

CITIZEN SCIENCE PER IL MONITORAGGIO DELLE ZANZARE: IL PROGETTO MOSQUITO ALERT

Beniamino Caputo (a), Eleonora Longo (a), Alice Michelutti (b), Fabrizio Montarsi (b), Maria Vittoria Zucchelli (c), Valeria Lencioni (c), Daniel Remondini (d), Marco Di Luca (e), Francesco Severini (e), Alessandra della Torre (a)

(a) Dipartimento di Sanità Pubblica e Malattie Infettive, Sapienza Università di Roma, Roma

(b) Laboratorio di Parassitologia, Micologia ed Entomologia Medica, Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, Legnaro (Padova)

(c) Area Biodiversità, Museo delle Scienze - MUSE, Trento

(d) Dipartimento di Fisica e Astronomia, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Bologna

(e) Dipartimento Malattie Infettive, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Che cos'è Mosquito Alert?

Mosquito Alert è un progetto di scienza partecipata (*citizen science*) che si avvale di un'applicazione (App) per smartphone e dispositivi affini per coinvolgere i cittadini nella raccolta di dati in modo da contribuire allo studio, al monitoraggio e al controllo delle specie di zanzare presenti in Europa, che non solo rappresentano una fonte di fastidio e un eventuale danno economico (es. nel settore turistico), ma che sono anche potenziali vettori di malattie virali quali ad esempio la dengue, Zika, chikungunya e la febbre del Nilo Occidentale (*West Nile Disease*, WND). Attraverso l'App gratuita Mosquito Alert i cittadini possono inviare agli esperti segnalazioni fotografiche di zanzare e contribuire così al monitoraggio e alla sorveglianza di *Aedes albopictus* – la zanzara tigre – e di altre specie invasive del genere *Aedes* (*Aedes japonicus*, *Aedes koreicus*, *Aedes aegypti*) e della zanzara urbana autoctona più comune in Europa (*Culex pipiens*) (Figura 1).

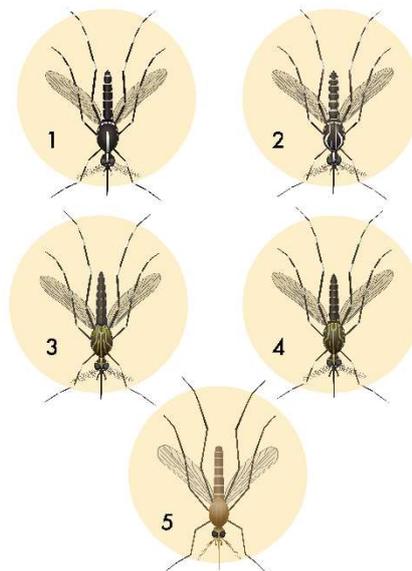


Figura 1. Le cinque specie di zanzara focus dell'applicazione Mosquito Alert: (1) *Aedes albopictus*; (2) *Aedes aegypti*; (3) *Aedes japonicus*; (4) *Aedes koreicus*; (5) *Culex pipiens*
Fonte: Mosquito Alert CC-BY, "Guida sulle zanzare"

Inoltre, l'applicazione permette di inviare foto dei potenziali focolai larvali identificati dai cittadini, e segnalazioni sulle punture ricevute. Queste ultime, non richiedendo l'invio di fotografie, sono meno laboriose per l'utente e, pur non essendo verificabili come le segnalazioni fotografiche, consentono di stimare la possibilità di contatto tra le zanzare e l'uomo, parametro di fondamentale importanza sia per la valutazione del rischio di trasmissione di patogeni e la pianificazione degli interventi di controllo.

Il processo di raccolta dati, l'analisi dei risultati e la disseminazione del progetto Mosquito Alert sono mostrati in Figura 2.



Figura 2. Progetto Mosquito Alert: i diversi step nel processo di raccolta dati, analisi dei risultati e divulgazione

Le segnalazioni fotografiche di esemplari di zanzara inviate dai cittadini tramite l'App (step 2) vengono validate da un team di esperti entomologi (step 3), che notifica direttamente all'utente tramite l'App la specie di zanzara identificata (step 4). Le foto validate vengono pubblicate online in tempo reale su una mappa interattiva di pubblico accesso (<http://webserver.mosquitoalert.com/>) (step 5). I dati raccolti vengono poi analizzati dai ricercatori (step 6) al fine di monitorare l'espansione delle specie invasive già presenti nel territorio, sorvegliare l'introduzione di nuove specie (come la temibile *Aedes aegypti*, principale vettore di arbovirus in aree tropicali, che potrebbe cambiare drasticamente il rischio di trasmissione di arbovirus in Italia), produrre mappe interattive pubblicate per l'Italia sul sito www.mosquitoalertitalia.it) (step 7) nonché monitorare e stimare il rischio di trasmissione di patogeni e fornire infine informazioni utili per pianificare gli interventi di controllo.

Perché Mosquito Alert?

Le zanzare (Diptera: Culicidae) sono vettori di patogeni per l'uomo e gli animali. All'uomo trasmettono patogeni di natura parassitaria, come i plasmodi della malaria, e virale (arbovirus). Nelle regioni tropicali provocano oltre 700.000 morti ogni anno (1) (per approfondimenti è possibile consultare le pagine dell'OMS sulle malattie trasmesse da vettori: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>), tuttavia il rischio di trasmissione di alcuni patogeni, e in particolare di alcuni arbovirus, è presente anche in Europa e in Italia, seppure in misura minore.

La zanzara comune, *Culex pipiens*, autoctona in Italia, è vettore primario della malattia endemica della WND causata da un flavivirus (per approfondimenti è consultare il sito del Ministero della Salute al seguente indirizzo: <https://www.salute.gov.it/portale/sanitaAnimale/dettaglioContenutiSanitaAnimale.jsp?lingua=italiano&id=214&tab=3>).

Inoltre, negli ultimi decenni la globalizzazione e l'aumento della circolazione internazionale di merci e persone, l'urbanizzazione, i cambiamenti climatici e ambientali hanno consentito a specie invasive del genere *Aedes*, diffuse originariamente in aree tropicali e sub-tropicali del sud-est asiatico, di estendere enormemente il proprio areale di distribuzione invadendo e colonizzando nuove aree incluse quelle temperate (2).

L'Italia è stato il primo Paese europeo ad essere invaso e colonizzato quasi completamente dalla zanzara tigre asiatica, *Ae. albopictus*, negli anni '90 (3-5) e negli ultimi anni sta assistendo alla colonizzazione da parte di *Ae. japonicus* e *Ae. koreicus*, due specie adattate a climi più freddi della prima, e in espansione anche nel centro Europa (6-8). Queste specie sono importanti vettori di arbovirus, quali il chikungunya, dengue, Zika e il virus dell'encefalite giapponese. La possibile introduzione di questi virus tramite viaggiatori viremici provenienti da aree endemiche e la presenza sul territorio di queste specie hanno creato il presupposto per l'istaurarsi di cicli di trasmissione autoctona. Segnalazioni di casi si registrano ormai ogni anno in paesi dell'Europa meridionale, e in Italia si sono verificate le prime due epidemie del virus chikungunya in Europa, la prima nel 2007 con 197 casi notificati a Cervia (Ravenna) (9), e la seconda nel 2017 con focolai epidemici nei comuni di Anzio, Roma e Latina per un totale di 242 casi nel Lazio e 74 casi nel comune di Guardavalle Marina in Calabria (10, 11). Nel 2020, inoltre è stato registrato il primo focolaio di trasmissione autoctona del virus dengue in provincia di Vicenza (12).

