

Mosquitos, cambio global y salud pública

Martina Ferraguti, Josué Martínez de la Puente y Jordi Figuerola

Publicado en

INVESTIGACIÓN
Y CIENCIA

Junio 2017

CONDICIONES Y PERMISOS

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista.

**Por consiguiente, no podrá colgarse este documento
en ninguna página web.**

Mosquitos, cambio global y salud pública

La alteración del hábitat y la urbanización afectan de distinto modo a las especies de mosquitos transmisores de enfermedades. Conocerlo con detalle resulta fundamental para la salud humana y animal

Martina Ferraguti, Josué Martínez de la Puente y Jordi Figuerola

Las actividades humanas están alterando

el funcionamiento de los ecosistemas, un fenómeno ampliamente conocido como cambio global. El impacto de estas actividades en el uso del suelo y la disponibilidad de recursos conlleva con frecuencia una mayor abundancia de las poblaciones de algunas especies y la disminución o desaparición de muchas otras. Como consecuencia, se produce una simplificación de los ecosistemas y una pérdida general de biodiversidad. Las comunidades de mosquitos no resultan ajenas a estos impactos, con el agravante de que los cambios en su composición y abundancia pueden aumentar el riesgo de transmisión de numerosos patógenos, muchos de los cuales afectan a los humanos.

EN SÍNTESIS

Las poblaciones de mosquitos se ven afectadas por el cambio global, en particular por la pérdida de su hábitat, la urbanización o la expansión de especies invasoras como el mosquito tigre.

Si se tiene en cuenta que numerosas especies de mosquitos son importantes vectores de enfermedades humanas y animales, el estudio de cómo se ven alteradas por el cambio global reviste una enorme importancia para la salud pública.

Los autores han analizado la distribución y abundancia de las especies de mosquitos más representativas del suroeste de España, y han determinado las más afectadas por la urbanización y la alteración del hábitat, así como su capacidad de transmitir patógenos como el virus del Nilo Occidental o los parásitos de la malaria aviar.

URBANIZACIÓN Y MOSQUITOS:

En las aglomeraciones urbanas las poblaciones de mosquitos se reducen notablemente, aunque algunas especies no se ven afectadas.



Los mosquitos, con unas 3500 especies en todo el mundo, son los principales organismos vectores, o transmisores, de enfermedades. En su interior se produce una parte fundamental del ciclo biológico de patógenos de distintos grupos taxonómicos. Entre ellos figuran virus, como el del Zika y el del dengue; nematodos (un tipo de gusano), como las filarias; o protozoos, como el parásito de la malaria. Según la Organización Mundial de la Salud, durante el 2015 se registraron unos 212 millones de casos de malaria, enfermedad que produjo más de 400.000 muertes. Para mitigar las enfermedades transmitidas por mosquitos resulta esencial entender cómo influyen el ambiente y las actividades humanas en la distribución y abundancia de estos insectos.

La idea de que el conocimiento profundo de la ecología de los mosquitos contribuye a mejorar la salud pública la recoge el concepto «Una salud» (*One health*), término introducido a comienzos de la década del 2000. El enfoque se basa en la estrecha relación que existe entre la salud de los humanos, los animales y los ecosistemas y aboga por la colaboración entre especialistas de estas áreas para responder a los riesgos sanitarios que se originan en la interacción de estos tres elementos. Si bien los cambios en el paisaje ejercen un importante efecto sobre las poblaciones de mosquitos, no todas las especies tienen la misma capacidad de transmitir patógenos. Si se integran los conocimientos disponibles sobre la influencia del ambiente en las poblaciones de mosquitos y el papel de las distintas especies de mosquitos en la transmisión de diversos patógenos, podemos mejorar nuestra capacidad para entender la epidemiología y el riesgo de propagación de enfermedades que afectan a los humanos y otros animales.

