

Una intervención innovadora de ecosalud para el control vectorial de la enfermedad de Chagas en Yucatán, México

Etienne Waleckx¹, Javier Camara-Mejia¹, Maria Jesus Ramirez-Sierra¹, Vladimir Cruz-Chan¹, Miguel Rosado-Vallado¹, Santos Vazquez-Narvaez², Rosario Najera-Vazquez², Sébastien Gourbière³, Eric Dumonteil¹

¹ Laboratorio de Parasitología, Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. ² Departamento de Control de Vectores, Servicios de Salud de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. ³ Institut de Modeélisation et d’Analyses en Géo-Environnement et Santé, Université de Perpignan Via Domitia, Perpignan, France.

RESUMEN

Introducción. Los triatominos no-domiciliados (intrusivos), siguen siendo un desafío para el control sostenido de los vectores de la enfermedad de Chagas, debido a que estos tienen la capacidad de (re-)infestar las casas de forma transitoria. Uno de los ejemplos mejor caracterizado es el de *Triatoma dimidiata* en la península de Yucatán, México, donde los insectos adultos infestan las casas de forma estacional entre marzo y julio

Métodos. Enfocamos nuestro estudio en 3 pueblos, realizando inicialmente un análisis de la situación antes de implementar una intervención de control vectorial con un enfoque de ecosalud (enfoque ecosistémico aplicado a la salud).

Resultados. La identificación de los determinantes claves que influyen sobre la infestación estacional de las casas por *T. dimidiata* fue realizada explorando asociaciones entre la presencia de chinches y variables cualitativas y cuantitativas que describen el contexto ecológico, biológico y social de las comunidades. Posteriormente, utilizamos un abordaje de investigación-acción participativa para la implementación y evaluación

de una estrategia de control basada en el uso de mosquiteros para reducir la infestación de las casas por *T. dimidiata*.

Conclusiones. Este enfoque de ecosalud parece ser una alternativa valiosa al rociado de insecticidas organizado de forma vertical. Una evaluación más profunda debería confirmar que esta intervención es sostenible y proporciona un control efectivo (en el sentido de limitar la infestación de las casas y los contactos vector/humano) de los triatominos intrusivos en la región.

Palabras clave: enfermedad de Chagas, participación comunitaria, *Triatoma dimidiata*, control de vectores

ABSTRACT

An innovative ecohealth intervention for Chagas disease vector control in Yucatán, México

Introduction. Non-domiciliated (intrusive) triatomine vectors remain a challenge for the

Autor para correspondencia: Etienne Waleckx. Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. **E-mail:** etienne.waleckx@uady.mx

Traducción del artículo original: Waleckx E, Camara-Mejia J, Ramirez-Sierra MJ, Cruz-Chan V, Rosado-Vallado M, Vazquez-Narvaez S, Najera-Vazquez R, Gourbière S&Dumonteil E (2015) An innovative ecohealth intervention for Chagas disease vector control in Yucatan, Mexico. Trans R Soc Trop Med Hyg 109, 143-149

The author 2015. The World Health Organization has granted Oxford University Press permission for the reproduction of this article. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Este documento está disponible en <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb152623.pdf>

sustainability of Chagas disease vector control as these triatomines are able to transiently (re-)infest houses. One of the best characterized examples is *Triatoma dimidiata* from the Yucatan peninsula, Mexico, where adult insects seasonally infest houses between March and July.

Materials and Methods. We focused our study on three rural villages in the state of Yucatan, Mexico, in which we performed a situation analysis as a first step before the implementation of an ecohealth (ecosystem approach to health) vector control intervention.

Results. The identification of the key determinants affecting the transient invasion of human dwellings by *T. dimidiata* was performed by exploring associations between bug presence and qualitative and quantitative variables describing the ecological, biological and social context of the communities. We then used a participatory action research approach for implementation and evaluation of a control strategy based on window insect screens to reduce house infestation by *T. dimidiata*.

Conclusion. This ecohealth approach may represent a valuable alternative to vertically-organized insecticide spraying. Further evaluation may confirm that it is sustainable and provides effective control (in the sense of limiting infestation of human dwellings and vector/human contacts) of intrusive triatomines in the region.

Key words: Chagas disease, Community participation, *Triatoma dimidiata*, Vector control

INTRODUCCION

La enfermedad de Chagas es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en América. Se estima que de 9 a 10 millones de personas están actualmente infectadas, generando una carga anual de discapacidad equivalente a 806,170 años de vida (AVAD) y tiene un costo anual por atención médica de 627.46 millones de dólares (1,2). En México, la Secretaría de

Salud reporta apenas unos cientos de casos cada año (3), pero se estima que hasta 6 millones de personas podrían estar infectadas actualmente (4). Los únicos estudios realizados a nivel nacional son de finales de los años ochenta, e indican una seroprevalencia nacional de 1–2%, con una gran heterogeneidad entre regiones y estados (5-7). En Yucatán, la seroprevalencia varía entre 1% en áreas urbanas y hasta 4% en pueblos rurales (8-10).