Il monitoraggio entomologico nello spazio e nel tempo delle specie di zanzare autoctone e la sorveglianza dell'introduzione e dell'espansione delle specie invasive attraverso metodi tradizionali (es. ovitrappole, trappole per adulti) sono fortemente limitati da fattori economici e giurisdizionali, e sono effettuati in maniera molto disomogenea nel territorio tanto in Italia, quanto in altri Paesi europei. Pur non potendosi sostituire integralmente al monitoraggio entomologico, il coinvolgimento attivo dei cittadini nella raccolta dei dati offre la possibilità di superare molti di questi ostacoli (13, 14). Il progetto Mosquito Alert consente inoltre di formare la cittadinanza a conoscere meglio le zanzare e i rischi sanitari ad esse connesse e ad adottare le misure preventive necessarie per limitarne la diffusione. Il risultato è la produzione di informazioni sul monitoraggio di specie invasive e autoctone, accurate e tempestive, che possono costituire una valida fonte di dati da utilizzare per la salute pubblica.

Inoltre, nel 2020 il Ministero della Salute ha pubblicato il Piano Nazionale di prevenzione, sorveglianza e risposta alle Arbovirus 2020-2025 (PNA) che individua le attività da attuarsi in un periodo di sei anni per la prevenzione della trasmissione di arbovirus, con particolare riferimento ai virus trasmessi da zanzare, ed estende la sorveglianza a livello nazionale alle specie di zanzare invasive e al monitoraggio delle resistenze agli insetticidi. Il PNA individua azioni di carattere generale da realizzarsi a livello nazionale nel breve o nel lungo periodo, lasciando alle

Regioni e agli Enti Locali il compito di pianificare e attuare azioni specifiche sulla base della vulnerabilità del territorio all'impatto dei cambiamenti climatici. Consapevole delle difficoltà nell'implementazione di attività entomologiche di monitoraggio e sorveglianza su vasta scala, il PNA menziona esplicitamente:

“la diffusione della ‘citizen science’, intesa come una fattiva collaborazione tra cittadini e ricercatori finalizzata ad arricchire le banche dati delle segnalazioni di specie esotiche e di raccolta dati nelle attività di monitoraggio”.

Più in generale, i progetti di *citizen science*, coordinati e sostenuti da organizzazioni impegnate nella ricerca scientifica, hanno una forte connotazione educativa: i) condividono con la popolazione dati e informazioni scientifiche, ii) sensibilizzano i cittadini a problematiche attuali e iii) aumentano la loro consapevolezza e la conoscenza del metodo scientifico.

Origine di Mosquito Alert e sviluppo di Mosquito Alert Italia

Il monitoraggio entomologico delle zanzare – essenziale per conoscere la biodiversità, la distribuzione, l'abbondanza e la dinamica stagionale nei diversi habitat, tracciare la diffusione, stimare il rischio di trasmissione di virus e ottimizzare le strategie di controllo delle specie endemiche e di quelle invasive – presenta molti limiti di fattibilità, in primo luogo economici, e difficilmente viene condotto, se non sporadicamente, a livello locale. Nell'ultimo decennio si è diffusa la consapevolezza della potenzialità della *citizen science* nel superare questi limiti e nel fornire un contributo importante per integrare i dati entomologici attraverso segnalazioni volontarie da parte dei cittadini (13, 14).

In questo contesto, nel 2014 è stato avviato in Spagna il progetto Mosquito Alert (inizialmente nominato Tigratrapp) con l'obiettivo di monitorare l'espansione della zanzara tigre asiatica, grazie a segnalazioni fotografiche geolocalizzate inviate dai cittadini tramite un'apposita App gratuita e completamente open-source e validate da esperti entomologi (15). Negli anni successivi, il progetto ha consentito di monitorare con successo l'invasione del Paese da parte di *Ae. albopictus* (16), di identificare per la prima volta in Spagna la presenza di una nuova specie invasiva, *Ae. japonicus* (17) e di cominciare a costruire modelli di rischio di presenza di specie vettrici (15).

Negli stessi anni, altri progetti di *citizen science* sono stati attivati in Europa con lo scopo di acquisire maggiori conoscenze sulle zanzare tramite l'aiuto dei cittadini e di aumentare le conoscenze della cittadinanza su questi insetti, sui rischi sanitari ad essi connessi e sulle misure preventive da mettere in atto a livello individuale per prevenirne la diffusione. In Germania, per esempio, è attivo dal 2012 il progetto Mückenatlas, in cui i cittadini sono chiamati a raccogliere e inviare campioni di zanzare per coadiuvare il monitoraggio svolto dai ricercatori sul territorio (18). Mückenatlas è diventato uno strumento efficiente per la raccolta di dati, con quasi 30.000 zanzare raccolte dal 2012 al 2015, e ha permesso la scoperta di esemplari di *Ae. albopictus*, *Ae. japonicus* e *Ae. koreicus*. Inoltre, le osservazioni di Mückenatlas hanno portato alla rilevazione di tre popolazioni di *Ae. japonicus* nella Germania occidentale, settentrionale e sudorientale rispettivamente nel 2012, 2013 e 2015 (19, 20).

Nei Paesi Bassi, invece, nel gennaio 2014, è stato attivato il progetto Muggenradar (www.muggenradar.nl), uno strumento di sorveglianza inizialmente lanciato per studiare l'attività delle zanzare durante l'inverno. Tramite la compilazione di un questionario, i partecipanti hanno fornito varie informazioni sulle zanzare e sul fastidio da loro percepito. Ai partecipanti, inoltre, è

stata data la possibilità di presentare campioni di zanzare per ulteriori identificazioni. Muggenradar ha permesso la raccolta di oltre 3.000 questionari e più di 2.000 zanzare (21).

In Italia, nel 2016 è stato lanciato dall'Università Sapienza di Roma il progetto pilota ZanzaMapp, nell'ambito del quale i cittadini potevano segnalare la presenza di zanzare tramite un'apposita App sviluppata grazie alla collaborazione tra GH srl (Roma, Italia) e l'Università Sapienza di Roma. ZanzaMapp rappresenta la prima applicazione mobile per smartphone progettata specificamente per valutare la percezione dei cittadini dell'abbondanza e del fastidio provocato dalle zanzare. A differenza di altre App che richiedono un discreto sforzo da parte dei cittadini per inviare segnalazioni fotografiche o addirittura esemplari di zanzare, ZanzaMapp richiedeva agli utenti di rispondere a quattro semplici domande sulla presenza e abbondanza delle zanzare e del fastidio percepito, geolocalizzando il sito della segnalazione. In questo senso, ZanzaMapp dava priorità alla quantità delle segnalazioni (presumibilmente più elevato grazie alla semplicità e velocità d'uso), rispetto alla qualità delle segnalazioni fotografiche o dell'identificazione dell'esemplare, richiesti dalle altre App europee. In effetti, malgrado una modesta campagna di promozione del progetto, dal 2016 al 2018 è stato possibile ottenere 36.867 segnalazioni. La validità dell'approccio è stata poi confermata confrontando i risultati ottenuti con ZanzaMapp rispetto a dati di monitoraggio entomologico (13).

Tutti i progetti di *citizen science* sopra citati – ognuno con il suo specifico obiettivo, dall'identificazione di specie invasive tramite foto o l'acquisizione di campioni di adulti e/o larve per analisi molecolare o di dati sull'abbondanza e biodiversità delle zanzare adulte, sulla presenza di focolai larvali, sulla percezione del fastidio delle punture – hanno contribuito nel 2017 alla concretizzazione di un'iniziativa sponsorizzata dalle Nazioni Unite denominata Global Mosquito Alert (<https://www.wilsoncenter.org/global-mosquito-alert>) che ha lo scopo di raccogliere in tutto il mondo dati sulle zanzare utilizzando la *citizen science*, inserendoli in un'unica piattaforma internazionale e promuovendo la creazione di un database comune.

