holanda. En mi proyecto contamos con el interés de tres empresas, que participan activamente, sin que eso quiera decir que marcan nuestros objetivos de trabajo. Al contrario, añaden un punto de vista práctico que añade valor a los resultados que obtenemos.

Juanma: Como he dicho antes, hay más recursos destinados a Investigación en Holanda que en España, por tanto, se

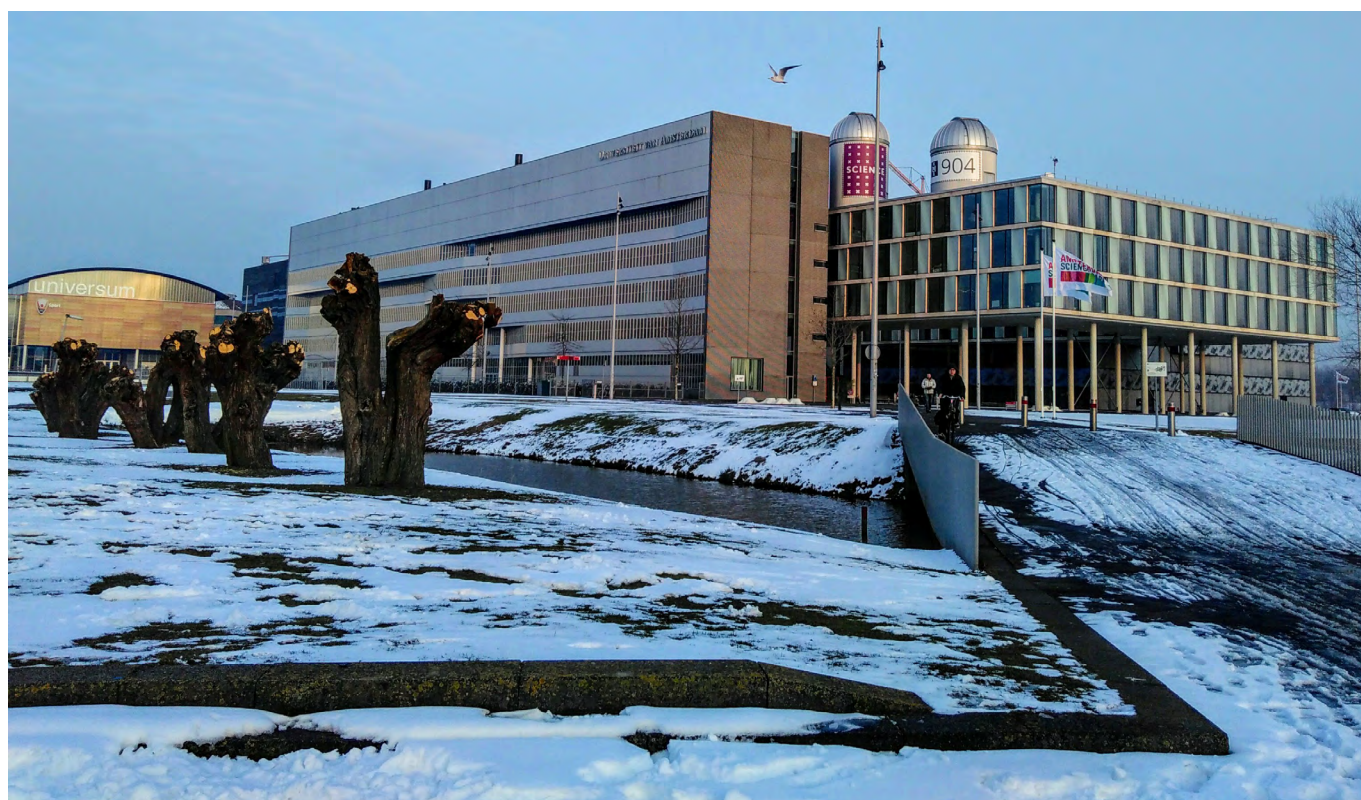
obtienen más proyectos. En el campo donde trabajo hay un fuerte interés por parte de las empresas de Mejora de plantas y Biocontrol, con lo bueno y lo malo que eso conlleva.

Una recomendación desde vuestra experiencia personal para los que están a punto de presentar sus tesis doctorales y quieren hacer un Postdoc.