En la mayoría de los países donde la enfermedad de Chagas es endémica, el control de la transmisión se basa principalmente en el rociado empírico de insecticidas para reducir la infestación de las casas por parte de los vectores triatominos. Sin embargo, este tipo de control vectorial, organizado de forma vertical, está basado en una visión simplista enfocada solamente en los vectores y no en todos los determinantes de la enfermedad. Además, las dificultades asociadas a la sostenibilidad de la estrategia, combinadas con la aparición de resistencia a los insecticidas (11) y la aceptación creciente del papel que los triatominos intrusivos tienen en la transmisión del parásito al humano, hacen del control vectorial a largo plazo un gran desafío (12,13). Por lo tanto, hay una importante necesidad de herramientas más efectivas e integradas para el control de la enfermedad de Chagas, tal como lo proponen los enfoques *One Health* (14-16) y ecosalud (enfoque ecosistémico aplicado a la salud) (17-19). Estos enfoques están basados en el concepto que la salud humana no puede ser considerada de forma aislada y depende de la calidad del medio ambiente en el cual la gente vive y del ecosistema al cual pertenece (20). De esta forma, el enfoque ecosalud promueve intervenciones que atacan a los múltiples determinantes de la transmisión de las enfermedades de manera integral, incluyendo los aspectos biológicos, ecológicos, y sociales, para un control más eficiente y sostenible (18,19,21,22). Este abordaje se enfoca también en el impacto de las personas

Ecosalud para el control de *T. dimidiata* en Yucatán

sobre sus propios ecosistemas y su implicación para mejorar la salud humana y la calidad de vida de manera sostenible. El enfoque ecosalud se basa principalmente en el uso de una investigación participativa y trans-disciplinar que debe permitir alcanzar un mayor impacto en la salud (22). Para las enfermedades transmitidas por vectores, las estrategias con enfoque de ecosalud aparecen como alternativas más racionales, sostenibles y con un mejor costo-beneficio que el rociado empírico de insecticidas a gran escala, organizado de forma vertical (17-19,22-26).

Los triatominos no-domiciliados (intrusivos) se dispersan desde sitios peridomésticos y selváticos para infestar o re-infestar las casas de forma ocasional. Uno de los ejemplos mejor caracterizado es el de *Triatoma dimidiata* en la península de Yucatán, México, donde hemos mostrado que los insectos adultos infestan las casas de forma transitoria y estacional durante los meses de marzo a julio (27-29). Estudios de genética de poblaciones y modelos matemáticos indican que la infestación de las casas se debe a la dispersión estacional de las chinches desde los hábitats peridomésticos y selváticos alrededor de los pueblos, mientras que la reproducción de los triatominos en el hábitat doméstico (i.e. colonización) tiene un papel insignificante (30-32).

Bajo el escenario de infestación transitoria y estacional por *T. dimidiata*, estudios de campo y de modelización han mostrado que el rociado convencional de insecticidas es de eficacia limitada para controlar la infestación doméstica (33,34). Por otro lado, en estudios pilotos se observó que estrategias alternativas como el uso de mosquiteros (barreras físicas) y de cortinas impregnadas de insecticidas con efecto de larga duración (barreras químicas) fueron capaces de reducir la infestación de las casas en un 80-95% por al menos dos años consecutivos (34-36). También, se demostró que la limpieza de los peridomicilios para disminuir la población de

vectores permite la reducción de la infestación por *T. dimidiata* dentro de las casas en alrededor de 50%, esto debido a que únicamente los insectos dispersados desde las colonias peridomésticas están controlados, sin que la infestación por triatominos selváticos este controlada (35,36). Sin embargo, la limpieza del peridomicilio podría ser un componente valioso de manejo integrado del vector (35,36). Combinar las estrategias descritas arriba podría proveer un control vectorial (en el sentido de reducir/eliminar las poblaciones de vectores dentro de las casas limitando así los contactos vector/humano, más que matar las poblaciones de vectores) más efectivo, sostenible, y alternativo al control vectorial basado en el rociado de insecticidas en Yucatán. Sin embargo, se necesitan más estudios trans-disciplinarios e integrales para tener una comprensión más profunda de los determinantes ecológicos, biológicos, y sociales (eco-bio-sociales) que rigen la infestación de las casas por *T. dimidiata* y la transmisión de *Trypanosoma cruzi* a los humanos. Hasta el momento, la escasa comprensión de los factores que rigen la infestación transitoria ha limitado el diseño de intervenciones de control vectorial enfocado en dichos factores. En este trabajo, resumimos estudios cuyo objetivo fue la identificación de los determinantes eco-bio-sociales más importantes en la infestación de las casas por *T. dimidiata*, y describimos el proceso de implementación de una intervención integrada con un enfoque de ecosalud adaptada al control de los vectores de la enfermedad de Chagas en Yucatán, México.

MATERIALES Y METODOS

Análisis de los determinantes eco-bio-sociales de la infestación de las casas por *T. dimidiata* (Fase I). Esta fase del proyecto fue desarrollada entre principios de 2011 y mediados de 2012. Enfocamos nuestro estudio en tres localidades rurales, (Teya, Sudzal y Bokobá) del estado de Yucatán. Las familias típicas en las áreas rurales

de Yucatán están compuestas de cuatro a cinco personas que se auto-identifican como Mayas (más de 90% hablan maya). La mayoría trabajan como agricultores para su subsistencia y tienen un nivel de estudio que no excede la escuela primaria. Solamente una minoría de la población tiene un empleo formal y la mayoría recibe apoyos económicos de programas sociales. En los últimos 15 años, programas gubernamentales han financiado la construcción de casas de bloque, las cuales están reemplazando gradualmente a las casas tradicionales de adobe. Generalmente, las casas están compuestas de 2 habitaciones, de las cuales al menos una sirve para dormir. Un área para cocinar se sitúa generalmente afuera. Las casas están rodeadas de un peridomicilio, delimitado por un cerco de piedras apiladas (albarrada). La mayoría de las familias tiene animales en el peridomicilio, principalmente perros, gallinas, gatos y aves de ornato (37,38).

