

OBJETIVO: ATRAPAR EL TIGRE

UNA PLATAFORMA DE CIENCIA CIUDADANA PARA COMBATIR AL MOSQUITO TIGRE

Aitana Oltra, John R. B. Palmer y Frederic Bartumeus

Hemos creado una sociedad globalizada, pero no solo las poblaciones humanas están cada vez más interconectadas. El movimiento de especies invasoras y los vectores de enfermedad en nuestras rutas migratorias y comerciales presentan serios problemas de cambio del entorno y nuevas amenazas para la salud pública (Crowl, Crist, Parmenter, Belovsky y Lugo, 2008; Lounibos, 2002). Esta tendencia es clara en el caso del mosquito tigre asiático (*Aedes albopictus*) (Delacour-Estrella et al., 2015), una especie invasora del sudeste asiático que se ha extendido por todo el mundo (Hawley, 1988) y ya es común en el sudeste de Europa (European Centre for Disease prevention and Control [ECDC], 2015). El mosquito tigre es conocido por picar de forma agresiva durante el día y, principalmente, por ser vector de muchas enfermedades, incluyendo el dengue y el chikunguña (Paupy, Delatte, Bagny, Corbel y Fontenille, 2009). Se detectó en España por primera vez en 2004 (Aranda, Eritja y Roiz, 2006) y ya se ha establecido en toda la costa mediterránea española (Alarcón-Elbal et al., 2014), donde supone una amenaza para la salud pública y degrada la calidad de vida de sus habitantes, además de dañar al sector turístico, que tiene su temporada alta en verano, justo en el momento en que la especie es más activa.

La eficacia de los programas públicos de gestión (a escala regional o nacional) para la vigilancia y control de los mosquitos tigre es limitada. Sabemos que los mosquitos tigre se reproducen en recipientes pequeños con agua, abundantes en el entorno urbano. Estos pequeños depósitos con agua no se encuentran únicamente en espacios públicos (fuentes, desagües), sino también en zonas privadas, como los platos que la gente pone bajo las macetas en balcones y patios. Estos desafíos para la gestión se complican

por la importación constante de mosquitos desde otras áreas (transporte de bienes a larga distancia por mar y aire) y su constante redistribución con rangos establecidos asociados con el movimiento de vehículos particulares y otros patrones rutinarios de movilidad humana (por ejemplo, el camino diario al trabajo, la movilidad de fin de semana entre la primera y la segunda residencia o el transporte local de bienes). Todo esto crea un problema muy complejo. Los grupos de interés de salud pública encuentran extremadamente difícil minimizar los riesgos epidemiológicos y los

costes de los programas de control y vigilancia se disparan fácilmente. En Francia, por ejemplo, la lucha contra los mosquitos tigre cuesta 4,5 millones de euros al año, lo que la convierte en la especie invasora más costosa del país (Commissariat général au développement durable, 2015).

«EN PAÍSES COMO FRANCIA, LA LUCHA CONTRA LOS MOSQUITOS TIGRE CUENTA 4,5 MILLONES DE EUROS AL AÑO»



El mosquito tigre es conocido por picar de forma agresiva durante el día y, principalmente, por ser vector de muchas enfermedades, incluyendo el dengue y el chikunguña.

■ 'ATRAPAELTIGRE': UNA NUEVA FUENTE DE INFORMACIÓN

Las particularidades del mosquito tigre, como la extensa movilidad y la abundancia de lugares de cría, junto a la facilidad con que se puede identificar, justifican claramente la elección de un enfoque de ciencia ciudadana basado en las tecnologías de la información para investigar, vigilar y controlar la especie. Este es el motivo principal por el que se creó el proyecto de ciencia ciudadana *AtrapaelTigre*

(www.atrapaeltigre.com) en España.

El proyecto se centra en: 1) explorar nuevas metodologías de participación pública en la recolección de datos para la investigación, vigilancia y control del mosquito tigre, y 2) concienciar a la población y promover prácticas domésticas de control. El proyecto piloto se inició en 2013 en la provincia de Gerona y se extendió en 2014 para cubrir todo el territorio español.

