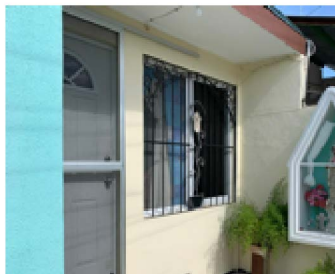


to the Control of Mosquito-Borne Diseases in Latin America

Improving Aedes aegypti control by enhancing community access to house-screening



Dr. Pablo Manrique Saide
Dra. Norma Pavía Ruz
Universidad Autónoma de Yucatán

Table of contents

<i>I. Summary</i>	1
<i>II. The research problem</i>	6
<i>III. Research findings</i>	9
<i>House-screening protects against indoor Aedes aegypti infected with DENV and ZIKV in Merida Mexico</i>	10
<i>Evaluation of low-cost materials for Do-it-yourself (DIY) installation of house screening against Aedes aegypti in experimental huts and acceptance by the community</i>	32
<i>Estudios sociales y comunitarios</i>	44
Percepciones sociales sobre el uso de mallas mosquiteras para el control de vectores Aedes en Yucatán, México.....	44
“Se alborotan los moscos y empiezan a pedir miriñaques”. El oficio del miriñaquero en la lucha contra los mosquitos transmisores de enfermedades en Yucatán, México.....	55
<i>Plan de negocios y análisis costo-beneficio para la implementación multisectorial para la instalación de mallas mosquiteras con materiales de bajo costo</i>	68
<i>Development of a DIY kit for house screening</i>	83
HOME PRO® Protection of houses & buildings against mosquitoes.....	83
<i>Exchanges and collaboration across other studies and countries within this call</i>	89
Evaluación del efecto combinado de mallas mosquiteras y pintura con insecticida micro-encapsulado para el control de Aedes aegypti.....	90
<i>IV. Work Plan and Schedule</i>	105
<i>V. Other activities (Related with COVID-19)</i>	107
<i>Elaboration of COVID-19 risk maps to support decision-making by the MoH of Yucatan</i>	107
<i>VI. Publications</i>	113

I. Summary

We report activities and results (between March 2019 – August 2021) of the project “Improving *Aedes aegypti* control by enhancing community access to house-screening” within the call “Enabling Business and Technologies to Contribute to the Control of Mosquito-Borne Diseases in Latin America”. The main results are described and presented, in accordance with the objectives, in the next sections as drafts of papers to be submitted or as report of results and activities.

Main objectives of this project were:

- i) To evaluate the efficacy of house-screening (HS) with regular netting to reduce infestation and abundance of the vector *Aedes aegypti* and their infection with arboviruses as a proxy of the risk of disease transmission, and to study the acceptance by the community
- ii) To develop and test inexpensive materials (rather than aluminium frames) for the installation of mosquito-netting that can be provided by small business to increase its affordability and accessibility, without challenging their efficacy and acceptance by the community
- iii) To promote the development of a DIY kit (with regular netting or LLINs) and a use-plan aiming to contribute to a future stage with the uptake of this method for the prevention of *Aedes*-transmitted diseases
- iv) To explore the potential and opportunities for exchanges and/or future collaboration across other studies and countries within this call.

Efficacy of house-screening (HS) with regular netting to reduce infestation and abundance of the vector *Aedes aegypti* and their infection with arboviruses as a proxy of the risk of disease transmission, and acceptance by the community

During 2019, we evaluated the efficacy of house-screening (HS) with regular netting on reducing indoor *Aedes aegypti* infestation, abundance and infection with arboviruses in a cluster randomized controlled trial in the Mexican city of Merida, Mexico. The study compared six control and six intervention areas of 100 households each. Intervention clusters received HS permanently fixed with aluminium frames on windows and doors. Cross-sectional entomologic surveys were carried out with collections using Prokopack aspirators, one at baseline during the dry season and one post-intervention (PI) during the rainy season of 2019. We calculated indoor mosquito infestation (presence and number of indoor *Aedes* females and blood-fed females) and infection with arboviruses (DENV and ZIKV) within each cluster.

Houses with HS had significantly lower risk for having *Ae. aegypti* female mosquitoes (OR=0.56, 95% C. I. 0.33-0.99) and blood-fed females (OR=0.53, 95% C. I. 0.28-0.97) in comparison with unprotected households from the control arm. Indoor abundances of vectors also showed significantly less numbers of *Ae. aegypti* females in houses protected with HS (IRR=0.50, 95% C. I. 0.30-0.83) and likewise, fewer blood-fed females inside of the houses (IRR=0.48, 95% C. I. 0.27-0.85). HS was significantly associated with less houses with female *Ae. aegypti* positive for arboviruses within houses (OR=0.29, 95% CI 0.10–0.86, P=0.02) during the rainy season with an estimated intervention effectiveness in reducing arbovirus infection of HSeff =71%.

These results provide supporting evidence on HS as a paradigm -within housing interventions - for the control of *Ae. aegypti*, as an intervention that can significantly reduce indoor-female infestations (including infected females) and consequently human-vector contact inside houses with the potential to protect against ATDs, particularly in places with simultaneous transmission of dengue, chikungunya and Zika.

Participant families were completely positive and had high expectations during the enrolment process. Even when HS was perceived as an effective method to avoid mosquito-human contact, none of the houses had HS installed prior the intervention mainly because the cost (70%), perceived difficulty for its maintenance (20%), and because they could move to another house (10%). All participants were satisfied with the installation process and positive about the efficacy because perceived significant reductions of mosquito in their houses (>80%). All the participants recommended the scaling up of the intervention.

Preliminary results and analysis of social and community studies carried out are also included. The reasons for social acceptance, the perceived effectiveness of the mosquito-meshes, perception of the installation process, and perceived protection against VBD are described in greater detail; Additionally, it was investigated about the preventive practices against mosquitoes, the comparative perception regarding the meshes treated with insecticide versus the regular ones, focusing on opinions about the materials and their resistance, and which was more effective in preventing the entry of mosquitoes into the homes. participants. Also, the perspective and experiences of entrepreneurs and employees in the business of mosquito nets are included, as well as the type of formal or informal organization of their companies, the administrative and financial management they have had.

To develop and test inexpensive materials (rather than aluminium frames) for the installation of mosquito-netting that can be provided by small business to increase its affordability and accessibility, without challenging their efficacy and acceptance by the community

Our team made a search for materials, other than aluminium, that could be used to install mosquito nets on doors and windows. Wood, PVC, Velcro and Magnets were selected based on the facility of the material to be fixed on doors and windows, cheaper than aluminium, availability in both the local and national market, and easily accessible to the population.

We purchased and collected information on the cost associated with the different options of frames to install screens. All the materials selected as low-cost options for HS installation were less costly than aluminium framing (cost of the materials only of \$91.00 USD per house, including seven windows and two doors). Magnets (\$34.00 USD) and velcro (\$30.00) were the most economic options, followed by PVC plastic (\$39.00) and wood (\$43.00). We have designed, developed and manufactured prototypes for these materials; final versions of the prototypes with low-cost materials are provided to IDRC.

We evaluated the efficacy of low-cost frames constructed with the different materials to protect against *Aedes aegypti* (entry of female mosquitoes) in experimental huts. The efficacy of protection -preventing female mosquito passing inside the huts- of any of the options of screening against *Aedes aegypti* of frames was high (>93%) in comparison with the control with no-screen. The highest protection was recorded by frames made with aluminium material, blocking 99% of female mosquitos (IRR=0.01, C.I. 0.003-0.02); but low-cost options like magnets (Average protection= 93.1%, 95% CI = 89.6-96.7) and velcro (Average protection= 92.9%, 95% CI = 88.9-97.0) performed very well with a 60% lower cost than aluminium.

We investigated people's perception on the different materials. The most "popular" alternative was the frame made of wood (62%), followed by magnets (45%), PVC (45%) and Velcro (29%). People was familiar with wood-frames and other materials were "uncommon" to them., although some people recalled having seen the other options on the Internet, magazines or TV programs. They though Velcro and magnets were expensive. Expected durability of the materials was associated to weather conditions, but the majority thought that all are resistant materials (which could last 1-5 years). About the aesthetics (perception on "how beautiful" the frames can be seen on the houses),

the option with wood got the best scores (73%), followed by magnets (56%). Many of the interviewed (>50%) thought that all the options were easy to install, but they had divided opinions about how easy was to give maintenance to them. All were seen as a very positive improvement of the house except for PVC.

Results corroborated that it is possible for families to consider different, consumer-driven disease prevention with more accessible -but still effective- materials rather than aluminium for HS.

We also investigated the viewpoint of small business on HS prototypes about: cost, durability, aesthetics, perceived comfort, acceptance and production-manufacturing process to explore customer-preferences from entrepreneurs' perspective, and of the HS. A total of 40 companies related to the production of mosquito nets were surveyed, among these 55% (22/40) are in the formal sector and the remaining 45% (18/40) were informal; of the formal ones, 32.5% (13/40) corresponded to producers and the remaining 22.5% (9/40) were distributors. Only one producer makes mosquito nets with alternative material and uses wood, which is the material most requested by consumers after aluminium.

Despite not working with alternative materials to aluminium, most businesses (97%) consider aluminium to be an expensive material, followed by wood, velcro and magnets. Regarding their duration, they followed the same previous order. Of the total of those surveyed, 57.5% agreed that wood is an aesthetic material for making mosquito nets, followed by magnets 47.5%. In general, the vast majority consider that the manufacture, installation and maintenance is easy, for the four alternatives. Despite the above, the producers declared that they are not willing to use this type of material. Despite their rejection, they are aware that consumers could request these alternative materials, with wood being the one with the most potential.

It would be helpful to show the profits with all different alternatives for established producers of mosquito nets with aluminium frame. It must be considered that from the point of view of the individual flow, those materials with the highest profit flow would be velcro and magnets, derived mainly from the short time of duration, which makes the number of purchases more recurrent. Consumers of mosquito nets, need information and alternatives to evaluate, under various circumstances, which options best suits their economic conditions and accessibility.

The government should be informed of this type of studies, acknowledging different alternatives to produce low-cost mosquito nets, which are socially beneficial. Other organizations from the civil society and non-governmental institutions that study the impacts of public health policies, may find private/social incentives to produce mosquito nets with different alternatives.

To promote the development of a DIY kit (with regular netting or LLINs) and a use-plan aiming to contribute to a future stage with the uptake of this method for the prevention of Aedes-transmitted diseases

We worked together with the entrepreneur, the company **Public Health Supply and Equipment de Mexico, S.A. de C.V.**, to develop a business plan model. Evidence and results from previous stages of the project was considered with the goal of providing more accessibility of nets with LLINs to the local and retail public market.

In October 2019, the team participated in the FAPESP- IDRC Aedes Control Technologies Exchange Workshop. The entrepreneur presented the proposal "**HOME PRO®, Protection of houses & buildings against mosquitoes**". The concept consists in the **provision of already-assembled doors and windows mosquito nets with insecticide (Duranet®) or the materials for its installation** by the company on demand, visualising that this product can be presented to the MoH or other governmental and funding agencies and be provided -by donation or subsidised- to final users

(local A&S business, general population and specific communities. Choice of suitable and affordable materials, mass production, and different merchandising options are expected to reduce costs and increase accessibility.

Basically, the types of interventions in that **HOME PRO®** could be engaged include: i) **Provision of already-assembled doors and windows** (with aluminium or wooden frames) with the long-lasting insecticide mosquito nets (Duranet®) already mounted; ii) **Supply of materials:** aluminium or wood, rolls of mesh, etc. for local companies to assemble the doors and windows themselves and iii) **A DIY-kit directed to the house-hold level** with materials and instructions so that they can assemble the doors and windows themselves.

We also present a business plan and cost-benefit analysis for the multisectoral implementation/installation of mosquito nets with low-cost materials. It was carried out with the objective of designing a business plan model based on a cost-benefit analysis, with potential involvement of companies, government, academia and society, for the implementation of an initiative focused on the improvement of the homes by installing mosquito nets using alternative low-cost materials, to complement the strategies for prevention and control of Aedes-transmitted diseases carried out by the MoH. As a first step, and according to the objectives of this project, we carried-out a private-financial cost-benefit analysis and determined the degree of acceptance of businesses in the use of alternative materials in the production and installation of mosquito nets.

To explore the potential and opportunities for exchanges and/or future collaboration across other studies and countries within this call.

We established an initial agreement of collaboration with the other Mexican team, for the development of bioassays and pilot field-trials to evaluate the entomological efficacy of the combination of insecticide painting and HS against *Ae. aegypti*.

The objectives of this study included:

1. The validation of DIY magnetized mosquito nets (one of the low-cost materials for mosquito framing)
2. Exploration of combination of technologies e.g., house screens and insecticidal paint and
3. Technological validation of their implementation in a pilot test in Pochutla Mexico.

However, it was not possible to develop these activities.

During this period, we also collaborated with the local MoH and produced COVID-19 risk maps to support decision-making in Yucatan

We performed the geo-coding, storage, analysis and spatio-temporal interpretation of COVID-19 cases reported by the Yucatán Health Services (SSY) to generate a geographic information system (GIS) and the development of an algorithm to elaborate i) maps of the distribution of cases and ii) identify possible risk areas (accumulation sites or hot-spots) to support the definition of preventive, care and / or confinement strategies by official bodies.

Publications during this period:

1. Manrique-Saide P, Herrera-Bojórquez J, Villegas-Chim J, Puerta-Guardo H, Ayora-Talavera G, Parra-Cardena M, Medina-Barreiro A, Ramírez-Medina M, Chi-Ku A, Trujillo-Peña E, Méndez-Vales RE, Delfín-González H, Toledo-Romaní ME, Bazzani R, Bolio-Arceo E, Gómez-Dantés H, Che-Mendoza A, Pavía-Ruz N, Kirstein OD, Vazquez-Prokopec GM. 2021. Protective effect of house-screening against indoor *Aedes aegypti* in Mérida, Mexico: a cluster randomized controlled trial. *Tropical Medicine & International Health*. doi: 10.1111/tmi.13680.
2. Ritchie S, Devine G, Vazquez-Prokopec G, Lenhart A, Manrique-Saide P, Scott TW. 2021. Insecticide-based approaches for dengue vector control. In: Koenraadt C, Spitzen J, Takken W. Eds. Innovative strategies for vector control. Wageningen Academic Publishers.
3. Puerta-Guardo H, Biering S, Harris E, Pavia-Ruz N, Vázquez-Prokopec G, Ayora-Talavera G, Manrique-Saide P. 2020. Dengue immunopathogenesis: a crosstalk between host and viral factors leading to disease: Part I - Dengue Virus Tropism, Host Innate Immune Responses, and Subversion of Antiviral Responses In: Dengue fever. InTech
4. Puerta-Guardo H, Biering S, Harris E, Pavia-Ruz N, Vázquez-Prokopec G, Ayora-Talavera G, Manrique-Saide P. 2020. Dengue immunopathogenesis: a crosstalk between host and viral factors leading to disease. A Crosstalk between Host and Viral Factors Leading to Disease: PART II—DENV Infection, Adaptive Immune Responses, and NS1 Pathogenesis In: Dengue fever. InTech.

II. The research problem

The bite of an infected female mosquito *Aedes aegypti* can transmit dengue, chikungunya, or Zika viruses. Prevention of Aedes-transmitted diseases (ATD) with vector control, by reducing mosquito populations and/or their contact with humans to impact virus transmission, is a contemporary public health goal and challenge. Screening entry-points of a to prevent the access of adult mosquitoes -particularly *Aedes aegypti* females- is expected to decrease the number of vectors, human exposure to infective mosquito bites and therefore, reduce dengue, chikungunya and Zika transmission (Roiz et al. 2018, Lindsay et al. 2017, Vazquez-Prokopec et al. 2016, Wilson et al. 2014).

House screening (HS) is an environmental management that can protect individuals, families and the community from mosquitoes largely ignored by policies & programs for the prevention and control of ATD. In 2017, a research-to-policy forum convened by TDR/WHO (Olliaro et al. 2018), finally acknowledged HS as a promising vector management approach for the prevention and control of ATDs. However, the need for stronger evidence has been also recognized (Rowman et al. 2016).

The integration of house-screening and long lasting insecticidal nets (LLIN), known as insecticide screening (ITS), can provide simple, safe, and *Aedes aegypti* control. Results from trials in Mexico supported by IDRC within the “Eco-Bi Research” program showed that ITS, with LLIN fixed with aluminium frames on doors & windows, can a physical/chemical barrier and showed immediate sustained (~2 yr.) impacts on indoor-female *Ae. aegypti* abundance (Manrique-Saide et al. 2015, Che-Mendoza et al. 2015, Che-Mendoza et al. 2018). Importantly, in a recent entomological cluster randomized trial, detection of indoor *Ae. aegypti* infected with ZIKV in was reduced by 85 percent in clusters with ITS compared to untreated control clusters (Manrique-Saide et al. 2020).



ITS was viewed positively by the community, with a perceived efficacy on reductions of mosquito abundance and biting, and other domestic insect pests (Jones et al. 2014, Che-Mendoza et al. 2018). However, two main limiting factors for its accessibility by the community were identified:

- LLINs were not yet commercially available for public, and currently sold exclusively to the Mexican Ministry of Health. Therefore, the effectiveness of regular netting (without insecticide) is an option that needs to be evaluated. In addition, the company that distributes LLINs is interested in developing a Do-it-Yourself kit available for the public.
- Installation of screens (with or without insecticide) with high-quality materials can be costly. Establishments (A&S: aluminium & screen businesses) manufacture, provide and install owners' measure HS in Mexico. Professional installation of screens with high quality materials can cost ~ \$180 for a house with 2 doors and 7 windows (\$90.00 for materials plus installation). Introducing cost-saving strategies, i.e., the use of less-expensive materials used for frames, mass production, and the potential for impact over several years is expected to increase the cost effectiveness of ITS (Quintero et al. 2017).



© World Health Organization 2017

Without commercially available vaccines or medication to treat *Aedes*-transmitted diseases (ATD, namely dengue, chikungunya and Zika), vector control remains the only immediate option to their combat.

The principle of “building the vector out” is at the core of effective housing interventions to prevent vector-borne diseases and currently encouraged by the World Health Organization (WHO 2017, Lindsay et al. 2017); and yet, it has been largely ignored for policies & programs for the prevention and control of ATD.

HS is not included in the current WHO dengue guidelines (WHO 2009), but given its potential and wide-ranging benefits, it is a strong candidate for further trials to evaluate its effectiveness and optimal strategy to deliver with Integrated Vector Management (IVM), including social mobilization and collaboration within the health sector and beyond (WHO 2012).

Improving the built environment in urban areas to control diseases transmitted by *Aedes aegypti*

Recent outbreaks of diseases transmitted by *Ae. aegypti* have shown that urban areas are particularly vulnerable because the built environment offers ideal conditions for the proliferation of vector populations and contact with humans. More than half of the world's population currently lives in urban areas and by 2050 it is estimated that 70% of the population will live in cities. This urban expansion will increase the frequency and intensity of outbreaks transmitted by *Aedes*. Unless the global public health community takes a coordinated, preventive approach to controlling *Ae. aegypti*, outbreaks of dengue, chikungunya and Zika may become more common and widespread as urban populations expand and the movement of people increases.

Control of *Ae. aegypti* currently relies too heavily on reducing mosquito density with larval or adult insecticides. While these interventions can be effective if well-performed, they are short-lived; and it is threatened by resistance to insecticides. The World Health Organization and other international organizations have recommended an intersectoral approach to achieve more effective and sustainable vector control. However, governments have often overlooked these approaches when designing vector control programs. Improving the built environment would contribute to a long-term solution to reduce the threat of diseases transmitted by *Ae. aegypti*.

Improving the built urban environment to reduce *Ae. aegypti* and its contact with humans is an underutilized aspect of integrated vector management. Various aspects of urban planning can be approached to reduce human contact with *Ae. aegypti*. Among these, houses can be improved or designed to prevent the entry of adult mosquitoes, using mosquito nets. This would not only reduce the possibility of future epidemics occurring, but it would also reduce the annoyance of bites from other urban mosquito pests. The realization of these urban improvements is a benefit for urban development, complementary and that will make more efficient and rational the interventions with insecticides carried out through the health sector.

Urban improvements that reduce mosquito populations, especially disease vectors should be seen as an important component of sustainable development. This approach is closely aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). In addition to SDG 3, explicit for health, also aligned to SDG 11 and 17. SDG 11 requires actions to “make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable” through housing improvements and basic services. SDG 17 calls for "sustainable development through global partnerships" and the construction of *Ae. aegypti* will require close collaboration between governments, the private sector and civil society.



Build safe, resilient and sustainable towns and cities, and also resistant against *Ae. aegypti*, is a priority in endemic areas. Vector control experts must work together with those who plan and design the built environment. If we protect houses by making them “Mosquito-proof” and guaranteeing other services such as safe and secure water supply and drainage systems, handling and disposal of household waste, etc., we can stop the development of mosquitoes, reduce their bites and ultimately, the transmission of diseases such as dengue, chikungunya and Zika.

III. Research findings

House-screening protects against indoor *Aedes aegypti* infected with DENV and ZIKV in Merida Mexico*

Manrique-Saide P¹, Herrera-Bojórquez J¹, Villegas-Chim J¹, Puerta-Guardo H¹, Ayora-Talavera G², Parra M², Medina-Barreiro A¹, Ramírez-Medina M¹, Espinosa-Lizama¹, Ku-Chi A¹, Trujillo-Peña Emilio¹, Méndez-Vales RE³, Delfín-González H¹, Toledo-Romaní María Eugenia⁴, Bazzani R⁶, Bolio-Arceo E⁷, Gómez-Dantés H⁷, Che-Mendoza A¹, Pavía-Ruz N⁸, Vazquez-Prokopec G⁹

¹ Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

² Laboratorio de Virología, Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

³ Servicios de Salud de Yucatán (SSY), Mérida, México

⁴ Departamento de Epidemiología. Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kourí” (IPK). La Habana, Cuba.

⁵ Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México.

⁶ International Development Research Centre (IDRC) of Canada. Regional Office for Latin America and the Caribbean (LACRO), Montevideo, Uruguay.

⁷ Instituto Municipal de Planeación, Ayuntamiento de Mérida, Mérida, México.