Nell'ottobre 2020 è stata rilasciata una nuova versione di Mosquito Alert non più focalizzata solo su *Ae. albopictus*, ma su tutte le specie di *Aedes* invasive e sulla zanzara comune *Cx. pipiens*. Inoltre, la nuova versione, oltre a consentire, come la precedente, l'invio di segnalazioni fotografiche di zanzare e di focolai larvali, è stata arricchita di una nuova funzione, ispirata all'esperienza italiana di ZanzaMapp, ovvero la possibilità di segnalare molto facilmente l'attività di puntura. Questa nuova versione di Mosquito Alert è stata tradotta in 19 lingue e resa disponibile in tutti i Paesi europei (e Paesi limitrofi) grazie al progetto “*Aedes* Invasive Mosquito COST ACTION” (AIM-COST, CA17108, www.aedescost.eu) – che riunisce gruppi di ricerca nazionali e internazionali, funzionari di sanità pubblica e imprese private nel campo della sorveglianza e del controllo di zanzare invasive e dei patogeni da loro trasmessi.

Contestualmente alla disponibilità dell'App in italiano, è stato avviato, attraverso un protocollo di intesa tra le parti, il progetto Mosquito Alert Italia, che vede la partecipazione di una task force che include ricercatori dell'Istituto Superiore della Sanità, dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, del Museo delle Scienze di Trento (il MUSE), e del Dipartimento di Fisica e Astronomia (DIFA) dell'Università di Bologna Alma Mater Studiorum, coordinati da docenti del Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Università Sapienza di Roma. La task force, che si occupa della promozione e implementazione dell'App, è parte attiva della piattaforma Digital Entolab di Mosquito Alert che include oltre 50 esperti entomologi europei responsabili dell'identificazione e validazione delle segnalazioni fotografiche dei cittadini, l'analisi dei risultati delle segnalazioni provenienti dall'Italia e la produzione di report e mappe spaziali. Inoltre, grazie alle competenze complementari dei vari enti coinvolti, la task force opera sul territorio nazionale promuovendo attività di formazione, *citizen science* e ricerca sul tema zanzare.

I vari enti firmatari del protocollo di intesa collaborano alla gestione del progetto in Italia, all'utilizzo di EntoLab per il riconoscimento e la validazione delle foto ricevute tramite Mosquito Alert, alla divulgazione nelle scuole, nei comuni, ai cittadini e agli enti, sia pubblici che privati, all'analisi statistica dei dati e alla gestione delle piattaforme social e della piattaforma web www.mosquitoalertitalia.it.

Come funziona l'applicazione Mosquito Alert?

Scaricare l'applicazione

L'App Mosquito Alert è disponibile per sistemi iOS e Android e si può scaricare gratuitamente da Apple Store e Google Play. Al primo accesso, l'App richiede il consenso per l'attivazione dello "sforzo di campionamento", ovvero la raccolta di dati georeferenziati relativi al proprio dispositivo.

Per ragioni di privacy, l'App non registra l'esatta localizzazione dell'utente, ma la posizione approssimativa del dispositivo in un raggio di 2 km (in non più di 5 momenti della giornata) e ai dati vengono attribuiti codici random che non consentono ai ricercatori di associare il dispositivo ai dati acquisiti.

La georeferenziazione periodica dei dispositivi, tuttavia, è essenziale per poter stimare lo sforzo di campionamento, parametro necessario per valutare il tasso di contatto uomo-vettore e valutare il rischio di trasmissione di arbovirus.

Nel caso in cui l'utente non volesse fornire queste informazioni può forzatamente disattivare la funzione (e attivarla in un secondo momento) accedendo alle impostazioni dell'App.

Infine, è possibile aggiungere dal menù impostazioni un hashtag o tag (ovvero una parola chiave, preceduta da # associata all'oggetto e che lo descrive in maniera sintetica), con il nome di un eventuale progetto di *citizen science* specifico a cui si sta partecipando (es. #scuola, #ente, #università, ecc.). L'hash-tag indicato sarà associato ad ogni successiva segnalazione dell'utente consentendo ai ricercatori di creare sotto-insiemi di dati e valutare l'esito di uno specifico progetto, mantenendo comunque l'anonimità della segnalazione a tutela della privacy dell'utente.

Inviare una segnalazione

Benché l'App permetta di inviare segnalazioni di qualsiasi specie di zanzara, come già ricordato Mosquito Alert è focalizzata su 5 specie target, oggi di interesse strategico in Italia ed Europa:

- 4 specie di *Aedes* invasive – di cui 3 già presenti in Italia (*Ae. albopictus*, *Ae. japonicus*, *Ae. koreicus*)
- *Ae. aegypti*, per il momento osservata nel continente europeo solo sulle sponde orientali del Mar Nero – e la zanzara comune autoctona, *Cx. pipiens* (Figura 3).

La schermata home dell'App ha 4 icone principali:

- 1) segnalare una zanzara,
- 2) segnalare una puntura,
- 3) segnalare un sito di riproduzione (es. focolaio larvale),
- 4) i miei dati.

Nei punti 1 e 3 è richiesto, qualora possibile, di allegare una foto.

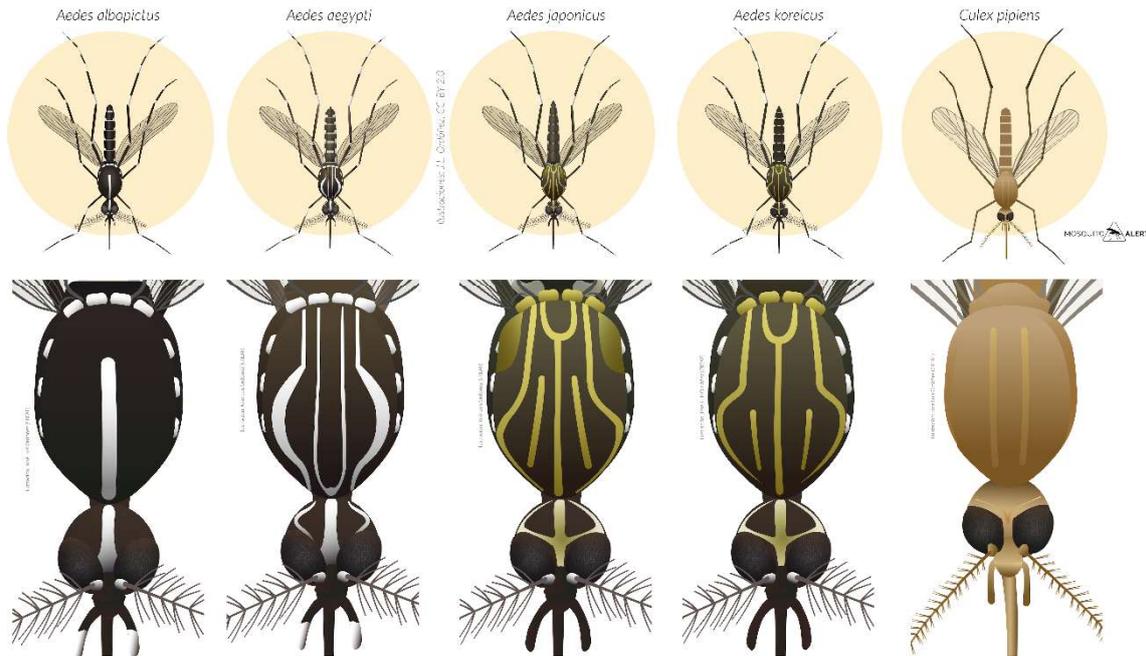


Figura 3. Dettagli delle principali specie di zanzare presenti nell'App Mosquito Alert.
Fonte: Mosquito Alert CC-BY, <http://www.mosquitoalert.com/en/>

Vediamo in sequenza i vari passaggi richiesti dalla App:

1. Segnalare una zanzara

- 1.1. Serve per effettuare la segnalazione di una zanzara, inviando una o più fotografie;
- 1.2. Una volta cliccato sull'icona apposita, l'utente dovrà rispondere alla domanda "Che zanzara credi sia stata?" cliccando su quattro icone alternative: "Aedes aliena", "Zanzara Comune", "Altra specie", "Non saprei". Nel menù Impostazioni sono fornite alcune informazioni di base per effettuare l'identificazione, basandosi principalmente sul colore generale (nero o molto scuro per *Ae. albopictus* e *Ae. aegypti*, marrone per le altre specie), sul bandeggio del dorso e delle zampe (vedi Figura 3);
- 1.3. Successivamente l'utente potrà scattare e allegare una o più fotografie dell'esemplare di cui è in possesso cercando di ottimizzare la messa a fuoco e di mettere in evidenza il torace e le zampe, che come anticipato presentano caratteri tassonomici utili per distinguere le cinque specie. Questo faciliterà l'identificazione dell'esemplare da parte degli esperti e consentirà di inserire la segnalazione nel database e nelle mappe. L'esemplare potrà essere fotografato vivo o, se in buone condizioni, anche morto. Per catturare un esemplare appoggiato su una superficie è sufficiente intrappolarlo in un bicchiere o in un piccolo contenitore facendo poi passare un foglio di carta tra il bordo del contenitore e il piano di appoggio, in modo da prevenirne la fuga. Il contenitore può essere poi mantenuto qualche minuto in freezer per uccidere l'esemplare. In alternativa, si può cercare di catturare la zanzara in volo (anche tramite delle racchette elettrificate) o schiacciarla delicatamente direttamente mentre sta pungendo o mentre è poggiata su una superficie;

- 1.4. Se alla domanda “Che zanzara credi sia stata?” l’utente ha selezionato “*Aedes aliena*”, l’App fornirà un’immagine con le caratteristiche tassonomiche principali delle 5 specie di zanzara, che l’utente potrà selezionare. È consigliabile selezionare solo le caratteristiche chiaramente visibili sull’esemplare;
- 1.5. È possibile indicare anche se si è stati punti e, in caso affermativo, segnalare il numero di punture ricevute, il punto del corpo dove si è stati punti (*vedi* punto 2);
- 1.6. Successivamente, l’App richiede di inserire la localizzazione della segnalazione e di specificare se la puntura è avvenuta all’interno di un edificio o di una macchina o all’aperto.
- 1.7. Se non lo si è fatto a monte dal menù impostazioni, come precedentemente indicato (*vedi* punto 4.1), è possibile aggiungere un commento/un hashtag o tag alla singola segnalazione. È possibile, inoltre, inserire dei commenti, utili per l’esperto che valuterà la foto.
- 1.8. Un importante accorgimento è quello di evitare di fotografare qualsiasi cosa che possa contenere informazioni sensibili (es. carte d’identità, indirizzo di residenza, volti di persone, ecc.); Mosquito Alert, infatti, non raccoglie informazioni personali e qualsiasi foto che ne contenga non verrà inserita sulla mappa interattiva online.

2. Segnalare una puntura

- 2.1. Serve per effettuare la segnalazione di una (o più) punture ricevute.
- 2.2. Una volta cliccato sull’icona apposita, l’utente dovrà fornire le seguenti informazioni:
 - 1) il numero di punture ricevute;
 - 2) la parte del corpo dove si è stati punti (è importante ricordarsi di cliccare sopra il numero corrispondente di punture ricevute);
 - 3) il luogo in cui si è stati punti (specificare se la puntura è avvenuta all’interno di un edificio o di una macchina o all’aperto);
 - 4) quando (in che momento del giorno) si è stati punti;
- 2.3. Successivamente, l’App richiede di inserire la localizzazione della segnalazione sulla mappa (a tal fine è necessario che il GPS del dispositivo sia attivato) (*vedi* punto 1).
- 2.4. Infine, è possibile aggiungere un commento/un hashtag o tag (*vedi* punto 1).

3. Segnalare un sito di riproduzione

- 3.1. Serve per effettuare la segnalazione di una raccolta d’acqua nella quale si possano e/o siano state rinvenute larve di zanzara, che hanno bisogno di acqua stagnante per potersi sviluppare e trasformarsi in zanzare adulte. Il suggerimento è di segnalare le raccolte d’acqua inamovibili (es. i tombini e le caditoie stradali) e di eliminare e svuotare quelli rimovibili (sottovasi e altri piccoli contenitori);
- 3.2. Una volta cliccato sull’icona apposita, l’utente dovrà indicare il tipo di sito di riproduzione trovato (tombino/caditoia o altro tipo). Se si seleziona l’opzione tombino/caditoia l’applicazione chiede di indicare l’eventuale presenza di acqua;
- 3.3. È necessario allegare una foto del sito di riproduzione;
- 3.4. Successivamente, l’App richiede di inserire la localizzazione della segnalazione sulla mappa (a tal fine è necessario che il GPS del dispositivo si attivato) (*vedi* punto 1);
- 3.5. Infine, è possibile aggiungere un commento/un hash-tag o tag.

4. I miei dati

- 4.1. Consente di accedere ad una mappa dove vengono visualizzate in tempo reale le segnalazioni dell’utente;

- 4.2 Cliccando su “Lista” sarà possibile accedere all’elenco delle proprie segnalazioni (notifiche).

5. *Invia la zanzara tramite posta*

- 5.1. Consente di accedere alle spiegazioni riguardanti la possibilità per l’utente di spedire la zanzara catturata tramite posta ai ricercatori dell’Università di Roma Sapienza, che potranno utilizzare l’esemplare per analisi molecolari, come ad esempio l’identificazione di esemplari non identificabili morfologicamente, la ricerca di possibili patogeni quali le Dirofilarie canine, o di alleli di resistenza agli insetticidi).
- 5.2. Accedendo alla lista delle proprie segnalazioni (*vedi* sopra punto 4) e selezionando la segnalazione corrispondente alla zanzara catturata, è possibile visualizzare un codice alfanumerico con cui classificare l’esemplare di zanzara al momento della spedizione. Questa associazione è assolutamente fondamentale per permettere di associare l’esemplare alle informazioni su sito e data di cattura.

Altre funzionalità

Nella schermata principale dell’applicazione è presente una barra superiore tramite cui è possibile accedere a:

- *Menù Impostazioni* (rotellina in alto a sinistra sulla schermata principale) da cui è possibile visualizzare il proprio ID, cambiare la lingua, attivare lo “sforzo di campionamento” (*vedi sopra*), inserire il proprio hash-tag in maniera automatica a tutte le proprie segnalazioni, accedere a contenuti extra (guida sulle zanzare, tutorial sull’utilizzo dell’App, informazioni sul progetto, ecc.), termini d’uso dell’App e politiche di privacy per l’adesione al progetto. Inoltre, si può accedere ad informazioni sul proprio punteggio;
- *Istruzioni per l’invio di esemplari di zanzara* (simbolo DNA, in alto a destra, sulla schermata principale). È incoraggiato, se possibile, l’invio di zanzare tramite posta per consentire agli esperti di effettuare un esame morfologico e/o molecolare più approfondito direttamente sul campione che è stato fotografato e inviato su Mosquito Alert. È comunque fondamentale, prima di inviare la zanzara effettuare la segnalazione tramite Mosquito Alert. Questo genererà un codice ID (in “I miei dati”) che dovrà essere associato all’esemplare inviato per permettere ai ricercatori di associare l’esemplare alla segnalazione via Mosquito Alert. Completata la segnalazione, un messaggio indicherà se sarà possibile inviare la zanzara per posta. Potranno essere inviati esemplari catturati e uccisi facendo attenzione a posizzarli (senza pressarli eccessivamente) tra due pezzi di carta assorbente /ovatta/garza per evitare che il campione si danneggi con il trasporto;
- *Notifiche da parte degli esperti* (campanella in alto a destra, sulla schermata principale). Ogni volta che una segnalazione fotografica sarà validata dal team di esperti entomologi (vedi paragrafo successivo), l’utente riceverà una notifica sull’identificazione finale ed eventuali osservazioni. Altre notifiche riguarderanno aggiornamenti o novità sull’App. Infine, l’utente riceverà dei punti in base alle segnalazioni, alle informazioni fornite e alla loro qualità. Il punteggio acquisito consente di salire di livello da “principiante” a “grandmaster”. È possibile acquisire bonus extra per la prima zanzara della stagione, il primo rapporto della giornata o per la partecipazione frequente. La classifica generale è accessibile cliccando sul punteggio nella schermata principale.