En *AtrapaelTigre*, la recolección de datos se hace mediante la aplicación *Tigatrapp* para *smartphones*, disponible para iOS y Android en iTunes y Google Play respectivamente.¹ *Tigatrapp* permite a cualquier persona que tenga un *smartphone* participar en la investigación científica, la vigilancia y el control de los mosquitos tigre. Desde 2014, más de 17.000 personas se han registrado como participantes, y hemos mantenido aproximadamente entre 2.000 y 3.000 participantes activos en todo momento durante la temporada de mosquitos, desde junio a noviembre (figura 1).

La aplicación conecta directamente con un mapa web interactivo en *AtrapaelTigre.com* y proporciona datos de visualización y alertas en tiempo real. La información básica para identificar al mosquito tigre (incluyendo su taxonomía y ciclo vital) está disponible tanto en la aplicación como en el sitio web del proyecto. También realizamos talleres y charlas para especialistas y para el público general durante la temporada de mosquitos.

Con *Tigatrapp*, la gente puede recoger y enviar de forma anónima informes geolocalizados sobre mosquitos tigre y sus lugares de cría que incluyen la siguiente información: 1) localización de la observación, obtenida directamente por la aplicación a través del localizador GPS, de las conexiones en red del dispositivo o con la selección en un mapa por parte del participante; 2) rasgos taxonómicos clave del mosquito observado o características del lugar de cría, a partir de una pequeña encuesta (es decir, validado a nivel de usuario); 3) fotografías (obligatorias para los lugares de cría pero opcionales para los mosquitos adultos, que suelen ser difíciles de fotografiar) y 4) notas complementarias opcionales.

La aplicación también muestrea localizaciones de participantes de forma anónima cinco veces al día (al azar), aunque los participantes tienen la opción de desactivar esta función. Este sistema automático de localización se usa para estimar el esfuerzo de muestreo en una escala amplia (figura 2), necesario para crear el modelo sobre la presencia o ausencia del mosquito tigre y para aprender sobre el transporte humano del mosquito (por ejemplo, mediante los flujos de tráfico de automóviles). Para proteger la privacidad, toda la información automática sobre la localización está oculta en los dispositivos de los participantes y solo se transmiten al servidor los

¹ *Tigatrapp* y toda la plataforma *AtrapaelTigre* son software gratuito y de código abierto, disponible en <http://github.com/MoveLab>



Figura 1. Recopilación de datos con *Tigatrapp*. Una red de expertos valida los datos de los informantes y los publica en un mapa web público. La web del proyecto ha recibido unas 19.000 visitas al mes durante la temporada alta del mosquito en 2015.

«CON TIGATRAPP, LA GENTE PUEDE RECOGER Y ENVIAR DE FORMA ANÓNIMA INFORMES GEOLOCALIZADOS SOBRE MOSQUITOS TIGRE Y LOS LUGARES DONDE CRÍA»

identificadores de latitud y longitud con una precisión de 0,05 grados. Además, estas localizaciones solo están identificadas por un código que se asigna aleatoriamente al dispositivo del participante, sin información adicional ni forma alguna de relacionar la localización con los informes de un participante concreto.

Finalmente, la aplicación (en estos momentos, solo en su versión para Android) incorpora la posibilidad de cumplir «misiones» especiales: encuestas y tareas voluntarias específicas, notificadas en el dispositivo. En 2015 se enviaron varias «misiones» en formato cuestionario para evaluar en qué medida (en términos de probabilidad) los vehículos favorecen la dispersión los mosquitos tigre adultos en España. Se han registrado más de 1.500 respuestas y, actualmente, se están analizando los resultados.