Inma: Pues que recuerden que la búsqueda de un Postdoc puede ser una carrera de fondo, que busquen e intenten todas las posibilidades que estén en su mano. Tarde o temprano aparecerá un puesto que se ajuste

bien a su perfil. En mi caso tuve suerte y he comenzado mi Postdoc poco después de presentar mi tesis, pero conozco a compañeros que tuvieron que esperar un poco más hasta que surgió la oportunidad.

Saioa: Que cada investigador/a persiga sus sueños y las oportunidades irán apareciendo.





Juanma: Cuando estaba a punto de salir para Holanda llegaba un Postdoctoral de vuelta a La Mayora, Juan Pendón. No me dio ningún consejo, simplemente me animó a que disfrutara de la experiencia, el proyecto postdoctoral puede ir mejor o peor, pero siempre te quedarás con conocer a nuevos compañeros, otras formas de trabajar y vivir otras experiencias. Simplemente trasladar estos ánimos y tener en cuenta que el viajar siempre es enriquecedor.

Imagino que cada supervisor que habéis tenido en el pasado os ha marcado en vuestra forma de investigar, ¿qué os ha aportado de nuevo vuestro actual supervisor?

Inma: Mi anterior supervisora, la Dra. Marta Montserrat, se formó durante un largo período en el IBED por lo que muchas de las bases que encuentro aquí ya las había aprendido trabajando con ella. Pero creo que mi actual supervisor transmite una forma de abordar el tema muy global, sin miedo a formular y comprobar todas las hipótesis posibles.

Saioa: Al llegar al IBED tuve el honor de conocer a Maus Sabelis, una gran persona, científico y supervisor que inspiró a toda persona que pasó por su laboratorio. Ahora ya no está con nosotros y lo echamos en falta. Aun así, los científicos del grupo tienen grandes valores y son capaces de ayudarte a dirigir el trabajo hacia nuevos horizontes y es una maravilla contar con su apoyo.

“IBED tuvo el honor de conocer a Maus Sabelis, una gran persona, científico y supervisor que inspiró a toda persona que pasó por su laboratorio”

“Mi proyecto estudia la interacción entre los tricomas glandulares del tomate, diversas plagas y los ácaros depredadores”

Juanma: Una cosa que me llamó la atención desde el principio es que Merijn le da mucha importancia en cómo presentar los trabajos, ya sea un artículo, solicitudes de proyectos, presentaciones... Tiene muy en cuenta a quien va dirigido el trabajo, y cómo seleccionar aquellos datos que faciliten la comprensión de lo que se intenta exponer. Esa capacidad de síntesis la intento aplicar diariamente, desde el comienzo de los ensayos.

¿En que estáis trabajando actualmente?

Inma: Yo estoy estudiando cómo las defensas de las plantas interfieren en el control biológico de plagas a través de su efecto sobre los depredadores.

Saioa: Mi proyecto estudia la interacción entre los tricomas glandulares del tomate, diversas plagas y los ácaros depredadores (por supuesto, los ácaros no pueden faltar!). En los últimos meses, he centrado más mi atención sobre las dinámicas poblacionales de *Aculops lycopersici* y cómo optimizar su control mediante ácaros depredadores.

Juanma: Uno de los proyectos que hemos desarrollado está enfocado en caracterizar los mecanismos que emplea la araña roja y otras especies para manipular las defensas de la planta hospedadora. Hace poco describimos varias familias de proteínas producidas en las glándulas salivares que la araña inyecta a su huésped. Estas proteínas llamadas efectores





interaccionan con proteínas de la planta, en la actualidad estamos intentando caracterizar el papel que juegan estas proteínas diana en la interacción Araña-Planta.

¿Habéis conseguido mantener una línea de investigación desde que acabasteis vuestras tesis o os habéis tenido que adaptar y abordar nuevos temas, que poco tenían que ver con el anterior?

Inma: Pues en mi caso es mi primer contrato de Postdoc, y aunque he cambiado la línea de investigación desde el estudio del efecto del cambio climático en el control biológico al estudio del efecto de las defensas de las plantas sobre éste, sigo moviéndome en el mismo campo y trabajando con sistemas de ácaros. De todas formas, cambiar y adaptarse a nuevos temas siempre ayuda a adquirir una visión más amplia. Todo suma.

Saioa: Yo me he adaptado a diversos temas, muy interesantes todos!