Sistema di validazione delle segnalazioni fotografiche

Le segnalazioni fotografiche inviate dai cittadini vengono analizzate e validate dagli esperti entomologi europei del Mosquito Alert Digital EntoLab prima di essere utilizzate a fini statistici o per costruire mappe e previsioni (Figura 5).

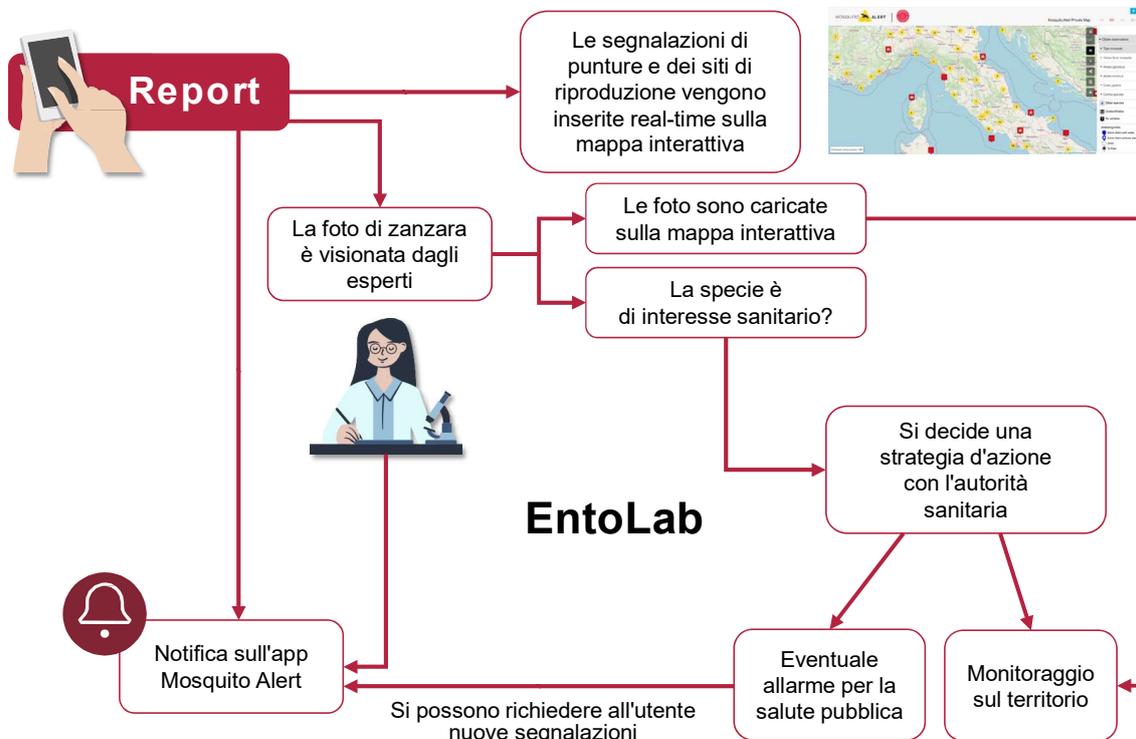


Figura 4. Mosquito Alert Digital EntoLab: dinamica di validazione delle segnalazioni fotografiche e notifiche inviate da parte degli esperti. Qualsiasi esperto può contrassegnare un rapporto mettendolo in stato di attesa. Se il report è in stato di attesa è prevista una discussione tra gli esperti di Mosquito Alert, e, in base ai criteri di controllo e monitoraggio della nazione, viene presa una decisione

Più in dettaglio, ogni segnalazione fotografica inviata viene analizzata da tre esperti che identificano separatamente la specie di zanzara in modo da non influenzarsi tra loro; quando l'identificazione viene confermata e validata da un super-revisore, è inserita nel database e pubblicata nella mappa interattiva online. I valutatori identificano le specie target assegnando la categoria “confermato” se tutti i caratteri morfologici risultano chiaramente visibili nella foto e “possibile” se solo alcuni caratteri sono facilmente distinguibili. Se la foto raffigura una zanzara che non appartiene a una delle cinque specie target del progetto o un altro insetto, la foto viene etichettata come “altra specie”. Se la foto è sfocata e quindi non valutabile scientificamente verrà etichettata come “non saprei”. Nel caso in cui nella foto siano presenti dati personali, il report non sarà visibile sulla mappa.

L'utente viene informato dell'esito della validazione tramite notifica direttamente sul proprio dispositivo e, in alcuni casi, gli esperti aggiungono alla notifica commenti sull'osservazione (vedi Figura 4). Il processo di validazione è accurato e richiede del tempo e, nonostante i ricercatori

facciano di tutto per rispondere immediatamente alle segnalazioni ricevute, le tempistiche possono variare a seconda della quantità/qualità delle segnalazioni ricevute. Il processo di validazione è attuato su Digital EntoLab, un insieme di piattaforme e software dedicati al progetto (accessibili tramite login e on demand) per gestire internamente il flusso di dati dal server Mosquito Alert alla sua web map pubblica e per consentire agli esperti di convalidare le osservazioni dei cittadini analizzando le fotografie allegate.

Il team Mosquito Alert sta lavorando affinché il processo di validazione delle segnalazioni fotografiche e di gestione dei dati siano progressivamente affiancati, e in parte sostituiti, da strumenti digitali (machine learning, digital twins e Big Data) che consentano un'analisi ottimale dei dati.

Sistema di allerta per specie di interesse sanitario

Uno dei principali obiettivi del progetto Mosquito Alert è il tracciamento e la sorveglianza di specie di zanzare invasive.

Durante il processo di validazione, gli esperti del Digital Entolab possono notare un esemplare appartenente ad una specie invasiva o di interesse per la sanità pubblica mai segnalata prima nell'area/regione/paese. In questo caso, i ricercatori contattano direttamente e in forma anonima l'utente attraverso il sistema di notifiche dell'applicazione (vedi punto *Altre funzionalità*) per acquisire più dati sulla segnalazione.

Se valutata rilevante, i ricercatori contattano le autorità competenti (Istituto Superiore di Sanità, Azienda Sanitaria Locale di riferimento, Ministero della Salute) per dare avvio ad un monitoraggio di campo che consenta la conferma definitiva della segnalazione. In questo caso, è necessario mettere in atto un intervento tempestivo per impedire/limitare la diffusione di una nuova specie.

In questo senso, Mosquito Alert si pone come un sistema di allerta atto a prevenire gravi rischi sanitari, come ad esempio quello dell'invasione da parte di *Ae. aegypti* il più efficiente vettore di arbovirus al mondo, la cui introduzione e diffusione in Italia potrebbe aumentare drasticamente il rischio di focolai epidemici e il numero di persone a rischio di infezione.

Visualizzazione dei dati da parte degli utenti

Sul sito di Mosquito Alert è presente una mappa interattiva accessibile pubblicamente in forma completamente gratuita su cui vengono pubblicate le segnalazioni fotografiche di zanzare ricevute, analizzate e convalidate dagli esperti del Digital EntoLab, le segnalazioni dei siti di riproduzione (potenziali focolai larvali) e lo sforzo di campionamento.

Tutte le segnalazioni visibili sulla mappa possono essere filtrate dagli utenti in base alla specie di zanzara, a un determinato lasso temporale (anno, mese) e a una specifica area geografica (comune) o tramite un tag/hashtag specifico. Come già menzionato, aggiungere un tag/hashtag alle segnalazioni consente quindi una facile individuazione sulla mappa. È inoltre possibile scaricare dati e preparare un report personalizzato.