Teniendo en cuenta esa idea, nuestro grupo de investigación se propuso explorar los factores que influían en la composición y abundancia de los mosquitos en el suroeste de la península ibérica, en una zona representativa donde abundan los hábitats propicios para la proliferación de estos insectos. En concreto, analizamos cómo se veían afectados los mosquitos por cambios en el uso del suelo y el grado de ocupación humana. Los hallazgos apuntan a que las zonas más urbanizadas son las más pobres, tanto en número de especies como de individuos, aunque algunas especies que tienen el potencial de transmitir enfermedades importantes se ven poco alteradas por la urbanización.

UN CASO PARADIGMÁTICO: EL MOSQUITO TIGRE

Aedes albopictus, el mosquito tigre, es una especie nativa del sudeste asiático, pero en los últimos decenios ha expandido con rapidez su área de distribución y hoy se halla ya en todos los continentes. Ha logrado propagarse a través del comercio de plantas ornamentales y neumáticos usados, pues sus larvas sobreviven en el agua retenida en las macetas o en el alcantarillado.

Actualmente, el mosquito tigre presenta poblaciones estables en la mayoría de los países de la cuenca mediterránea, muy especialmente en Italia. Es importante recordar que el establecimiento de una especie de mosquito exótica puede crear nuevos escenarios epidemiológicos en la zona de llegada, con importantes consecuencias para el ser humano y la fauna silvestre y doméstica. Se sabe que el mosquito tigre tiene la capacidad de transmitir enfermedades víricas relevantes, como el dengue, la fiebre chikungunya, la fiebre amarilla o el zika.

En España, los primeros individuos del mosquito tigre se detectaron en Sant Cugat del Vallès (Barcelona) en 2004. Desde ahí colonizó buena parte del Levante y datos publicados por Francisco Collantes, de la Universidad de Murcia, y sus colaboradores en *Parasites & Vectors* en 2015 indican la presencia de

Martina Ferraguti es doctoranda en la Estación Biológica de Doñana, del CSIC (EBD-CSIC), donde estudia el efecto del paisaje y las comunidades de mosquitos y vertebrados sobre las enfermedades transmitidas por vectores.



Josué Martínez de la Puente es investigador posdoctoral de la EBD-CSIC y del Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), donde estudia los mecanismos de transmisión de patógenos por vectores.



Jordi Figuerola es investigador científico y vicedirector de la EBD-CSIC y lidera un equipo de investigación en el CIBERESP.



poblaciones estables en Málaga. Igual que las otras especies de mosquitos, *Ae. albopictus* necesita agua estancada para que sus larvas puedan desarrollarse. El éxito de la especie radica en su capacidad para utilizar pequeñas acumulaciones de agua, como las que se forman en las macetas o el alcantarillado. Además, el insecto muestra una clara preferencia por alimentarse de la sangre de mamíferos, sobre todo de humanos, según hemos confirmado en un estudio publicado en *Malaria Journal* en 2015. Todo ello, unido a su capacidad de transmitir importantes patógenos, hace de esta especie no solo una molestia por lo doloroso de sus picaduras, sino también un riesgo para la salud pública. En este sentido, hay que considerar el riesgo de expansión del mosquito tigre al resto de España, especialmente en localidades de la costa atlántica, sobre todo si se piensa en la plasticidad que ha mostrado esta especie en otros países donde se halla ampliamente distribuida.

LOS MOSQUITOS AUTÓCTONOS

En España se han identificado 61 especies de mosquitos, aunque se dan importantes variaciones geográficas en su distribución y abundancia. A pesar de que existe un especial interés en este grupo de insectos, aún persiste un importante desconocimiento de la distribución real de numerosas especies, un problema probablemente agravado por la creciente disminución de taxónomos especializados en su identificación.

El sur de la península ibérica, por su gran diversidad de ecosistemas y la alta densidad y diversidad de vertebrados y mosquitos que alberga, es un lugar fundamental para conocer la dinámica de transmisión de patógenos por mosquitos. Con el fin de caracterizar el impacto del grado de urbanización y uso del suelo sobre las comunidades de mosquitos, en 2013 realizamos un muestreo exhaustivo de estos insectos en 45 localidades de tres provincias de Andalucía occidental: Huelva, Sevilla y Cádiz. Para ello, formamos un grupo multidisciplinar que incluyó miembros del Servicio de Control de Mosquitos de la Diputación de Huelva, de la Estación Biológica de Doñana (del CSIC) y del Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública.