Juanma: Pues he tenido la suerte de seguir una línea constante de trabajo, centrándome en la interacción Planta-Herbívoro, y que siga por **“En este país les gusta compartir opiniones con un café entre las manos”** mucho tiempo.

¿Qué proyectos se están estudiando actualmente en el IBED? ¿Habéis participado de alguna manera en su creación?

Inma: Llevo en el IBED muy poquito así que no he podido participar aún en la creación de ningún proyecto. Los más veteranos, Saioa y Juanma, puede hablar mejor sobre ello.

Saioa: Nuestro grupo de investigación engloba a unas 20 personas y recientemente ha cambiado de nombre y ha pasado a llamarse Evolutionary and Population Biology EPB (<http://ibed.uva.nl/content/research-departments/epb/epb.html>). Estudiamos temas bastante diversos, algunos con clara aplicación práctica en la gestión de plagas (comunicación sexual entre lepidópteros, impacto de insectos omnívoros en la defensas inducidas de las plantas o el manejo de márgenes de cultivo para favorecer el establecimiento de enemigos naturales). Otros proyectos toman un punto de vista más fundamental, y se centran, por ejemplo, en el estudio de procesos de especiación ecológica en ácaros o el papel de las bacterias endosimbiontes en organismos

¿Os veis algún día trabajando de nuevo en un laboratorio en España?

Inma: De hecho, sí. El proyecto en el que estoy trabajando implica pasar períodos en España y en Ámsterdam. Creo

que la etapa de formación en otros países es necesaria, pero a nivel personal me gustaría un futuro estable en un laboratorio en España.

Saioa: Algún día, si se presenta la oportunidad.

De mis meses en el IBED recuerdo los seminarios de los jueves (y la cerveza de después) y la discusión de papers. ¿Se siguen haciendo esas actividades? Describimos un poco el día a día en el IBED.

Inma: Se continúan haciendo muchas actividades. En el IBED la gran mayoría de las actividades que organizan como seminarios, reuniones o charlas van seguidas de pausas con bebidas (café, cervezas...). En este país les gusta compartir opiniones con un café entre las manos. En general el día a día es tranquilo y hay poco movimiento por los pasillos, la gente está bastante concentrada en su trabajo. Pero utilizan las pausas del café, dos al día, y el “lunch” para interactuar y sociabilizar.

Saioa: La cerveza sigue suministrándose de manera amplia después de los seminarios, y normalmente las charlas que se proponen desde el instituto son muy interesantes. El día a día para mi es flexible en cuanto a horarios, interactuando con mucha gente en la universidad, cuidando de los bichillos o preparando experimentos.

Juanma: Desgraciadamente los seminarios de los jueves se han dejado de hacer. Ahora hay tentativas de volver a retomarlos ya que ayudaban mucho a conocer en lo que están trabajando tus compañeros, presentar trabajos a una audiencia muy diversa, y recibir inputs desde varios puntos de vista, eran muy enriquecedores. Además, el “borrel” de después servía para integrarte en el grupo. Esperemos que se repongan pronto.

A modo de despedida, ¿tenéis algo que queráis decir y no hayamos abordado? ¡No seáis tímidos, sólo nos leen unos pocos entomólogos!

Inma: Se puede mencionar la plurinacionalidad del IBED, es remarcable que en este instituto se forman y trabajan investigadores de muchos países (Grecia, Italia, Brasil, China, España...).

Podéis visitar sus trabajos en sus perfiles de ResearchGate:

[Manuel Alba Cano](#)

[Saioa Legarrea Imizcoz](#)

[Inmaculada Torres Campo](#)