Infine, sulla mappa, è possibile visualizzare i risultati di modelli predittivi sviluppati per conoscere la probabilità di trovare una specie (es. *Ae. albopictus* o *Ae. koreicus*) in un'area specifica. Tali previsioni sono sviluppate mensilmente sulla base delle segnalazioni ricevute. Al momento è possibile visualizzare tali informazioni solo per la Spagna, ma in futuro sarà possibile anche per l'Italia e gli altri Paesi europei.

Analisi dati per i ricercatori

Reperibilità delle segnalazioni

Mosquito Alert è un progetto *open source* e *open science*, pertanto parte dei dati (dati non soggetti a privacy e accordi di riservatezza, ovvero senza informazioni personali degli utenti) sono utilizzabili da tutti i ricercatori. Al momento è possibile accedere ad un dataset di immagini (Mosquito Alert Image Dataset; <http://www.mosquitoalert.com/en/mosquito-images-dataset/>), ad un database di osservazioni (Observation database) e al codice sorgente dell'applicazione Mosquito Alert. Nella repository Mosquito Alert Image Dataset è condiviso il set di immagini raccolte dal 2014, data di lancio del progetto in Spagna. L'Observation database è scaricabile e aggiornato giornalmente sulla piattaforma Zenodo (<https://zenodo.org/record/5733532#.YaTHLceZO3A>). Zenodo è un archivio *open access* sviluppato nell'ambito del programma europeo OpenAIRE e gestito dal CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire). Consente ai ricercatori di depositare documenti di ricerca, set di dati, software di ricerca, rapporti e qualsiasi altro prodotto digitale correlato alla ricerca. Il codice sorgente e codici disponibili per l'analisi di dati sono resi disponibili sul sito web e i repository del progetto (es. github) sotto il nome Mosquito Alert.

Modelli predittivi

I dati ottenuti vengono usati dai ricercatori per elaborare modelli statistici che possano predire la distribuzione delle diverse specie, con particolare riferimento a quelle invasive e la probabilità di incontro uomo-zanzara, un parametro molto importante per stimare il fastidio e il rischio di trasmissione di patogeni da parte di una specie. I modelli predittivi sviluppati al fine di stimare la probabilità di contatto ospite-vettore, tengono conto non solo delle segnalazioni delle foto e/o delle punture, ma anche dei tre fondamentali parametri relativi al contesto da cui provengono le segnalazioni (ha infatti un valore diverso se la segnalazione viene da un'area poco o densamente abitata, o dalla frequenza delle segnalazioni inviate da un utente):

1. *tempo di partecipazione* di ogni utente, cioè il numero di giorni trascorsi dall'installazione dell'App nel dispositivo dell'utente all'invio dell'ultimo report;
2. *livello di partecipazione* di ogni utente, cioè quante volte l'utente ha inviato delle segnalazioni.
3. *sforzo di campionamento* ottenuto dalla stima dei parametri 1 e 2, definito come il *prodotto tra il numero di partecipanti in una determinata cella per la probabilità di inviare un report*. La stima di questo parametro richiede la conoscenza della posizione approssimativa del dispositivo da cui è stata inviata la segnalazione. Tuttavia, l'App non raccoglie mai la posizione esatta del partecipante, ma solo informazioni anonime sulla distribuzione geografica dei dispositivi su cui è stata scaricata. Nello specifico, l'App utilizza dati satellitari e di rete per stimare la posizione del dispositivo non più di 5 volte al giorno. La posizione viene poi arrotondata ai $0,05^\circ$ di latitudine e longitudine più vicina, assegnando la posizione in una cella di circa 20 km^2 , in modo da tutelare ulteriormente la privacy degli utenti. Nella Figura 5, l'intensità del colore per cella indica un numero maggiore di partecipanti o un maggior tempo passato nella cella. Conoscere lo sforzo di campionamento in una determinata area è un parametro chiave per costruire modelli di rischio di trasmissione vettoriale. Senza questa informazione non sarebbe possibile sapere se ci sono molte zanzare o molta partecipazione in un'area. Questo dato, inoltre, consente di correggere le osservazioni per renderle confrontabili tra aree diverse.

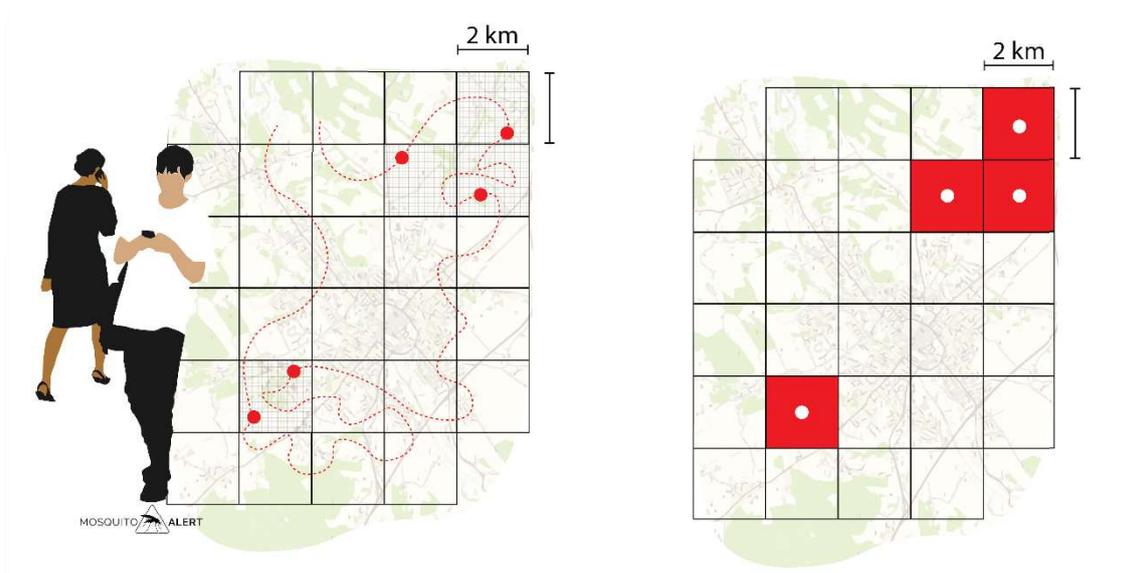


Figura 6. Griglie per la stima dello sforzo di campionamento.
Fonte: Mosquito Alert CC-BY, “Tutorial di utilizzo”

Divulgazione dei dati

I dati ottenuti tramite l'applicazione e i risultati acquisiti dall'elaborazione statistica (modelli statistici predittivi) vengono rilasciati al pubblico tramite l'utilizzo di diverse piattaforme e modalità, quali ad esempio il sito web di Mosquito Alert Italia (www.mosquitoalertitalia.it) o i siti istituzionali dei collaboratori del progetto o di enti pubblici coinvolti (es. comuni, municipi, enti locali).

Il sito www.mosquitoalertitalia.it è un utile strumento di divulgazione e informazione. È una piattaforma totalmente gratuita e liberamente consultabile. Dal sito si può facilmente scaricare l'applicazione Mosquito Alert e aprire la mappa interattiva online. La piattaforma dà un'idea generale del progetto e fornisce degli spunti su eventuali progetti da sviluppare nelle scuole e/o nei comuni tramite l'uso dell'App. Il sito fornisce sezioni dedicate a:

- 1) il cittadino, con informazioni sulla biologia, sulla biodiversità in un'area, e consigli pratici su come evitare e combattere le zanzare;
- 2) il comune e le ditte coinvolte nella disinfestazione, con informazioni riguardanti l'utilizzo dei prodotti, le schede di sicurezza dei principi attivi, mappe della diffusione della resistenza in popolazioni naturali di Culicidi, esempi di capitolati d'appalto;
- 3) le scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado, con progetti dedicati.