⁸ Laboratorio de Hematología, Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

⁹ Department of Environmental Sciences, Emory University. Atlanta, USA

Abstract

We evaluated the efficacy of house-screening (HS) with regular netting on reducing indoor *Aedes aegypti* infestation, abundance and infection with arboviruses in a cluster randomized controlled trial during 2019 in the Mexican city of Merida, Mexico. The study compared six control and six intervention areas of 100 households each. Intervention clusters received HS permanently fixed with aluminium frames on windows and doors. Cross-sectional entomologic surveys were carried out with collections using Prokopack aspirators, one at baseline during the dry season and one post-intervention (PI) during the rainy season of 2019. We calculated indoor mosquito infestation (presence and number of indoor *Aedes* females and blood-fed females) and also infection with arboviruses (DENV and ZIKV) in a subsample of 30 houses within each cluster.

Houses with HS had significantly lower risk for having *Ae. aegypti* female mosquitoes (OR=0.56, 95% C. I. 0.33-0.99) and blood-fed females (OR=0.53, 95% C. I. 0.28-0.97) in comparison with unprotected households from the control arm. Indoor abundances of vectors also showed significantly less numbers of *Ae. aegypti* females in houses protected with HS (IRR=0.50, 95% C. I. 0.30-0.83) and likewise, fewer blood-fed females inside of the houses (IRR=0.48, 95% C. I. 0.27-0.85). HS was significantly associated with less houses with female *Ae. aegypti* positive for arboviruses within houses (OR=0.29, 95% CI 0.10–0.86, P=0.02) during the rainy season with an estimated intervention effectiveness in reducing arbovirus infection of HS_{eff} =71%.

Participant families were completely positive and had high expectations during the enrolment process. Even when HS was perceived as an effective method to avoid mosquito-human contact, none of the houses had HS installed prior the intervention mainly because the cost (70%), perceived difficulty for its maintenance (20%), and because they could move to another house (10%). All participants were satisfied with the installation process and positive about the efficacy because perceived significant reductions of mosquito in their houses (>80%). All the participants recommended the scaling up of the intervention.

* Research article a someter a PLoS Neglected Diseases

Introduction

Aedes-transmitted diseases (ATD) e.g. dengue, chikungunya and Zika, represent a continuous and significant public health problem, particularly in urban areas of the Americas. With *Aedes aegypti* as the main vector and amply distributed, approximately 500 million people are currently at risk of dengue in this region (PAHO 2021). Recent emergence and spread of chikungunya to 45 countries and territories (Yactayo et al. 2016) and later on, the emergence and spread of Zika to other 22 countries and territories (PAHO 2016) incremented the number and potential for urban-ATD epidemics.

Without commercially efficacious and fully licensed vaccines or therapeutics available, vector control -to reduce mosquito vector populations and/or their contact with humans- remains the immediate alternative to reduce or prevent ATD transmission (WHO Guidelines 2009). Current portfolio of vector control carried out by institutional programs of the ministries of health (MoH), is based on a two-core (immature and adult control) broadly-applicable interventions directed to reduce *Ae. aegypti* populations, commonly performed responsively during outbreaks. Interventions to reduce vector contact with humans such as personal protection and modifications/improvements to the built environment (e.g., mosquito-proofing of houses) although recommended, are seldom implemented as part of programs performed by the MoH.

House screening (HS), covering doors and windows with mosquito nets/screens, is a house improvement and a non-chemical control tool to reduce *Ae. aegypti*'s contact by reducing the entry of female-biting populations into the human premises (Vazquez-Prokopec et al. 2016, Wilson et al. 2020). It is one example of effective housing interventions promoted by the principle of “Keeping the vector out” to sustainably prevent vector-borne diseases, currently encouraged by the World Health Organization (WHO 2017a, Lindsay et al. 2017); and yet, it has been largely ignored for policies & programs for the prevention and control of ATD (WHO 2009, 2012). In 2017, HS was finally cited as a promising vector management approach for the prevention and control of ATDs in a research-to-policy forum convened by TDR/WHO (Olliaro et al. 2018). Evidence compiled by Bowman et al. (2016) reported that house screens on external doors and windows was the method with the most evidence supporting effectiveness in preventing dengue transmission; however, the need for stronger evidence of its efficacy was also recognised.

Projects supported by TRD and IDRC within the “Eco-Bio-social Research” and “Ecohealth” programs in Mexico in the last decade showed that insecticide-treated screening (ITS): long-lasting insecticide-treated nets (LLINs) fixed with aluminium frames on doors & windows, act as a physical/chemical barrier and confer sustained protection against indoor-female *Aedes aegypti* infestation (Manrique-Saide et al. 2015, Che-Mendoza et al. 2015, Che-Mendoza et al. 2018, Herrera-Bojórquez et al. 2020, Manrique-Saide et al. 2021). Even more, detection of ZIKV in *Ae. aegypti* during a Zika outbreak was reduced by 85% in clusters with ITS compared to untreated control clusters (Manrique-Saide et al. 2021). Although ITS is an intervention very well accepted (Jones et al. 2014, Che-Mendoza et al. 2018), its accessibility by the community is limited because LLINs are not yet commercially available for public; for example, in Mexico they are currently sold exclusively to the Ministry of Health (CENAPRECE 2020). Therefore, the effectiveness of regular netting (without insecticide) is an option that needs to be evaluated both for entomological impact and also for more epidemiologically-related endpoints, including ATD infection in *Ae. aegypti* (Manrique-Saide et al. 2021).

We report an evaluation of the efficacy of screening doors and windows with a regular mosquito-mesh to reduce infestation, abundance and arbovirus-infected indoor *Ae. aegypti* in a cluster randomised controlled trial in houses of the Mexican city of Merida, Mexico during 2019. We also report a social assessment towards domestic practices for vector control and mosquito-borne diseases within participants and the perception and acceptance for house screening in intervened households.

Material and methods

Study site & design

Merida is the state capital and the major urban centre of the state of Yucatan with a population of 830,732 inhabitants living in 284,468 households (COESPO 2012), Average altitude of the city is nine meters above sea level and climate is mainly warm with an annual average temperature of 26°-27°C (36°C max- 18°C min). Two seasons can be clearly distinguished: a rainy season, in May to October (with most of the rainfall from June-October) and a dry season from November to April. The rainy season is historically associated with mosquito abundance (Che-Mendoza et al 2021) and dengue transmission (increases 80% approximately although there is continuous transmission throughout the year) and the starting point for augmented vector control activities.

In the national context, Merida is among the cities that have reported the highest proportion of dengue cases in the last 15 years (2.6%) (SINAVE 2020). Merida has accounted for >40% of all dengue cases in the state of Yucatan during the last decade. First cases of chikungunya in Merida and a subsequent outbreak (1,531 cases) occurred in 2015 and transmission decreased in the following years (11 cases in 2016, and 0 cases in 2017-2018). Zika transmission was detected in May 2016 with 2,199 cases reported the end of the year; the transmission decreased to 24 cases in 2017, and 28 cases in 2018. No laboratory confirmed cases for chikungunya and Zika virus was reported during 2019-20 (SINAVE, 2020). Within the city, there are various neighbourhoods historically and consistently important for the vector control program and identified as hotspots (Lloyd et al. 1992, Manrique-Saide et al. 2008, Manrique-Saide et al. 2014, Bisanzio et al 2020, Dzul-Manzanilla et al. 2021). Previous studies in Merida on productive container types for *Ae. aegypti* immatures have incriminated disposable containers and buckets/pots, and other rain-filled objects left in backyards (Winche et al. 1992, Manrique-Saide et al. 2008, García-Rejón et al. 2011). Non-residential habitats, such as subsurface catch basins, have been also identified as productive *Ae. aegypti* habitats (Manrique-Saide et al. 2012, 2013).

The study followed a two-arm cluster-randomised controlled trial design as in previous studies by our group (Manrique-Saide *et al.* 2015 & 2021, Che-Mendoza *et al.* 2015 & 2018), comparing six clusters with the intervention (HS) versus another six without HS as control during the peak of mosquito abundance which corresponds to the rainy season (Che-Mendoza *et al.* 2018, Che-Mendoza & Martín-Park *et al.* 2021, Manrique-Saide *et al.* 2021). As in previous studies (Che-Mendoza *et al.* 2018, Manrique-Saide *et al.* 2021), we originally planned to carry out with the post-intervention evaluation for another year, but it was not possible because the COVID-19 contingency.

Twelve areas comprising 100 households (average cluster size of 4 city blocks) within neighbourhoods in different parts of the city (Fig. 1) were selected because their entomological and epidemiological importance in consensus with the local vector control program and were randomized to receive the intervention or to remain as controls (Fig. 1). Houses included in the study were typically single storey, made of cement-plastered blocks with a closed roof, and with no other ventilating features (i.e. ventilation bricks, eaves, etc.) other than windows.

We powered the study to detect a significant difference in our primary entomological endpoint: the density of *Ae. aegypti* indoors (collected after a 10-min Prokopack aspiration session) (Manrique-Saide *et al.* 2021). Based on an expected effect size of 70% in the reduction of *Ae. aegypti* indoors by ITS (Che-Mendoza *et al.* 2018) from an expected mean baseline number of 4.4 ± 9 (Koyoc-Cardena *et al.* 2019), an alpha of 0.05 and a power of 80%, we estimated a total of 134 houses per arm (268 total houses) to detect a significant difference between groups (<https://clincalc.com/stats/samplesize.aspx>). Therefore, our population provided enough statistical power to evaluate a difference at even a lower effect size than 60%.

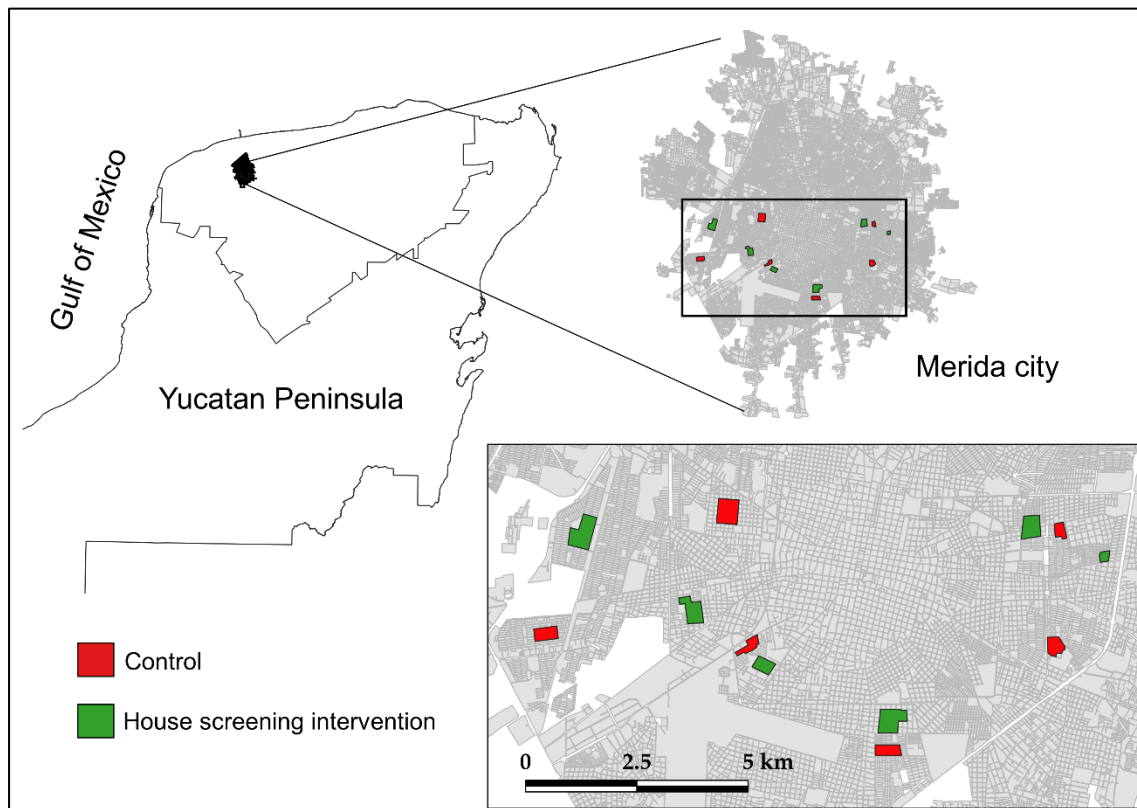


Figure 1. Study site, showing the location of the study areas and clusters with and without house-screening (HS) interventions in the city of Merida, Mexico.

House-screening

The installation of HS started in July 2019 and was completed by August 2019. Regular fiberglass net (brand Herralum®, available in 30 m length x 1.50 m width rolls, colour grey, mesh light 0.6 x .07 mm, density 0.32mm) was mounted in aluminium frames custom-fitted to doors and windows of houses (Fig. 2) in collaboration with a local small business as described in Manrique-Saide *et al.* (2014) and Che-Mendoza *et al.* (2015, 2017, 2018). During the installation, at least one person in every household received information from research staff about the proper use and maintenance of ITS. The total average cost of the HS was US \$141.66 per house.



Figure 2. A-C: House screening -with regular netting mounted on aluminium frames- installed on doors and windows of houses at Merida, Mexico. D: Female *Aedes aegypti* standing on a screen.

Both areas received routine vector control, which in Merida as part of national policy occurs in response to dengue outbreaks and entomological risk indices (Hernandez-Avila *et al.* 2013), These activities (during 2019) included: outdoor spraying with organophosphates (malathion), fast-acting pyrethroids (transfluthrin) and neonicotinoids plus pyrethroids (imidacloprid + prallethrin); indoor space spraying with carbamates (propraxur, and bendiocarb); and larviciding with spinosyns, bacterial insecticides (Bti), insect growth regulators (methoprene, and pyriproxyfen), organophosphates (pirimiphos-methyl, and temephos).

Entomological studies

Two cross-sectional entomological surveys were conducted in intervention and control clusters as in Manrique-Saide *et al.* (2014, 2021) and Che-Mendoza *et al.* (2015, 2107, 2018). Indoor adult mosquito collections were performed in a randomly selected sub-sample of 30 houses from each cluster. The baseline survey was completed in May 2019 and was followed by a post-intervention (PI) survey in 2019 during the wet (high vector abundance) following season.

Indoor adult mosquitoes were collected with Prokopack aspirators (Vazquez-Prokopec *et al.* 2009) for a 15-min period per house. Collections within each cluster were performed on the same day between 09:00-12:00 hrs. by 3 teams of 2 skilled collectors each. All mosquitoes collected were identified to species and sex.

RNA extraction and molecular detection of DENV and ZIKV infection in *Aedes* mosquitoes.

The study included the detection of dengue (DENV), chikungunya (CHIKV) and Zika (ZIKV) viruses in adult mosquitoes collected from the same sample of houses where we performed the entomological collections at baseline and post-intervention surveys. Field-collected mosquito samples were transported in Eppendorf tubes with RNAlater to the Virology Laboratory of the Regional Research Center “Dr. Hideyo Noguchi” (CIR-UADY) for analysis.

A total of 194 pools of field collected female *Aedes* mosquitoes were preserved in eppendorf tubes containing an RNA stabilization reagent (RNAlater, Thermo Scientific) and transported to the Virology Laboratory of the Regional Research Center “Dr. Hideyo Noguchi” (CIR-UADY) for further analysis while being stored at -20°C. Later, pools were individually processed for RNA extraction using a commercial QIAamp Viral RNA Mini kit (QIAGEN) and molecular detection of viral RNA genome by performing an in-house endpoint RTPCR assay. Briefly, each pool of *Aedes* mosquitoes (1 to 6 mosquitoes per pool) was initially disinfected with 70% ethanol at room temperature (2 h) and later mechanically homogenized in 150 µL of sterile PBS1X using a sterile pestle and electric homogenizer as previously described (Puerta-Guardo *et al.*, 2020). Finally, RNA extraction was performed following the manufacturer’s instructions. Eluted RNA was quantified using a nanodrop (Thermo Scientific) and stored at -80°C until further analyses.

To detect arboviral infections such as DENV and ZIKV in *Aedes* mosquitoes, the presence of viral RNA for both viruses was examined by an end-point one-step RT-PCR. To do so, a set of primers that specifically amplify a nucleotide segment of the NS5 gene of DENV (DENV-F: ACAAGTCGAACAACCTGGTCCAT; DENV-R: GCCGCACCATTGGTCTTCTC) and the envelope gene of ZIKV (ZIKV-F: CCGCTGCCCAACACAAG; ZIKV-R: CCACTAACGTTCTTTTGCAGACAT) were used. An end point RT-PCR protocol was performed using a Mastercycler EP Gradient-Thermal-Cycler (Eppendorf) and the OneStep RT-PCR Kit with a master mix including the following components: QIAGEN OneStep RT-PCR Buffer (5x), dNTP Mix (10 mM each), QIAGEN OneStep RT-PCR Enzyme Mix, Q-solution (5x), forward and reverse primers (10 µM), RNase free-water, and extracted RNA template (100–200 ng per reaction). Amplification parameters were established as follows: initial reverse transcription step at 50°C for 30 min, followed by an initial PCR activation step at 95°C for 15 min and 40 cycles of denaturation at 95°C for 1 min, T_m annealing at 53°C for 1 min, and extension at 72°C for 1 min; final extension at 72°C for 5 min. Viral RNA extracted from DENV and ZIKV strains obtained from the CDC (USA) and grown in C6/36 cells (*Ae. albopictus*) were used as positive controls for viral genome amplification. Total RNA extracted from an *Aedes aegypti* strain (Yucatan) of maintained under laboratory conditions was used as negative control. Amplicons were visualized using agarose gel (1.5%) stained with Saber safe (Thermo Scientific) and UV excitation. The amplified nucleotide segment for DENV-NS5 was approximately 200 bp and for ZIKV-E was around 100 bp.

Social assessment

As in previous studies our team performed a social assessment focused on the community initial reception of the project during the enrolment (pre-intervention) and a post-intervention acceptance and perceived efficacy survey among the participants (Jones et al. 2014; Manrique-Saide et al. 2017). On February-March 2019 (during the enrolment process and before the intervention), face-to-face household-surveys were applied to 150 family-heads randomly selected from houses within futurely intervened clusters to address the social reception of the project. Topics considered included knowledge, attitudes and practices (KAP survey) on mosquito-borne diseases and domestic preventive measures.

In June 2020 (after the intervention), a second household-survey was applied to 100 family-heads from the group interviewed during the enrolment to evaluate the social acceptance and the perceived efficacy of the intervention. Topics considered were the acceptance of intervention, opinion on the installation process, perception of temperature increase associated to HS, perceived reduction of mosquitoes inside houses, positive cases of DEN/CHIK/ZIK reported by the families after the installation of the mosquito screens, and recommendations for scaling-up HS-method. Because the COVID-19 contingency, the questionnaires were conducted through telephone calls to guarantee the safety of participants as well as the scientific team.

Data Analysis

From indoor Prokopack adult collections we calculated: a) Houses positive (presence of at least one) by female *Ae. aegypti* (%), b) Houses positive by blood fed female *Ae. aegypti* (%), c) Number of females per house, and d) Number of total blood fed females per house. We also report the prevalence of positive houses to indoor-female *Ae. aegypti* with arbovirus infection (houses positive to *Ae. aegypti* females/house with at least one pool positive to arboviruses e.g. DENV and ZIKV).

Logistic regression models (for presence-absence mosquito data) and negative binomial models (for count data) accounting for each house's cluster (cluster-robust SE calculation) were performed for each cross-sectional entomological evaluation survey. Odds ratios (OR) and incidence rate ratios (IRR) with 95% CI were assessed and significance expressed at the 5% level. Analyses were performed using STATA 13.0 (Stata Corp, College Station, TX, USA), and graphics were done in R (<https://www.r-project.org>).

Values from the infection calculation were used to calculate a measure of epidemiological efficacy, as $HSeff = (1 - OR) \times 100$ (Halloran et al 2010). This value, which ranks between 0 and 100, indicates the proportional reduction in *Ae. aegypti* infection in the treatment arm, in comparison to the control arm.

Ethics statement

This study received clearance from the ethical committee of CCBA-UADY (CB-CCBA-I-2019-003). Written informed consent was obtained for each participating household (householder over the age of 18) at the beginning of the study.

Results

Impact of HS on indoor adult mosquitoes

A total of 897 adult mosquitoes (413♂, 484♀) were collected resting inside the houses of Merida during the whole study period. *Ae. aegypti* was the most abundant species (76%, 320♂, 362♀), followed by *Culex* spp. (23%), and a few *Ochlerotatus taeniorhynchus* (1%). Most of the specimens were collected during the rainy season in September-October 2019 (51%).

Entomological indicators after indoor *Aedes* collections are summarized on Table 1. During the pre-intervention survey (Dry season, May-June 2019), adult-based entomological indicators showed similar seasonal patterns of infestation in both study arms (Table 1). We collected indoor *Ae. aegypti* females (unfed and blood-fed) within houses 20-30 % from both study arms.

After the deployment of the intervention (rainy season 2019), all indicators of adult infestation were lower in the houses protected with HS than those recorded in the houses not protected with HS. Houses with HS had significantly lower risk for having *Ae. aegypti* female mosquitoes (OR=0.56, 95% C. I. 0.33-0.99) and blood-fed females (OR=0.53, 95% C. I. 0.28-0.97) in comparison with un-protected households from the control arm. Indoor abundances of vectors also showed significantly less numbers of *Ae. aegypti* females in houses protected with HS (IRR=0.50, 95% C. I. 0.30-0.83) and likewise, fewer blood-fed females inside of the houses (IRR=0.48, 95% C. I. 0.27-0.85).

Impact of HS on houses with pools of female *Aedes* positive for arbovirus

From 360 houses from both arms sampled during the (whole) study, a total of 26% (93/360) and 25% (89/360) were positive to *Ae. aegypti* females during dry and rainy season, respectively. A total of 194 *Aedes* female pools (mean of 1.06/ house positive to females), of which 88% were blood fed mosquitoes, were analysed for DEN/ZIK infection. A total of 99/194 pools (51%) were positive to arboviruses, from which specifically 42% (82/194) and 40% (79/194) were positive for DENV and for ZIKV. respectively.

At baseline (dry season), no significant differences were observed between study arms on the prevalence of pools of female *Ae. aegypti* positive for arboviruses (Table 1). We detected indoor *Ae. aegypti* females with DENV and ZIKV within houses from both study arms, with a proportion of houses positive to *Ae. aegypti* females with arbovirus ranging in average from 11-18%.