Gestores de referencias: Mendeley

Por Michelangelo La Spina

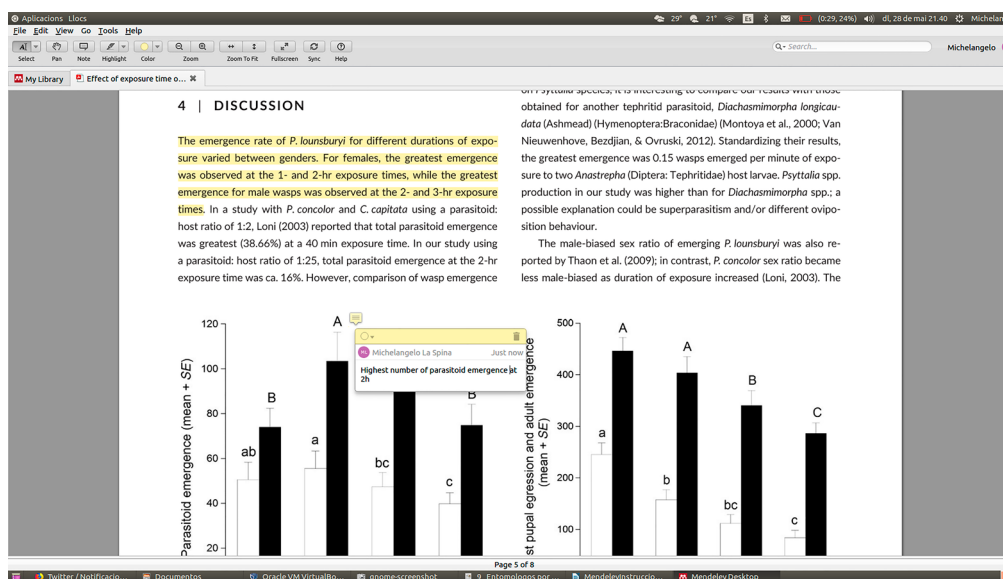
Uno de los problemas a los que nos enfrentamos los entomólogos cuando hemos de redactar un texto científico son las referencias bibliográficas. Todo estudiante cuando ha tenido que presentar su trabajo final de carrera, máster o tesis ha pasado por momentos de pánico ante el hecho de citar un autor y no dar la referencia bibliográfica de su trabajo. Otro de los problemas a los que nos enfrentamos es que el estilo de las citas y referencias bibliográficas no es universal, ya que difiere según la revista. Antiguamente estos problema se abordaban, usando mucho tiempo y paciencia, pero por suerte las cosas han ido cambiando con la llegada de los procesadores de texto e internet, que ya permiten automatizar este proceso.

Uno de las primeras herramientas que se popularizó hace ya unos años fue el Reference Manager, programa muy popular que permitía al usuario editar incluso el estilo para adaptarse a las demandas de las revistas, más tarde aparecieron otros programas informáticos que conectaban con bases de datos online como EndNote con dos versiones una de pago y otra gratuita online que te exigía la conexión a internet para citar referencias. En la actualidad existen muchos programas que se dedican al manejo de citas y referencias bibliográficas: [zotero](#), [bibme](#), [easybib](#), [citeulike](#), [refworks](#), [endnote](#), [citationmachine](#), [bibtex](#), [librarymaster](#),... de la extensa cantidad de programas disponibles uno de los más populares y el que vamos a explicar aquí es [Mendeley](#).

Mendeley no sólo maneja referencias bibliográfica, también te permite acceder al contenido de cada referencia convirtiéndose en una eficaz herramienta de consulta de

información bibliográfica. Otra de las características más importantes de Mendeley es que lo puedes usar en diferentes equipos, al sincronizar tu base de datos a través de internet, se puede usar incluso en tablets y smartphones, a través de la [app oficial](#). Te permite leer los artículos de forma sencilla, hacer notas, subrayar y sincronizar todo esto de un dispositivo a otro, es decir que puedes leer un artículo en la tablet, subrayar la parte que te interesa, añadir un par de notas y el día siguiente ver esa información en tu ordenador personal donde estas escribiendo tu artículo. Además tiene una red de usuarios que funciona como una red social que permite interacción e intercambio de material bibliográfico.

Una cosa que lo hace casi único es la posibilidad de importar referencias a través de los PDFs, que tienes en tu ordenador, es decir que si a lo largo de tu vida has acumulado una lista amplia de PDFs, pero nunca te has preocupado de introducirlos en una base de datos bibliográficas o de ordenarlos por carpetas, ningún problema, tan sólo tienes que importar los pdfs desde la carpeta donde se encuentren almacenados, mendeley lo leerá y añadirá a tu base de datos. Esta tarea se ha ido perfeccionando con el tiempo, ya que las primeras

