



OBJECTIU: ATRAPAR EL TIGRE

UNA PLATAFORMA DE CIÈNCIA CIUTADANA PER A COMBATRE EL MOSQUIT TIGRE

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

Hem creat una societat globalitzada, però no sols les poblacions humanes estan cada vegada més interconnectades. El moviment d'espècies invasores i els vectors de malaltia en les nostres rutes migratòries i comercials presenten problemes seriosos de canvi de l'entorn i noves amenaces per a la salut pública (Crowl, Crist, Parmenter, Belovsky i Lugo, 2008; Lounibos, 2002). Aquesta tendència és clara en el cas del mosquit tigre asiàtic (*Aedes albopictus*) (Delacour-Estrella et al., 2015), una espècie invasora del sud-est asiàtic que s'ha estès per tot el món (Hawley, 1988) i ja és comuna al sud-est d'Europa (European Centre for Disease prevention and Control [ECDC], 2015). El mosquit tigre és conegut per picar de manera agressiva durant el dia i, principalment, per ser vector de moltes malalties, incloent-hi el dengue i el chikungunya (Paupy, Delatte, Bagny, Corbel i Fontenille, 2009). Es va detectar a Espanya per primera vegada el 2004 (Aranda, Eritja i Roiz, 2006) i ja s'ha establert en tota la costa mediterrània espanyola (Alarcón-Elbal et al., 2014), on representa una amenaça per a la salut pública i degrada la qualitat de vida dels seus habitants, a més de danyar el sector turístic, que té la seua temporada alta a l'estiu, just en el moment en què l'espècie és més activa.

L'eficàcia dels programes públics de gestió (a escala regional o nacional) per a la vigilància i control dels mosquits tigre és limitada. Sabem que els mosquits tigre es reproduïxen en recipients petits amb aigua, abundants en l'entorn urbà. Aquests petits dipòsits amb aigua no es troben únicament en espais públics (fonts, desaigües), sinó també en zones privades, com els plats que la gent posa sota els tests a balcons i patis. Aquests desafiaments per a la gestió es compliquen per la importació constant de mosquits des d'altres àrees (transport de

béns a llarga distància per mar i aire) i la redistribució constant que experimenta amb rangs establerts associats amb el moviment de vehicles particulars i altres patrons rutinaris de mobilitat humana (per exemple, el camí diari a la feina, la mobilitat de cap de setmana entre la primera i la segona residència o el transport local de béns). Tot això crea un problema molt complex. Els grups d'interès de salut pública troben extremadament difícil minimitzar els riscos epidemiològics i els costos dels programes de control i vigilància es disparen fàcilment. A França, per exemple, la lluita contra els mosquits tigre costa 4,5 milions d'euros l'any, despesa que la converteix en l'espècie invasora més costosa del país (Commissariat général au développement durable, 2015).

«A PAÏSOS COM FRANÇA, LA LLUITA CONTRA ELS MOSQUIT TIGRE COSTA 4,5 MILIONS D'EUROS L'ANY»



El mosquit tigre és conegut per picar de manera agressiva durant el dia i, principalment, per ser vector de moltes malalties, incloent-hi el dengue i el chikungunya.

■ 'ATRAPAELTIGRE': UNA NOVA FONT D'INFORMACIÓ

Les particularitats del mosquit tigre, com l'extensa mobilitat i l'abundància de llocs de cria, junt amb la facilitat amb què es pot identificar, justifiquen clarament l'elecció d'un enfocament de ciència ciutadana basat en les tecnologies de la informació per investigar, vigilar i controlar l'espècie. Aquest és el motiu principal pel qual es va crear el projecte de ciència ciutadana *AtrapaelTigre* (www.atrapaeltigre.com) a Espanya.

El projecte se centra en: 1) explorar noves metodologies de participació pública en la recollida de dades per a la investigació, vigilància i control del mosquit tigre, i 2) conscienciar la població i promoure pràctiques domèstiques de control. El projecte pilot es va iniciar el 2013 a la província de Girona i es va estendre el 2014 per a cobrir tot el territori espanyol.