La identificación de los determinantes claves que influyen sobre la presencia o ausencia de *T. dimidiata* en las casas fue realizada explorando asociaciones entre la presencia de chinches en las casas y un gran número de variables describiendo los factores medioambientales de las casas, así como el contexto social, cultural, y económico de los habitantes. La presencia de chinches en las casas fue monitoreada con participación comunitaria, en la que los habitantes reportaron al centro de salud todos los insectos encontrados en sus casas. Al igual que en estudios anteriores, 15-20% de las casas se encontraron infestadas por triatomíneos (37). Datos sobre el hábitat, factores medioambientales y socioculturales, incluyendo el género, fueron recolectados a través de una variedad de métodos complementarios. La elaboración de listas libres (i.e. se le pidió a los miembros de las comunidades crear una lista de los insectos picadores y los métodos para su prevención) fue utilizada inicialmente para tener una idea más clara acerca de las prioridades de la comunidad con respecto al control de

insectos, seguido por ejercicios de clasificación, que a su vez proporcionaron información para la elaboración de una guía para establecer grupos de discusión. Los resultados de todos los métodos anteriores fueron utilizados para diseñar una encuesta para cuantificar y explorar más a fondo algunos aspectos específicos. Este abordaje con métodos combinados nos permitió triangular datos complementarios y corroborar conclusiones, haciendo un uso máximo de los métodos cualitativos y cuantitativos (37-39). Los datos obtenidos a nivel de cada casa fueron georreferenciados para elaborar mapas y realizar análisis espaciales.

Un abordaje multi-módulo basado en regresiones logísticas, seguido por una selección de modelos utilizando el criterio de información de Akaike (40) y el promediado de modelos (41) llevó a la identificación de un número limitado de factores que explicaban la mayoría de la variabilidad en cuanto a la infestación a nivel de conglomerados de casas.

Implementación y evaluación de la intervención de control vectorial (Fase II). La eficacia y la sostenibilidad del control vectorial requieren de la aceptación de las intervenciones por parte de los miembros de la comunidad. La participación comunitaria en la planificación de las intervenciones (incluyendo la toma de decisiones acerca de la logística y la coordinación), incrementa la posibilidad de generar programas de control vectorial que sean más apropiados a las necesidades específicas de las comunidades, así como favorece la adopción de la intervención por parte de las comunidades (42).

Para optimizar la instalación de mosquiteros como barrera contra la infestación de las casas por triatomíneos, involucramos a varios actores (miembros de las comunidades, gobiernos locales, trabajadores y líderes sociales, centros de salud, carpinteros, grupos de investigación) en una planificación participativa y en un proceso de

implementación que fue desarrollado de finales del 2012 hasta mediados del 2013.

Se organizaron reuniones con los distintos actores en dos de los pueblos (Teya y Sudzal) para discutir y organizar la intervención de control vectorial. Primero, los resultados de la Fase I fueron presentados. Después, diferentes estrategias para la implementación fueron analizadas en un proceso iterativo durante varias reuniones, hasta que los actores llegaron a un acuerdo sobre la mejor estrategia. Todos los participantes proporcionaron un consentimiento informado por escrito antes de participar en cualquiera de las actividades de investigación.

RESULTADOS

Análisis situacional de los determinantes eco-bio-sociales de la infestación de las casas por *T. dimidiata* (Fase I). El análisis de los determinantes involucrados en la infestación de las casas reveló que ninguna de las variables relacionadas con el nivel socio-económico de los habitantes, el nivel de educación o sus prácticas culturales generales como los hábitos de dormir o de limpiar fue encontrada asociada con la infestación. Por otra parte, encontramos que la presencia de perros, gallinas y refugios potenciales, como piedras amontonadas en el peridomicilio, así como la proximidad de las casas a la vegetación en la periferia del pueblo y a los postes de luz pública, fueron los principales factores de riesgo de infestación (37). Cabe destacar que estos determinantes fueron capaces de explicar la mayor parte de la variabilidad de la infestación a nivel de conglomerados de casas ($R^2 = 0.85$), sugiriendo que identificamos los determinantes más relevantes de la infestación y que los factores restantes que pudiéramos haber omitido contribuyen poco (37). Estos resultados confirmaron, en gran parte, la naturaleza intrusiva de *T. dimidiata* en la región, la importancia del peridomicilio como un hábitat de las chinches que infestan las casas, y la contribución de los

factores de riesgo previamente identificados (43-45). El papel potencial de las gallinas y de los perros en la infestación doméstica sugirió que se podría actuar sobre estos determinantes para un mejor control vectorial. Por ejemplo, tener mejores gallineros y eliminar las chinches en las áreas de descanso de los perros podrían contribuir a reducir la infestación peridoméstica.