Seleccionamos áreas de ambientes diversos, entre los que se incluyeron zonas costeras, de bosque mediterráneo y de marismas. Del mismo modo, estudiamos áreas con distinta presencia y actividades humanas: zonas urbanas (con una alta densidad de personas), zonas rurales (con abundantes especies de interés ganadero) y zonas naturales. Estas últimas presentaban un



LOS HUMEDALES, como el de la Cañada de los Pájaros, junto al Espacio Natural de Doñana, fueron uno de los hábitats naturales estudiados (izquierda). Mediante trampas repartidas por distintos puntos del suroeste peninsular se capturó un total de 340.829 hembras de mosquitos correspondientes a 13 especies (derecha).



mejor estado de conservación que los otros dos ambientes y una mayor abundancia general de especies silvestres.

A lo largo de un año capturamos mediante trampas un total de 340.829 hembras de mosquitos (las que succionan la sangre de otros animales que utilizarán para el desarrollo de los huevos y las crías) pertenecientes a 13 especies y 5 géneros. Las especies más abundantes fueron, en orden de cantidad decreciente, *Culex theileri*, *Ochlerotatus caspius*, *Culex pipiens*, *Culex perexiguus*, *Anopheles atroparvus*, *Culiseta annulata*, *Ochlerotatus detritus* y *Culex modestus*. Como cabría esperar, observamos un claro efecto del tipo de hábitat sobre las comunidades: las áreas urbanas soportaban un menor número de especies (riqueza de especies) y una menor abundancia de mosquitos que los espacios rurales y naturales. Además, ambos parámetros disminuían a medida que aumentaba la densidad de la población humana. También observamos que, a mayor superficie ocupada por marismas, mayor era la abundancia de mosquitos.

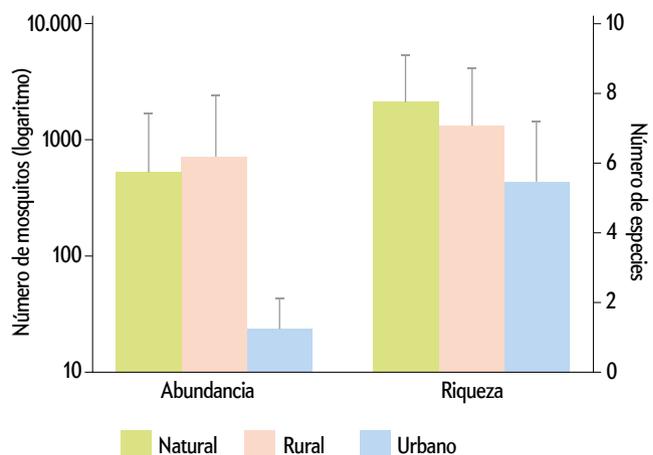
Las diferencias en el número de individuos de distintas especies parecen responder a los diversos requisitos ambientales de cada una, sobre todo los relacionados con la cría y el desarrollo de las larvas acuáticas. Así, a medida que aumentaba el área urbanizada alrededor de las zonas de estudio, disminuían las capturas de especies como *An. atroparvus*, *Cx. perexiguus* u *Oc. caspius*. Sin embargo, el mosquito común (*Cx. pipiens*) presentó en las zonas urbanas abundancias similares a las de zonas rurales, y solo ligeramente inferiores a las de zonas naturales. Esta especie, igual que el mosquito tigre, es capaz de utilizar pequeñas acumulaciones de agua para criar y se ve poco afectada por los cambios en el uso del suelo y la urbanización. Obviamente, otros factores, como los planes de gestión de plagas que se desarrollan para reducir las poblaciones de mosquitos en las áreas urbanas, provocarán también un descenso en las poblaciones de estos insectos.

¿A QUIÉN PICAN LOS MOSQUITOS?