A *AtrapaelTigre*, la recollida de dades es fa mitjançant l'aplicació *Tigatrapp* per a *smartphones*, dis-

ponible per a iOS i Android en iTunes i Google Play respectivament.¹ *Tigatrapp* permet a qualsevol persona que tinga un *smartphone* participar en la investigació científica, la vigilància i el control dels mosquits tigre. Des del 2014, més de 17.000 persones s'hi han registrat com a participants, i hem mantingut aproximadament entre 2.000 i 3.000 participants actius en tot moment durant la temporada de mosquits, des de juny a novembre (figura 1).

L'aplicació connecta directament amb un mapa web interactiu en atrapaeltigre.com i proporciona dades de visualització i alertes en temps real. La informació bàsica per a identificar el mosquit tigre (incloent-hi la seua taxonomia i cicle vital) estarà disponible tant en l'aplicació com en el lloc web del projecte. També realitzem tallers i xarrades per a especialistes i per al públic general durant la temporada de mosquits.

Amb *Tigatrapp*, la gent pot arrebregar i enviar de manera anònima informes geolocalitzats sobre mosquits tigre i els seus llocs de cria que inclouen la informació següent: 1) localització de l'observació, obtinguda directament per l'aplicació a través del localitzador GPS, de les connexions en xarxa del dispositiu o amb la selecció en un mapa per part del participant; 2) trets taxonòmics clau del mosquit observat o característiques del lloc de cria, a partir d'una petita enquesta (és a dir, validat a nivell d'usuari); 3) fotografies (obligatòries per als llocs de cria però opcionals per als mosquits adults, que solen ser difícils de fotografiar) i 4) notes complementàries opcionals.

L'aplicació també mostreja localitzacions de participants de manera anònima cinc vegades cada dia (a l'atzar), encara que els participants tenen l'opció de desactivar aquesta funció. Aquest sistema automàtic de localització s'usa per estimar l'esforç de mostratge en una escala àmplia (figura 2), necessari per a crear el model sobre la presència o absència del mosquit tigre i per a aprendre sobre el transport humà del mosquit (per exemple, mitjançant els fluxos de trànsit d'automòbils). Per a protegir la privacitat, tota la informació automàtica sobre la localització està oculta en els dispositius dels participants i només es transmeten al servidor els identificadors de latitud i longitud amb una precisió de 0,05 graus. A més, aquestes localitzacions només estan identificades per un codi que s'assigna aleatòriament al dispositiu del participant, sense informació addicional ni cap manera de relacionar la

¹ *Tigatrapp* i tota la plataforma *AtrapaelTigre* són programari gratuït i de codi obert, disponible en <http://github.com/MoveLab>



Figura 1. Recopilació de dades amb *Tigatrapp*. Una xarxa d'experts valida les dades dels informadors i les publica en un mapa web públic. La web del projecte ha rebut unes 19.000 visites cada mes durant la temporada alta del mosquit el 2015.

localització amb els informes d'un participant concret.

Finalment, l'aplicació (actualment, només en la versió per a Android) incorpora la possibilitat de complir «missions» especials: enquestes i tasques voluntàries específiques, notificades en el dispositiu. El 2015 es van enviar diverses «missions» en format qüestionari per avaluar en quina mesura (en termes de probabilitat) els vehicles

afavoreixen la dispersió dels mosquits tigre adults a Espanya. S'han registrat més de 1.500 respostes i, actualment, s'estan analitzant els resultats.

En aquests moments, en *AtrapaelTigre* estem explorant diversos mètodes per validar els informes rebuts (tant de mosquits tigre adults com de llocs de cria) i visualitzar-los en temps real en el mapa web. Utilitzem un sistema de verificació de tres nivells que combina la validació a escala d'usuari amb la ciutadana i l'experta (figura 3). La validació dels usuaris es basa en les respostes del participant a l'enquesta de cada informe enviat. La ciutadana, en la classificació de les imatges incloses en els informes realitzada per voluntaris de la plataforma [Crowdcrafting.org](http://crowdcrafting.org) (projecte Tigafotos). Finalment, la validació experta consisteix en la classificació sistemàtica d'informes,



Figura 2. Exemple de la cobertura del mapa web per al període de 2015, centrat en la península Ibèrica.

basada en les fotografies adjuntes, realitzada per un equip d'entomòlegs. La classificació dels experts s'utilitza com a principal mètode de filtratge del mapa web públic, però també s'hi ofereixen els resultats de la validació ciutadana i dels usuaris (quan és possible). Els informes sense fotografies apareixen com «sense classificar».