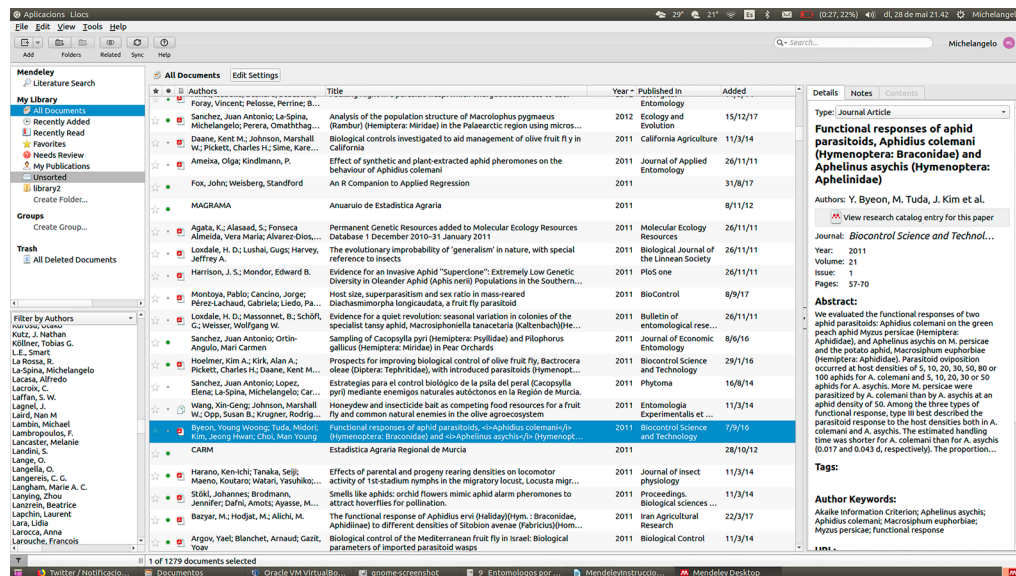




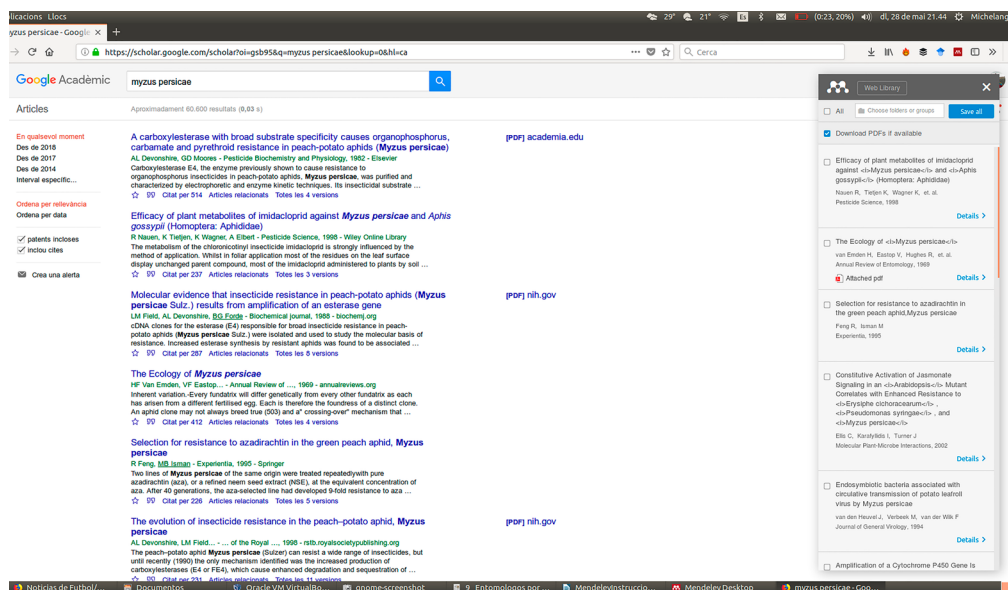
versiones presentaban determinados errores de lectura, que obligaban al usuario a la revisión manual. Sin embargo, esta revisión se hace muy fácilmente a través de la opción de buscar via **google académico**: se comprueba la información que existe en la red del artículo en cuestión y se añaden los campos que faltan. Esto viene muy bien para los documentos antiguos, que mendeley suele marcar siempre como que necesitan revisión por la baja calidad del archivo, poniendo el título es capaz de buscar la información y añadir toda la información del artículo campo a campo.

Existen dos versiones una web y otra para ordenador, ambas sincronizadas, para facilitar bajar nuevas referencias ya sea en google chrome como en mozilla firefox, existen complementos que permiten buscar las referencias que hay en la página que estas consultando y bajarlas a tu base de datos. Si la referencia en cuestión está disponible para todos los públicos o tu ordenador está conectado a una red con acceso a artículos científicos, puedes incluso bajar el PDF en el mismo procedimiento.