However, during the rainy season and after the implementation of the intervention, having HS was significantly associated with less houses with indoor female *Ae. aegypti* positive for arboviruses (OR=0.29, 95% CI 0.10–0.86, P=0.02) during the rainy season. During the rainy season, we continued detecting indoor *Ae. aegypti* females with DENV and ZIKV within houses from both study arms, with a proportion of houses positive to *Ae. aegypti* females with arbovirus with HS lower (7%) than the proportion of houses non-protected with HS (20%).

The estimated intervention effectiveness of HS in reducing arbovirus infection was $HS_{\text{eff}} = 71\%$.

Table 1. Comparison between treated (HS) and untreated (control) arms on indoor female *Aedes*-based entomological indicators (n=180 houses per arm) in Merida, Mexico. Odds ratios (OR) and incidence rate ratios (IRR) with 95% confidence intervals are showed for presence-absence data and count data respectively for each cross-sectional entomological survey by arm.

Survey	Treatment	Mean	SEM	OR	P value	95% C.I.
Houses positive for <i>Aedes</i> females						
Dry season 2019	HS intervention	0.24	0.03	0.86	0.64	0.47-1.58
	Control	0.27	0.03			
Rainy season 2019	HS intervention	0.19	0.03	0.56	0.04*	0.33-0.97
	Control	0.30	0.03			
Houses positive for blood fed <i>Aedes</i> females						
Dry season 2019	HS intervention	0.23	0.03	0.81	0.48	0.45-1.45
	Control	0.27	0.03			
Rainy season 2019	HS intervention	0.17	0.03	0.53	0.04*	0.28-0.97
	Control	0.28	0.03			
Number of female <i>Aedes</i> per house						
Dry season 2019	HS intervention	0.57	0.10	1.41	0.32	0.71-2.79
	Control	0.41	0.07			
Rainy season 2019	HS intervention	0.34	0.06	0.50	0.01*	0.30-0.83
	Control	0.69	0.12			
Number of blood-fed female <i>Aedes</i> per house						
Dry season 2019	HS intervention	0.51	0.1	1.30	0.44	0.67-2.51
	Control	0.39	0.07			
Rainy season 2019	HS intervention	0.31	0.06	0.48	0.01*	0.27-0.85
	Control	0.65	0.12			
House positive for <i>Aedes</i> females infected with arboviruses (pools)						
Dry season 2019	HS intervention	0.11	0.02	0.55	0.27	0.19-1.58
	Control	0.18	0.03			
Rainy season 2019	HS intervention	0.07	0.02	0.29	0.025*	0.1-0.86
	Control	0.20	0.03			
House positive for infected <i>Aedes</i> DENV (pools)						
Dry season 2019	HS intervention	0.08	0.02	0.32	0.32	0.19-1.71
	Control	0.13	0.02			
Rainy season 2019	HS intervention	0.06	0.02	0.16	0.024*	0.09-0.85
	Control	0.19	0.03			
House positive for infected <i>Aedes</i> ZIKV (pools)						
Dry season 2019	HS intervention	0.07	0.02	0.20	0.07	0.17-1.08
	Control	0.14	0.03			
Rainy season 2019	HS intervention	0.06	0.02	0.17	0.034*	0.09-0.91
	Control	0.17	0.03			

Knowledge of ABD and preventive practices

The demographic characteristics of these respondents is included in the supplementary material (See Table S1). Participants were already familiar with HS, although none of the houses had HS installed prior the intervention, mainly because the cost (70%), a perceived difficulty for its maintenance (20%), and because they could move to another house (10%).

The majority of respondent associated mosquito-bites with the infection/transmission of dengue (91%), chikungunya (88%), and Zika (88%). They were aware of some clinical manifestations which were cited differentially associated to each disease (See Table S2). For example, fever was perceived as the main symptom of DEN but not for CHIK and ZIK, joint pain was the most mentioned symptom associated with CHIK and ZIK; but no one mentioned that ZIK could be asymptomatic, and respondents were less aware about this disease.

Regarding preventive practices, about half of interviewed householders reported the use of products to avoid mosquitoes indoors. Main domestic preventive measures were topical repellents (49%) and commercially available insecticides (68%). The main reason reported by users of repellents was the efficacy of the product, while the non-users said that they couldn't afford it. People also used commercially available household insecticides because its efficacy, but some people did not made use of them because some concerns v.gr. having asthmatic relatives at home, and the perceived toxicity of the product.

Social acceptance and perceived efficacy of HS

All the participants interviewed reported a totally positive acceptance of the intervention, with high expectations on its efficacy, and recommended the scaling-up of the intervention to other areas of the city. The main reasons for acceptance were to avoid mosquitoes at home (77%), because they had concerns about ABD (63%), and because the free cost of the intervention (54%) (Table S3). The majority (94%) did not recall having any family member sick from any ABD at home after the installation of HS (but with lack of any clinical confirmation) and most of them (92%) believed that HS helped to prevent their families from mosquitoes-borne diseases.

When people were asked about the usage of products or any other preventive practices against mosquitoes after the HS-installation, 28% said that they stopped using other preventive practices because the mosquito-nets had been effective; however, most families (72%) said that they continued using additional measures (mainly insecticides and body repellents) because of habit or routine (33%) or because they used those products outdoors (49%).

The perception of an "increase of temperature" associated to HS was not noticeably raised, and temperature within the house was more related with weather conditions rather to HS. The majority of participants didn't acknowledge any increase of indoor temperature attributable to the screens (80%) and only 18% reported a slight overheating, but associated to specific day-hours (e.g., mid-day).

Discussion

As far as we are aware, this is the first contemporary RCT published study evaluating the entomological impact of house-screening against *Ae. aegypti* in an urban area in the last 40 years (Bowman et al. 2014, Horstick & Runge-Ranzinger 2018a, Kua & Lee 2021). Results from this study depict the level of protection that can be obtained when HS is set on the entry points of “typical” houses to reduce, not only the entomological risk (presence and abundance of *Aedes* females and those blood-fed indoors), but also on an epidemiological proxy of the risk of transmission of ATDs (indoor *Aedes* females infected with DENV and ZIKV) in a high-risk setting for *Ae. aegypti* and ABD.

A house protected with HS on doors and windows in this study at Merida, not only had $\approx 50\%$ less chance of having *Ae. aegypti* females in comparison with a non-screened house during the peak of the mosquito season, but also and very importantly, had $\approx 70\%$ less chance of having *Ae. aegypti* females infected with DENV or ZIKV inside, in comparison with a non-screened house during the peak of mosquito abundance and transmission risk.

These results provide supporting evidence on HS as a paradigm -within housing interventions - for the control of *Ae. aegypti*, as an intervention that can significantly reduce indoor-female infestations (including infected females) and consequently human-vector contact inside houses with the potential to protect against ATDs, particularly in places with simultaneous transmission of dengue, chikungunya and Zika.

A recent systematic review and meta-analysis of randomised trials of individually-applied housing interventions to prevent malaria and *Aedes*-transmitted diseases (Kua & Lee 2021) reported that home environmental interventions (including physical and chemical barriers to close eaves, doors and windows) resulted in reductions of indoor vector densities of both *Aedes* and *Anopheles* (pooled OR = 0.35; 95% CI = 0.23 to 0.54; $P < 0.001$). Although the review did not include any intervention using house-screening with regular mesh for *Aedes aegypti*, it did include studies with insecticide-treated house-screening (ITS) -as a physical and chemical barrier- carried out by our research group in Mexico (Che-Mendoza et al. 2015, 2018). These studies with ITS reported consistently significantly fewer infestation and less adult *Ae. aegypti* females, which ranged in average in decreases around 60%, in houses with the intervention in comparison to those of the control groups. On addition, the most recent study with ITS in Merida showed that houses with ITS had $\approx 80\%$ less chance of having ZIK infected *Ae. aegypti* females inside in comparison with a house without insecticidal screens (Manrique-Saide et al. 2021).

Results from this study, using HS with a non-insecticidal mosquito mesh as a physical barrier -and not applying any other specific control by our study team- also showed similar levels of entomological impact. Likewise, although with slightly lower levels than ITS, also showed that houses from the intervention group with HS had lower risk for having *Ae. aegypti* female mosquitoes infected with DENV or ZIKV in comparison with un-protected households.

We chose the presence (presence at least of one female specimen) and the number of female *Ae. aegypti* collected inside houses (with Prokopack aspirators (Vazquez-Prokopec et al. 2009) as primary entomological end-points for this trial because adult females are the biological stage most sensitive to the intervention and also closely related to transmission risk. The detection of positive houses in 10-minute sampling rounds with Prokopack aspirators has shown high levels of sensitivity for *Ae. aegypti* females (78.5%) and also for blood fed females (73.3%) (Koyoc-Cardena et al. 2019). The number of indoor females collected represents a 10-minutes sample of total density within a house, and it is expected to be on average ~ 5 times higher (Koyoc-Cardena et al. 2019).

One first observation after entomological collections, is that the strong endophilic and endophagic behaviour of *Ae. aegypti* was confirmed, with 20-30% of the houses in Merida found infested (presence at least of one specimen) with females and also blood fed females, both during the dry and the rainy seasons. In previous studies in Mérida, we have observed similar averages of infestation, ranging from $\geq 10\%$ in the dry season and reaching up to 95% during the rainy season (Manrique-Saide et al. 2014, Che-Mendoza et al. 2018, Koyoc-Cardena et al. 2019, Kirstein et al. 2021, Manrique-Saide et al. 2021).

HS is a physical control method that does not kill mosquitoes. However, it should not be disregarded, that the concept of dengue vector control does not exclusively relies on killing mosquitoes, but also to reduce mosquito vector contact with humans to reduce or prevent virus transmission (WHO 2009). Screening entry-points of a to prevent the access of endophilic and endophagic mosquitoes -such as *Aedes aegypti* females- is expected to decrease the number of vectors, human exposure to infective mosquito bites and therefore, reduce dengue, chikungunya and Zika transmission (Wilson et al. 2014, Bowman et al. 2016, Vazquez-Prokopec et al. 2016, Lindsay et al. 2017, Roiz et al. 2018). According to the results of this study, HS indeed exerts a quantifiable protective effect when used as a physical barrier on the main points of entry of mosquito into the houses, reducing the risk of entry (presence and number) of indoor female *Ae aegypti* and hence, has the likely effect of lowering the risk of mosquito-borne infections.

The concept of “Mosquito-proofing” a house in our context means ensuring that openings of a house are protected -with netting or screening- to prevent adult mosquitoes from entering into the human habitations. “Mosquito-proofing” houses or “house-screening against mosquitoes” (Lindsay et al. 2002, Walker et al. 2010) is one of the oldest methods for mosquito control, and its potential as a sustainable and effective tool for malaria control has been evaluated in randomized controlled trials in the last decade (Kirby et al 2009, Tusting et al. 2009).

Even when “total” mosquito-proofing was not attained in all cases, the results showed that the number of female mosquitoes (including blood-fed females) was reduced; and also, that in some cases it was possible to have houses without mosquitoes.

Factors that could explain the lack of complete suppression of *Ae. aegypti* indoors by HS include very likely that this intervention does directly reduces adult populations by killing the adults or impacts peridomestic breeding and outdoor abundance of mosquitoes. Daily behavioural practices could also contribute to indoor presence of mosquitoes, e.g. doors of the houses protected are frequently open every time someone enters or exits the home, providing ease of entry of mosquitoes to the house (Manrique-Saide et al. 2021).

In this study, having full high-quality coverage of screens –set on all the windows and doors of each house- was protective and resulted in $\approx 70\%$ less chance of having *Ae. aegypti* females infected with DENV or ZIKV. The use of mosquito screens in doors and windows is a common practice in the study area, but usually incomplete v.gr. only some windows are screened, and usually doors are left unprotected (Loroño-Pino et al. 2018, Pavía-Ruz et al. 2018). However, the presence of window screening has been reported as an important feature to prevent the presence and abundance of indoor *Aedes* in Merida (OR=0.59, 95% CI 0.378–0.933 and IRR=0.52, 95% CI 0.330–0.824, respectively) (Manrique-Saide et al. 2014) and to be protective against the risk of dengue in young children as well (OR=1.8 0, 95% CI 1.2–2.7) (Pavía-Ruz et al. 2018).

Our study validates the importance of HS in reducing the abundance of *Ae.aegypti* indoors and contributes to the literature on the importance of evaluating methods of making houses ‘Aedes-proof’ in order to support the reduction of human exposure to *Ae. aegypti* indoors.

In the last decade, our team in collaboration with the Mexican MoH, has been developing trials evaluating "Aedes aegypti-proof houses", with long-lasting insecticide-treated mosquito nets (LLINs) deployed as ITS to protect doors and windows of houses in urban areas endemic to dengue, chikungunya and Zika (Jones et al. 2014, Che-Mendoza et al. 2015, Manrique-Saide et al. 2015, Vazquez-Prokopec et al. 2016, Manrique-Saide et al. 2018, Che-Mendoza et al. 2018, Manrique-Saide et al. 2021, Manrique-Saide et al. 2021). The most recent evidence of the protective efficacy of ITS showed, not only reductions in the prevalence and abundance of indoor *Ae. aegypti* females; but also showed that the detection of the Zika virus in *Ae. aegypti* was reduced by 85% inside houses protected during the peak of the epidemic, with an effect that was significant for up to one year (Manrique-Saide et al. 2021).

Bowman and colleagues' review (2014) based on meta-analyses of RCT published from 1980-2013, and where HS was included among different methods targeting *Aedes* and DEN control, it was reported that HS was the method with the most evidence supporting effectiveness in reducing DEN risk (OR 0.22, 95% CI 0.05–0.93, $p = 0.04$) after cross-sectional and case-control studies in Australia (McBride et al. 1988, Murray-Smith et al. 1996), and a case-control study in Taiwan (Ko et al. 1992).

Those results and scientific evidence generated have had impact on public health policies in Mexico with the recommendation of "Safe Housing" -which consists of promoting the installation of mosquito nets (with or without insecticide) on doors and windows to prevent the access of *Ae. aegypti*- for the prevention of DEN, CHIK and ZIK in the Official Mexican Normative for vector control (NOM-032-SSA2-2014) (DOF 2015) of the Mexican Ministry of Health.

"Institutional" control of *Ae. aegypti* in the last decades has emphasised larval control either with physical or chemical management of breeding habitats and killing the adult mosquitoes using insecticides, or by combinations of these methods (WHO 2009). Methods of environmental management, other than the reduction of breeding sites (WHO 2009, Buhler et al. 2019), have been meagrely listed; and interventions with environmental management targeting adult vectors are usually unnoticed. For example, long-term changes to human habitation to reduce human-vector contact, such as installing mosquito screening on windows, doors and other entry points, are out of the portfolio of activities of the vector control programs.

HS is not considered, and sometimes not even conceptualised, within current guidelines for ATD. Even when it is well known that *Ae. aegypti* can rest and blood-feed inside people's homes (Pant & Yasuno 1971, Perich et al. 2000, Chadee 2013, Dzul-Manzanilla et al. 2017), some unfortunately seem to undervalue house-based interventions such as HS because the biting of *Ae. aegypti* mosquitoes can occur both inside and outside of the house; and therefore, assume that the environment surrounding the house (waterbodies) rather than the house itself is more important.

Of course, even if you make your house "mosquito-proof", mosquito populations breeding around (within the house or at the neighbouring houses) will continue producing mosquitoes. But control of immature stages can hardly ever be done with enough coverage, in a proactive manner and with the continuity to have a considerable community effect to reduce mosquito population densities.

Current reorientation of integrated vector management (IVM) is because a better control of *Ae. aegypti* mosquitoes can be obtained with the comprehensive use of different proven-effective interventions targeting both immature and adult mosquitoes (Erlanger et al., 2008, Achee et al. 2015, WHO 2016, Horstick et al. 2018b), even if single -larval or adult- interventions can have some effect alone (Esu et al. 2010, Bowman et al. 2014, Erlanger et al. 2016, Samuel et al. 2107, Buhler et al. 2019, Horstick & Runge-Ranzinger 2019).

The new edition of the Dengue Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control, edited by the WHO, will include the use of insecticide-treated materials (curtains and screens) as a recommendation; and very importantly, also improvements in the built environment including the use of mosquito mesh to protect doors and windows of houses to control dengue and other vector-borne diseases.

A strong recommendation on HS is conceivably not issued yet because the level of evidence needed. Unfortunately, 'high-certainty' evidence derived from RCTs on HS (and others related with urban and household development) for *Aedes* and ATD control is still scarce; and therefore, will remain neglected in global health policy and will unfortunately miss the opportunity to be considered and contribute to UN Sustainable Development Goal (SDG) 3 on healthy lives and well-being for all ages (Tusting et al. 2021).

Traditionally, mosquito breeding and biting -and mosquito-transmitted diseases- have been seen associated and determined by the surrounding environmental, such as living near water (Shaw et al. 2004) v.gr. freshwater wetlands, coastal ecosystems, rainforests etc. However, *Ae. aegypti* and ATDs are mostly concentrated in urban areas (Gubler 2011, Girard et al. 2020, Dzul-Manzanilla et al. 2021). Therefore, improvements in the built environment are directly required and needed (Lindsay et al. 2017, WHO 2017a).

Urban improvements that reduce mosquito populations, especially disease vectors, should be seen as an important component of many UN SDG, on addition to SDG 3 (Braks et al. 2019, Tusting et al. 2021). For example, house and urban improvements should be aligned with SDG 11 to "make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable" through improvements in the housing and basic services. Certainly, the "construction against *Ae. aegypti*" and other urban vectors will require close collaboration between governments, the private sector and civil society as expressed in SDG 17, which calls for "sustainable development through global partnerships". Braks et al. (2019), in the context of IVM for Dengue control, identified at least eight SDGs and targets related to prevention of dengue.

We optimistically expect that the inclusion of HS in the new guidelines can influence decision makers to consider HS as a tool to be promoted as preventive measure in houses within high-risk areas of ATD endemic areas. For example, with regards to the scalability of HS into larger cities such as Merida, it is undeniable that a city-wide expansion will be challenging. Particularly, we are currently considering and designing interventions for vector, and importantly on disease control, that are targeted interventions in high-risk areas (hot-spots) within endemic localities (Bisanzio et al 2020, Dzul-Manzanilla et al. 2021).

The quality and condition of housing have a direct link and have been identified among the risk factors for the transmission of ATDs and other vector-borne diseases (WHO 2017a). HS is a housing-related intervention targeting the *Aedes* vectors of DEN, CHIK, ZIK, Yellow fever, but also the vectors of lymphatic filariasis, malaria, leishmaniosis and Chagas disease (WHO 2017a). However, to date, many MoH have not engaged fully with the health impacts of housing, in part because housing is often considered to be the responsibility of other departments of government, rather than health (WHO 2018).

Obviously, provision of HS is out of the competence and economical possibilities of a MoH. For example, in Mexico the promotion of "safe housing" with mosquito-nets in doors and windows is a strategy for IVM supported by the MoH (DOF 2014) but it's implementation by the vector control program of the Mexican MoH hasn't been accomplished yet. In Yucatan, the Ministry of Health also recommends the installation of mosquito screens in the houses, among other preventive methods against mosquitoes; however, there are not official programs that support, neither technically nor financially, this alternative or envisage its implementation at free or low-cost.

Nevertheless, it has been emphasised that MoHs must act as stewards in other sectors to ensure that health objectives are considered in their policies (WHO 2018). This includes advocating to promote access to social housing for vulnerable groups, ensuring standards for housing, and empowering vulnerable groups to enhance their security and ownership.

In the case of HS, and as a structural housing intervention it can be located within three categories (Kua & Lee 2021): a) Design and Material Specifications for Primary Construction, b) Modifications or additions to the physical structure of existing houses and c) Incorporation of non-insecticidal or insecticidal systems into existing house structures to reduce mosquito density indoors.

Hence, new houses can be specifically designed to be built with HS, existing houses can be provided with HS, with regular netting or with insecticide treated netting, as we have described in this and previous studies with ITS. Implementing each modality entails different responsibilities for authorities, owners and occupiers.

Usually, people in Yucatan (and South Mexico) individually opt (if they can afford it) to install HS or not. HS installation is usually done professionally with high-quality materials (such as aluminium frames) by small private companies called “aluminium & screens-business” (A&S). There are several small A&S companies hired and employed due to a relatively good demand for HS to reduce mosquito nuisance within homes.

The current cost for protecting a house (two doors and 7 windows) with HS (permanently fixed with aluminium frames) installed by a professional is ~\$ 140 USD, with the potential for sustainable impact and cost-effectiveness after several years (Alfonso-Sierra 2017, Quintero et al. 2017, Che-Mendoza et al. 2018, Manrique-Saide et al 2021).

However, one of the parameters that is not fairly reflected in studies with home modifications is sustainability, often measured by the evaluation of time. In this case HS, as in previous cases using ITS (Che-Mendoza et al 2018, Manrique-Saide et al. 2021), could only be evaluated for one-two seasons because the subsidy, even more limited in this case due to the limitations of the COVID-19 contingency. However, the durability of aluminium structures used for mosquito frames has a lifetime of more than 10 years. So, the average initial cost to protect a house with HS (~\$ 140 USD per house) would be ultimately amortised considering the duration of the metal structures and hardware and one would only need to replace the mesh which costs? (0.7 USD m²).

The total cost of HS was explained largely for the cost of aluminium frames and hardware (72.5% of the total cost) and professional hand labour (18%). Aluminium has a high cost in the market (international price in USD) and for example in Mérida it is provided largely by one company, which controls all this market through monopolist practices. Therefore, an obvious immediate solution to increase community access and make HS more affordable is introducing certain cost-saving strategies i.e., the use of less-expensive materials rather than aluminium frames, within the list of options offered by A&S businesses or Do-it-yourself (DIY) v.gr. already-made and ready-to-install, mosquito-screens.

Our team, with support of IDRC, is currently developing studies which include the evaluation of different DIY options for the protection of doors and windows, to replace aluminium frames and professional instalment, and ultimately, to enhance community access to house-screening and promote the participation/engagement of small business to improve *Ae. aegypti* control.

The mass-implementation of HS as a house-public health improvement and other improvements for good housing, should be considered a public health good, and will need political, technical on addition to economic investment.

The body of entomological evidence, herein and previously, demonstrating the sustained impact and potential of HS strongly supports the need for trials to quantify the intervention in reducing the burden of Aedes-borne diseases. Of particular interest is the evaluation of HS within an Integrated Vector Management (IVM) scheme that includes additional complementary modes of vector control, social mobilization and collaboration within the health sector and beyond (WHO 2012).