Utilitzem les xarxes socials (Twitter i Facebook) i el blog del projecte per animar els usuaris a fer més i millors fotografies i oferir-los informació de manera sistemàtica. Gràcies a aquesta feina, des de 2014 a 2015 quasi hem triplicat el percentatge de fotografies classificades com a probable mosquit tigre. En el futur és possible que s'hi afegisca la possibilitat d'enviar per correu les característiques taxonòmiques d'espècimens de mosquits georeferenciats (Kampen et al., 2015). L'objectiu final sempre seria comparar els resultats de diversos mètodes independents de valoració, junt amb algoritmes intel·ligents semiautomàtics basats en coneixement anterior.

■ GESTIÓ I INVESTIGACIÓ DELS MOSQUIT TIGRE MITJANÇANT CIÈNCIA CIUTADANA

Els programes de control i vigilància dels mosquits tigre en molts països europeus depenen de xarxes de trames d'oviposició (en les quals les femelles tendeixen a pondre), que presenten limitacions estacionals i territorials a causa dels pressupostos i al nombre de treballadors. *AtrapaelTigre* va més enllà d'aquests

«EN LES ZONES EN QUÈ EL MOSQUIT TIGRE ESTÀ ESTABLERT, 'ATRAPAELTIGRE' ÉS ÚTIL COM A SISTEMA DE CONTROL»



Figura 3. Diagrama del sistema de validació múltiple i exemple del menú emergent corresponent a un informe en el mapa web.

programes tradicionals de seguiment i explota les noves tecnologies (aplicacions mòbils, mapes web i xarxes socials) que permeten realitzar crides a l'acció massives i sistemàtiques i produeixen dades disponibles de manera immediata per als serveis de gestió, els instituts d'investigació i el públic general.

■ LA CIÈNCIA CIUTADANA COM UNA EINA DE VIGILÀNCIA I DETECCIÓ PRIMERENÇA

S'ha documentat anteriorment que la participació pública pot avançar en uns quants anys la detecció d'espècies invasores (Scyphers et al., 2014). *AtrapaelTigre* ja ha provat ser útil com a sistema d'alerta primerenca (l'objectiu principal de la vigilància). És una manera de detectar l'espècie en regions en què la seua presència no es coneix o és incerta a causa de la falta d'informació. Per exemple, el primer informe de mosquits tigre detectats a Andalusia el va remetre un informador mitjançant *Tigatrapp* el 2014 (Delacour-Estrella et al., 2014). De la mateixa manera, els informadors que utilitzen *Tigatrapp* també van ser els primers a detectar mosquits tigre al Prepirineu català. Des de la seua implantació espanyola el 2014, els informadors han enviat informació amb una probabilitat considerable o alta de ser mosquits tigre, segons els validadors experts, des de més de 360 municipis espanyols. Alguns d'aquests informes van ser les primeres deteccions de mosquits tigre dels seus municipis (els de 2015 encara s'han de publicar).

Els sistemes de ciència ciutadana com *AtrapaelTigre* no són, en absolut, substituïts de la vigilància activa especialitzada (per exemple, horaris de seguiment i metodologies de mostratge). La detecció de l'espècie al País Basc el 2014, per exemple, es degué únicament a la vigilància activa (Delacour-Estrella et al., 2015), el que demostra fins a quin punt aquests dos enfocaments són complementaris. De fet, l'eficiència de combinar la vigilància passiva (dades arreplegades pel públic general) amb l'activa per a fer front a aquests mosquits a Europa és cada vegada més clara (Kampen et al., 2015).