El plugin de word o libre office permite citar referencias en un documento y generar la bibliografía que se actualiza regularmente. Es muy fácil e intuitivo de usar



tan solo debes escribir el nombre que quieres citar y te dará la lista con las referencias con ese nombre, tan solo tienes que hacer clic en ella y añadirla. Cuando acabes de citar todas tus referencias, insertando la bibliografía te aparecerán todas las citas que has usado en el texto. Por defecto añade todas las referencias con paréntesis, si se hace una cita directa, se puede editar sobre el mismo texto y lo conservará cada vez que se haga una modificación. Con el tiempo se ha generado una amplia base de datos de estilos bibliográficos que se pueden instalar con facilidad. En el caso de que no se encuentre un determinado estilo a través de un editor web se pueden hacer las modificaciones necesarias. Este editor te indica el estilo con el que tienes más coincidencias, tan solo debes copiar una referencia de la bibliografía de la revista donde quieres publicar y el editor te dirá que estilo se asemeja más y en que grado de similitud.



Una de las cosas que ni este ni otros programas de manejo de referencias bibliográficas hace "todavía" es respetar los nombres científicos en cursiva. Una vez hayas acabado tu trabajo deberás manualmente corregirlo, ¿pero qué son 10 minutos de tiempo después de las horas que te has ahorrado?

Si tienes más dudas puedes consultar su **manual** o **videos y tutoriales** en su página de internet.



Biodiversidad de insectos y servicio de polinización en cultivos



Marcos Miñarro

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) de Asturias



Existe un consenso científico generalizado sobre la relevancia de los polinizadores silvestres para la agricultura. Además, se ha demostrado en numerosos cultivos un efecto positivo de la biodiversidad animal sobre el servicio de polinización. La fotografía muestra un ejemplo de diversidad funcional: una minúscula abeja silvestre de la familia Halictidae y un abejorro *Bombus terrestris* visitan a la vez una misma inflorescencia de manzano. El abejorro hará una visita muy rápida para recoger polen y/o néctar y con toda seguridad su cuerpo contactará con los órganos reproductores de la flor, facilitando la transferencia de granos de polen. La abeja se paseará por las anteras para recoger polen, tocando muy probablemente los estigmas y depositando en ellos polen, y su visita durará más tiempo. Además, el tamaño corporal tan diferente de estos polinizadores probablemente implique distintas áreas de forrajeo y tenga a su vez implicaciones en la transferencia de polen compatible en cultivos que requieren polinización cruzada, como el manzano.





Al filo de lo imposible

Xabier Elizalde Gaztea

Sección Protección de Cultivos del Gobierno de La Rioja
Departamento de Biología Ambiental de la Universidad de Navarra