El análisis de conocimientos, actitudes y percepciones de la comunidad en lo que se refiere a los triatominos y la enfermedad de Chagas indicó que tanto los hombres como las mujeres conocen muy bien a *T. dimidiata*, sus patrones de infestación estacional, sus hábitos nocturnos y hematófagos (38). Sin embargo, muy pocos de ellos relacionaron a los triatominos con una enfermedad severa y las chinches son percibidas como una molestia más que como un serio peligro para la salud. Esto es un obstáculo para la participación de la comunidad en las actividades de control de los triatominos, por lo que una concientización más profunda sobre la enfermedad de Chagas es necesaria en las comunidades (38). A través de concursos de dibujo organizados inicialmente para promover dicha concientización acerca de la enfermedad de Chagas, exploramos también la percepción que los niños tienen de los triatominos y de la enfermedad de Chagas a partir de sus dibujos. Los niños estaban muy familiarizados con estas chinches (**Figura 1**), pero al igual que los adultos, tenían una comprensión limitada de la enfermedad de Chagas en sí (46). Sin embargo, las percepciones de los niños reflejaron también algunos puntos de vista de los adultos, indicando que la información sobre los triatominos y la enfermedad de Chagas había sido discutida por toda la comunidad, contribuyendo eficientemente a una mejor toma de conciencia. Es importante destacar que actividades de educación dirigidas a los niños podrían ser una estrategia muy eficaz para incrementar la movilización de las comunidades contra los triatominos y la enfermedad de Chagas,

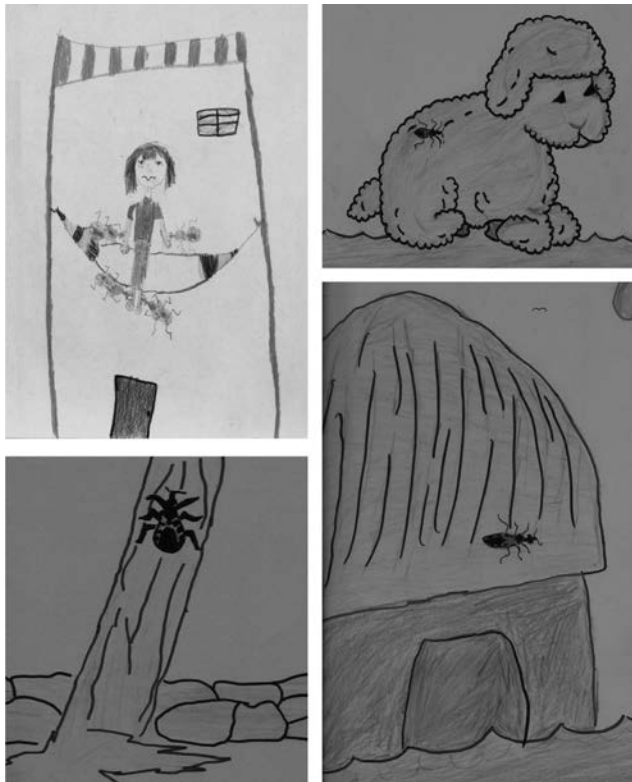


Figura 1. Percepción por los niños de los triatomíneos a través de dibujos. Los niños demostraron mucho conocimiento acerca de los triatomíneos y de sus hábitos alimenticios, y deberían estar involucrados en campañas de educación y concientización sobre la enfermedad de Chagas y el control vectorial.

como ya ha sido observado con la malaria (47).

En los tres pueblos incluidos en el estudio, la mayoría de las actividades de control llevadas a cabo por la comunidad están actualmente dirigidas hacia mosquitos, los cuales representan una preocupación importante para los habitantes. En consecuencia, una variedad de productos se utilizan para el control de mosquitos de manera rutinaria, siendo los más frecuentes el insecticida doméstico en aerosol, espirales contra mosquitos (*killer*) y plaquitas eléctricas repelentes (38). Las familias gastan en promedio 32 dólares (390 pesos) por año para el control de mosquitos y una parte de este gasto podría ser redirigida hacia un control más efectivo y sostenible, como los mosquiteros (38). Es importante destacar que tanto los hombres así como las mujeres declararon que la instalación de mosquiteros eran altamente

deseables, lo que sugirió que esta estrategia podría ser bien aceptada por los miembros de la comunidad. La única barrera significativa al uso de mosquiteros era su costo, el cual es percibido como elevado.

Todos estos resultados proporcionaron una justificación sólida para la evaluación de mosquiteros, con o sin un mejor manejo de los animales domésticos en el peridomicilio, para reducir la infestación de las casas.

Implementación y evaluación de la intervención de control vectorial (Fase II).