La figura 4 mostra que combinar dades d'*AtrapaelTigre* amb altres fonts (com les xarxes de trampes d'oviposició creades per l'administració pública o els departaments d'investigació) pot millorar notablement la nostra comprensió de les espècies invasores i els vectors de malaltia. En aquest exemple podem veure que els informadors comuniquen la presència de mosquits en municipis que, per la raó que siga, no formen part del mostratge realitzat amb trampes d'oviposició. Al contrari, en altres àrees aquestes trampes han detectat l'espècie i els informadors no. Finalment, també és possible que els informadors esmenen falsos negatius de les trampes d'oviposició. Cal assenyalar que els informes d'*AtrapaelTigre* no s'usen per establir oficialment la presència d'una espècie en una zona determinada. En realitat, aquests informes activen els protocols establerts perquè els especialistes arrepleguen i arxiven almenys un espècimen del lloc. Amb aquest objectiu, treballem amb els departaments universitaris que s'ocupen de la vigilància del mosquit tigre perquè els nous descobriments potencials registrats mitjançant *AtrapaelTigre* es puguin comprovar ràpidament sobre el terreny.

■ LA CIÈNCIA CIUTADANA COM A EINA DE GESTIÓ

En les zones en què el mosquit tigre està establert, *AtrapaelTigre* és útil com a sistema de control. Actualment estem desenvolupant eines (com ara interfícies web) per a fer la informació de la ciència ciutadana més accessible i útil per als agents i grups d'interès (per exemple, les agències de salut pública) responsables del control epidemiològic de les malalties transmeses per mosquits en les grans ciutats. El 2015 vam començar un projecte pilot amb l'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB) mitjançant el qual l'agència utilitza la informació en temps real d'*AtrapaelTigre* per complementar el seu programa de control. El programa se

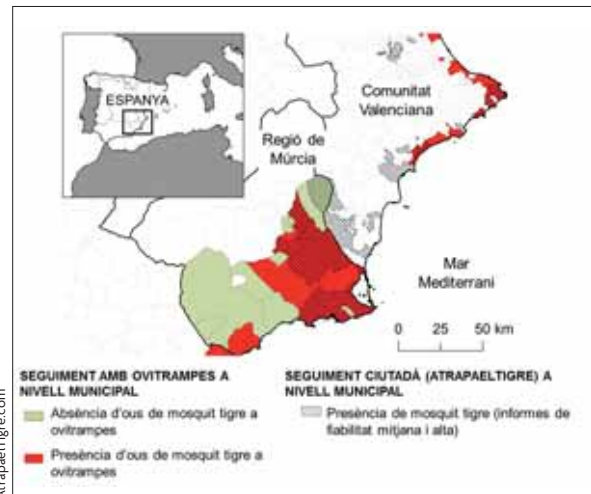


Figura 4. Aportació de la ciència ciutadana a la comprensió de la invasió del mosquit tigre en la rodalia de Múrcia i Alacant el 2014. Les zones roges i grises mostren informació sobre la presència de mosquits tigre basada en dades tradicionals de trampes d'oviposició, mentre que les zones ombrejades mostren informació basada en els informes enviats amb *AtrapaelTigre* (informes probable o molt probable després de la validació experta). La combinació de diferents fonts d'informació és clau. Les divisions administratives utilitzades en la figura són de l'Institut Geogràfic Nacional d'Espanya i els límits nacionals, de World Continents ESRI.

«ÉS UNA MANERA DE DETECTAR L'ESPÈCIE EN REGIONS EN QUÈ LA SEUA PRESÈNCIA NO ES CONEIX O ÉS INCERTA A CAUSA DE LA FALTA D'INFORMACIÓ»

centra en: àrees de cria prioritàries dels mosquits tigre, incidències telefòniques i casos d'arbovirus (accions de control en zones de la ciutat en què hi ha infeccions importades). Fins avui, l'ASPB ha utilitzat un 84 % dels informes sobre llocs de cria dels mosquits tigre enviats pels usuaris a Barcelona en una d'aquestes àrees focals. Actualment estem avaluant els costos i beneficis d'aquest programa pilot conjunt. Altres ciutats grans com València també estan utilitzant la plataforma per a accions de control en temps real. Tot assenyalant que aquest tipus de col·laboració és molt beneficiosa i crucial per mantenir a llarg termini tot el sistema de participació.