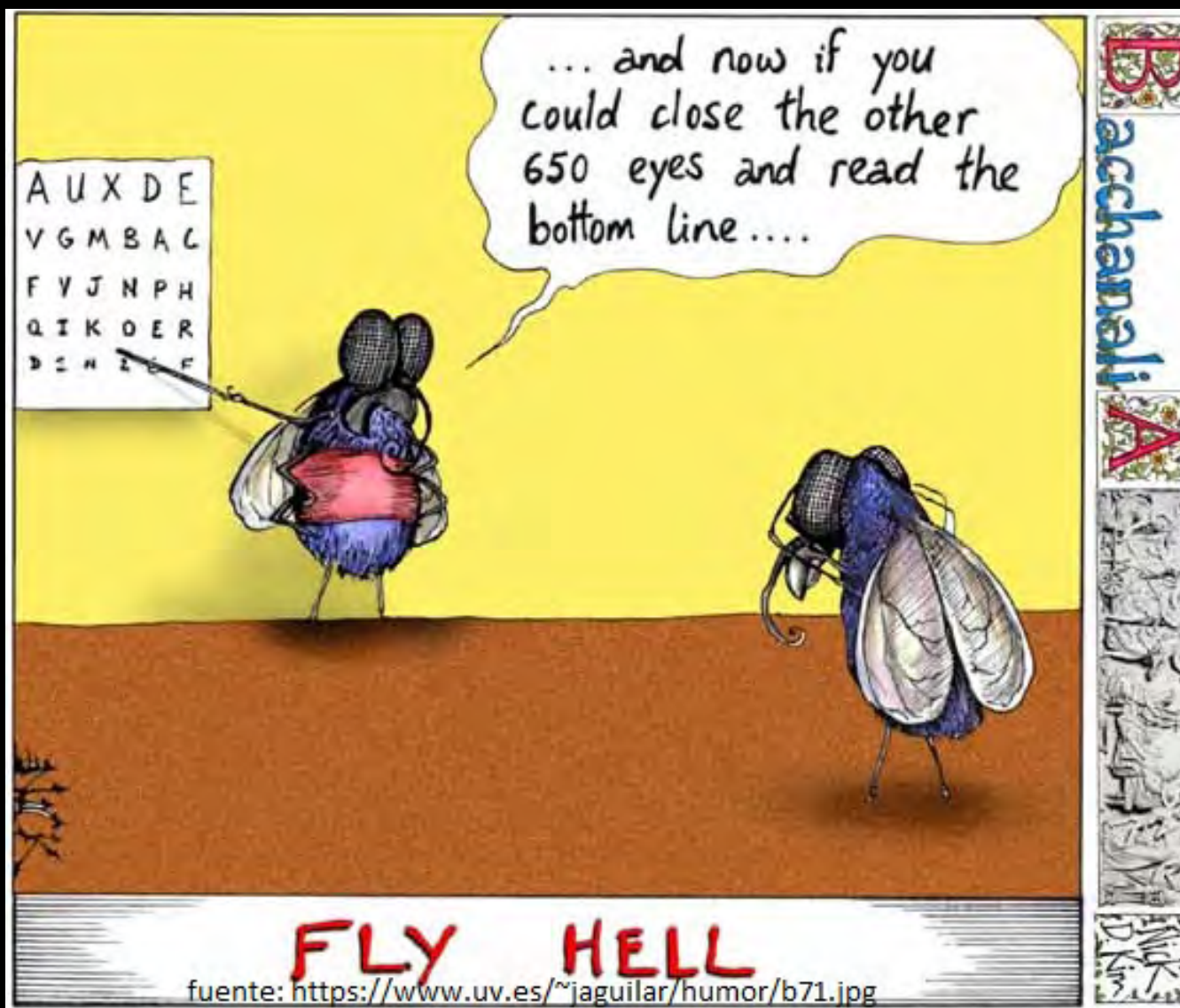
Es increíble cómo cambia nuestra percepción de la realidad cuando la ampliamos por medio de la tecnología. Muchos recordaremos la primera vez que miramos a los ojos a un salticido a través de una lupa, o que vimos a un paramecio nadando entre un porta y un cubre intentando vanamente escapar de las dos dimensiones. Nunca más volvimos a ver de igual manera una araña o una gota de agua estancada. La fotografía macro nos ha permitido congelar instantes de esa minúscula realidad para poder disfrutarla con todo lujo de detalle y todo el tiempo del mundo.

En esta imagen podemos ver a una oruga de *Autographa gamma*, una de nuestras plagas hortícolas por excelencia, caminando al borde de un cristal tras haber pasado un rato en la nevera. Un fallido intento mío de paralizarla pues a pesar del frío no dejaba de moverse, andando por el filo de algo que no se ve. Avanzando, paso a paso, hacia lo desconocido. Al igual que el vidrio por donde se movía la plusia, el trabajo como investigador es un camino repleto de incertidumbre y a menudo invisible incluso para la investigación aplicada. Pero los descubrimientos se traducen en una mejora del saber colectivo y pueden aportar beneficios inimaginables a la sociedad. Conocimientos que un día parecieron imposibles hoy son aplicables. Una vez escuché que preguntar para qué sirve un descubrimiento es como preguntar para qué sirve un niño. Paradójicamente, la inversión en investigación (y recalco inversión) sigue congelada en su particular era glacial. A pesar de todo, como nuestra oruga recién salida del frigorífico, seguimos activos, investigando y avanzando, paso a paso, hacia lo desconocido. Supongo que será esa mezcla de pasión y curiosidad lo que nos empuja a seguir adelante en este camino tan complejo, al filo de lo imposible.





El chiste entomológico



Fuente: <https://www.uv.es/~jaguilar/humor/b71.jpg>