Il sito è in costante aggiornamento e tiene traccia della divulgazione sia locale che nazionale del progetto (vedi sezione news), delle più recenti pubblicazioni scientifiche sul monitoraggio e controllo di Culicidi e informazioni utili per contattare gli enti partecipanti.

Perché collaborare al progetto Mosquito Alert Italia?

Il progetto Mosquito Alert Italia si basa su una vasta partecipazione e collaborazione da parte di singoli cittadini, ma anche di enti pubblici e privati, e sulla creazione di un processo virtuoso (Figura 7) che da un lato rende gli utenti attivi nella raccolta di dati scientifici, e dall'altro ne aumenta la consapevolezza sui rischi sanitari associati alle zanzare e sulle misure preventive da prendere a livello individuale per limitarne la diffusione (es. rimuovendo o svuotando contenitori di acqua stagnante in cui si trovano le larve).



Figura 7. L'immagine rappresenta il processo di collaborazione tra la comunità dei cittadini attivi nel progetto (punto 1 e 6), i ricercatori impegnati nelle validazioni delle foto e nella elaborazione di mappe (punto 2, 3 e 4), e gli enti competenti che si occupano di gestione integrata di vettori molesti (punto 5). Fonte: Mosquito Alert CC-BY, Mosquito Alert Spain report 2018

Nel medio periodo, inoltre, il progetto si propone di divenire uno strumento di monitoraggio complementare a quello entomologico nel fornire informazioni utili (es. sulla presenza delle specie più aggressive o più pericolose in una data area e sulla loro stagionalità) che possano consentire l'ottimizzazione di interventi di disinfestazione professionali contro le zanzare. Il progetto si propone quindi di coinvolgere organi pubblici e privati per creare una rete regionale/nazionale, in modo da creare una comunità che partecipi attivamente inviando segnalazioni che possano essere utilizzate per produrre in tempo reale mappe di distribuzione e di contatto uomo-zanzare. L'impatto del progetto sul controllo delle zanzare sarà tanto maggiore

quanto più grande sarà il numero di partnership tra cittadini, enti pubblici e privati, che saranno create.

Il progetto Mosquito Alert Italia ha, quindi, una diversa valenza per i singoli cittadini, per scuole e/o università, per enti pubblici e per imprese di disinfestazione. L'applicazione, infatti, pur mantenendo il suo scopo principale come mezzo efficace per la segnalazione, l'identificazione e il monitoraggio delle zanzare sul territorio, assume ulteriori funzioni in base all'utente.

Cittadini

Il cittadino – grazie alla partecipazione attiva nel progetto e alla consultazione delle informazioni fornite dall'App e dal sito www.mosquitoalertitalia.it – ha la possibilità di aumentare la propria consapevolezza riguardo: 1) le zanzare presenti sul proprio territorio, 2) il loro ciclo di vita (es. focolai larvali e adulti), 3) comportamenti da attuare a livello individuale per prevenire lo sviluppo e la diffusione delle zanzare. Nel medio periodo, il cittadino inviando le segnalazioni potrà fornire dati utile per ricevere un miglior servizio di disinfestazione, mirato dove ve ne è più bisogno e, quindi, implementando l'efficacia e riducendo l'impatto ambientale.

Scuole

Il team Mosquito Alert Italia propone l'utilizzo dell'App Mosquito Alert come mezzo didattico ed educativo. Attraverso progetti scolastici dedicati, gli studenti possono sperimentare i metodi della ricerca scientifica (raccolta e catalogazione dati), apprendere metodi per prevenire, monitorare e controllare le zanzare, diventare consapevoli delle problematiche sanitarie relative alle zanzare e sensibilizzare le proprie famiglie. I progetti proposti alle scuole consentono anche di sperimentare un approccio innovativo e una didattica mista, sia in presenza che a distanza.

Enti pubblici

Gli Enti pubblici possono avvalersi dell'App Mosquito Alert e dei risultati ottenuti dal progetto sia per promuovere le attività di divulgazione sia per ottimizzare gli interventi contro le zanzare. Inoltre, il progetto Mosquito Alert favorisce la sensibilizzazione alla problematica delle zanzare e la partecipazione attraverso comportamenti di prevenzione della cittadinanza (es. rimozione dei focolai larvali nei luoghi privati e pubblici). In sinergia con gli esperti e il team di ricerca Mosquito Alert Italia, l'Ente pubblico potrà contribuire alla divulgazione del progetto e acquisire in cambio delle mappe relative al proprio territorio contenenti informazioni riguardanti la distribuzione delle zanzare, il fastidio percepito dai cittadini, i focolai larvali potenzialmente attivi e il rischio di contatto uomo-zanzara. Grazie alle segnalazioni raccolte, l'Ente pubblico sarà in grado di focalizzare gli interventi di disinfestazione avendo a disposizione parametri utili per gestirli a seconda delle necessità.

Imprese di disinfestazione

Le Ditte di disinfestazione, aderendo al progetto, potranno contribuire localmente alla divulgazione e nel contempo ad organizzare gli interventi di controllo anti-vettoriale (es. dati su inizio e fine stagione e su pre/post trattamento) in base a dati oggettivi sulla presenza delle specie di zanzara (segnalazioni fotografiche validate da esperti internazionali), e realizzare delle

mappature geolocalizzate dei potenziali focolai larvali da trattare e/o trattati periodicamente e di presenza del vettore (attraverso lo sviluppo di mappe di probabilità del contatto uomo-vettore).

Ad oggi, ancora troppo spesso, gli interventi di nebulizzazione di prodotti adulticidi a base di piretroidi vengono calendarizzati su tutto il territorio comunale senza concentrarli dove ce ne è più bisogno, con conseguente minore efficacia, maggiori costi e impatto ambientale. I dati forniti dall'App Mosquito Alert permetterebbero alle Ditte di disinfestazione di individuare più accuratamente le tempistiche e selezionare le aree da trattare, ottenendo un riscontro immediato dell'operato svolto anche attraverso le segnalazioni degli utenti di Mosquito Alert e le successive rielaborazioni degli esperti, mantenendo un contatto diretto con gli utenti con l'opportunità di mettere in evidenza le proprie professionalità al servizio dei cittadini.

Primi risultati raggiunti

Ad oggi il progetto Mosquito Alert ha prodotto risultati significativi soprattutto in Spagna, dove è attivo dal 2014. I dati raccolti tra il 2014 e il 2021 a livello globale sono stati recentemente pubblicati (22) e disponibili per l'intera comunità scientifica. Monitoraggi entomologici, effettuati in seguito a segnalazioni dei cittadini, hanno consentito di evidenziare la presenza di *Ae. albopictus* per la prima volta in Andalusia (16), di *Ae. vittatus* nella regione autonoma della Galizia (23) e *Ae. japonicus* nella regione delle Asturie (17), dimostrando la capacità della *citizen science* nel supportare, e in alcuni casi precedere, il monitoraggio entomologico, spesso difficile da sviluppare in modo capillare su vasta scala anche a causa dei costi elevati. Inoltre, il progetto ha fornito stime del rischio di contatto uomo-zanzara, rilevanti per la modellizzazione epidemiologica e sufficientemente scalabili da coprire l'intero Paese. Questi risultati mostrano quanto la partecipazione pubblica alla ricerca scientifica possa essere efficace e suggeriscono che la *citizen science* sia in grado di migliorare e ottimizzare la sorveglianza delle specie invasive a livello globale.

In Italia, l'App Mosquito Alert è stata lanciata nell'ottobre del 2020 e una seconda volta a maggio 2021 per sensibilizzare la popolazione anche all'inizio della stagione di riproduzione delle zanzare e incentivarne l'utilizzo nei mesi estivi. Durante il 2021, il progetto è stato divulgato sia a livello nazionale che locale da ciascun partner attraverso la stampa, i social media e programmi televisivi (vedi sezione "News" nel sito www.mosquitoalertitalia.it).