Para comprender el riesgo de transmisión de un patógeno por cada especie de mosquito resulta esencial conocer qué especies, o grupos de animales, suponen la principal fuente de alimento para las hembras de mosquito. Es importante tener en cuenta que, con independencia del número de individuos que hay de cada especie de mosquito, cada una de ellas muestra preferencias de alimentación no necesariamente relacionadas con la abundancia de las especies de vertebrados en la zona.

A lo largo de los últimos años, gracias a los avances en biología molecular, hemos podido identificar los patrones de alimentación de los mosquitos más comunes en el sur peninsular mediante el análisis del ADN de la sangre presente en el abdomen de los insectos. Hemos observado así que especies como *An. atroparvus*, *Cx. theileri* y *Oc. caspius* se alimentan predominantemente de mamíferos, mientras que otras, como *Cx. pipiens*, *Cx. perexiguus* y *Cx. modestus*, se nutren mayoritariamente de aves.

No obstante, en general el comportamiento alimentario de estos mosquitos es bastante oportunista, y su dieta incluye especies de vertebrados de distintos grupos taxonómicos. Por ejemplo, *Cx. perexiguus*, que se alimenta principalmente de aves, suele picar a especies de pequeño tamaño, como gorriones, pero también a otras más grandes, como grajillas, gallinas y palomas, entre otras, además de varios mamíferos e incluso un reptil, el galápago leproso. Por otro lado, *An. atroparvus* se nutre predominantemente de mamíferos como caballos, perros y burros, pero hemos descubierto que forma parte también de su dieta un ave, la gallina, según un estudio publicado en *Malaria Journal* en 2013.



IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN: El número de individuos (abundancia) y de especies (riqueza) de mosquitos desciende al aumentar el grado de urbanización del entorno, aunque no todas las especies se ven afectadas por igual. (La abundancia se refiere al logaritmo de la media de mosquitos capturados en cada tipo de hábitat; la riqueza representa la media del número de especies capturadas.)

	Hábitats y zonas de cría	Patógenos que transmite	Hospedadores principales	Distribución en España
Anopheles atroparvus	 Zonas rurales con aguas no contaminadas, con una ligera preferencia por ríos, arrozales o aguas salobres	Parásitos del paludismo	Mamíferos, ocasionalmente humanos	Amplia
Culex theileri	 Zonas naturales y rurales. Prefiere prados inundados, corrientes que se estancan o se mueven lentamente, charcas en rocas, pantanos y arrozales	<i>Dirofilaria</i> spp.	Mamíferos, incluidas especies de interés ganadero	Sur y oeste de la península. También en localidades del Levante y Galicia, así como Canarias
Ochlerotatus caspius	 Marismas y arrozales	Podría estar involucrada en la transmisión de parásitos de la malaria aviar	Mamíferos, incluidas especies de interés ganadero	Levante, sur y algunas provincias del norte y centro peninsular. Presente en Baleares y Canarias
Culex pipiens (mosquito común)	 Ambientes urbanos, donde utiliza el agua acumulada en vasijas en cementerios, pequeños charcos o alcantarillas	Virus del Nilo Occidental, parásitos de la malaria aviar, <i>Dirofilaria</i> spp.	Mayoritariamente aves	Probablemente presente en todas las provincias de España, incluidas Baleares y Canarias
Culex perexiguus	 Áreas naturales y rurales. Prefiere aguas estancadas y efímeras como los arroyos con vegetación emergente	Virus del Nilo Occidental, virus Usutu, parásitos de la malaria aviar	Mayoritariamente aves	Suroeste de la península
Culex modestus	 Hábitats naturales. Prefiere los pantanos salobres y los arrozales inundados	Virus del Nilo Occidental	Aves y mamíferos	Irregular, especialmente presente en localidades del este y sur peninsular
Aedes albopictus (mosquito tigre)	 Zonas urbanas. Utiliza acumulaciones de agua en macetas, neumáticos usados y alcantarillas	Virus del dengue, virus del Zika, <i>Dirofilaria</i> spp.	Mamíferos, especialmente personas	Levante, hasta la provincia de Málaga. Presente en Baleares

ESPECIES DE MOSQUITO MÁS ABUNDANTES en el suroeste peninsular. Presentan distintas características en cuanto al hábitat que ocupan, los patógenos de las que son vectores y los hospedadores a los que los transmiten. Se incluye también el mosquito tigre, una especie invasora que no ha alcanzado la zona estudiada pero que hoy en día se ha extendido rápidamente por el Levante y ha llegado hasta Málaga.