Después de discutir con los gobiernos locales y las comunidades la estrategia acordada anteriormente, se especificaron las tareas y las responsabilidades de los distintos actores (**Figura 2**). Debido a que la gran mayoría de las casas cuentan únicamente con una habitación dedicada para dormir, se acordó que los mosquiteros se iban a instalar en las ventanas de un solo cuarto en cada casa (con dos ventanas en promedio). Esta opción fue también la preferida por el equipo de investigación para: 1) respetar la equidad entre habitantes; 2) estimular a las familias para cubrir ellas mismas las ventanas adicionales, de manera tal que se genere un proceso activo y una mejor asimilación de la intervención. En cada pueblo, un trabajador social de la comunidad fue designado para coordinar todas las actividades relacionadas con la implementación de la intervención. Estos trabajadores sociales fueron orientados a los objetivos del proyecto y la enfermedad de Chagas por el grupo de investigación (**Figura 2**). Su participación incluía: la organización de reuniones comunitarias semanales en la presidencia municipal para inscribir a las familias; la difusión de información relacionada con la enfermedad de Chagas y sobre las instrucciones para el monitoreo entomológico; la coordinación de la distribución de materiales a los carpinteros; la supervisión de la instalación de los mosquiteros; y por último, la administración de un almacén proporcionado por el gobierno

Ecosalud para el control de *T. dimidiata* en Yucatán

Figura 2. Principales actores involucrados en la implementación de la intervención de control vectorial y sus actividades asociadas. Diferentes estrategias para la implementación fueron discutidas en un proceso iterativo durante varias reuniones, hasta que los actores llegaron a un acuerdo sobre lo que percibían como la mejor estrategia de implementación. Cada actor mantuvo un papel diferente en la implementación y fue responsable de actividades específicas indicadas en cada cuadro.

local. Los carpinteros fueron identificados por la comunidad junto con el gobierno local, y estuvieron de acuerdo en construir e instalar los mosquiteros. Los carpinteros se organizaron con cada familia para visitar su casa y medir las ventanas. El diseño de los mosquiteros incluía una malla de fibra de alta calidad con un marco en madera hecho a las dimensiones de cada ventana (**Figura 3**). La madera se compró de vendedores locales autorizados quienes vendieron a precio de mayoreo y llevaron el material hasta los pueblos. Los carpinteros también se pusieron de acuerdo con las familias para la entrega y la instalación de los mosquiteros. Una vez que el plan de instalación estuvo en marcha, el equipo de investigación tuvo un papel menor en la coordinación de la intervención; el liderazgo se transfirió de forma eficiente a los gobiernos locales, los trabajadores

sociales y los carpinteros. Sin embargo, algunos miembros del equipo de investigación estuvieron siempre presentes con los trabajadores sociales en las reuniones con la población y se realizó una supervisión semanal para evaluar el avance en la cobertura de la comunidad con los mosquiteros y para coordinar la entrega del material a los carpinteros. Un total de 1606 mosquiteros fueron instalados en 822 casas de los pueblos de Teya y Sudzal (**Figura 3**). En Sudzal, además, se dieron pláticas de educación relacionadas con la limpieza de los gallineros. El tercer pueblo, Bokobá, fue utilizado como una comunidad control de la intervención.

DISCUSION

Logros y limitaciones de la intervención. Actualmente se está evaluando la eficacia de



Figura 3. Fabricación e instalación de los mosquiteros para el control vectorial. Todos los mosquiteros fueron construidos en las comunidades, utilizando una malla de fibra de alta calidad con un marco de madera hecho a las dimensiones de cada ventana del cuarto.

esta intervención de ecosalud en términos de infestación de las casas, así como las percepciones de los diferentes actores sobre la intervención, los potenciales cambios en su percepción de los triatominos, de la enfermedad de Chagas y del concepto de control vectorial.

Una evaluación cuantitativa preliminar sugiere que después de la intervención, la relación entre la presencia de vectores adentro y afuera de las casas ha sido reducida significativamente en las casas con mosquiteros, demostrando como era esperado, el papel que juegan estos como barrera física. Este resultado es muy alentador, sobre todo si se toma en cuenta que se instalaron solamente dos mosquiteros por casa. Algunas familias han instalado también mosquiteros adicionales en sus puertas o en ventanas restantes después de la intervención, lo que sugiere algún cambio de comportamiento. Si la eficacia se confirma, la evaluación de esta intervención proporcionará una justificación sólida para ampliarla a otros pueblos en la región. Además, la intervención parece sostenible, debido a que la gran mayoría

de los mosquiteros están todavía en su lugar y en perfectas condiciones a más de un año y medio de su instalación. Muchos mosquiteros de nuestro primer estudio piloto (27), instalados hace 7 años, están también todavía presentes. Sin embargo, todos estos resultados preliminares tienen que ser confirmados para establecer claramente la eficacia de la intervención.

La participación de la comunidad y de otros actores en la concientización sobre la enfermedad de Chagas fue una actividad fundamental la cual, junto con la amplia aceptación de los mosquiteros por parte de los hombres y mujeres, promovió una alta participación de todos los actores en la intervención propuesta. La inclusión de un antropólogo maya-parlante en el equipo de investigación facilitó también el acceso a las comunidades y motivó la participación. Sin embargo, será necesaria una mayor participación de los hombres en futuros proyectos, puesto que en nuestras reuniones participaron mayormente mujeres, mientras que los hombres estaban trabajando. Como se mencionó anteriormente,

los niños también podrían estar más involucrados para promover cambios de comportamiento dentro de las familias. Por otra parte, muchos ajustes tuvieron que ser realizados por el equipo de investigación en el proceso general de implementación para adaptarse a situaciones locales específicas y sobrepasar obstáculos. Por ejemplo, la participación de la comunidad se vio afectada en Sudzal después de una tensión política en elecciones locales, ya que el proyecto era percibido como muy vinculado al gobierno local. En consecuencia, tuvimos que trasladar las reuniones comunitarias a las escuelas y al centro de salud local para enfatizar el carácter no político de la intervención de control vectorial. Los gobiernos locales fueron un gran apoyo para las intervenciones, las cuales han sido incorporadas como parte de los programas sociales para el mejoramiento de la vivienda. Por ejemplo, en Teya, el alcalde se comprometió a financiar la instalación de mosquiteros en las ventanas restantes para las familias numerosas que tienen dormitorios adicionales que no estuvieron cubiertos por el proyecto. Del mismo modo, en Sudzal, la alcaldesa se comprometió a proporcionar pintura a los pobladores para proteger los marcos de los mosquiteros y así mejorar su durabilidad. En ambos casos, el grupo de investigación también estuvo de acuerdo en ayudar a los gobiernos locales para ampliar las intervenciones.