En estos momentos, en *AtrapaelTigre* estamos explorando diversos métodos para validar los informes recibidos (tanto de mosquitos tigre adultos como de lugares de cría) y visualizarlos en tiempo real en el mapa web. Utilizamos un sistema de verificación de tres niveles que combina la validación a escala de usuario con la ciudadana y la experta (figura 3). La validación de los usuarios se basa en las respuestas del participante a la encuesta de cada informe enviado. La ciudadana, en la



Figura 2. Ejemplo de la cobertura del mapa web para el periodo de 2015, centrado en la península Ibérica.

clasificación de las imágenes incluidas en los informes por parte de voluntarios de la plataforma Crowdcrafting.org (proyecto Tigafotos). Finalmente, la validación experta consiste en la clasificación sistemática de informes, basada en las fotografías adjuntas, por parte de un equipo de entomólogos. La clasificación de los expertos se utiliza como principal método de filtrado del mapa web público, pero también se ofrecen los resultados de la validación ciudadana y de los usuarios (cuando es posible). Los informes sin fotografías aparecen como «sin clasificar».

Utilizamos las redes sociales (Twitter y Facebook) y el blog del proyecto para animar a los usuarios a tomar más y mejores fotografías y ofrecerles información de forma sistemática. Gracias a estos esfuerzos, desde 2014 a 2015 casi hemos triplicado el porcentaje de fotografías clasificadas como probable mosquito tigre. En el futuro es posible que se añada la posibilidad de enviar por correo las características taxonómicas de especímenes de mosquitos georeferenciados (Kampen et al., 2015). El objetivo final siempre sería comparar los resultados de varios métodos independientes de valoración, junto con algoritmos inteligentes semiautomáticos basados en conocimiento anterior.

■ GESTIÓN E INVESTIGACIÓN DE LOS MOSQUITOS TIGRE MEDIANTE CIENCIA CIUDADANA

Los programas de control y vigilancia de los mosquitos tigre en muchos países europeos dependen de redes de trampas de oviposición (en las que las hembras tienden a

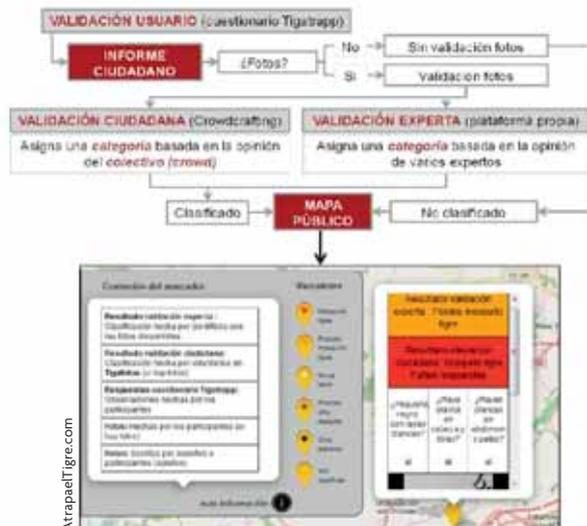


Figura 3. Diagrama del sistema de validación múltiple y ejemplo del menú emergente correspondiente a un informe en el mapa web.

poner los huevos), que presentan limitaciones estacionales y territoriales debido a los presupuestos y al número de trabajadores. *AtrapaelTigre* va más allá de estos programas tradicionales de seguimiento y explota las nuevas tecnologías (aplicaciones móviles, mapas web y redes sociales) que permiten realizar llamadas a la acción masivas y sistemáticas y producen datos disponibles de forma inmediata para los servicios de gestión, los institutos de investigación y el público general.

■ LA CIENCIA CIUDADANA COMO UNA HERRAMIENTA DE VIGILANCIA Y DETECCIÓN TEMPRANA

Se ha documentado anteriormente que la participación pública puede adelantar en varios años la detección de especies invasoras (Scyphers et al., 2014). *AtrapaelTigre* ya ha probado ser útil como sistema de alerta temprana (el objetivo principal de la vigilancia). Es una forma de detectar la especie en regiones en las que su presencia no se conoce o es incierta debido a la falta de información. Por ejemplo, el primer informe de mosquitos tigre detectados en Andalucía lo remitió un informante mediante *Tigatrapp* en 2014 (Delacour-Estrella et al., 2014). Del mismo modo, los informantes que utilizan *Tigatrapp* también fueron los primeros en detectar mosquitos tigre en el Prepirineo catalán. Desde su implantación española en 2014, los informantes han enviado información con una probabilidad considerable o alta de ser mosquitos tigre, según los validadores expertos,