Of course, the suitability of HS will depend on local construction characteristics, local acceptability, and local resources available for implementation. The effectiveness and cost-effectiveness of these interventions may vary from country to country; however, further confirmatory research is warranted in settings based on the concept of providing physical barriers to prevent mosquito entry.

Protecting doors and windows of a house with mosquito-meshes has advantages, such as being permanently fitted, little additional work or behavioural change by household members, and are associated with high overall satisfaction and acceptance levels (Jones et al. 2014, Che-Mendoza et al. 2018, Manrique-Saide et al 2021).

During the development and presentation of the ITS and HS studies we have presented the results in different forums, both academic and decision-makers and the general public.

Interestingly, the general public understands the logic and common sense that mosquito-meshes are a physical barrier, with a historic background of successful efficacy, that protects against mosquitoes and bites inside their homes, with the potential to reduce the risk of diseases they transmit. However, even if many families know the functionality of mosquito screens, they do not install them simply because they cannot afford them. Thus, an important alternative for preventing mosquito-transmitted diseases has been slowly neglected nowadays.

As part of the project, our social team initially reviewed the level knowledge level of the participants about ATDs and the domestic preventive measures that they used. The participants did recognise that the mosquito *Ae. aegypti* was the main transmitter of Dengue, Chikungunya and Zika viruses, without any records of cultural associations that could produce misunderstandings of the transmission route. About the symptoms related to ATDs, the majority acknowledged specific clinical manifestations of each disease, although the Zika virus presented the lowest percentage of knowledge.

Regarding social acceptance, participants were very aware of HS as a “method” and its potential impact to reduce the presence of mosquitoes indoors, and no reluctant behaviour was identified for its use. Avoiding the presence of mosquitoes indoors seems an obvious factor for acceptance; however, there is nowadays also a concern and a perception of risk for getting infected to various ABD (not only to dengue, but also for chikungunya and Zika) with potentially different levels of severity. After having HS installed, it was identified as a popular and protective measure to fight back mosquitoes throughout the reduction of mosquito infestation indoors. The majority of participants did not recall suspicious symptoms for any ABD within their families after the HS-installation that, although there was no clinical confirmation.

From all the interviewed people that used some product for personal mosquito protection (body repellent or insecticide) before the intervention, only 28% said to have stopped their use due to the efficacy of the HS. The majority continued their usage during outdoor activities or even routine, which is a positive outcome in terms of keeping good domestic preventive practices as part of an IVM approach.

Currently there is much concern at a global level that urbanisation, and the inherently associated unplanned growth of population density and cities, can create more favourable conditions for the dispersal and establishment of *Ae. aegypti* and intensification of dengue, chikungunya and Zika viruses WHO [2017b]. Under this scenario, *Ae. aegypti* will have more microhabitats for its reproduction, but also more contact with cohorts susceptible of humans. Emergency vector control, even if well planned and delivered, will still be reactive and will not resolve the root problems. In order to reduce the risk of transmission and epidemics community-based interventions are needed.

The disease dynamics in urban contexts pose a significant threat for public health systems and require multi-sectoral and multi-disciplinary approaches for the design and application of informed prevention and control strategies.

Currently the logic seems to be that the greater the number of areas, houses, humans and mosquitoes, the more control methods that should be used. Unfortunately, the current portfolio is very likely to recommend the control of more breeding-sites and for adult control, mostly insecticide-based and responsive methods. Even the potential innovations in the pipeline also propose using more traps or even releasing more mosquitoes. Why not improve the houses?

Acknowledgment

Research funding was provided by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) and IDRC (Preventing Zika disease with novel vector control approaches, Project 108412 and Enabling Business and Technologies to Contribute to the Control of Mosquito-Borne Diseases in Latin America Project 109071-002).

References

- Bowman LR, Donegan S, McCall PJ. Is Dengue Vector Control Deficient in Effectiveness or Evidence?: Systematic Review and Meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016. March 17;10(3):e0004551
- Braks M, Giglio G, Tomassone L, Sprong H, Leslie T. Making Vector-Borne Disease Surveillance Work: New Opportunities From the SDG Perspectives. *Front Vet Sci*. 2019 Jul 16;6:232. doi: 10.3389/fvets.2019.00232.
- Buhler C, Winkler V, Runge-Ranzinger S, Boyce R, Horstick O. Environmental methods for dengue vector control - A systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis*. 2019 Jul 11;13(7):e0007420.
- CENAPRECE 2020. Lista_de_Insumos_Recomendados_por_el_CENAPRECE. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/469289/Lista_de_Insumos_Recomendados_por_el_CENAPRECE.pdf
- Chadee, D. D. 2013. Resting behaviour of *Aedes aegypti* in Trinidad: With evidence for the re-introduction of indoor residual spraying (IRS) for dengue control. *Parasit. Vectors* 6: 255.
- Che-Mendoza A, Guillermo-May G, Herrera-Bojórquez J, Barrera-Pérez M, Dzúl-Manzanilla F, Gutierrez-Castro C, Arredondo-Jiménez JI, Sánchez-Tejeda G, Vazquez-Prokopec G, Ranson H, Lenhart A, Sommerfeld J, McCall PJ, Kroeger A, Manrique-Saide P. 2015. Long-lasting insecticide treated house screens and targeted treatment of productive breeding-sites for dengue vector control in Acapulco, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 109(2):106-115
- Che-Mendoza A, Medina-Barreiro A, Koyoc-Cardena E, Uc-Puc V, Contreras-Perera Y, Herrera-Bojórquez J, Dzúl-Manzanilla F, Correa-Morales F, Ranson H, Lenhart A, McCall PJ, Kroeger A, Vazquez-Prokopec G, Manrique-Saide P. 2018. House screening with insecticide-treated

- netting provides sustained reductions in domestic populations of *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(3):e0006283
- Catálogo sistema urbano nacional. 2012. COESPO. http://coespo.yucatan.gob.mx/si.php?s=catalogo_sistema_urbano_nacional
- Dzul-Manzanilla F, Ibarra-López J, Bibiano Marín W, Martini-Jaimes A, Leyva JT, Correa-Morales F, Huerta H, Manrique-Saide P, Vazquez-Prokopec GM. Indoor Resting Behavior of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Acapulco, Mexico. *J Med Entomol.* 2017 Mar 1;54(2):501-504.
- Dzul-Manzanilla F, Correa-Morales F, Che-Mendoza A, Palacio-Vargas J, Sánchez-Tejeda G, González-Roldan JF, López-Gatell H, Flores-Suárez A, Gómez-Dantes H, Coelho G, Bezerra H, Pavia-Ruz N, Lenhart A, Manrique-Saide P, Vazquez-Prokopec G. 2021. Identifying urban hotspots of dengue, chikungunya and Zika transmission in Mexico to support risk stratification efforts. *Lancet Planetary Health.*
- Esu E, Lenhart A, Smith L, Horstick O. Effectiveness of peridomestic space spraying with insecticide on dengue transmission; systematic review. *Trop Med Int Health.* 2010 May;15(5):619-31.
- García-Rejón JE, López-Urbe MP, Loroño-Pino MA, Farfán-Ale JA, Najera-Vazquez MR, Lozano-Fuentes S, et al. Productive Container Types for *Aedes aegypti* Immatures in Mérida, México. *J Med Entomol.* 2011;48:644–50.
- Girard M, Nelson CB, Picot V, Gubler DJ. Arboviruses: A global public health threat. *Vaccine.* 2020;38(24):3989-3994. doi:10.1016/j.vaccine.2020.04.011
- Gubler DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21(st) Century. *Trop Med Health.* 2011;39(4 Suppl):3-11. doi:10.2149/tmh.2011-S05
- Halloran ME, Longini IM, Struchiner CJ. Design and analysis of vaccine studies. New York: Springer Verlag; 2010.
- Hernandez-Avila JE, Rodriguez M-H, Santos-Luna R, Sanchez-Castañeda V, Roman-Perez S, Rios-Salgado VH, et al. 2013. Nation-Wide, Web-Based, Geographic Information System for the Integrated Surveillance and Control of Dengue Fever in Mexico. *PLoS ONE.* 8:e70231.
- Herrera-Bojórquez J, Trujillo-Peña E, Vadillo Sánchez J, Riestra-Morales M, Che-Mendoza A, Delfín-González H, Pavía-Ruz N, Arredondo-Jimenez J, Santamaría E, Flores-Suárez A, Vazquez-Prokopec G, Manrique-Saide P. 2020. Efficacy of long-lasting insecticidal nets with declining physical and chemical integrity on *Aedes aegypti*. *Journal of Medical Entomology* 57(2):503-510.
- Horstick, O., & Runge-Ranzinger, S. (2018a). Protection of the house against Chagas disease, dengue, leishmaniasis, and lymphatic filariasis: a systematic review. *The Lancet Infectious Diseases*, 18(5), e147–e158.
- Horstick O, Boyce R, Runge-Ranzinger S. .2018b. Building the evidence base for dengue vector control: searching for certainty in an uncertain world. *Pathog Glob Health.* 2018 Dec;112(8):395-403.
- Horstick O, Runge-Ranzinger S. Multisectoral approaches for the control of vector-borne diseases, with particular emphasis on dengue and housing. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2019 Dec 1;113(12):823-828.
- Jones C, Benítez-Valladares D, Barrera-Pérez M, Selem-Salas C, Chablé-Santos J, Dzul-Manzanilla F, Che-Mendoza A, Guillermo-May G, Medina-Barreiro A, Sommerfeld J, Kroeger A, Manrique-Saide P. 2014. Use and acceptance of Long-Lasting Insecticidal Nets for dengue prevention in Acapulco, Guerrero, Mexico. *BMC Public Health* 14(1):846.
- Kua KP, Lee SWH (2021) Randomized trials of housing interventions to prevent malaria and Aedes-transmitted diseases: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 16(1): e0244284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244284>
- Kirby MJ, Ameh D, Bottomley C, Green C, Jawara M, Milligan PJ, Snell PC, Conway DJ, Lindsay SW. 2009 Effect of two different house screening interventions on exposure to malaria vectors and on anaemia in children in The Gambia: a randomised controlled trial. *Lancet* 374, 998–1009.

- Kirstein O, Ayora-Talavera G, Koyoc-Cardena E, Chan-Espinoza D, Che-Mendoza A, Cohuo-Rodriguez A, Pavia-Ruz N, Dunbar M, Manrique-Saide P, Vazquez-Prokopec G. Natural arbovirus Infection Rate and Detectability in indoor female *Aedes aegypti*, Merida, Yucatan, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*
- Ko YC, Chen MJ, Yeh SM. The predisposing and protective factors against dengue virus transmission by mosquito vector. *Am J Epi.* 1992 Jul; 136(2):214–20.
- Koyoc-Cardena E, Medina-Barreiro A, Cohuo-Rodríguez A, Pavía-Ruz N, Lenhart A, Ayora-Talavera G, Dunbar M, Manrique-Saide P, Vazquez-Prokopec G. Estimating absolute indoor density of *Aedes aegypti* (*Stegomyia*) using removal sampling. *Parasites & Vectors.* 2019; 12(1):250.
- Lindsay SW, Emerson PM, Charlwood JD. Reducing malaria by mosquito-proofing houses. *Trends Parasitol.* 2002 Nov;18(11):510-4.
- Lindsay, S., A. Wilson, N. Golding, T.W. Scott, and W. Takken. 2017. Improving the built environment in urban areas to control *Aedes aegypti*-borne diseases. *Bull. WHO.* 95: 607-608.
- Loroño-Pino MA, Uitz-Mena A, Carrillo-Solís CM, et al. The Use of Insecticide-Treated Curtains for Control of *Aedes aegypti* and Dengue Virus Transmission in "Fraccionamiento" Style Houses in México. *J Trop Med.* 2018;2018:4054501. Published 2018 Jun 19. doi:10.1155/2018/4054501
- Lloyd LS, Winch P, Ortega-Canto J & Kendall C (1992) Results of a community-based *Aedes aegypti* control program in Merida, Yucatan, Mexico. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 46, 635–642.
- McBride WJ, Mullner H, Muller R, Labrooy J, Wronski I. Determinants of dengue 2 infection among residents of Charters Towers, Queensland, Australia. *Am J Epi.* 1998 Dec 1; 148(11):1111–6.
- Manrique-Saide, P., C. R. Davies, P. G. Coleman, E. Rebollar-Tellez, A. Che-Medoza, F. Dzul-Manzanilla, Zapata-Peniche A. 2008. Pupal Surveys for *Aedes aegypti* : Surveillance and potential targeted control in residential areas of Mérida, México. *Journal of the American Mosquito Control Association* 24: 289-298, 210.
- Manrique-Saide P, Uc V, Prado C, Carmona C, Vadillo J, Chan R, et al. Storm sewers as larval habitats for *Aedes aegypti* and *Culex* spp. in a neighborhood of Merida, Mexico *J Am Mosq Control Assoc.* 2012;28:255–7.
- Manrique-Saide P, Arisqueta-Chable C, Geded-Moreno E, Herrera-Bojórquez J, Uc V, Chable-Santos J, et al. An assessment of the importance of subsurface catch basins for *Aedes aegypti* adult production during the dry season in a neighborhood of Merida, Mexico. *J Am Mosq Control Assoc.* 2013;29:164–7.
- Manrique-Saide P, Coleman P, McCall PJ, Lenhart A, Vázquez-Prokopec G, Davies CR. Multi-scale analysis of the associations among egg, larval and pupal surveys and the presence and abundance of adult female *Aedes aegypti* (*Stegomyia aegypti*) in the city of Merida, Mexico. *Med Vet Entomol.* 2014 Sep;28(3):264-72.
- Manrique-Saide P, Che-Mendoza A, Barrera-Pérez M, Guillermo-May G, Herrera Bojorquez J, Dzul-Manzanilla F, Gutierrez-Castro C, Lenhart A, Vazquez-Prokopec G, Sommerfeld J, McCall PJ, Kroeger A, Arredondo-Jiménez JI. 2015. Use of Insecticide-Treated House Screens to Reduce Infestations of Dengue Virus Vectors, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 21(2), 308-311.
- Manrique-Saide P, Herrera-Bojórquez J, Medina-Barreiro A, Trujillo-Peña E, Villegas-Chim J, Valadez-González N, Ahmed A, Delfín- González H, Palacio-Vargas J, Che-Mendoza A, Pavía-Ruz R, Flores-Suárez A, Vazquez-Prokopec G. Insecticide-treated house screening protects against Zika-infected *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*
- Murray-Smith S, Weinstein P, Skelly C. Field epidemiology of an outbreak of dengue fever in Charters Towers, Queensland: are insect screens protective? *Aust New Zea J Pub Health.* 1996 Oct; 20 (5):545–7.
- Olliaro P, Fouque F, Kroeger A, Bowman L, Velayudhan R, Santelli AC, et al. (2018) Improved tools and strategies for the prevention and control of arboviral diseases: A research-to-policy forum. *PLoS Negl Trop Dis* 12(2): e0005967. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005967>

- PAHO 2021. <https://www.paho.org/en/topics/dengue>
- PAHO. 2016. Pan-American Health Organization (2016) Regional Zika epidemiological update (Americas) - 14 July 2016. Available at www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11599:regional-_zika-_epidemiological-_update-_americas&Itemid=41691&lang=en. Accessed April 20, 2017.
- Pant, C. P., and M. Yasuno. 1971. Indoor resting sites of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand, vol. 2. World Health Organization WHO/VBC/70.235, Geneva, Switzerland. Pavía-Ruz N, Barrera-Fuentes GA, Villanueva-Jorge S, Che-Mendoza A, Campuzano-Rincón JC, Manrique-Saide P, Rojas DP, Vazquez-Prokopec GM, Halloran ME, Longini IM, Gómez-Dantés H. 2018. Dengue seroprevalence in a cohort of schoolchildren and their siblings in Yucatan, Mexico (2015-2016). *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(11):e0006748
- Perich, M. J., G. Davila, A. Turner, A. Garcia, and M. Nelson. 2000. Behavior of resting *Aedes aegypti* (Culicidae: Diptera) and its relation to ultra-low volume adulticide efficacy in Panama City, Panama. *J. Med. Entomol.* 37: 541–546. Quintero J, Brochero H, Manrique-Saide P, Barrera-Perez M, Basso C, Romero S, et al. 2014. Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infectious Diseases* 14:38.
- Samuel M, Maoz D, Manrique P, Ward T, Runge-Ranzinger S, Toledo J, Boyce R, Horstick O. Community effectiveness of indoor spraying as a dengue vector control method: A systematic review. *PLoS Negl Trop Dis.* 2017 Aug 31;11(8):e0005837.
- Shaw, M. (2004). Housing and public health. *Annual Review of Public Health*, 25, 397–418.
- Tusting, L.S., Ippolito, M.M., Willey, B.A. et al. The evidence for improving housing to reduce malaria: a systematic review and meta-analysis. *Malar J* 14, 209 (2015). <https://doi.org/10.1186/s12936-015-0724-1>
- Tusting, L.S., Willey, B. & Lines, J. Building malaria out: improving health in the home. *Malar J* 15, 320 (2016). <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1349-8>
- Tusting LS, Cairncross S, Ludolph R, Velayudhan R, Wilson AL, Lindsay SW. Assessing the health benefits of development interventions. *BMJ Glob Health.* 2021;6(2):e005169. doi:10.1136/bmjgh-2021-005169
- Vazquez-Prokopec G, Lenhart A, Manrique-Saide P. 2016. Housing Improvement: a renewed paradigm for urban vector-borne disease control?. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 110(10):567-569.
- Vazquez-Prokopec GM, Galvin WA, Kelly R, Kitron U. 2009. A new, cost-effective, battery-powered aspirator for adult mosquito collections. *J Med Entomol.* 46(6):1256-9.
- Walker N. The hygienic house: mosquito-proofing with screens. *Am J Trop Med Hyg.* 2010;83(5):963-964.
- Wilson AL, Courtenay O, Kelly-Hope LA, Scott TW, Takken W, Torr SJ, et al. (2020) The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. *PLoS Negl Trop Dis* 14(1): e0007831
- Winch PJ, Barrientos-Sanchez G, Puigserver-Castro E, Manzano-Cabrera L, Lloyd LS, Mendez-Galvan JF. Variation in *Aedes aegypti* larval indices over a one year period in a neighborhood of Merida, Yucatan, Mexico. *J Am Mosq Control Assoc.* 1992;8:193–5.
- World Health Organization. Handbook for Integrated Vector management. World Health Organization 2012. ISBN 978 92 4150280 1. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44768/1/9789241502801_eng.pdf
- World Health Organization. (2012). Global strategy for dengue prevention and control 2012–2020. Geneva: World Health Organization; 2012.
- World Health Organization (2017a) Keeping the vector out - Housing improvements for vector control and sustainable development; WHO, editor. Geneva.
- World Health Organization, 2017b. Global vector control response 2017-2030. Global vector control response 2017-2030. World Health Organization. (2009). Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control : new edition. Geneva : World Health Organization. <http://www.who.int/iris/handle/10665/44188>

WHO Housing and Health Guidelines. Geneva: World Health Organization; 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535293/>

Yactayo S, Staples JE, Millot V, Cibrelus L, Ramon-Pardo P. Epidemiology of chikungunya in the Americas. *J Infect Dis.* 2016;214: S441–S445. pmid:27920170

Supplementary Material

Table S1. Demographic data of participants that accepted the intervention and to whom KAP-survey was applied during the enrolment process, and later on (post-intervention) were interviewed for social acceptance and perceived efficacy of house-screening.

Profile	Total	
	N (150)	(%)
Sex		
Female	118	79
Male	32	21
Occupation		
Housewife	81	55
Employee	27	18
Unemployed	4	3
Other	35	24
Education		
Primary level	48	33
Secondary level	47	32
High School	19	13
Technical career	20	14
Bachelor's degree	9	6
No studies	4	3

Table S2. Main symptoms associated with dengue (DEN), chikungunya (CHIK) and Zika (ZIK) mentioned by the participants.

Symptoms	DEN		CHIK		ZIK	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Headache	83	15	70	13	45	10
Joint pain	104	19	139	26	85	20
Body pain	95	17	83	16	58	14
Bleeding gums	25	5	17	3	-	-
Fever	127	23	99	19	67	16
Doesn't know	13	2	28	5	70	17
Pruritus	19	3	25	5	-	-
Vomit	23	4	18	3	17	3

Table S3. Reasons for acceptability and the perceived efficacy of house-screening among the participants of the study.

Topics addressed	N=100
Reasons for acceptance of house-screening	
To avoid mosquitoes at home	77% (n=77)
Concerns that Aedes-borne diseases could impact their families	63% (n=63)
The free cost of the intervention	54% (n=54)
Impact perceived	
<i>Reduction of mosquitoes indoors after the intervention</i>	
No mosquitoes indoors	66% (n=66)
Reduced number of mosquitoes	29% (n=29)
No reduction of mosquitoes indoors	5% (n=5)
<i>Cases of DEN/CHIK/ZIK reported by the families after the intervention</i>	
No	94% (n=94)
Yes	6% (n=6)
Perception of temperature increase due to house-screening	
Did not acknowledge any increase of indoor temperature	80% (n=80)
A light overheating was reported but associated to specific day-hours (mid-day)	18% (n=18)
Reported an increase of indoor temperature	2% (n=2)

Evaluation of low-cost materials for Do-it-yourself (DIY) installation of house screening against *Aedes aegypti* in experimental huts and acceptance by the community†

Josué Herrera-Bojórquez¹, Josué Villegas-Chim¹, Daniel Adrian², Azael Che-Mendoza¹, Juan Navarrete-Carballo¹, Anuar Medina-Barreiro¹, Miguel Xcaer¹, Hugo Delfín-González¹, Norma Pavía-Ruz², María Eugenia Toledo-Romaní⁴, Gómez-Héctor Dantés H⁵, Gonzalo Vazquez-Prokopec G⁶, Pablo Manrique-Saide¹.

¹Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

²Facultad de Economía, Campus de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

³Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí" (IPK). La Habana, Cuba.

⁴Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México.

⁵Department of Environmental Sciences, Emory University. Atlanta, USA

Abstract

Covering windows and doors with insect-mesh, commonly known as house-screening (HS), works as a physical barrier that reduces entry of mosquitoes and their contact with humans within houses. HS fixed with aluminum frames reduces the risk of indoor infestation with *Aedes aegypti* mosquitoes and the risk of Aedes-transmitted diseases. However, people from vulnerable communities -even where available- have limited access to this house-improvement mainly because the cost of materials and professional installation. Potential solutions to increase community access and making HS more affordable involve introducing cost-saving strategies i.e., the use of less-expensive materials rather than aluminum frames within the list of options offered by HS-businesses and/or Do-it-yourself (DIY) packages v.gr. already-made and ready-to-install mosquito-screens with low-cost materials.