El gasto de alrededor de 35 dólares (420 pesos) por casa para la fabricación e instalación de los mosquiteros en este estudio parece ser accesible para las familias, incluso teniendo en cuenta su modesto ingreso. La optimización del proceso de implementación podría también lograr mejores precios, haciendo factible el escalamiento de la intervención. Además, las familias suelen gastar una cantidad significativa de sus limitados ingresos en una variedad de insecticidas domésticos para el control de mosquitos, a pesar de que son conscientes de la poca eficacia de estos productos (38). Esta

costumbre se mantuvo sin cambios después de la intervención. Por lo tanto, se requiere una demostración más convincente de la eficacia de los mosquiteros, así como más programas de educación y sensibilización, para motivar a las familias a redirigir este presupuesto hacia los mosquiteros, los cuáles a menudo se perciben como algo deseable, pero demasiado costoso. Por lo anterior, cambios en la comunidad deben ser promovidos en términos de percepción del control vectorial. Estos cambios no solamente deben alcanzar a la comunidad, sino también a todos los actores, incluyendo los tomadores de decisiones, responsables de los programas de control vectorial y gobiernos locales, de tal manera que este tipo de enfoque pueda ser incorporado en las directrices locales y nacionales para permitir su escalamiento.

CONCLUSIONES

El enfoque de ecosalud para el control de triatominos utilizado en este estudio parece representar una alternativa prometedora al rociado con insecticidas organizado de forma vertical, permitiendo una mayor participación de la comunidad y el apropiamiento de la intervención de control, así como un control potencialmente más sostenible de los triatominos intrusivos en la región. Es importante destacar que se espera que la intervención propuesta no sólo prevenga la transmisión de la enfermedad de Chagas, sino también contribuya a la prevención de otras enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue, debido a que las barreras físicas también reducirán la abundancia de mosquitos en las casas. Se espera también que tener patios más limpios y una menor incidencia de enfermedades transmitidas por vectores conlleve a mejorar la calidad de vida y las condiciones generales de las comunidades, proporcionándoles beneficios adicionales que van más allá de la prevención de la enfermedad de Chagas, como se mencionó anteriormente en intervenciones de ecosalud similares (48).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las comunidades, así como a los gobiernos locales y los trabajadores sociales por su interés y su participación en el proyecto. Esta investigación fue financiada por *UNICEF/UNDP/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR)* y el *International Development Research Centre (IDRC)*, Ottawa, Canada (#A90276). Este trabajo se realizó en el marco del LabEx ECO-FECT [ref. ANR 11-LABX-0048] de la Universidad de Lyon, como parte del programa “*Investissements d’Avenir*” [ref. ANR-11-IDEX-0007] de la *Agence Nationale de la Recherche (ANR)*. Este trabajo se benefició de un financiamiento “*Investissements d’Avenir*” del ANR, *Centre d’Etude sur la Biodiversité Amazonienne (CEBA)* [ref. ANR-10-LABX-25-01].