«EN LAS ZONAS EN LAS QUE EL MOSQUITO TIGRE ESTÁ ESTABLECIDO, 'ATRAPAELTIGRE' ES ÚTIL COMO SISTEMA DE CONTROL»

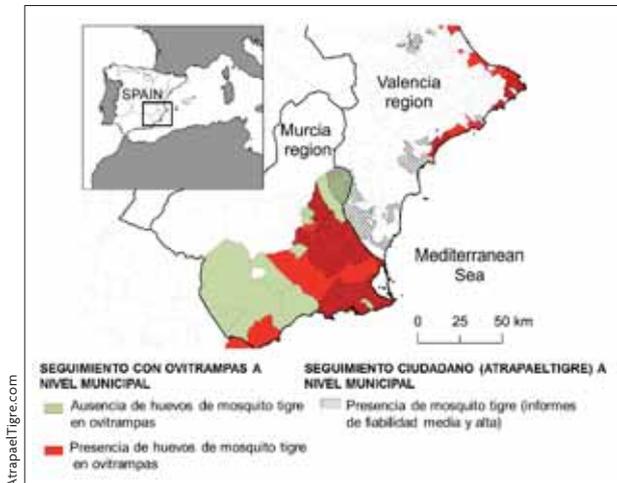


Figura 4. Aporte de la ciencia ciudadana a la comprensión de la invasión del mosquito tigre en las cercanías de Murcia y Alicante en 2014. Las zonas rojas y grises muestran información sobre la presencia de mosquitos tigre basada en datos tradicionales de trampas de oviposición, mientras que las zonas sombreadas muestran información basada en los informes enviados con *AtrapaelTigre* (informes probables o muy probables tras la validación experta). La combinación de diferentes fuentes de información es clave. Las divisiones administrativas utilizadas en la figura son del Instituto Geográfico Nacional de España y los límites nacionales, de World Continents ESRI.

desde más de 360 municipios españoles. Algunos de estos informes fueron las primeras detecciones de mosquitos tigre de sus municipios (los de 2015 todavía se tienen que publicar).

Los sistemas de ciencia ciudadana como *AtrapaelTigre* no son, de ninguna manera, sustitutos de la vigilancia activa especializada (por ejemplo, horarios de seguimiento y metodologías de muestreo). La detección de la especie en el País Vasco en 2014, por ejemplo, se debió únicamente a la vigilancia activa (Delacour-Estrella et al., 2015), lo que demuestra hasta qué punto estos dos enfoques son complementarios. De hecho, la eficiencia de combinar la vigilancia pasiva (datos recogidos por el público general) con la activa para hacer frente a estos mosquitos en Europa es cada vez más clara (Kampen et al., 2015).

La figura 4 muestra que combinar datos de *AtrapaelTigre* con otras fuentes (como las redes de trampas de oviposición creadas por la administración pública o los departamentos de investigación) puede mejorar notablemente nuestra comprensión de las especies invasoras y los vectores de enfermedad. En este ejemplo podemos ver cómo los informantes comunican la presencia de mosquitos en municipios que, por la razón que sea, no forman parte del muestreo realizado con trampas de

oviposición. Por el contrario, en otras áreas estas trampas han detectado a la especie y los informantes no. Por último, también es posible que los informantes corrijan falsos negativos de las trampas de oviposición. Cabe señalar que los informes de *AtrapaelTigre* no se usan para establecer oficialmente la presencia de una especie en una zona determinada. En realidad, estos informes activan los protocolos establecidos para que los especialistas recojan y archiven al menos un espécimen del lugar. Con este objetivo, estamos trabajando con los departamentos universitarios que se ocupan de la vigilancia del mosquito tigre para que los nuevos descubrimientos potenciales registrados mediante *AtrapaelTigre* se puedan comprobar rápidamente sobre el terreno.