En función de los patrones de alimentación de los mosquitos, puede predecirse su posible intervención en la transmisión de los diferentes patógenos que afectan a un determinado grupo de animales. Así, los que ingieren la sangre de las aves mostrarán previsiblemente una mayor implicación en la propagación de los patógenos que circulan entre la avifauna. Resulta de especial interés el caso de las especies que incluyen en su dieta tanto aves como mamíferos, pues podrían desempeñar un papel fundamental en la transmisión de patógenos a los humanos. Un ejemplo lo hallamos en el virus del Nilo Occidental, que afecta

a las aves pero en ocasiones puede infectar a los seres humanos o los caballos, en los que produce brotes epidémicos.

Las técnicas moleculares nos permiten identificar no solo las especies de las que se alimentan los mosquitos, sino también al individuo concreto al que han picado. La utilidad de esta información va más allá del contexto epidemiológico, puesto que los datos pueden resultar también de interés desde el punto de vista de la conservación. Así, el material genético de la sangre de los mosquitos nos puede ayudar a conocer en profundidad la biología de especies en peligro de extinción e identificar los

individuos que están ocupando áreas específicas. Utilizando el lince ibérico como modelo de estudio, logramos determinar a qué individuo había picado el mosquito, lo que nos permitió registrar el área de campeo del felino. No obstante, esta técnica tiene la limitación de que es necesario disponer de una información de base sobre las características genéticas de los individuos de la población de lince, algo que en este caso es posible gracias a los exhaustivos programas de seguimiento que se realizan de la especie.

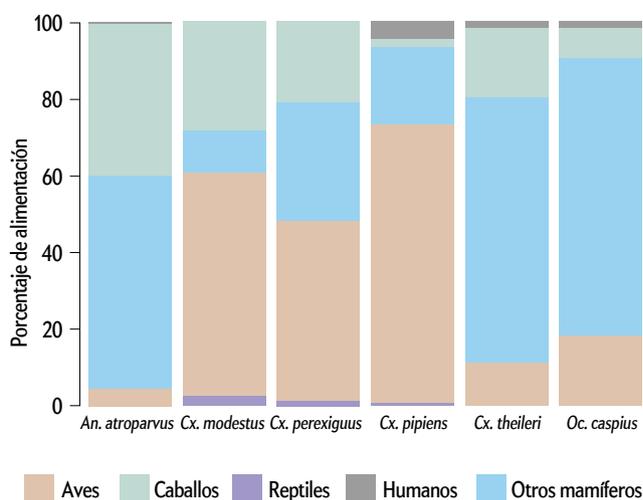
VECTORES EFICACES

Para comprender la importancia de cada especie de mosquito en la transmisión de los diferentes patógenos que circulan en el medio, no solo debemos identificar los factores que favorecen la abundancia de los insectos y la frecuencia con la que entran en contacto con los hospedadores de los patógenos. Hay que evaluar también lo que se conoce como competencia vectorial del mosquito. Corresponde a la eficacia con la que el insecto es infectado por un patógeno y, a su vez, lo transmite a un hospedador. El concepto reviste importancia porque los patógenos no pueden reproducirse en todas las especies de mosquitos y solo algunas de ellas funcionarán como vectores de cada patógeno. Así, el protozoo responsable de la malaria humana es transmitido por mosquitos del género *Anopheles*, mientras que los del género *Culex* y muchos otros carecen de tal capacidad. Para que el patógeno se transmita tiene que ser capaz de superar el sistema inmunitario del mosquito e invadir sus tejidos, replicarse e infectar las glándulas salivales, de manera que el insecto transfiera el patógeno a un nuevo hospedador al inyectar su saliva en él.