REFERENCIAS

1. **Hotez PJ, Dumonteil E, Betancourt-Cravioto M, Bottazzi M, Tapia-Conyer R, Meymandi S, et al.** An unfolding tragedy of Chagas disease in North America. *PLoS Negl Trop Dis.* 2013 Oct; 7(10): e2300.
2. **Lee BY, Bacon K, Bottazzi ME, Hotez PJ.** Global economic burden of Chagas disease: a computational simulation model. *Lancet Infect Dis.* 2013 Apr; 13(4): 342–8.
3. **Bottazzi ME, Dumonteil E, Valenzuela JG, Betancourt-Cravioto M, Bottazzi M, Tapia-Conyer R, et al.** Bridging the innovation gap for neglected tropical diseases in Mexico: capacity building for the development of a new generation of antipoverty vaccines. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2011 Mar-Apr; 68(2): 130–8.
4. **Cruz-Reyes A, Pickering-Lopez JM.** Chagas disease in Mexico: an analysis of geographical distribution during the past 76 years—a review. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2006 Jun; 101(4): 345–54.
5. **Dumonteil E.** Update on Chagas’ disease in Mexico. *Salud Publica Mex.* 1999 Jul-Aug; 41(4): 322–7.
6. **Velasco-Castrejon O, Valdespino JL, Tapia-Conyer R, Salvatierra B, Guzmán-Bracho C, Magos C, et al.** Seroepidemiology of Chagas disease in Mexico [in Spanish]. *Salud Publ Mex.* 1992 Mar-Apr; 34(2): 186–96.
7. **Guzman-Bracho C, Garcia-Garcia L, Floriani-Verdugo J, Guerrero-Martínez S, Torres-Cosme M, Ramírez-Melgar C, et al.** Risk of transmission of *Trypanosoma cruzi* by blood transfusion in Mexico [in Spanish]. *Rev Panam Salud Publica.* 1998 Aug; 4(2): 94–9.
8. **Sosa-Estani S, Gamboa-Leon MR, Del Cid-Lemus J, Althabe F, Alger J, Almendares O, et al.** Use of a rapid test on umbilical cord blood to screen for *Trypanosoma cruzi* infection in pregnant women in Argentina, Bolivia, Honduras, and Mexico. *Am J Trop Med Hyg.* 2008 Nov; 79(5): 755–9.
9. **Gamboa-León R, Gonzalez-Ramirez C, Padilla-Raygoza N, Sosa-Estani S, Caamal-Kantun A, Buekens P, et al.** Do commercial serologic tests for *Trypanosoma cruzi* infection detect Mexican strains in women and newborns? *J Parasitol.* 2011 Apr; 97(2): 338–43.
10. **Gamboa-León R, Ramirez-Gonzalez C, Pacheco-Tucuch FS, O’Shea M, Rosecrans K, Pippitt J, et al.** Seroprevalence of *Trypanosoma cruzi* among mothers and children in rural Mayan communities and associated reproductive outcomes. *Am J Trop Med Hyg.* 2014 Aug; 91(2): 348–53.
11. **Vassena CV, Picollo MI, Zerba EN.** Insecticide resistance in Brazilian *Triatoma infestans* and Venezuelan *Rhodnius prolixus*. *Med Vet Entomol.* 2000 Mar; 14(1): 51–5.
12. **Gurtler RE, Diotaiuti L, Kitron U.** Commentary: Chagas disease: 100 years since discovery and lessons for the future. *Int J Epidemiol.* 2008 Aug; 37(4): 698–701.
13. **Gourbière S, Dorn P, Tripet F, Dumonteil E.** Genetics and evolution of triatomines: from phylogeny to vector control. *Heredity.* 2012 Mar; 108(3): 190–202.
14. **Robertson LJ, Utaaker KS, Goyal K, Sehgal R.** Keeping parasitology under the One Health umbrella. *Trends Parasitol.* 2014 Aug; 30(8): 369–72.
15. **Atlas RM.** One Health: its origins and future. *Curr Top Microbiol Immunol.* 2013 Apr; 365:1–13.
16. **Kakkar M, Abbas SS.** One health: moving from concept to reality. *Lancet Infect Dis.* 2011 Nov; 11(11): 808.
17. **Aguirre A, Wilcox BA.** EcoHealth: Envisioning and creating a truly global transdiscipline. *Ecohealth.* 2008 Sep; 5(3): 238–9.
18. **Lebel J.** Health: an ecosystem approach. Ottawa: International Development Research Centre; 2003.
19. **Briceño-Leon R.** Chagas disease in the Americas: an ecohealth perspective [in Spanish]. *Cad. Saúde Pública.* 2009; 25 (suppl 1): S71–82.
20. **Zinsstag J.** Convergence of EcoHealth and One Health. *Ecohealth.* 2012 Dec; 9(4): 371–3.
21. **Boischio A, Sanchez A, Orosz Z, Charron D.** Health and sustainable development: challenges and opportunities of ecosystem approaches in the prevention and control of dengue and Chagas disease. *Cad Saúde Pública.* 2009; 25 (suppl 1): S149–54.