Nel 2020-2021 il gruppo di ricerca di Entomologia Sanitaria della Sapienza Università di Roma ha avviato una campagna (#SCATTALAZANZARA) per coinvolgere studenti e personale Sapienza ed un progetto pilota con gli studenti del corso di Ecobiologia, poi esteso anche a studenti di corsi di Zoologia anche dell'Università di Roma Tor Vergata ai quali è stato chiesto, in forma volontaria, di utilizzare l'App e, quando possibile, di catturare gli esemplari fotografati e consegnarli ai docenti per la validazione dell'identificazione. Un altro progetto pilota, organizzato dal MUSE a Trento ha coinvolto studenti di scuola secondaria di primo grado (<https://www.mosquitoalertitalia.it/galleria-fotografica-dei-progetti-svolti/>) intenti a monitorare la presenza di zanzare all'interno del giardino della propria scuola grazie al posizionamento di ovitrappole e trappole per adulti.

I risultati ottenuti nel 2021 e quelli degli anni successivi verranno pubblicati sotto forma di report annuali accessibili gratuitamente e scaricabili dal sito www.mosquitoalertitalia.it.

Bibliografia

1. Patterson J, Sammon M, Garg M. dengue, Zika and chikungunya: emerging arboviruses in the new world. *The western journal of emergency medicine* 2016;17(6):671-9.
2. Ryan SJ, Carlson CJ, Mordecai EA, Johnson LR. Global expansion and redistribution of *Aedes*-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2019;13(3).
3. Dalla Pozza GD, Majori G. First record of *Aedes albopictus* establishment in Italy. *J Am Mosq Control Assoc* 1992;8(3):318-20.
4. Romi R. History and updating on the spread of *Aedes albopictus* in Italy. *Parassitologia* 1995;37(2-3):99-103.
5. European Centre for Disease Prevention and Control. *Aedes albopictus - current known distribution: October 2021*. Stockholm: ECDC; 2022. Disponibile all'indirizzo <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-october-2021>; ultima consultazione 20/6/2022.
6. Gradoni F, Bertola M, Carlin S, Accordi S, Toniolo F, Visentin P, Patregnani T, Adami S, Terzo L, Dal Pont M, Candela G, Qualizza D, Mulas A, Landini P, Olivo G, Palei M, Russo F, Martini S, Michelutti A. Geographical data on the occurrence and spreading of invasive *Aedes* mosquito species in Northeast Italy. *Data Brief* 2021;36:107047.
7. Pfitzner WP, Lehner A, Hoffmann D, Czajka C, Becker N. First record and morphological characterization of an established population of *Aedes* (*Hulecoeteomyia*) *koreicus* (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasites & Vectors* 2018;11(1).
8. Kalan K, Šušnjar J, Ivović V, Buzan E. First record of *Aedes koreicus* (Diptera, Culicidae) in Slovenia. *Parasitology research* 2017;116(8):2355-8.
9. Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropulacos K, Macini P, Fiorentini C, Fortuna C, Venturi G, Romi R, Majori G, Nicoletti L, Rezza G, Cassone A. An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Eurosurveillance* 2007;12(9).
10. Venturi G, Di Luca M, Fortuna C, Remoli ME, Riccardo F, Severini F, Toma L, del Manso M, Benedetti E, Caporali MG, Amendola A, Fiorentini C, De Liberato C, Giammattei R, Romi R, Pezzotti P, Rezza G, Rizzo C. Detection of a chikungunya outbreak in Central Italy, August to September 2017. *Eurosurveillance* 2017;22(39):11-4.
11. Caputo B, Russo G, Manica M, Vairo F, Poletti P, Guzzetta G, Merler S, Scagnolari C, Solimini A. A comparative analysis of the 2007 and 2017 Italian chikungunya outbreaks and implication for public health response. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2020a;14(6):1-12.
12. Barzon L, Gobbi F, Capelli G, Montarsi F, Martini S, Riccetti S, Sinigaglia A, Pacenti M, Pavan G, Rattu M, Padovan MT, Manfrin V, Zanella F, Russo F, Foglia F, Lazzarini L. Autochthonous dengue outbreak in Italy 2020: clinical, virological and entomological findings. *Journal of Travel Medicine* 2021;28(8).
13. Caputo B, Manica M, Filipponi F, Blangiardo M, Cobre P, Delucchi L, de Marco CM, Iesu L, Morano P, Petrella V, Salvemini M, Bianchi C, della Torre A. ZanzaMapp: a scalable citizen science tool to monitor perception of mosquito abundance and nuisance in Italy and beyond. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020b;17(21):7872.
14. Bartumeus F, Oltra A, Palmer JRB. citizen science: A gateway for innovation in disease-carrying mosquito management? *Trends in Parasitology* 2018; 34(9):727-9.
15. Palmer JRB, Oltra A, Collantes F, Delgado JA, Lucientes J, Delacour S, Bengoa M, Eritja R, Bartumeus F. Citizen science provides a reliable and scalable tool to track disease-carrying mosquitoes. *Nature Communications* 2017;8(1):1-13.
16. Delacour-Estrella S, Collantes F, Ruiz-Arrondo I, María Alarcón-Elbal P, Delgado JA, Eritja R, Bartumeus F, Oltra A, Palmer JRB, Lucientes J. Primera cita de mosquito tigre, *Aedes albopictus*

- (Diptera, Culicidae), para Andalucía y primera corroboración de los datos de la aplicación Tigatrapp. *Anales de Biología* 2018;0(36):93-6.
17. Eritja R, Ruiz-Arrondo I, Delacour-Estrella S, Schaffner F, Álvarez-Chachero J, Bengoa M, Puig MÁ, Melero-Alcíbar R, Oltra A, Bartumeus F. First detection of *Aedes japonicus* in Spain: An unexpected finding triggered by citizen science. *Parasites & Vectors* 2019;12(1):1-9.
 18. Pernat N, Kampen H, Ruland F, Jeschke JM, Werner D. Drivers of spatio-temporal variation in mosquito submissions to the citizen science project “Mückenatlas.” *Scientific Reports*. 2021;11(1).
 19. Walther D, Kampen H. The citizen science Project “Mueckenatlas” helps monitor the distribution and spread of invasive mosquito species in Germany. *Journal of Medical Entomology* 2017;54(6):1790-4.
 20. Werner D, Kowalczyk S, Kampen H. Nine years of mosquito monitoring in Germany, 2011-2019, with an updated inventory of German culicid species. *Parasitology Research* 2020;119(9):2765-74.
 21. Kampen H, Medlock JM, Vaux AGC, Koenraadt CJM, van Vliet AJH, Bartumeus F, Oltra A, Sousa CA, Chouin S, Werner D. Approaches to passive mosquito surveillance in the EU. *Parasites & Vectors* 2015;8(1).
 22. Južnič-Zonta Z, Sanpera-Calbet I, Eritja R, Palmer J, Escobar A, Garriga J, Oltra A, Richter-Boix A, Schaffner F, della Torre A, Miranda MÁ, Koopmans M, Barzon L, Bartumeus Ferre F, Mosquito Alert Digital Entomology Network, Mosquito Alert Community,. Mosquito alert: leveraging citizen science to create a GBIF mosquito occurrence dataset, *Gigabyte* 2022. doi: 10.46471/gigabyte.54
 23. Eritja R, Rubido Bará M, Delacour Estrella S, Bengoa M, Ruiz Arrondo I. Ciencia ciudadana y biodiversidad: primera cita de *Aedes (Fredwardsius) vittatus* (Bigot, 1861) (Diptera: Culicidae) en Galicia, mediante el proyecto Mosquito Alert. *Anales de Biología* 2018;(40):41-5.