A lo largo de los últimos años, hemos trabajado para identificar el papel de cada especie de mosquito en la transmisión de dos patógenos que circulan entre las aves silvestres: el parásito de la malaria aviar y el virus del Nilo Occidental. Las especies del parásito de la malaria, del género *Plasmodium*, que afectan a las aves presentan un ciclo de transmisión similar a las que causan la malaria en humanos, pero no pueden infectar a estos últimos. De este modo, las aves suponen un excelente modelo para investigar los factores que favorecen la propagación de estos parásitos en condiciones naturales. Nuestro trabajo reveló la notable implicación de *Cx. perexiguus* en la transmisión de *Plasmodium* en la zona de estudio, al albergar la mayor riqueza de linajes de malaria aviar.

En cuanto al virus del Nilo Occidental, estimamos el riesgo de transmisión basándonos en el seguimiento de las poblaciones de mosquitos en áreas naturales de Andalucía, principalmente, en el entorno del espacio natural de Doñana. Tuvimos en cuenta los tres parámetros fundamentales que señalamos anteriormente: la abundancia de cada especie de mosquito en cada localidad, su patrón de alimentación y su competencia vectorial para transmitir el virus. Mediante esta estrategia, demostramos que *Cx. perexiguus* representaría el vector más importante del virus del Nilo Occidental entre las aves silvestres de la zona y sería también el principal responsable del mantenimiento del virus en el sudoeste de Andalucía. Gracias a la colaboración con investigadores del Instituto de Salud Carlos III y del Servicio de Control de Mosquitos de la Diputación de Huelva, estos resultados fueron confirmados con la detección del patógeno en muestras de mosquitos de esta especie capturados en la zona de estudio.

La propagación de los dos patógenos aviares por *Cx. perexiguus* no resulta extraña, ya que la sangre de las aves supone casi la mitad de la ingesta de esta especie. Las aves de las que



ORIGEN DE LA SANGRE: Las hembras de seis especies de mosquitos comunes en Andalucía se nutren de distintos vertebrados, según se ha deducido del estudio de la sangre extraída del abdomen de los insectos. Esta información resulta de gran utilidad para conocer su riesgo de transmisión de patógenos. (El porcentaje indica la proporción de sangre de cada grupo de vertebrados en todos los mosquitos analizados de cada especie.)

se nutre corresponden a ocho especies, entre ellas diferentes passeriformes, como el gorrión común, que podría desempeñar un papel relevante en la epidemiología de estos patógenos.

En conclusión, el estudio de las dinámicas de transmisión de patógenos que afectan a la fauna silvestre, doméstica y los seres humanos exige una aproximación multidisciplinar con especialistas de diferentes áreas que van de la virología a la ecología. El sur de la península ibérica, por su gran diversidad de ecosistemas y la alta densidad y diversidad de vertebrados y mosquitos que alberga, es un lugar fundamental para conocer los mecanismos de transmisión de patógenos por vectores como los mosquitos. La degradación del hábitat de estos insectos, la urbanización y la expansión de especies invasoras, en particular la del mosquito tigre, deben tenerse en cuenta para comprender los nuevos escenarios epidemiológicos que se crean, en los que se verá afectada la transmisión de los patógenos autóctonos y de otros importados como consecuencia del movimiento de personas o animales.

PARA SABER MÁS

- Review of ten-years presence of *Aedes albopictus* in Spain 2004-2014: Known distribution and public health concerns.** F. Collantes et al. en *Parasites & Vectors*, vol. 8, art. 655, 2015.
- Avian malaria parasites in the last supper: Identifying encounters between parasites and the invasive Asian mosquito tiger and native mosquito species in Italy.** J. Martínez de la Puente et al. en *Malaria Journal*, vol. 14, art. 32, 2015.
- Individual identification of endangered species using mosquito blood meals: A proof-of-concept study in Iberian lynx.** J. Martínez-de la Puente et al. en *Parasitology Research*, vol. 114, págs. 1607-1610, 2015.
- Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance.** M. Ferraguti et al. en *Scientific Reports*, vol. 6, art. 29002, 2016.

EN NUESTRO ARCHIVO

- Enfermedades transmitidas por mosquitos.** Fred Gould, Krisztian Magori y Yunxin Huang en *lyC*, agosto de 2006.