22. **Charron DF.** Ecohealth research in practice. Innovative applications of an ecosystem approach to health. New York: Springer; 2012.
23. **Arunachalam N, Tyagi BK, Samuel M, Krishnamoorthi R, Manavalan R, Tewari SC, et al.** Community-based control of *Aedes aegypti* by adoption of eco-health methods in Chennai City, India. *Pathog Glob Health.* 2012 Dec; 106(8): 488–96.
24. **Sommerfeld J, Kroeger A.** Eco-bio-social research on dengue in Asia: a multicountry study on ecosystem and community-based approaches for the control of dengue vectors in urban and peri-urban Asia. *Pathog Glob Health.* 2012 Dec; 106(8): 428–35.
25. **Rojas-de-Arias A.** Chagas disease prevention through improved housing using an ecosystem approach to health. *Cad Saúde Pública.* 2001; 17 (suppl.): 89–97.
26. **Lucero DE, Morrissey LA, Rizzo DM, Rodas A, Garnica R, Stevens L, et al.** Ecohealth interventions limit triatomine reinfestation following insecticide spraying in La Brea, Guatemala. *Am J Trop Med Hyg.* 2013 Apr; 88(4): 630–7.
27. **Dumonteil E, Gourbière S, Barrera-Pérez M, Rodríguez-Félix E, Ruiz-Piña H, Baños-Lopez O, et al.** Geographic distribution of *Triatoma dimidiata* and transmission dynamics of *Trypanosoma cruzi* in the Yucatan peninsula of Mexico. *Am J Trop Med Hyg.* 2002 Aug; 67(2): 176–83.
28. **Dumonteil E, Ramirez-Sierra MJ, Ferral J, Euan-García M, Chavez-Núñez L.** Usefulness of community participation for the fine temporal monitoring of house infestation by non-domiciliated triatomines. *J Parasitol.* 2009 Apr; 95(2): 469–71.
29. **Payet V, Ramirez-Sierra MJ, Rabinovich J, Menu F, Dumonteil E.** Variations in sex-ratio, feeding and fecundity of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) among habitats in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2009 Jun; 9(3): 243–51.
30. **Dumonteil E, Tripet F, Ramirez-Sierra MJ, Payet V, Lanzaro G, Menu F.** Assessment of *Triatoma dimidiata* dispersal in the Yucatan Peninsula of Mexico by morphometry and microsatellite markers. *Am J Trop Med Hyg.* 2007 May; 76(5): 930–7.
31. **Gourbière S, Dumonteil E, Rabinovich JE, Minkoue R, Menu F.** Demographic and dispersal constraints for domestic infestation by non-domiciliated Chagas disease vectors in the Yucatan peninsula, Mexico. *Am J Trop Med Hyg.* 2008 Jan; 78(1): 133–9.
32. **Barbu C, Dumonteil E, Gourbière S.** Characterization of the dispersal of non-domiciliated *Triatoma dimidiata* through the selection of spatially explicit models. *PLoS Negl Trop Dis.* 2010 Aug; 4(8): e777.
33. **Dumonteil E, Ruiz-Pina H, Rodríguez-Félix E, Barrera-Pérez M, Ramirez-Sierra MJ, Rabinovich JE, et al.** Re-infestation of houses by *Triatoma dimidiata* after intra-domicile insecticide application in the Yucatan peninsula, Mexico. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2004 May; 99(3): 253–6.
34. **Barbu C, Dumonteil E, Gourbière S.** Optimization of control strategies for non-domiciliated *Triatoma dimidiata*, Chagas disease vector in the Yucatan peninsula, Mexico. *PLoS Negl Trop Dis.* 2009 Apr; 3(4): e416.
35. **Ferral J, Chavez-Núñez L, Euan-García M, Ramirez-Sierra MJ, Najera-Vazquez MR, Dumonteil E.** Comparative field trial of alternative vector control strategies for non-domiciliated *Triatoma dimidiata*. *Am J Trop Med Hyg.* 2010 Jan; 82(1): 60–6.
36. **Barbu C, Dumonteil E, Gourbière S.** Evaluation of spatially targeted strategies to control non-domiciliated *Triatoma dimidiata* vector of Chagas disease. *PLoS Negl Trop Dis.* 2011 May; 5(5): e1045.
37. **Dumonteil E, Nouvellet P, Rosecrans K, Ramirez-Sierra MJ, Gamboa-León R, Cruz-Chan V, et al.** Eco-bio-social determinants for house infestation by non-domiciliated *Triatoma dimidiata* in the Yucatan peninsula, Mexico. *PLoS Negl Trop Dis.* 2013 Sep; 7(9): e2466.
38. **Rosecrans K, Cruz-Martin G, King A, Dumonteil E.** Opportunities for improved Chagas disease vector control based on knowledge, attitudes and practices of communities in the Yucatan peninsula, Mexico. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014 Mar; 8(3): e2763.
39. **Jick TD.** Mixing qualitative and quantitative methods: triangulation in action. *Admin Sci Quaterly.* 1979 Dec; 24: 602–11.
40. **Sakamoto Y, Akaike H.** Analysis of cross classified data by AIC. *Ann Inst Stat Math.* 1978 Jan; 30(PartB): 185–97.
41. **Claeskens G, Hjort NL.** Model Selection and Model Averaging. Cambridge: Cambridge University Press; 2008.
42. **Kemmis S, McTaggart R.** Participatory Action Research. In: Denzin NK, Lincoln YS. Handbook of qualitative research. Thousand Oaks, CA: Sage Publications; 2000. P. 384–8.
43. **Ramirez-Sierra MJ, Herrera-Aguilar M, Gourbière S, Dumonteil E.** Patterns of house infestation dynamics by non-domiciliated *Triatoma dimidiata* reveal a spatial gradient of infestation in rural villages and potential insect manipulation by *Trypanosoma cruzi*. *Trop Med Int Health.* 2010 Jan; 15(1): 77–86.
44. **Slimi R, El Yacoubi S, Dumonteil E, Gourbière S.** A cellular automata model for Chagas disease. *Applied*

Math Modelling. 2009 Feb; 33 (2): 1072–85.

45. **Pacheco-Tucuch FS, Ramirez-Sierra MJ, Gourbiere S, Dumonteil E.** Public street lights increase house infestation by the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata*. PLoS One. 2012 Apr; 7 (4): e36207.
46. **Yevstigneyeva V, Camara-Mejía J, Dumonteil E.** Analysis of children's perception of triatomine vectors of Chagas disease through drawings: opportunities for targeted health education. PLoS Negl Trop Dis. 2014 Oct; 8(10): e3217.
47. **Ayi I, Nonaka D, Adjovu JK, Hanafusa S, Jimba M, Bosompem KM, et al.** School-based participatory health education for malaria control in Ghana: engaging children as health messengers. Malar J. 2010 Apr; 9: 98.
48. **Monroy C, Castro X, Bustamante DM, Pineda SS, Rodas A, Moguel B, et al.** An ecosystem approach for the prevention of Chagas disease in rural Guatemala. In: Charron DF. Ecohealth research in practice. Innovative applications of an ecosystem approach to health. New York: Springer; 2012. P. 153–62.