■ LA CIENCIA CIUDADANA COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN

En las zonas en las que el mosquito tigre está establecido, *AtrapaelTigre* es útil como sistema de control. Actualmente estamos desarrollando herramientas (como interfaces web) para hacer la información de la ciencia ciudadana más accesible y útil para los agentes y grupos de interés (por ejemplo, las agencias de salud pública)

responsables del control epidemiológico de las enfermedades transmitidas por mosquitos en las grandes ciudades. En 2015, comenzamos un proyecto piloto con la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB) mediante el cual la agencia utiliza la información en tiempo real de *AtrapaelTigre* para complementar su programa de control. El programa se centra en: áreas de cría prioritarias de los mosquitos tigre, incidencias telefónicas y casos de

arbovirus (acciones de control en zonas de la ciudad en las que existen infecciones importadas). Hasta la fecha, la ASPB ha utilizado un 84% de los informes sobre lugares de cría de los mosquitos tigre enviados por los usuarios en Barcelona en una de estas áreas focales. Actualmente estamos evaluando los costes y beneficios de este programa piloto conjunto. Otras ciudades grandes como Valencia también están utilizando la plataforma para acciones de control en tiempo real. Todo señala a que este tipo de colaboración es muy beneficiosa y crucial para el mantenimiento a largo plazo de todo el sistema de participación.

■ LA CIENCIA CIUDADANA COMO UNA HERRAMIENTA DE MODELADO PREDICTIVO

Desde el punto de vista científico, un reto importante para *AtrapaelTigre* (y, por extensión, para otros proyec-

tos de ciencia ciudadana) es demostrar cómo la combinación de datos de los ciudadanos y de las trampas de oviposición (Kampen et al., 2015) pueden mejorar las predicciones de la distribución (actual y potencial), los factores de riesgo y la dinámica de propagación de la especie. Las redes de trampas de oviposición son un método de muestreo probado desde el punto de vista técnico y científico, pero están limitados espacial y temporalmente, mientras que los datos de la ciencia ciudadana pueden contener más ruido y ser menos fiables, pero también pueden llegar a ser masivos y cubrir escalas espacio-temporales mucho más amplias. La clave es permitir que los puntos fuertes de cada enfoque compensen las debilidades del otro y utilizar los resultados fiables de cada uno para calibrar por comparación. Esperamos poder utilizar los dos tipos de datos (redes de trampas e informantes) con enfoques novedosos para producir modelos más robustos de la distribución actual y potencial de mosquitos tigre en España y, lo que es más importante, mejores predicciones sobre el riesgo de enfermedades transmitidas por mosquitos, como el dengue y el chikunguña, en España. Los modelos predictivos que combinan la ciencia ciudadana y la vigilancia experta parecen ofrecer una base sólida para estrategias de gestión rentables a largo plazo.

■ EL MOSQUITO TIGRE EN ESPAÑA: INFORMACIÓN ACTUAL Y APORTACIÓN DE LA CIENCIA CIUDADANA

Además de la comparación de los resultados de ciencia ciudadana con los datos de las trampas de oviposición, es importante considerar de forma más amplia lo que sabemos de la distribución del mosquito tigre y cómo ha contribuido la ciencia ciudadana. En la actualidad no se realiza un muestreo regular y homogéneo de mosquitos tigre que abarque todo el territorio español. Hay mucha información sobre algunas zonas, pero muy poca sobre otras.

Estamos viendo solo el principio de una nueva era en la que la tecnología y los macrodatos pueden servir de puente para la comunicación entre ciudadanos y científicos de formas inesperadas y con niveles de detalle sin precedentes. Todavía hay un largo camino que recorrer pero entendemos que ya no hay vuelta atrás y que, además, el enfoque de ciencia ciudadana promovido por *AtrapaelTigre* tendrá un papel clave para el control de esta y otras enfermedades transmitidas por vectores a nivel global. ☺

«LOS SISTEMAS DE CIENCIA CIUDADANA COMO ‘ATRAPAELTIGRE’ NO SON, DE NINGUNA MANERA, SUSTITUTOS DE LA VIGILANCIA ACTIVA ESPECIALIZADA»