We searched for materials, other than aluminum, that could be used to install mosquito-mesh on doors and windows. Wood, PVC (polyvinyl chloride plastic), velcro and magnets were selected based on the facility to be fixed on doors and windows, to be cheaper than aluminum, availability in both the local and national market, and easily accessible to the population. All the materials were less costly than aluminium framing (cost of the materials only of \$91.00 USD per house, including seven windows and two doors). Magnets (\$34.00 USD) and velcro (\$30.00) were the most economic options, followed by PVC (\$39.00) and wood (\$43.00).

We evaluated the efficacy of low-cost frames constructed with the different materials to protect against *Aedes aegypti* (entry of female mosquitoes) in experimental huts. The efficacy of protection -preventing female mosquito passing inside the huts- of any of the options of frames was high (>93%) in comparison with the control with no-screen. The highest protection was recorded by frames made with aluminium material, blocking 99% of female mosquitos (IRR=0.01, C.I. 0.003-0.02); but low-cost options like magnets (Average protection= 93.1%, 95% CI = 89.6-96.7) and

† Research article a someter a Journal of Economic Entomology, Memorias do Instituto Oswaldo Cruz o Cadernos de Saude Publica

velcro (Average protection= 92.9%, 95% CI = 88.9-97.0) performed very well with a 60% lower cost than aluminum.

We investigated people's perception on the different materials. The most "popular" alternative was the frame made of wood (62%), followed by magnets (45%), PVC (45%) and Velcro (29%). People was familiar with wood-frames and other materials were "uncommon" to them., although some people recalled having seen the other options on the Internet, magazines or TV programs. They though Velcro and magnets were expensive. Expected durability of the materials was associated to weather conditions, but the majority thought that all are resistant materials (which could last 1-5 years). About the aesthetics (perception on "how beautiful" the frames can be seen on the houses), the option with wood got the best scores (73%), followed by magnets (56%). Many of the interviewed (>50%) thought that all the options were easy to install, but they had divided opinions about how easy was to give maintenance to them. All were seen as a very positive improvement of the house except for PVC.

First results corroborated that it is possible for families to consider different, and more accessible, materials rather than aluminum for HS.

Introduction

"Building the vector out" and "keeping the vector out" are principles encouraged by the World Health Organization (WHO 2017, Lindsay et al. 2017) to promote effective and sustainable housing interventions to prevent vector-borne diseases. Covering windows and doors with insect-mesh, commonly known as house-screening (HS), is one of such interventions. The WHO has historically recommended HS as a method of environmental management (WHO 1982) to prevent the entry of disease-transmitting vectors into human habitations and to reduce human-vector-pathogen contact. Unfortunately, HS has been underutilized (Lindsay et al. 2017) and largely overlooked by policies & programs for the prevention and control of Aedes-transmitted diseases (ATDs) namely dengue, chikungunya and Zika (WHO 2009, 2012). In 2017, HS was finally cited as a promising vector management approach for the prevention and control of dengue and ATDs in a research-to-policy forum convened by TDR/WHO (Bowman et al. 2016, Olliaro et al. 2018).

HS fixed on doors and windows, entry points of mosquitoes into a house, works as a physical barrier that reduces the access and subsequent contact of mosquitoes and humans within houses (Vazquez-Prokopec et al. 2016, Wilson et al. 2020). We recently evaluated the efficacy of HS permanently fixed with aluminum frames to reduce *Ae. aegypti* mosquitoes and the risk of ATDs in a cluster randomized controlled trial in the Mexican city of Merida, Mexico (Manrique-Saide et al. 2021). Houses provided with HS had lower risk for having *Ae. aegypti* female mosquitoes (OR≈0.50) in comparison with un-protected households from the control arm; and notably, the presence of arbovirus-infected *Ae. aegypti* (with Dengue and Zika viruses) was reduced by 71% in clusters with HS in comparison with un-protected households.

Even when HS was perceived as an effective -and available- method to avoid mosquito-human contact by the householders of the study in Merida, their houses did not have HS installed prior to the intervention mainly because the cost (Manrique-Saide et al. 2021). Although the price per m² of a regular fibber-glass net is ~\$ 0.85 USD, the current cost for professional installation (by "aluminum & screens-business" [A&S]) of HS in Merida (with aluminum frames on two doors and 7 windows in average/house) is ~\$ 140 USD. Total expenditure of protecting a house with HS is mostly explained by the cost of frames and hardware (72.5% of the total cost) and professional hand labor (18% of the total cost).

Potential solutions to increase community access and making HS more affordable identified by our project during a previous phase of implementation (Manrique-Saide et al. 2021) include introducing cost-saving strategies i.e., the use of less-expensive materials rather than aluminum frames within the list of options offered by A&S businesses and/or Do-it-yourself (DIY) packages v.gr. already-made and ready-to-install mosquito-screens with low-cost materials. Here we report a series of studies investigating different options (inexpensive materials rather than aluminium) for the installation of HS that could be made/used by households and/or provided by small business to increase its affordability and accessibility, without challenging their efficacy and acceptance by the community; and ultimately, to enhance community access to HS.

Materials and Methods

The study involved different qualitative-quantitative research-topics/components that were identified as important by our team about the use of different materials rather than aluminum to install HS. First, our team made a search, review and selection of different materials to replace aluminum frames, then designed and constructed prototypes with those materials, and finally, evaluated its efficacy against mosquitoes in experimental huts. On addition, an opinion and acceptancy survey of the prototypes was applied to householders and A&S businesses.

Potential options for frame materials. Online searches from Google and shopping platforms i.e. Amazon, Ebay, Mercado Libre, including the words “mosquito screens”, “insect screens”, “window screens”, “door screens”, were performed from March and April 2019 to identify different potential models and materials of different materials rather than aluminum. Our considerations for inclusion included: availability in the market, to be less costly than aluminum, adequacy for housing structure (the ability to keep mosquito nets fixed on doors and windows).

Prototype design and manufacturing. Our team designed and constructed small-scale prototypes (1:5 of a window and 1:10 of a door) and real-sized versions (average size of 2.20 x 0.95 m for doors and 1.20 x 0.80 m for windows found in houses from different neighborhoods in Merida) (Fig. 1). All materials and provisions required for installation (fabric, rivets, screws, locks, adhesives etc.) and other information such as handling, manufacturing time per square meter, were identified, evaluated, and annotated, and by this way, we also calculated the total costs associated with the different options (Table 1, Fig. 1). In all cases, we used regular fibber-glass net (brand Herralum®, available in 30 m length x 1.50 m width rolls, colour grey, mesh light 0.6 x .07 mm, density 0.32mm).

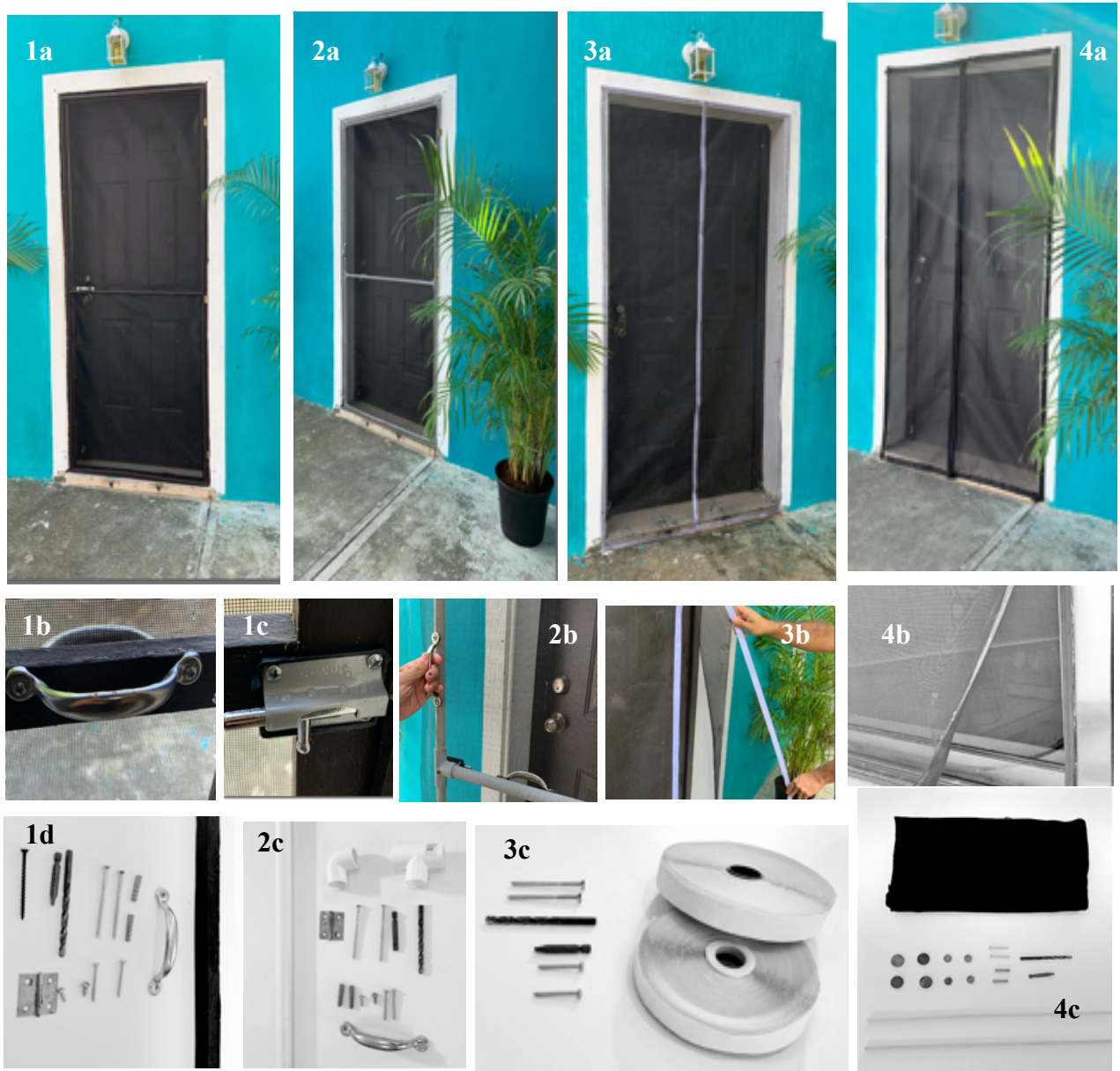


Figure 1. Different options and materials for the installation of house screening other than aluminum: 1a-1d) wood, 2a-2c) polyvinyl chloride plastic (PVC), 3a-3c) velcro, and 4a-4c) magnets.

Evaluation of prototypes in experimental huts. On March 2019 we performed a trial following a 6 x 6 Latin-square experimental design, to comparatively evaluate the different low-cost prototype options for installation vs. the gold standard (aluminum frames) in experimental huts at UCBE in Merida (Fig. 2). We quantified entomological impact (entry or exclusion) of each of the different materials/installation as a physical barrier against female *Ae. aegypti* mosquitoes within experimental huts as testing systems. Experimental huts are simplified, standardized representations of human habitations that provide model systems to evaluate mosquito responses to different control methods (Okumu et al. 2012, Massue et al. 2016).

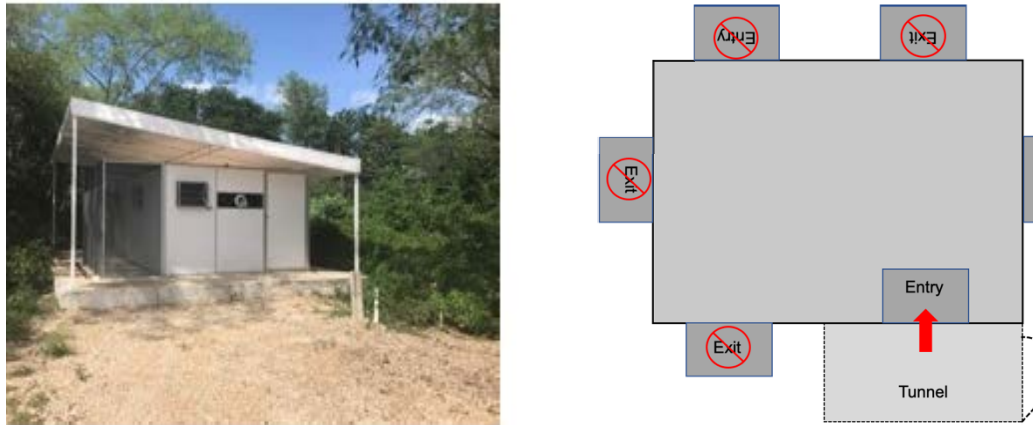


Figure 2. a-b) Experimental huts and c-t) experimental layout of the different options and materials tested.

A window-screen of each of the different framing-materials (with regular fibber-glass net, brand Herralum®) was made-to-size (30 x 30 cm) and fixed on the entrance located within the release tunnel of the huts (Fig. 2) and evaluated for a 24-hour period, and next day swapped of hut (we used new widow-screens) until a total of 6 replicates were completed following the Latin-square experimental design. One of the huts was always left without protection as control. All the other entries-exits of the hut were sealed.

Groups of 100 female *Ae. aegypti* mosquitoes, 2-5 days-old without previous blood feeding, from a New Orleans F3 strain reared at UCBE, were released in the tunnel of the experimental huts at 8:30 a.m. and collected after 24 hours (next morning). We released CO₂ as bait within the hut (generation rate of 200 ml/min) for the whole 24-h period. Any mosquito found within the hut was collected with Prokopack aspirators (Vazquez-Prokopec et al. 2009). Mosquitoes which did not entry were collected (from the tunnel) with Prokopack aspirators. The collected mosquitoes were kept in a recovery bottle and then frozen for counting. Data was computed as the difference between initial mosquito abundance (adult) and the values at 24-hours post release.

Consumer-opinion on HS prototypes. To investigate people's perception on low-cost materials to replace aluminum frames, a questionnaire (Table 3) was applicated in a sample of 55 families which previously received the installation of HS with aluminum frames (July-August 2019) as part of the project cohort (Manrique-Saide et al. 2021). Participants were asked about the alternative materials as if they would be hypothetically installed on their houses to replace aluminum frames. Topics investigated included previously knowledge or experience with the alternative materials/frames, perception of the cost, durability, aesthetics, opinion about the installation process, and ultimately, preference (if any) for a specific frame option. The team showed small-scale prototypes constructed and pictures of the real-sized prototypes installed in a house (Fig. 1) to people, but no other explanation was given to avoid bias in answers.

Small business's perspective on HS prototypes. We also investigated the viewpoint of A&S businesses on the prototypes/materials (November-December 2020). Yellow-pages searches were done to identify A&S businesses located in Merida, Yucatan. A total of 100 companies were identified. Because the limitations of the COVID-pandemic, we established contact with them through telephone calls and we were only able to schedule a date with 40 of them for the interview. A questionnaire was applied to the participants (Table 4) about aspects such as cost, durability, aesthetics, perceived comfort, acceptance, and an open section on the customer-preferences from

entrepreneurs' perspective, and production-manufacturing process of the HS. Small-scale prototypes and a photographic catalogue of the different prototypes (Fig. 1) was also employed.

Data Analysis. For the consumer-opinion and small business surveys, all data gathered was put into Excel sheets and were analyzed to obtain the percentages related to the topics of the surveys. Data of the trials in the experimental huts, was computed as the difference between initial mosquito abundance (adult) and the values at 24-hours post release. Generalized linear mixed models (GLMM) with a binomial error distribution and logit link function were used to analyze the main outcome measures from hut study (total females entering) as well as the percentage of protection against female entering (the reduction of females inside huts relative to the control treatment). Incidence rate ratio (IRR) and 95% confidence interval were calculated. Analyses were performed using STATA 12.0 (Stata Corp, College Station, TX).

Results

Potential options for frame materials. Materials to replace aluminum for HS identified were essentially: wood, polyvinyl chloride plastic (PVC), velcro, and magnets. All of them can be fixed on doors and windows, are less costly than aluminum (magnets and velcro were the less costly options, followed by PVC and wood), and were available both within the local and national market, and easily accessible to the population. v.gr. The Home Depot, Costco, Parisina, as well as other small local distributors. According to its installation, we identified: fixed, retractable, and removable screening. Fixed insect screens are those hold by a permanent frame and are the most common insect screens. Retractable screens, although are also fixed, can be opened/closed with a "rolling" system. Finally, removable screens are those with a temporarily fitting system, usually an "easy DIY installation" using sticky or magnetic elements. All of them are versatile and functional and there is a wide variety of options, accessories, and colors that you can choose from. As a result of our review, we selected as potential options fixed mosquito-screens made of wood and PVC, and removable screens with magnets and velcro. Costs associated with each of these options is shown in Table 1.

Table 1. Costs associated with different materials that can be used for the construction of frames for house-screening. Costs for installing house-screening per house: including seven windows and two doors. Costs only consider materials and exclude cost of installation (1 USD = \$23.00 MEX PESOS).

Material	Costs/ Material in USD	Materials needed
Aluminum	\$ 91.00	28 pcs Aluminum frame for windows, 5 pcs of aluminum door frame, 28 galvanized frame corners, 18 m of fiberglass net (1.50 m of width), 45 m of spline #10, 15 screws round head 1 ^{1/2} x 8", 8 screws round head 1 x 8".
Wood	\$ 43.00	33 Wood strips (4 width x 1.8 thickness cm), 1 pcs wood glue, 18m fiberglass net, 8 wood screws, 25 staples.
PVC	\$ 39.00	33 PVC strips, 1 pcs PVC glue, 18m fiberglass net, 6 PVC frame corners, 3 pcs silicone sealer.
Magnet	\$ 34.00	20 m of Polyester cloth, 66 small magnets, 18m fiberglass net, 14 pcs of wooden rod, 3 pcs of rows, 2 needles.
Velcro	\$ 30.00	33 Velcro strips, 18m fiberglass net, 3 pcs row, 2 needles.

Evaluation of prototypes in experimental huts. Results obtained on the comparative evaluation of the efficacy of frames constructed from different materials and their protection against *Aedes aegypti* (entry of female mosquitoes) in the experimental huts is presented in Table 2. The efficacy of protection -preventing female mosquito passing inside the huts- of any of the options of screening against *Aedes aegypti* of frames was high (>93%) in comparison with the control with no-screen. The highest protection was recorded by frames made with aluminum, blocking 99% of female mosquitos (IRR=0.01, C.I. 0.003-0.02); but low-cost options like magnets (Average protection= 93.1%, 95% CI = 89.6-96.7) and velcro (Average protection= 92.9%, 95% CI = 88.9-97.0) performed very well with a 60% lower cost than aluminum.

Table 2. Efficacy of protection (relative to the control treatment) against *Aedes aegypti* (entry of mosquitoes) with frames constructed from different materials in the experimental huts. A total of 100 adult female *Ae. aegypti* mosquitoes were released into entry chamber in each treatment (n= 6 huts): Control, Velcro, Magnet, PVC, Wood and Aluminum.

Frame material	Mean females caught/24 h (95% C. I.)	% Protection (95% C. I.)	Incidence rate ratio (95% C. I.)	SE (mean)	P value
Aluminum	0.7 (0.4-1.7)	99.2 (97.9-100.5)	0.01 (0.003-0.02)	0.004	<0.001
Wood	1.7 (0.1-3.2)	97.9 (95.9-99.9)	0.02 (0.01-0.04)	0.01	<0.001
PVC	2 (0.7-3.3)	97.6 (96.0- 99.2)	0.02 (0.01-0.04)	0.01	<0.001
Magnets	5.7 (2.6-8.7)	93.1 (89.6-96.7)	0.07 (0.05-0.10)	0.01	<0.001
Velcro	5.7 (2.6-8.8)	92.9 (88.9-97.0)	0.07 (0.05-0.10)	0.01	<0.001
Control	82.3 (77.9-86.7)	17.7	-----		

Community-opinion on HS prototypes. Most of the participants interviewed were women (76.36%, 42/55) between 30-50 years old (54/55), all of them married and head of the families from houses that received the HS-installation previously as part of the project. The most “popular” alternative for the responders was the frame made of wood (62%), followed by magnets (45%), PVC (45%) and velcro (29%). People was familiar with wood-frames, but the other materials v.gr. PVC, velcro and magnets were “uncommon” to them; although some people recalled having seen the other options on the Internet, magazines, or TV programs. About the cost, 45-60% of interviewed thought that the prices of the four different frames were between 5-50 USD, and they though velcro and magnets were expensive. Expected durability of the materials was associated to weather conditions, but the majority thought that all are resistant materials (which could last 1-5 years). About the aesthetics (perception on “how beautiful” the frames can be seen on the houses), the option with wood got the best scores (73%), followed by magnets (56%). Many of the interviewed (>50%) thought that all the options were easy to install, but they had divided opinions about how easy was to give maintenance to them. All were seen as a very positive improvement of the house except for PVC.

Table 3. Results recorded from householders about alternative frame materials other than aluminum for the installation of house-screening in Merida, Mexico.