■ LA CIÈNCIA CIUTADANA COM UNA EINA DE MODELATGE PREDICTIU

Des del punt de vista científic, un repte important per a *AtrapaelTigre* (i, per extensió, per a altres projectes de ciència ciutadana) és demostrar que la combinació de dades dels ciutadans i de les trampes d'oviposició (Kampen et al., 2015) poden millorar les prediccions de la distribució (actual i potencial), els factors de risc i la dinàmica de propagació de l'espècie. Les xarxes

de trapes d'oviposició són un mètode de mostratge provat des del punt de vista tècnic i científic, però estan limitades espacialment i temporalment, mentre que les dades de la ciència ciutadana poden contenir més soroll i ser menys fiables, però també poden arribar a ser massives i cobrir escales espaciotemporals molt més àmplies. La clau és permetre que els punts forts de cada enfocament compensen les debilitats de l'altre i utilitzar els resultats fiables de cadascun per calibrar per comparació. Esperem poder utilitzar els dos tipus de dades (xarxes de trapes i informadors) amb enfocaments nous per produir models més robustos de la distribució actual i potencial de mosquits tigre a Espanya i, un fet encara més important, millors prediccions sobre el risc de malalties transmeses per mosquits, com el dengue i el chikungunya, a Espanya. Els models predictius que combinen la ciència ciutadana i la vigilància experta semblen oferir una base sòlida per a estratègies de gestió rendibles a llarg termini.

■ EL MOSQUIT TIGRE A ESPANYA: INFORMACIÓ ACTUAL I APORTACIÓ DE LA CIÈNCIA CIUTADANA

A més de la comparació dels resultats de ciència ciutadana amb les dades de les trapes d'oviposició, és important considerar de manera més àmplia el que sabem de la distribució del mosquit tigre i com hi ha contribuït la ciència ciutadana. En l'actualitat no es realitza un mostratge regular i homogeni de mosquits tigre que compregui tot el territori espanyol. Hi ha molta informació sobre algunes zones, però molt poca sobre altres.

Estem veient només el principi d'una nova era en la qual la tecnologia i les macrodades poden servir de pont per a la comunicació entre ciutadans i científics de formes inesperades i amb nivells de detall sense precedents. Encara hi ha un llarg camí per recórrer però entenem que ja no hi ha tornada arrere i que, a més, l'enfocament de ciència ciutadana promogut per *AtrapaelTigre* tindrà un paper clau per al control d'aquesta i d'altres malalties transmeses per vectors a nivell global. 🌐

AGRAÏMENTS

Atrapaeltigre.com ha rebut fons de la Fundació Espanyola per a la Ciència i la Tecnologia i del Ministeri d'Economia i Competitivitat (FCT-12-3730, FCT-13-7019), de Lokímica i del Pla Estatal R+D+I (CGL2013-43139-R),

en col·laboració amb Obra Social «La Caixa». La investigació que ha aconseguit aquests resultats també ha rebut finançament de RecerCaixa. Volem estendre l'agraïment a tots els participants, estudiants, voluntaris i professionals que han fet possible aquest projecte. També volem agrair als doctors Juan Antonio Delgado Iniesta i Francisco de Asís Collantes, de la Universitat de Múrcia, per les dades de les trapes d'oviposició mostrades en la figura 4, així com a l'equip d'*AtrapaelTigre*: A. Ramon, M. Torres i J. L. Ordoñez (equip de comunicació), R. Eritja, S. Delacour, M. Bengoa i P. Alarcón-Elbal (equip de validació experta).



«ELS SISTEMES DE CIÈNCIA CIUTADANA COM 'ATRAPAEALTIGRE' NO SÓN, EN ABSOLUT, SUBSTITUTS DE LA VIGILÀNCIA ACTIVA ESPECIALITZADA»

REFERÈNCIES

- 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)*. Consultat 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 mosquit 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*: Consultat 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., Koenraad, 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 i Frederic Bartumeus. Laboratori d'Ecologia del Moviment–Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA, CEAB–CSIC) i Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), Barcelona.