AGRADECIMIENTOS

AtrapaelTigre.com ha recibido fondos de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y el Ministerio de Economía y Competitividad (FCT-12-3730, FCT-13-7019), de Lokímica y del Plan Estatal I+D+i (CGL2013-43139-R), en colaboración con Obra Social «La Caixa». La investigación que ha logrado estos resultados también ha recibido financiación de RecerCaixa. Queremos extender el agradecimiento a todos los participantes, estudiantes, voluntarios y profesionales que han hecho posible este proyecto. También queremos agradecer a los doctores Juan Antonio Delgado Iniesta y Francisco de Asís Collantes, de la Universidad de Murcia, por los datos de las trampas de oviposición mostrados en la figura 4, así como al equipo de *AtrapaelTigre*: A. Ramon, M. Torres y J. L. Ordoñez (equipo de comunicación), R. Eritja, S. Delacour, M. Bengoa y P. Alarcón-Elbal (equipo de validación experta).

REFERENCIAS

- Alarcón-Elbal, P. M., Delacour-Estrella, S., Ruiz-Arrondo, I., Collantes, F., Delgado, J. A., Morales-Bueno, J., ... & Lucientes, J. (2014). Updated distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Spain: new findings in the mainland Spanish Levante, 2013. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 109(6), 782–786. doi: 10.1590/0074-0276140214
- Aranda, C., Eritja, R., & Roiz, D. (2006). First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Medical and Veterinary Entomology*, 20(1), 150–152. doi: 10.1111/j.1365-2915.2006.00605.x
- Commissariat général au développement durable. Ministère de l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie. (2015). *Analyse économique des espèces exotiques envahissantes en France. Première enquête nationale (2009-2013)*. Consultado en <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Analyse-economique-des-especes.html>
- Crowl, T. A., Crist, T. O., Parmenter, R. R., Belovsky, G., & Lugo, A. E. (2008). The spread of invasive species and infectious disease as drivers of ecosystem change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(5), 238–246. doi: 10.1890/070151
- Delacour-Estrella, S., Collantes, F., Ruiz-Arrondo, I., Alarcón-Elbal, P. M., Delgado, J. A., Eritja, R., ... & 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. doi: 10.6018/analesbio.36.16
- Delacour-Estrella, S., Barandika, J. F., García-Pérez, A. L., Collantes, F., Ruiz-Arrondo, I., Alarcón-Elbal, ... & Lucientes, J. (2015). Detección temprana de mosquito tigre, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), en el País Vasco (España). *Anales de Biología*, 37, 25–30. doi: 10.6018/analesbio.37
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2015). *Mosquito maps*: Consultado en http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/VBORNET_maps.aspx
- Hawley, W. A. (1988). The biology of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association, Supplement 1*, 1–39.
- Kampen, H., Medlock, J. M., Vaux, A. G. C., Koenraadt, C. J. M., van Vliet, A. J. H., Bartumeus, F., ... & Werner, D. (2015). Approaches to passive mosquito surveillance in the EU. *Parasites & Vectors*, 8, 9. doi: 10.1186/s13071-014-0604-5.
- Lounibos, L. P. (2002). Invasions by insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*, 47, 233–266. doi: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145206
- Paupy, C., Delatte, H., Bagny, L., Corbel, V., & Fontenille D. (2009). *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. *Microbes and Infection*, 11(14-16), 1177–1185. doi: 10.1016/j.micinf.2009.05.005
- Scyphers, S. B., Powers, S. P., Adkins, J. L., Drymon, J. M., Martin, C. W., Schobernd, Z. H., ... & Switzer, T. S. (2014). The role of citizens in detecting and responding to a rapid marine invasion. *Conservation Letters*, 8(4), 242–250. doi: 10.1111/conl.12127
- Aitana Oltra, John R.B. Palmer y Frederic Bartumeus.** Laboratorio de Ecología del Movimiento–Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados (ICREA, CEAB-CSIC) y Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), Barcelona.