Section A. Previous experiences on frame materials for HS				
Responses	Wood	PVC	Velcro	Magnets
Yes	(39/55) 71%	(7/55) 13%	(5/55) 9%	(1/55) 2%
No	(16/55) 29%	(47/55) 85%	(50/55) 91%	(54/55) 98%
Don't know	0%	(1/55) 2%	0%	0%
Section B. Cost perceived of frame materials				
5 to 50 USD	(25/55) 45%	(28/55) 51%	(33/55) 60%	(28/55) 51%
50 to 100 USD	(19/55) 35%	(26/55) 29%	(12/55) 22%	(12/55) 22%
Up to 100 USD	(5/55) 9%	(2/55) 4%	(1/55) 2%	(5/55) 9%
Don't know	(6/55) 11%	(9/55) 16%	(9/55) 16%	(19/55) 18%
Section C. Durability perceived of frame materials				
Less than a year	(3/55) 5%	(6/55) 11%	(11/55) 20%	(1/55) 2%
1 to 2 years	(22/55) 40%	(16/55) 29%	(20/55) 36%	(17/55) 31%
2 to 5 years	(18/55) 33%	(21/55) 38%	(22/55) 40%	(20/55) 36%
More than 5 years	12/55) 22%	(12/55) 22%	0%	(7/55) 13%
Don't know	0%	0%	(2/55) 4%	(10/55) 18%
Section D. Aesthetics perceived of materials				
Yes	(40/55) 73%	(15/55) 27%	(23/55) 42%	(31/55) 56%
No	(15/55) 27%	(35/55) 64%	(28/55) 51%	(21/55) 38%
Don't know	0%	(5/55) 9%	(4/55) 7%	(3/55) 5%
Section E. Easy to install				
Yes	(37/55) 67%	(29/55) 53%	(36/55) 65%	(36/55) 65%
No	(15/55) 27%	(14/55) 25%	(10/55) 18%	(9/55) 16%
Don't know	(3/55) 5%	(12/55) 22%	(9/55) 16%	(10/55) 18%
Section F. Easy maintenance of frame material				
Yes	(27/55) 49%	(21/55) 38%	(29/55) 53%	(25/55) 45%
No	(23/55) 42%	(22/55) 40%	(15/55) 27%	(17/55) 31%
Don't know	(5/55) 9%	(12/55) 22%	(11/55) 20%	(13/55) 24%
Section G. Preferences and acceptance of frame material				
Yes	(34/55) 62%	(25/55) 45%	(16/55) 29%	(25/55) 45%
No	(12/55) 22%	(20/55) 36%	(28/55) 51%	(21/55) 38%
Don't know	(9/55) 16%	(10/55) 18%	(11/55) 20%	(9/55) 16%

Small business's perspective on HS prototypes. Forty companies dedicated to the assemblage of HS in the city of Merida were surveyed. We identified “producers”, which are those who manufacture and install HS and “distributors” who only sell materials for HS. Among them, 55% (22/40) declared to be in the formal sector and the remaining 45% (18/40) were informal. From the formal ones, 59.09% (13/22) were producers and the remaining 40.90% (9/22) were distributors, and the informal ones were only producers. Only one producer (1/31) makes mosquito nets with alternative materials e.g. wood. The interviewed producers declared that the alternative material most requested by consumers after aluminum is wood (41.93% [13/31]) and few of them have received requests for PVC (9.67% [3/31]); both velcro and the magnets have never been requested by customers. Respondents consider aluminum to be an expensive material (97.5% [39/40]). Despite not working with alternative materials, some considered wood and PVC cheaper (7.5% [3/40], 12.5% [5/40], respectively), and considered that velcro and magnets were the less expensive options (52.5% [21/40], 57.5% [23/40]). About its duration, they expected an average duration of 21.9 months for wood, 21.2 months for PVC, 8.4 months for Velcro and 9.6 months for magnets. Of the total of respondents, considered that wood and magnets (57.5% [23/40], 47.5% [19/40]) were the most aesthetical materials for the elaboration of HS.

However, even though alternative materials are considered cheaper, aesthetic, easy to maintain and to install by A&S small business, the producers declared that they are not willing to use this type of materials and rejected the use of velcro (97.5% [39/40]), PVC (90% ([36/40]), magnets (82.5% [33/40]) and wood (77.5% [31/40]).

Cada uno de los 31 productores encuestados puede emplear un promedio de 2 trabajadores que en total pueden producir un promedio de 30 mosquiteros por mes, con un precio promedio de \$341.13 pesos mexicanos cada una, de una medida estándar de 15. X 1.2 metros. Cada productor puede obtener un ingreso neto de \$1,139.74 USD por la venta de las mallas, obteniendo una ganancia aproximada del 40% (\$455.82 USD), después de descontar el costo de los materiales para la fabricación del producto de aproximadamente un 60% del valor total (\$683.92 USD). Con esto cada productor tiene la capacidad de abastecer en promedio a 3 viviendas para la instalación de sus mallas mosquiteras (7 ventanas y dos puertas). De los productores encuestados solo el 50% (20/40) declararon tener ingresos de al menos \$6,550 pesos mensuales derivados de todas sus actividades relacionadas con la producción de productos de aluminio, por lo que la venta de mosquiteros representa alrededor de un 22.4% de todos sus ingresos monetarios.

Tabla. Perspectivas de empresarios sobre las HS prototipos.

Sección II. Opinión sobre los materiales alternativos					
	Aluminio	Madera	PCV	Velcro	Imán
Material preferido por productores (N=31)	96.77% (30/31)	3.23% (1/31)	0% (0/31)	0% (0/31)	0% (0/31)
Material con mayor demanda por clientes a los productores (N=31)	100% (30/31)	43.3% (13/31)	10% (3/31)	0% (0/31)	0% (0/31)
Costo percibido por productores y distribuidores (N=40)	Caro (97.5%, 39/40)	Barato (7.5%, 3/40)	Barato (12.5%, 5/40)	Barato (52.5%, 21/40)	Barato (57.5%, 23/40)
Duración percibida de los materiales por los productores y distribuidores (N=40)	8.5 Años	21.85 meses	21.24 meses	8.44 meses	9.56 meses

Materiales alternativos percibido como estético, por los productores y distribuidores (N=40)	N/A	57.5% (23/40)	20% (8/40)	12.5% (5/40)	47.5% (19/40)
Fácil fabricación	N/A	96% (26/27)	92% (23/25)	100% (23/23)	100% (25/25)
Fácil mantenimiento	N/A	89% (24/27)	96% (23/24)	100% (19/19)	95% (20/21)

DISCUSSION

Results from this study corroborate that it is possible for families to consider different and more accessible materials rather than aluminum for the protection of their homes with HS. All the prototypes of HS described in here were effective at blocking *Ae. aegypti* entering-mosquitoes, as showed in experimental huts. All of them, were less costly than aluminum framing, and particularly, low-cost options like magnets and velcro performed very well against mosquitoes with a 60% lower cost than aluminum.

Acknowledgment

Research funding was provided by the International Development Research Center IDRC (Preventing Zika disease with novel vector control approaches, Project 108412 and Enabling Business and Technologies to Contribute to the Control of Mosquito-Borne Diseases in Latin America Project 109071-002).

References

- Bowman LR, Donegan S, McCall PJ. Is Dengue Vector Control Deficient in Effectiveness or Evidence?: Systematic Review and Meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016. March 17;10(3):e0004551
- Biogents. 2017. Instrucción manual for Bg- sentinel2. Regensburg, Germany: biogents AG. Aviable from: <https://eu.biogents.com/wp-content/uploads/BG-Sentinel-2-Manual-EN-web.pdf>.
- CENAPRECE 2020. Lista_de_Insumos_Recomendados_por_el_CENAPRECE. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/469289/Lista_de_Insumos_Recomendados_por_el_CENAPRECE.pdf
- Che-Mendoza A, Guillermo-May G, Herrera-Bojórquez J, Barrera-Pérez M, Dzul-Manzanilla F, Gutierrez-Castro C, Arredondo-Jiménez JI, Sánchez-Tejeda G, Vazquez-Prokopec G, Ranson H, Lenhart A, Sommerfeld J, McCall PJ, Kroeger A, Manrique-Saide P. 2015. Long-lasting insecticide treated house screens and targeted treatment of productive breeding-sites for dengue vector control in Acapulco, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 109(2):106-115
- Che-Mendoza A, Medina-Barreiro A, Koyoc-Cardena E, Uc-Puc V, Contreras-Perera Y, Herrera-Bojórquez J, Dzul-Manzanilla F, Correa-Morales F, Ranson H, Lenhart A, McCall PJ, Kroeger A, Vazquez-Prokopec G, Manrique-Saide P. 2018. House screening with insecticide-treated netting provides sustained reductions in domestic populations of *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(3):e0006283
- Herrera-Bojórquez J, Trujillo-Peña E, Vadillo Sánchez J, Riestra-Morales M, Che-Mendoza A, Delfín-González H, Pavía-Ruz N, Arredondo-Jimenez J, Santamaría E, Flores-Suárez A, Vazquez-Prokopec G, Manrique-Saide P. 2020. Efficacy of long-lasting insecticidal nets with declining

- physical and chemical integrity on *Aedes aegypti*. *Journal of Medical Entomology* 57(2):503-510.
- Jones C, Benítez-Valladares D, Barrera-Pérez M, Selem-Salas C, Chablé-Santos J, Dzul-Manzanilla F, Che-Mendoza A, Guillermo-May G, Medina-Barreiro A, Sommerfeld J, Kroeger A, Manrique-Saide P. 2014. Use and acceptance of Long-Lasting Insecticidal Nets for dengue prevention in Acapulco, Guerrero, Mexico. *BMC Public Health* 14(1):846.
- Lindsay, S., A. Wilson, N. Golding, T.W. Scott, and W. Takken. 2017. Improving the built environment in urban areas to control *Aedes aegypti*-borne diseases. *Bull. WHO.* 95: 607-608.
- Manrique-Saide P, Che-Mendoza A, Barrera-Pérez M, Guillermo-May G, Herrera Bojorquez J, Dzul-Manzanilla F, Gutierrez-Castro C, Lenhart A, Vazquez-Prokopec G, Sommerfeld J, McCall PJ, Kroeger A, Arredondo-Jiménez JI. 2015. Use of Insecticide-Treated House Screens to Reduce Infestations of Dengue Virus Vectors, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 21(2), 308-311.
- Manrique-Saide P, Herrera-Bojórquez J, Medina-Barreiro A, Trujillo-Peña E, Villegas-Chim J, Valadez-González N, Ahmed A, Delfín- González H, Palacio-Vargas J, Che-Mendoza A, Pavía-Ruz R, Flores-Suárez A, Vazquez-Prokopec G. Insecticide-treated house screening protects against Zika-infected *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*
- Massue DJ, Kisinza WN, Malongo BB, et al. Comparative performance of three experimental hut designs for measuring malaria vector responses to insecticides in Tanzania. *Malar J.* 2016;15:165. Published 2016 Mar 15. doi:10.1186/s12936-016-1221-x
- Okumu FO, Moore J, Mbeyela E, Sherlock M, Sanguangu R, Ligamba G, et al. (2012) A Modified Experimental Hut Design for Studying Responses of Disease-Transmitting Mosquitoes to Indoor Interventions: The Ifakara Experimental Huts. *PLoS ONE* 7(2): e30967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030967>
- Olliaro P, Fouque F, Kroeger A, Bowman L, Velayudhan R, Santelli AC, et al. (2018) Improved tools and strategies for the prevention and control of arboviral diseases: A research-to-policy forum. *PLoS Negl Trop Dis* 12(2): e0005967. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005967>
- Quintero J, Brochero H, Manrique-Saide P, Barrera-Perez M, Basso C, Romero S, et al. 2014. Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infectious Diseases* 14:38.
- Tusting, L.S., Willey, B. & Lines, J. Building malaria out: improving health in the home. *Malar J* 15, 320 (2016). <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1349-8>
- Vazquez-Prokopec G, Lenhart A, Manrique-Saide P. 2016. Housing Improvement: a renewed paradigm for urban vector-borne disease control?. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 110(10):567-569.
- Vazquez-Prokopec GM, Galvin WA, Kelly R, Kitron U. 2009. A new, cost-effective, battery-powered aspirator for adult mosquito collections. *J Med Entomol.* 46(6):1256-9.
- WHO. Handbook for Integrated Vector management. World Health Organization 2012. ISBN 978 92 4150280 1. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44768/1/9789241502801_eng.pdf
- Wilson AL, Courtenay O, Kelly-Hope LA, Scott TW, Takken W, Torr SJ, et al. (2020) The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. *PLoS Negl Trop Dis* 14(1): e0007831
- World Health Organization (2017) Keeping the vector out - Housing improvements for vector control and sustainable development; WHO, editor. Geneva.
- World Health Organization. (2009). Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control : new edition. Geneva : World Health Organization. <http://www.who.int/iris/handle/10665/44188>
- World Health Organization. (2012). Global strategy for dengue prevention and control 2012–2020. Geneva: World Health Organization; 2012.

Estudios sociales y comunitarios

Percepciones sociales sobre el uso de mallas mosquiteras para el control de vectores *Aedes* en Yucatán, México

Objetivo

El presente estudio describe cuáles fueron las razones de la aceptación social, la eficacia percibida de las mallas, percepción sobre proceso de instalación, y sentido de protección frente a las ETV's; adicionalmente, se indagó sobre las prácticas preventivas contra mosquitos, la percepción comparativa respecto de las mallas tratadas con insecticida frente a las regulares, enfocándose en cuál fue más efectiva para evitar el ingreso de mosquitos a las viviendas participantes.

Métodos y materiales

Diseño

El presente estudio fue de tipo exploratorio secuencial comparativo de un ensayo aleatorizado por conglomerados (Hernández et al., 2014).

Área de estudio

El área de estudio se concentró en la colonia Juan Pablo II, al poniente de la ciudad y fue seleccionada con base en criterios entomológicos conocidos y por la infraestructura genérica de las viviendas. Una de las principales características del sitio fue la concentración de una gran cantidad de viviendas con infraestructura estándar, consistente en dos ventanas al frente, dos al costado y dos puertas de acceso (frontal y trasero) (Manrique-Saide et al, 2021), caracterizada por una extensión de 160 m² y construcciones de 48-112 m² (Ayuntamiento de Mérida, 2020).

Población y muestra

Para el estudio, se seleccionó una muestra intencional que incorporó a un residente por vivienda autoidentificado como jefe (a) de familia, mayor de 18 años, que estuviera disponible para la recolección de la información (n=356 representantes de las 420 viviendas intervenidas, 84.8% de la población; quienes registraron un total de 385 participaciones mediante las diferentes encuestas o talleres).

Método y procedimientos

La información se recolectó mediante encuestas y talleres por un equipo multidisciplinario, previamente capacitado, integrado por especialistas en ciencias sociales, proyectos comunitarios en salud, entomología y una empresa local especializada en la instalación de mallas mosquiteras. Para el diseño de los instrumentos, se tomó como base el estudio previo realizado en la primera etapa (Manrique-Saide, et al 2021), y se hizo una revisión bibliográfica sobre otros estudios relacionados con percepción social, aceptación comunitaria y eficacia percibida en torno al uso de mallas mosquiteras (Jones et al., 2014; Pérez et al., 2018; Che-Mendoza et al., 2015; Manrique-Saide et al., 2015; Pulford et al., 2011). A continuación, se describen las actividades realizadas y sus instrumentos diseñados para esta segunda etapa del estudio Casa a prueba de *Aedes aegypti*.

Exploración de aceptabilidad para el recambio de mallas

En febrero de 2018 se visitó nuevamente a la cohorte del proyecto, que fue enrolada en el 2016 y a la cual se le instalaron mallas mosquiteras tratadas con insecticidas (Manrique-Saide, et al 2021), para invitarles a continuar participando en el proyecto. El objetivo de esta visita fue para explorar la aceptación social o rechazo en cuanto al recambio de mallas mosquiteras sin insecticida. Se inscribieron a las familias que aceptaron el recambio de las nuevas mallas regulares y se les aplicó una breve encuesta sobre los motivos de aceptación para seguir participando.

Talleres

Previo al recambio de las mallas no tratadas con insecticida, se realizaron una serie de cinco talleres, que fueron parte del proceso de implementación de la intervención, en marzo 2018, uno por cada conglomerado del área de intervención (Ver Figura 1). Estos talleres tenían como objetivo promover autoeficacia para que sean los participantes quienes se encarguen del mantenimiento de sus mallas, información sobre su utilidad y potenciales beneficios para la salud, considerados como un componente central para la adopción del método. Adicionalmente, en los talleres se realizaron actividades enfocadas al reforzamiento de prácticas domésticas preventivas como la eliminación de criaderos y uso adecuado de productos contra mosquitos. Para el proceso de capacitación, el equipo de trabajo elaboró una guía técnica[‡] con el paso a paso de los procedimientos tanto para la instalación como para el mantenimiento de las mallas con o sin insecticida (Figura 2).

Percepción social sobre mallas mosquiteras regulares

El recambio de mallas regulares en las viviendas de las familias que aceptaron la intervención, se realizó de junio a julio de 2018. Posteriormente, en octubre de 2018 se aplicó nuevamente una encuesta a una muestra de la cohorte y cuyo objetivo fue conocer cuáles fueron las razones de aceptación social, la disposición para instalar y/o darles mantenimiento a sus mallas, satisfacción general con la intervención, eficacia percibida de las nuevas mallas como factor protector contra los mosquitos, y prácticas preventivas posteriores al recambio de las mallas.

Percepción comparativa: mallas con y sin insecticida

Para el cierre del proyecto se realizó una encuesta final en diciembre de 2019, en la que se compararon componentes de las mallas con insecticidas y sin insecticidas tales como la durabilidad de ambas mallas instaladas en puertas y ventanas a lo largo del tiempo, las razones por las cuales la gente percibe que han resistido, el uso cotidiano que han tenido las mallas en sus viviendas, y finalmente cuál malla fue la que más les gustó. El sesgo de memoria fue algo considerado por lo que se diseñaron preguntas concretas y enfocadas a aspectos clave, y se compararon los resultados con el obtenido previamente en 2017 y que ya han sido publicados (Manrique-Saide et al. 2021).

Análisis de datos

Los datos obtenidos de las encuestas fueron almacenados en una base de datos y procesados en el programa SPSS Statistics 22 (IBM). Las variables se presentaron mediante frecuencias y proporciones o medidas de estadística descriptiva. Para el análisis cualitativo del contenido que se recolectó durante los talleres se categorizaron las narrativas más frecuentes y se extrajeron

[‡] Dicha guía es parte de los productos reportados ante la agencia financiadora IDRC y que se encuentra disponible en el sitio web <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/59057/IDL%20-%2059057.pdf> para su uso y consulta que pueda ser de interés por otros equipos de investigación.

testimonios para ilustrar los resultados del estudio. Los resultados del análisis cualitativo se presentan de manera triangulada con los del cuantitativo según las principales variables exploradas y de acuerdo con la información obtenida de los actores implicados en el estudio.

Resultados

Prácticas preventivas contra mosquitos

Se presentan los resultados más relevantes sobre las prácticas que la comunidad participante realiza en sus hogares, independientemente de los beneficios que hayan percibido de la intervención. Para ello, se presentan las evidencias obtenidas mediante la aplicación de técnicas grupales.

Durante los talleres participativos se identificaron prácticas generales de prevención de ABD, estas consisten en acciones para prevenir y/o eliminar la presencia de mosquitos dentro de la vivienda tales como la limpieza de los patios, eliminar criaderos en el peridomicilio, mantener puertas y ventanas cerradas, así como participar en acciones comunitarias promovidas por el Ministerio de Salud de Yucatán. Se encontró que los participantes del estudio estaban familiarizados con la campaña para la eliminación de criaderos “Lava, tapa, volteo, tira” (Secretaría de Salud, 2019).

“[Yo] volteo botellas y sus tapitas porque a pesar de ser pequeños pueden almacenar una cantidad de agua y estancarse con la lluvia” Mujer, 47 años,;

mientras que otra mencionó

“Yo utilizo como método de prevención mantener cerradas puertas y ventanas de la casa y desecho recipientes que se llenan con la lluvia” Mujer, 41 años).

Los participantes de los talleres reconocen la importancia de mantener cerrada la vivienda, aunque se cuente con mallas mosquiteras y se realice la eliminación de criaderos de mosquitos,

“A pesar del mosquitero, viene visita que entra y sale, entra-sale y en eso, o tenemos que salir al patio y se cuelan los mosquitos [dentro de la casa] y no precisamente que tengamos dentro de la casa cacharros ni áreas en donde se reproducen [los mosquitos]” (Mujer, 80 años).

El empleo de métodos tradicionales que se emplean por diversas razones se discutió en los talleres, destacando su uso por tradición o costumbre, ser naturales, tener un olor agradable o aromatizante y principalmente porque les ha funcionado.

“Antes, había la tradición de ahumar la casa y los pañales, era una manera de sacar todos estos moscos que pudieran hacer daño, entonces es una tradición muy antigua que todavía las mamás todavía algunas llevan a cabo, pero de manera inconsciente están también limpiando la casa de este tipo de mosquitos que pudieran hacer daño a los integrantes de la casa (...) colocar romero y la alhucema sobre el carbón es un método que les funciona porque aromatiza la casa y es un método de una yerba natural, en vez de utilizar insecticida, prendes tu carboncito y se lo hechas, para esos días que hay mucho mosco” (Mujer, 80 años).

En lo que respecta a la realización de acciones comunitarias, se encontró que la organización vecinal para la prevención y control del vector es limitada. Las prácticas de prevención se realizan a nivel de vivienda; sin embargo, los participantes del estudio mencionaron que existe renuencia

por parte de sus vecinos por mantener sus viviendas y espacios públicos en común libres de criaderos de mosquitos,

“Hay personas también que tienen sus lavadoras y dejan encharcado todo, tienen que ver donde se va el agua y si se lo dicen se molestan, yo he tenido problemas por acá con eso pero no hacen caso, todo en la calle, charcos y charcos y ¿cómo tú le vas a decir a tus vecinos que debes cuidar?” (Mujer, 80 años)

Un tema recurrente que los participantes reportaron y asociaron a la limitada organización vecinal fue que algunos domicilios del área de intervención han sido adaptados para convertirse en establecimientos comerciales como talleres mecánicos o vulcanizadoras, los cuales fueron reconocidos como potenciales espacios para la reproducción de mosquitos,

“En mi caso, en mi casa, como a ladito hay uno de trailers, entonces ahí tiraron llantas que uh [expresión] hace años que están allá, pues eso mismo hay muchos moscos en mi casa” (Hombre, 45 años)

Los participantes de los talleres consideran que las acciones de promoción para control del vector implementadas por los programas estatales no son suficientes, o bien, no comprenden con claridad su operación y función en la comunidad. Para tener mayor impacto, recomiendan medidas de sanción a los propietarios de dichos negocios o lugares,

“He observado que las llanteras pasan y nos dice ‘saquen sus cacharros y limpien sus patios’ y de repente paso y en los techos están las llantas apiladas y ahorita llueve y está allá el criadero de moscos, entonces esto, pues no se puede” (Mujer, 37 años).

En este sentido, consideramos que, las acciones de promoción por parte de los programas municipales y estatales podrían comunicar los mecanismos a través de los cuales las personas puedan denunciar ese tipo de prácticas que ponen en riesgo la salud de las personas.



Figura 1. Fotos de talleres sobre capacitación de instalación y mantenimiento de mallas mosquiteras.



**MANUAL DE
INSTALACIÓN Y
MANTENIMIENTO
DE MALLAS
MOSQUITERAS**

**Instrucciones de reparación
ventanas**

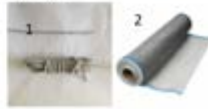
Con este folleto usted aprenderá a instalar de manera fácil y sencilla sus propias mallas mosquiteras y evitar las enfermedades transmitidas por vector, principalmente Dengue, Chikungunya y Zika.

Unidad Colaborativa para
Bioensayos Entomológicos
Campus de Ciencias Biológicas
y Agropecuarias

Universidad Autónoma de
Yucatán



Materiales:



1. Vinyl #12, 2. Malla mosquitera.

Herramientas:



1. Desarmador, 2. Cúter 3. Carretilla para mosquitero

Los procesos a continuación descritos deberán ser realizados preferentemente por dos personas.

Paso 1. Retirar la ventana de la pared.

1.1 Con apoyo de un lápiz marcar los cuatro lados de la ventana (arriba, abajo, derecha, izquierda), esto ayudará a reconocer la posición correcta de la ventana.

1.2. Con apoyo de un desarmador retirar todos los tornillos que sujetan la ventana a la pared. En caso de presentar dificultades para el retiro de los tornillos, es recomendable usar aceite o WD-40 (afloja

todo). Colocar y dejarlo actuar por 10 minutos. Remover los tornillos.

Paso 2. Retirar la malla vieja o dañada.

2.1 Sostenga la ventana en una superficie plana, con el canal hacia arriba.

2.2. Con apoyo de un desarmador retire el vinil del canal en uno de los extremos. Una vez tenga acceso a una sección del vinil será necesario jalarlo con las manos, retire todo el vinil del canal.

2.3. Limpie el canal de cualquier residuo de malla o suciedad.

Paso 3. Instalación de la malla.

La malla puede ser relativamente elástica, es recomendable no estirar demasiado la malla para mantener su integridad.

3.1 Sostenga la ventana en una superficie plana, con el canal hacia arriba.

3.2 Coloque la malla de mosquitero sobre el marco, extendiendo el marco 2 cm fuera del marco por cada lado.

3.3 Con ayuda de la carretilla para mosquitero y un

desarmador, inserte la malla con el vinil iniciando en una de las esquinas. Presione y ruede la carretilla en pequeñas secciones. Retroceda y repita el procedimiento.

3.4. Utilice un desarmador plano para insertar el vinil en cada una de las orillas de la ventana. Cuando todos los lados de la malla estén insertados, verifique que esté en la posición correcta.

Nota. La malla debe quedar estirada.



3.4 Corte el exceso de malla en cada uno de los lados usando el cúter.

Paso 4. Instalación de ventana.

4.1. Sostenga la ventana en la pared, es importante que las marcas previamente hechas con el lápiz estén en los lugares correctos. Asegúrese que cada agujero de la ventana cuadre con los de la pared.

4.2. Con el desarmador inserte los tornillos en los respectivos agujeros.

Figura 2. Manual de instalación y mantenimiento de mallas mosquiteras.

Aceptación social recambio de mallas sin insecticida

En febrero de 2018, tras presentar a las familias que aceptaron la instalación de mallas ITS en 2017 la oportunidad de seguir participando en el estudio, pero ahora con la instalación de mallas regulares sin insecticida, se exploraron los motivos de aceptación y se obtuvo una respuesta igualmente positiva para la recepción de las nuevas mallas, y el 91.4% de los encuestados (106/116) aceptó participar en la siguiente etapa del proyecto, consistente en el recambio de mallas con ITS por mallas sin ITS.

Tabla 1. Motivos de aceptación y rechazo para el recambio de mallas sin insecticida.

Motivos de aceptación	Porcentajes
Las mallas anteriormente instaladas necesitan reparaciones	67.3% (70/104)
Querían que sus familias sigan protegidas mediante dicho método	18.3% (19/104)
Las mallas ya no eran efectivas	11.5% (12/104)
Les preocupaba la salud de los niños pequeños en su hogar	3.8% (4/104)
Las mallas instaladas ya están sucias	2.9% (3/104)
Para mejorar las mallas, tener un repuesto, porque son efectivas, porque ya están viejas y porque son gratis (la misma proporción)	0.9%, (1/104)
Motivos de "rechazo"	Porcentajes
Aún les encontraban vida útil a las mallas al percibir que las mallas con ITS todavía eran efectivas	66.7% (6/9)
Se encontraban en buen estado las mallas previamente instaladas.	44.4% (4/9)

Durante la realización de los talleres, posterior a la aplicación de encuestas que exploró la aceptación de mallas sin insecticidas, se pudo identificar que los asistentes manifestaron de forma general un mayor interés en profundizar sobre el conocimiento técnico de las mallas impregnadas con insecticida y también las no tratadas, debido en parte a la diferencia entre una y otra. Por un lado, en las discusiones dadas en los talleres se mantuvo una buena perspectiva respecto de las mallas instaladas en la primera etapa. Ahora bien, el recambio de mallas presentó interrogantes a los participantes sobre la eficacia que las mallas no tratadas con insecticida frente a las que tuvieron insecticida. Como se mostrará en la sección de eficacia percibida, las dudas fueron disipadas entre los participantes teniendo una evaluación positiva de las nuevas mallas regulares instaladas.

Posterior al recambio de mallas, se aplicó nuevamente otra encuesta explorando los principales motivos para continuar en el proyecto, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 2. Motivos de permanencia en el proyecto.

Motivos documentados	Porcentajes
Preocupación ante la situación experimentada por brotes de DEN/CHIK/ZIK	46.3% (57/123)
Tratarse de una intervención gratuita	22.8% (28/123)
Evitar la presencia de mosquitos al interior de los hogares	21.9% (27/123)
Antecedentes en la familia de DEN/CHIK/ZIK	17.9% (22/123)
Consideran el método de barreras físicas como una buena estrategia	13.8% (17/123)
Espera recibir otros beneficios del proyecto	10.6% (13/123)
Preocupación por la salud de los niños pequeños percibidos como población vulnerable	6.5% (8/115)

Disposición para instalar las mallas

Un aspecto clave para tanto para incrementar la adopción de los mosquiteros, así como la extensión de su vida útil, consistió en indagar la disposición de las familias para participar activamente en el recambio de sus propias mallas. El resultado de las encuestas arrojó que el 81.3% (91/112) manifestó estar de acuerdo con instalar sus mallas (3.4%, 4/116, prefirieron no responder), principalmente debido al interés por contribuir a mantener su vivienda sin mosquitos (63.7%, 58/91), considerarlo una buena manera de involucrarse en el proyecto (13.2%, 12/91), y la voluntad de comprometerse y contribuir al combate de las ABD (8.8%, 8/91).

Lo documentado en los talleres evidenció que la capacitación para la instalación y mantenimiento de las mallas, fomentó la participación activa, ya que los asistentes concluyeron que el proceso era más fácil de lo que imaginaban, se mostraron dispuestos y confiados para asumir las acciones (la instalación y el mantenimiento); además, se mostraron interesados en aspectos más específicos como la disponibilidad de colores de las mallas, su resistencia física (especialmente para las mallas ITS, por temor a interferir en su efectividad), mantenimiento, costo de los materiales y dónde podrían conseguirlos. Cabe destacar que el trabajo de instalación de mallas mosquiteras comúnmente se asocia al sexo masculino y que, si bien entre los asistentes de los talleres predominaron las mujeres, la respuesta y la impresión general sobre realizar la instalación por cuenta propia fue positiva.

Por otro lado, a pesar de que entre los motivos de permanencia figuraron factores como el tratarse de una intervención gratuita 22.8% (28/123) o esperar recibir otros beneficios 10.6% (13/123), que pudieran denotar un perfil asistencialista, al preguntar si pagarían por las mallas la gran mayoría de los entrevistados (78.9%, 97/123) respondieron que sí pagarían por ello, mientras que el resto reportaron no saber si podrían hacerlo (13%, 16/123) y otros (8.1%, 10/123) que no lo

harían de ninguna forma por precariedad económica familiar. Por su parte, los que refirieron estar dispuestos a pagar, el 77.3% (75/97) manifestó asumir los costos dentro de un promedio de 1,805.5 MXN (92 USD, tasa de cambio 19.6113 MXN en noviembre 2019), mientras que los otros (22/97) manifestaron estar dispuestos a pagar una proporción del costo total (31.8%, 7/22), estar dispuesto a pagar en función del monto (63.7%, 14/22) o estar dispuestos a hacerlo más no contar con el recurso (4.5%, 1/22).

Eficacia percibida de las mallas

El 95.1% (116/122) de los entrevistados percibieron un impacto en la reducción de mosquitos después de la instalación de las mallas mosquiteras; el 63.9% (78/122) reportó ausencia total de mosquitos, el 31.1% (38/122) que la cantidad de mosquitos era menor que antes de la intervención, el 3.3% (4/122) mencionaron que la cantidad era la misma, y finalmente el 1.6% (2/122) reconoció que el ingreso de los mosquitos a su vivienda dependía si mantenía o no abiertas sus puertas y ventanas. Así mismo, al preguntar si se observó que las mallas ahuyentaran otros insectos, el 65.6% (80/122) mencionó que sí (predominantemente moscas y cucarachas, con 68.4% y 25.3%) y el 34.4% restante (42/80) que no. Al preguntar los motivos por los que piensan que no tienen efecto sobre otros insectos, 82.5% (33/40) fueron refirieron no haberse fijado mientras que otros señalaron no haber notado diferencias, no tener presencia de otros insectos o asociarlo a la correcta instalación 5% (2/40 por respuesta) y por no estar diseñadas contra otros insectos 2.5% (1/40).

Satisfacción con las mallas instaladas

El 56.9% (70/123) calificó las mallas como excelentes, seguidas por 41.5% (51/123) que las calificó como buenas y solo 1.6% (2/123) como malas. Aquí, se les preguntó de nuevo las razones de dicha calificación. Quienes las consideraron excelentes lo atribuyeron a la eficacia en la disminución de mosquitos y otros insectos (55.7%, 39/70), la calidad de los materiales y la instalación de las mallas (41.4%, 29/70), su contribución a la prevención de ABD (8.6%, 6/70), la posibilidad de ventilar la casa (2.9%, 2/70) y la accesibilidad para adquirir las mallas en el mercado (1.4%, 1/70). Entre quienes las consideraron buenas, mencionaron la disminución de mosquitos y otros insectos (46%, 23/50), la calidad de los materiales y la instalación (36%, 18/50), la posibilidad de mejorar los materiales y la instalación (12%, 6/50), el desconocer la duración del efecto y ayudar a prevenir ABD (4%, 2/50 cada respuesta), ser necesario, gratuito y permitir completar las mallas del domicilio (2%, 1/50). Quienes las calificaron como malas, se lo atribuyó a que los materiales pueden mejorar. Finalmente, respecto a la percepción de si las mallas aumentan el calor de la vivienda, el 87% mencionó que no (107/123), otros respondieron que sí pero no tanto (10.6%, 13/123) y que sí aumentó el calor totalmente (2.4%, 3/123).

Percepción sobre infecciones por ABD después de la instalación

Se abordó con las familias si habían percibido sospecha alguna de que alguien en la casa haya presentado síntomas a DEN, CHIK o ZIK, posterior a la instalación de las mallas. Únicamente el 2.5% (3/122) de los encuestados lo refirió confirmado mediante diagnóstico (clínico o por laboratorio). De acuerdo con la percepción de si las mallas pueden evitar que las familias se infecten de DEN/CHIK/ZIK, el 97.5% (117/120) respondió que sí, mientras que el 17% y 0.8% (2/120 y 1/120) refirieron que no o no saberlo respectivamente.

Cambios en las prácticas preventivas

Adicional a las prácticas de saneamiento doméstico identificadas en los talleres, se consideró que un aspecto clave en intervenciones de esta naturaleza consiste en documentar si la comunidad beneficiaria continuaba usando las medidas preventivas, posterior a la instalación de las mallas.

El principal método documentado fue el uso de repelente corporal donde se evidenció que el 78.9% (97/123) refirieron no usarlo, frente al 29.2% que sí lo hacían (26/123). Entre estos últimos, el 61.5% (16/26) empleaban productos que contienen DEET (N, N-dietil-3-metilbenzamida) y cuya eficacia ha sido probada en la región (Uc-Puc et al 2016). La eficacia percibida de los repelentes referidos fue calificada como: buena (52.2%, 12/23), regular (26.1%, 6/23) o excelente (21.7%, 5/23) y mencionaron que lo aplican mayormente fuera de su casa (88.5%, 23/26). Ese dato resultó preocupante para el equipo, porque a pesar de la adición de la intervención, esta protege dentro de la vivienda y con base a la referencia, de que la mayoría de la gente no emplea repelentes, quienes lo emplean no lo hacen correctamente, por lo que se deben reforzar la utilidad y uso correcto de las medidas de protección.

Aquellos que refirieron no emplear repelente corporal, manifestaron como motivos principales no haber sido necesario 47.5% (39/82) no estar acostumbrados 19.5% (16/82), no gustarles 12.2% (10/82), presentar alergias 14.6% (12/82), considerar su efecto como poco duradero 2.4% (2/82), el olor como desagradable 2.4% (2/82) o el costo como elevado 2.4% (2/82), porque no repelen a los mosquitos 1.2% (1/82), emplear raidolitos 1.2% (1/82) o considerarlo innecesario por no salir al parque por las noches 1.2% (1/82).

Percepción comparativa: mallas con y sin insecticida

Se abordó a los participantes para conocer cuál ha sido su perspectiva y experiencia en cuando a los dos tipos de mallas que habían instaladas en sus casas en dos periodos distintos: 2017 mallas con insecticida y 2019 recambio a mallas regulares sin insecticida. Las familias reportaron que la durabilidad de las mallas mosquiteras se debió a su uso y presencia de otros factores, tanto para las puertas como las ventanas como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3. Durabilidad percibida de las mallas asociadas a factores socio-domésticos.

Categorías	ITS		No-ITS	
	Puertas	Ventanas	Puertas	Ventanas
Abrir-cerrar constantemente	3.49 (3/86)	1.16 (1/86)	11.63 (10/86)	8.14 (7/86)
Mascotas en la casa	19.77 (17/86)	13.95 (12/86)	15.12 (13/86)	6.98 (6/86)
Presencia de niños en la casa	19.77 (17/86)	12.79 (11/86)	6.98 (6/86)	8.14 (7/86)
Detalles en la instalación.	56.98 (49/86)	72.09 (62/86)	65.12 (56/86)	74.42 (64/86)
Falta de costumbre uso de mallas	0.00 (0/86)	0.00 (0/86)	0.00 (0/86)	0.00 (0/86)
Material de las mallas	0.00 (0/86)	0.00 (0/86)	0.00 (0/86)	0.00 (0/86)

En la tabla, el porcentaje que sobresalta es el de detalles en la instalación. Aquí, las personas reportaron que principalmente se debió a que las estructuras de las viviendas presentaron irregularidades en las superficies de paredes o estilos de paredes y ventanas que dificultaron una instalación óptima de los marcos y mallas mosquiteras. Esto es una característica común de muchas casas de Mérida y un factor a considerar para futuras intervenciones.

Por otro lado, se les preguntó a los participantes con cuál de las mallas percibieron menor cantidad de mosquitos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Percepción comparativa sobre la reducción de mosquitos

Tipo de mallas	Respuestas
En mallas con insecticida hubo menor cantidad de mosquitos	30.23 (31/86)
En mallas sin insecticida hubo menor cantidad de mosquitos	25.58 (4.86)
En ambas hubo menor cantidad de mosquitos.	43.02 (12/86)
En ambas mallas hubo la misma cantidad de mosquitos.	1.16 (1/86)
En ambas hubo mayor cantidad de mosquitos	0.00 (0/86)

Finalmente, se les preguntó cuál fue la malla mosquitera que más les gustó. El 60.47% (52/86) prefirió las mallas tratadas con insecticida, el 16.28% (14/86) las mallas regulares, y el 22.09% (19/86) mencionaron le gustaron ambas mallas por igual.

Escalamiento de la intervención

De manera general, el 98.4% (120/122) respondió que recomendaría totalmente el proyecto, para proteger a más personas (35.9%, 42/117), para prevenir ETA 26.5% (31/117), porque ayuda a disminuir los mosquitos y otros insectos 19.7% (23/117), porque muchos lo necesitan y no todos pueden pagarlo 12.8% (15/117), etc. Por otro lado, el motivo por el que el 1.6% (2/122) no sabía si recomendaría el proyecto, debido al desconocimiento de si se tiene el presupuesto o a las demás personas les interesaría. En términos cualitativos, se identificó otra importante razón para el escalamiento durante la realización de los talleres. Los participantes concluyeron que existe población vulnerable como mujeres embarazadas o menores de edad que viven expuestas al vector en zonas urbanas marginadas como el sur de la ciudad de Mérida, Yucatán.

Referencias

- Ayuntamiento de Mérida (2018). *Ordenamiento territorial*. recuperado el día 19 de junio del 2020 de <http://isla.merida.gob.mx/serviciosinternet/ordenamientoterritorial/>
- Che-Mendoza, A. et al. (2015) Long-lasting insecticide treated house screens and targeted treatment of productive breeding-sites for dengue vector control in Acapulco, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 109(2), 106-115. DOI: 10.1093/trstmh/tru189
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6° edición. Mexico: Mc Graw Hill.
- Jones, C. et al. (2014). Use and acceptance of long lasting insecticidal net screens for dengue prevention in Acapulco, Guerrero, México. *BMC Public Health*, 14, 846.
- Manrique, P., et al. (2015). Use of insecticide-treated house screens to reduce infestations of dengue virus vectors, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 21(2), 308-311. DOI: 10.3201/eid2102.140533

- Manrique-Saide P, Herrera-Bojórquez J, Medina-Barreiro A, Trujillo-Peña E, Villegas-Chim J, et al. (2021) Insecticide-treated house screening protects against Zika-infected *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15(1):e0009005.
- Pérez, D., Van, P., Toledo, M., Ceballos, E., Fabré, F., & Lefevre, P. (2018). Insecticide treated curtains and residual insecticide treatment to control aedes aegypti: an acceptability study in Santiago de Cuba. *Plos neglected tropical diseases*. DOI:10.1371/journal.pntd.0006115
- Pulford, J., Hetzel, M., Bryant, M., Siba, P. & Mueller, Ivo. (2011). Reported reasons for not using a mosquito net when one is available: a review of the published literatura. *Malaria Journal*, 10(1), 83.
- Secretaría de Salud (2019). Evita el zika, chikungunya y zika. *Secretaría de Salud*. Recovered from <https://www.gob.mx/chikungunya-dengue/articulos/lava-tapa-voltea-y-tira-19014>

“Se alborotan los moscos y empiezan a pedir miriñaques”. El oficio del miriñaquero en la lucha contra los mosquitos transmisores de enfermedades en Yucatán, México

Empresas y mallas mosquiteras: un abordaje desde la antropología

En México se han desarrollado proyectos financiados por TDR/WHO, IDRC y CONACYT que, bajo el enfoque Eco-Bio-Social, han implementado la instalación de mallas mosquiteras tratadas con insecticida (ITS, por sus siglas en inglés) de los cuales se han obtenido resultados positivos reduciendo la infestación de mosquitos en las casas, y han gozado de una buena aceptación social por parte de la comunidad (Jones et al, 2004; Che-Mendoza et al, 2015; Manrique et al, 2021). El presente trabajo es el resultado de una de estas intervenciones y busca responder a la pregunta de: ¿cuál es el rol de los pequeños propietarios de empresas en la prevención y control de mosquitos transmisores de enfermedades como el DEN, CHIK, y ZIK en Yucatán, México. Es así que el objetivo radica en investigar, desde la perspectiva de los miriñaqueros, la trayectoria laboral de las personas en el giro de los mosquiteros, el tipo de organización o registro que presenten, los esquemas de financiamiento e inversión que administren, hasta qué punto los mosquiteros representan sus mayores o menores ingresos, qué tipos de productos y servicios ofrecen a los clientes, cómo perciben la demanda de mallas y bajo qué circunstancias, y finalmente, si las personas consideran que hay retos que afrontan y las soluciones que piensen como viables.

A pesar de las recomendaciones dadas por la OMS y la promoción gubernamental para el uso y adopción permanente de las mallas mosquiteras, ello no resuelve el costo asociado para adquirir dicho método e instalarlo en las viviendas por parte de los usuarios. Por lo general, las mallas mosquiteras se encuentran disponibles para la venta en público ya sea en supermercados como Wal-Mart, Costco, Home Depot, etc., o en tiendas en línea como Amazon, e incluso pueden ser ordenados virtualmente a las empresas que manufacturen dichos materiales. Adicionalmente, para el caso concreto de Yucatán, existen pequeñas empresas dedicadas a la instalación de estructuras de aluminio en viviendas y negocios de diferente tipo. Uno de los productos que proveen es la instalación de mallas mosquiteras en puertas y ventanas. Por lo general, los marcos usados para fijar las mallas son igualmente de aluminio y, como se verá en el estudio, ha sido el material que preferentemente se ha usado por parte de los miriñaqueros desde sus inicios en el negocio de los mosquiteros.

El que sea el sector privado local uno de los principales proveedores de mallas mosquiteras en un Estado como Yucatán, endémico al *Aedes aegypti* transmisor del dengue, presenta una particularidad que hasta el momento no había sido estudiada. Aquí, la antropología ofrece enfoques y herramientas para analizar este fenómeno sociocultural único en México. Desde la antropología de los negocios (Jordan 2010; Tian 2018; Sunderland 2007) se puede abordar la complejidad socio-organizacional de este tipo de empresa y comprender el rol que juega en la lucha contra los vectores transmisores de enfermedades.

Tabla 1. Ejes temáticos abordados por la antropología de los negocios.

Ítems	Descripción
Procesos de trabajo	Se centra en cómo hacer más eficientes los procesos de trabajo.
Comportamiento grupal	Aborda la cultura, normas sociales, procesos de negociación, y relaciones de poder dentro de una organización empresarial.
Cambio organizacional	Se enfoca a los cambios y la resistencia a estos en cuanto a la innovación tecnológica, nuevas directrices empresariales, y conflictos entre diferentes tipos de cultura organizacional.
Comportamiento del consumidor	Se centra en estudiar las prácticas de consumo y cómo se pueden diseñar y aplicar estrategias directas y planificadas de marketing.
Diseño de productos	Se aboca al entendimiento de qué es lo que quiere el consumidor y provee a los diseñadores de ideas para productos acorde a los hallazgos.
Globalización y diversidad	Se considera las interrelaciones de distintos grupos o culturas empresariales locales, nacional e internacionales en el ámbito de los negocios.

Para el presente estudio, toma como base algunos de los ejes conceptuales (específicamente el segundo, tercero y cuarto) previamente discutidos en la Tabla 1, y se añadieron otros componentes tales como trayectoria laboral, historia de la compañía.

Métodos y materiales

En las investigaciones sobre organizaciones empresariales se han producidos distintos métodos dichos temas. Sin embargo, de acuerdo con Tian (2018), la antropología ha reutilizado sus propios métodos para abordar dimensiones socioculturales que otros enfoques no realizan, tal como se señala a continuación:

“Unlike more formal methodologies, the methods used for research in business anthropology incorporate qualitative and ethnographic methods to inspect organizational phenomena. Other tools that are specific to anthropology in organizations include participant observation, informal and structured interviews, and other “realistic,” informal, and face-to-face methods of inquiry.” (Tian 2018, pp. 4).

Es así que, basándonos en la propuesta de Tian, el presente estudio usó el método etnográfico mediante la aplicación de entrevistas abiertas, conversaciones informales con empresarios dedicados a la instalación de mallas mosquiteras y empleados de dichas empresas. En total se lograron entrevistar a 20 personas de este giro y se registraron datos etnográficos adicionales para contextualizar la actividad de tales empresas.

Las entrevistas semi-estructuradas (Ver material suplementario) fueron transcritas y analizadas mediante el programa MaxQda y para ello, se elaboró una matriz de códigos (Ver Material suplementario) basada en los ejes definidos en la Tabla 1. Para el caso de las entrevistas informales y datos etnográficos, se elaboró un reporte que fue discutido en seminarios de trabajo para tabular los resultados dentro de las categorías y códigos generados en las entrevistas. A solicitud de los informantes entrevistados, se mantuvo el anonimato de sus datos personales por lo que sólo se referirá a ellos mediante un pseudónimo, edad, y el perfil de miriñaquero, aluminiero, o trabajador del miriñaque.

Resultados

Los miriñaques: aprendiendo el oficio

De acuerdo con los informantes del presente estudio, el uso de mosquiteros en Yucatán tiene más de 50 años de existencia y paulatinamente se fue incorporando en la actividad comercial dando lugar a la formación de pequeñas empresas que lo ofertan como producto (la malla) y servicio (la instalación de las mallas). La malla es conocida localmente con el nombre de “miriñaque” y se refiere al tipo de material rígido que se usaba hace tiempo en la instalación de esta tela en puertas y ventanas. Es así que, a las personas que lo trabajan se les conoce comúnmente como miriñaqueros o bien como aluminieros, ambos aspectos se mostraran más adelante. Un miriñaquero relata la historia del cambio de material, desde su perspectiva, pero que es común en la mayoría de los otros discursos:

“El material que más utilizamos nosotros al cien por ciento es la fibra de vidrio negro, porque si utilizara el de plástico... hace años dejé de utilizarla por el sol que nosotros tenemos no te dura y se cae. El aluminio se usó durante varios años. Nos daba categoría, nos daba un poco más de plus, pero igual la fábrica que la maneja le bajó mucho la calidad y le subió mucho el precio, entonces, sabes qué, va pa’ fuera. La fibra de vidrio llega en gris y llega en negro y son las que se utilizan, porque a la fibra no le afecta la temperatura, los rayos UV. Si un chamaco viene y le pasa el clásico lapicito y corre; con la fibra de vidrio no se corre, es más resistente” (William, 56 años).

Cada trabajador entrevistado nos relató su trayectoria y experiencia en el aprendizaje de los miriñaques. A pesar de las diferencias en las narrativas, aspectos en común fueron encontrados siendo el más sobresaliente el dilema entre aprender el oficio y posteriormente formalizarse como empresario. Es aquí donde emergen uno de los problemas para estos trabajadores ya que el hecho de formalizar su actividad empresarial implica pagar tributo hacendario, algo que ellos consideran poco sostenible debido a que las ganancias pueden ser fluctuantes y sujetas a la temporada de lluvias que es cuando se produce la infestación de mosquitos.

Desde la perspectiva de los miriñaqueros, es bastante común que se aprenda el manejo del aluminio primeramente (y en el proceso su uso para las mallas) en grandes empresas, muchas veces fuera del Estado de Yucatán, como relatan los siguientes testimonios.

“La suerte que tuve es que yo me fui al Distrito (Federal) en 1967 y tuve la oportunidad de conocer a un amigo, con el cual continúo trabajando, y él me enseñó a hacer, primero, vidrieras, aparadores de cristal, exhibidores... Estuve ahí en México, en esa compañía, como siete meses, porque yo tenía contrato en Aeroméxico, era Aeronaves de México en aquel tiempo. Entonces, dejé ese trabajo por ir a continuar con los contratos, pero como ya tenía dos años sin ver a mi familia, regresé a Mérida dejando el trabajo allá... Entonces, me volví a encontrar con este amigo y, entonces, con él aprendí ya no sólo lo que es muebles y exhibidores, sino que empecé con el aluminio, precisamente ventanerías económicas tipo persianas. Y de allá, al hacer uno las ventanas, tiene que aprender a hacer los mosquiteros”. (Teodoro, 74 años).

“Al principio no sabía yo nada, ya entramos acá en la empresa y pues con ayuda de los compañeros me fueron enseñando y fui aprendiendo a instalar los mosquiteros... Todo lo aprendí a base de trabajo, cuando entré me fueron asesorando y fui aprendiendo”. (Rolando, 65 años).

“Es que igual tenemos experiencia de 16 años en una empresa donde fui empleado y ahí vendían, exclusivamente, el material de México, Guadalajara, Puebla, que es donde están las plantas y ahí me fueron capacitando. Y yo venía y en mi labor de vendedor tenía que capacitar a los futuros aluminieros. Entonces, allá, hace 33 años más o menos, empecé a pensar en independizarme porque la empresa donde yo trabajaba sólo estaba dedicada a la venta de producto primario y no

al servicio posterior. La empresa era Aluminios Arévalo, el dueño era Adolfo Arévalo Barrientos, que es un pionero del aluminio aquí en Mérida. En esa empresa aprendí a vender el aluminio, a trabajar el aluminio, pero nos capacitaban en aquella época en la planta de México y veníamos acá a capacitar a otra gente". (William, 56 años).

Sin embargo, hay personas que, si bien no tenían empresa de alumineros o miriñaqueros, sí se dedicaban a la herrería en el pasado y fue de allí donde se formaron futuros miriñaqueros, como es el siguiente caso.

"Pues como todo, primero como ayudante del que sabe y así, poco a poco, nos fuimos capacitando y haciendo trabajos más complejos... viene también de mi familia, mis abuelos eran herreros, los mosquiteros lo aprendí por necesidad, porque si el patrón lo pide hay que saber hacer... viendo de otros que lo hacían, lo aprendí... con los compañeros aprendí todo, sí porque hay que metían gente así, de alumineros, y de ellos aprendemos". (Juan, 47 años).

En otros casos, ya contaban con una empresa familiar en la que se fue aprendiendo la actividad de la instalación de mallas. Cabe recordar que la primera actividad mencionada en el proceso de aprendizaje fue siempre el manejo del aluminio (para marcos sin mallas, cancelería, ventanales, techos, puertas etc.). y, posteriormente, su uso para las mallas.

"Desde que empecé trabajando con mi papá con él eran más trabajos grandes, le trabajábamos a las farmacias Canto. Entonces, en ese tiempo mientras yo crecía y aprendía, eran otro tipo de situaciones... armar puertas, poner entrepaños, vestir farmacias... ahí empecé aprender... Empecé aprendiendo con mi papá, pero ya de ahí me fui para otros ramos... puedo hacer fachadas completas, trabajo el vidrio templado". (Ulises, 52 años).

"Por algún familiar ya empezamos en el negocio... No, o sea, con un conocido ya empezamos a trabajar como ayudantes (sus familiares) y poco a poco fuimos aprendiendo el oficio. Primero que nos dejaban cositas, pero poco a poco aprendimos a trabajarlo y a conocer los materiales... El mosquitero es básico, el que te sabe instalar una ventana te pone un mosquitero también". (Gerónimo, 43 años).

Desde la perspectiva de los trabajadores de miriñaques, trabajar en grandes empresas les permitió conocer y saber manejar los materiales, realizar trabajos de cancelería y aluminio más complejos, identificar potenciales clientes y las demandas de los mismos, y finalmente los costos asociados. Sin embargo, el independizarse y formar una pequeña empresa presentaba siempre sus complicaciones, sobre todo de inversión financiera y la competencia entre sus compañeros, conocidos y familiares que igualmente aprendían dicho oficio de instalación de estructuras y, por ende, mallas mosquiteras.

El trabajo de miriñaques: entre la formalidad e informalidad

Como se ha venido mencionando, formar una empresa y mantenerla a flote les resulta todo un reto a los alumineros. Los entrevistados mencionaron que es muy común que ellos como trabajadores independientes, trabajar "al destajo", y por lo general no están registrados como personas morales para pagos hacendarios (SAT). En las entrevistas informales se pudo observar que pueden trabajar eventualmente para una empresa que instala estructuras de aluminio, pero también realizan trabajos pequeños por cuenta propia (v. gr. instalar marco de aluminio con miriñaque en una puerta o reparar mallas en mal estado en algunas casas); a estas actividades se les denomina "al destajo", pero muchas veces constituyen ingresos más frecuentes que los grandes trabajos.

“Soy independiente, yo trabajo por mi cuenta. Tengo clientes que me van recomendando y por recomendaciones trabajo, en realidad no tenemos nada fijo...Esto es variado, dependiendo de cómo esté el trabajo, yo no tengo un trabajo fijo. Normalmente, cuando hay trabajo, consigo a las personas que me ayuden... calculo cuánto tiempo nos va a llevar y cuántas personas necesito, para saber cuánto les puedo pagar”. (Ulises, 52 años).

“Estuve en Hacienda un tiempo, pero no alcanzaba para pagar contador y todo... estuve cinco o seis años en Hacienda. Eso ya tiene como 15 años, porque como tenía yo que... mi hijo trabajaba en Cemento Maya, entonces, por medio de mi hijo me llamaron para hacer unos trabajos y lo tenía yo que facturar y tenía que ser personal la factura, por eso lo hice... Estaba bien cuando había trabajo, pero cuando el trabajo bajaba ya no convenía, definitivamente. (Teodoro, 74 años).

Por otro lado, tenemos un testimonio que representa la perspectiva de los trabajadores que han decidido tener un registro como persona moral ante el SAT.

“Por tranquilidad, como persona física uno corre ciertos riesgos, de patrimonio en algunos casos, como persona moral ya estoy protegido de eso. Es un gasto extra, pero... desgraciadamente, aunque nos ha repercutido un poquito en los costos finales hacia el cliente, para nosotros es una garantía de poder brindarle un mejor servicio” (William, 56 años).

El siguiente punto está relacionado con la estructura organizacional de las empresas, o bien, el equipo que es formado eventualmente cuando hay alta demanda de productos y servicios. Los miriñaqueros consideran que generalmente el dueño o jefe es quien dirige el negocio y ocasionalmente puede contar con la figura algún secretario o contador, según sea requerido. Igualmente, por lo regular, hay algunos empleados fijos y los demás son eventuales contratados de acuerdo a la cantidad de trabajo que se solicite. Así lo evidencian algunos testimonios.

“Ningún empleado, yo lo trabajo solo... cuando hay bastante trabajo y hay obras grandes, recorro a conocidos en el ramo y pues ya para poder realizar el trabajo, pero cuando son obras pequeñas, pues prácticamente solo”. (Gerónimo, 43 años).

“Actualmente contamos con cinco empleados de base. Son rotativos, normalmente tenemos a uno de base, que es el jefe del taller. Y ya cuando se requiere se contratan nuevos por 30 días, según la obra, según el tiempo, según la experiencia”. (William, 56 años).

“(Me) gustaría tener más empleados y gente que aprenda el negocio, porque el conocimiento hay que transmitirlo. “Permito que los trabajadores aprendan de todo... también en la cotización de materiales” (Rolando, 65 años).

Respecto a la inversión financiera de los negocios de miriñaqueros y/o aluminio que cuentan con un registro tributario formal, pueden acceder a recursos y apoyos para las PyMEs. Sin embargo, los trabajadores relataron las dificultades percibidas para lograr obtener dichos apoyos. Por ejemplo, Don Rolando comentó que o ha intentando en un par de ocasiones; sin embargo, cuando llega al banco o dependencia, se encuentra con muchos obstáculos. Cuando él era persona física; es decir, cuando estaba registrado ante el SAT, lo pudo hacer; lo apoyaron otorgándole vehículos. Como persona moral no ha podido acceder a ningún tipo de apoyo gubernamental. Él identificó un problema en esta búsqueda de recursos:

“Hay mucha deshonestidad por parte de las personas que trabajan ahí en las dependencias donde se otorgan los apoyos, los créditos ya están dados desde antes que salga la convocatoria”. (Rolando, 65 años)

Algo similar encuentran otros miriñaqueros:

“Ninguno de los apoyos, es muy enredado conseguir esos apoyos. Si sería ideal poder contar con ello, pero es complicado. Prefiero seguir cuidando mi negocio, porque ir a dar las vueltas y el papeleo, pierdo más de lo que me podrían dar. Desgraciadamente, en mi caso nunca hemos contado con ningún apoyo, tengo capital propio y prestamos de la caja popular. Yo tengo mi dinero ahí y, digamos, me lo autopresto ja, ja, ja. Tengo la obligación de devolver, me devuelvo y ahorro un poquito más”. (William, 56 años).

“No, todo ha sido a base de esfuerzo. A base de préstamos para hacer nuestro taller. Tenemos la caja de ahorros allá en San Cristóbal y no tengo problemas con el crédito”. (Teodoro, 74 años).

Finalmente, cuando se entrevistó a los trabajadores de miriñaque, se abordó el tema de si las mallas mosquiteras representaban la mayor parte de sus ingresos económicos. Y, en su defecto, si se dedicaban a otra actividad adicional para complementar sus gastos. Por ejemplo:

“No sólo se dedica instalar mallas mosquiteras, pues el giro principal de la empresa en la que se labora es el de la instalación de todo tipo de estructuras hechas con aluminio y también trabajan vidrio” (Richard, 40 años).

“No tanto, no es lo principal... tengo más trabajo instalando ventanas y puertas corredizas. Sí lo trabajamos, como le decía, pero hay quien te diga que sólo se dedique a eso, es parte del trabajo, a muchas personas no les gustan y nos siempre las instalaciones que hacemos nos piden el mosquitero... puede llevarlo o puede no llevarlo”. (Genaro, 43 años).

“No, el mosquitero es nada más un complemento. Hay muchas personas que lo piden, pero hay otras personas que no, no es una cosa esencial, porque a veces no quieren pagar lo que vale cuando se está haciendo el trabajo” (Teodoro, 74 años).

“En este negocio la instalación de mallas mosquiteras no es lo único que realiza y tampoco constituye la actividad de mayor demanda. La herrería es la actividad principal del negocio. Dentro de este giro, la elaboración de rejas, ventanas y estructuras para techos, son las actividades de mayor demanda” (Rolando, 65 años).

Temporada de moscos, negocio en el norte

Todos los entrevistados relataron que es en la temporada de lluvias (junio - septiembre) cuando la demanda por los mosquiteros aumenta, como relatan dos testimonios.

“Sí, es cuando más se solicita en época de lluvias por ejemplo ahorita que están empezando las lluvias los mosquitos... Por ejemplo, ahorita con la lluvia hay muchos, en la mañana cuando vine había tres puertas para llevar y aparte íbamos a cambiar la tela de un miriñaque que estaba roto... se alborotan los moscos y empiezan a pedir mosquiteros”. (Pablo, 65 años)

“Pues, se vende mucho el mosquitero, por ejemplo... ahorita que viene la época de lluvias es cuando más se pide el mosquitero... cuando hay calorcito se le olvida a la gente... pero la gente sí lo pide en sus puertas y ventanas” (Ulises, 52 años).

Sin embargo, un entrevistado realizó una observación percibida sobre el cambio de la demanda de mallas mosquiteras con el paso del tiempo.

“Hasta hace cuatro-cinco años (2014-15) sí era muy notorio, en temporada de lluvias era una locura la venta de mosquiteros, en temporada seca nos olvidamos porque no hay moscos y no te molesta nada. Pero desde hace unos tres años para acá (refiriéndose al 2016) ya no hay esa diferencia, ya esto es común, es constante. Ya no hay una temporada que digas en el mes de junio y agosto voy a vender más puertas de mosquitero porque son las que más me piden; en el mes de noviembre sólo ventanas, para que protejan del norte (frente frío)... no, eso ya es muy constante. Ahora las personas que compran casa o se las dan ya con mosquitero incluido o es lo primero que van a instalar. Así que ya no es temporal” (William, 56 años).

En términos epidemiológicos, se puede explicar que en la región se ha presentado una disminución tanto de casos a ETV como la infestación de mosquitos que, no es similar a los periodos de brotes que acontecieron por Chikungunya en el 2015 y Zika en el 2016.

Durante la temporada de mosquitos, las demandas tienen lugar en áreas concretas de la ciudad de Mérida. Sin embargo, a pesar de que hubieron discrepancias entre los miriñaqueros, la mayoría considera que es en el norte de la ciudad en donde la demanda de las mallas mosquiteras tiende a ser más frecuente, debido a que los habitantes de allí tienen mayor poder adquisitivo. Por ejemplo, un trabajador mostró un presupuesto del costo total que comúnmente se maneja en el negocio:

“(La) puerta hecha con malla de fibra de vidrio cuesta \$1000 y la que está hecha con aluminio tiene un costo de \$1100. Una ventana de un metro cuadrado con malla de fibra de vidrio costaría \$300 y otra con malla de aluminio, costaría \$400. Una casa de fraccionamiento con mosquiteros en todas las ventanas (siete) y en las dos puertas, tendría un costo aproximado de \$5000, con mallas de fibra de vidrio” (Ulises, 52 años).

A continuación se muestran algunas narrativas al respecto de las demandas de mosquiteros por áreas en la ciudad de Mérida:

“En la periferia, fuera de lo que es el periférico: Bicentenario, Los Héroes, Dzitia, Las Américas, en los nuevos fraccionamientos es más solicitado el servicio. Ahora estamos dando servicio a farmacias Similares que ya te piden cancelar, pero en ninguna nos han solicitado mosquiteros”. (William, 56 años).

“Yo, por acá Santa Rosa, el Sur de Mérida, casi no trabajo, mayormente en el norte. Es que yo tengo unos clientes y los familiares son los que se van comunicando y dicen ‘esta persona es conveniente’” (Teodoro, 74 años).

“El sur de la ciudad es donde trabaja con menor frecuencia, esto (lo atribuye) a que el aluminio es un material de precio elevado y en esta parte de la ciudad es la de recursos económicos más bajos”. (Rolando, 65 años).

“Hay en el norte, en Los Héroes... en los fraccionamientos nuevos, Las Américas, Caucel... Como hay muchos talleres de aluminio, hay mucha competencia... también por allá de Montes de Amé”. (Pablo, 65 años).

“Normalmente es la zona norte donde trabajamos... la zona norte es donde hay más poder adquisitivo, el aluminio es caro, no en todas partes lo pagan”. (Ulises, 52 años).

“Sí, en algunos lugares sí... Ahorita estamos trabajando más en lo que es el norte y, a veces, fuera de Mérida... en casas casi no, la mayoría en algunos negocios y otro tipo de trabajo más grande”. (Gerónimo, 43 años).

Epidemias y el trabajo de miriñaques

Contrario a lo que se puede esperar, un aspecto interesante encontrado fue que para los miriñaqueros, el que se presenten brotes de dengue, chikungunya o Zika debido a la infestación de mosquitos no significó un aumento constante y sostenido en la demanda de instalación de miriñaques. Los testimonios hacen referencia al brote de Chikungunya (2015) y Zika (2016).

“Si se incrementa y mucha gente acá en el sur no es de darle la importancia, más en el norte, el oriente, le dan más importancia. Aquí en el sur lo oyen como de vacile... por todo eso, hay que hacer conciencia de que no es un lujo sino es algo necesario, aunque no cualquiera pueda. Sí nos impactó en las ventas. De hecho, su servidor, yo que soy aluminero no me gusta el mosquitero, pero tuve que llenar la bendita casa de mosquiteros, para prevenir ”. (William, 56 años).

“Sí incrementó la demanda de instalación de mallas mosquiteras durante los años en los que aparecieron el chikungunya y el zika; sin embargo, ahora la cantidad de trabajo ha bajado un poco. (Rolando, 65 años).

“Pues sí tuve unos clientes, sí aumentó el trabajo hace uno tres años. Sí, sí vimos un poco la diferencia un tiempo, pero ya está normal otra vez...”. (Ulises, 52 años).

“Aumentó un poco, bueno, como le dije que son muchos talleres entonces se repartió el trabajo, pero si hay un poco. Como somos muchos talleres, a todos nos toca un poco, se nos divide”. (Pablo, 65 años).

Otros miriñaqueros presentaron testimonios similares reforzando la experiencia de que aunque sí se produce una alta demanda en brotes de mosquitos, todo vuelve a la normalidad con el paso de los años. Esto, es otra de las razones, sumadas a la de las mallas como producto a demanda durante periodo de lluvias, por las cuales muchos de los trabajadores de miriñaques piensan que las ganancias de tal producto es eventual.

Los Millet y el monopolio del aluminio

Se ha hecho evidente de que el aluminio constituye una variable fundamental en el trabajo de los miriñaqueros, desde sus inicios (alrededor de 50 años en general) en dicha actividad comercial hasta la fecha. Dicho material es visto y manejado como la primer y único producto que se oferta a los clientes y las razones tienen su base en la ganancia monetaria de la instalación de mallas, más que por algo fortuito.

Durante las entrevistas informales, los miriñaqueros reconocieron de que existen varias empresas que venden el aluminio, pero que la gran mayoría pertenecen a una familia en particular, los Millet. Como comenta uno de los informantes:

“Es una empresa familiar la que monopoliza del aluminio, por lo menos en Yucatán. Ellos controlan los precios en todas sus sucursales y así la competencia se ve obligada manejar los mismos precios. Además, es la misma empresa, pero sólo que maneja distintas razones sociales, es su bisne” (Julián, 35 años).

El efecto que esto ocasiona es que los trabajadores de miriñaques se ven obligados a usar el aluminio como principal alternativa para los marcos de las mallas. A juicio de la mayoría,

consideran de que es el mejor metal para los mosquiteros (sobre todo por su durabilidad), pero su costo es elevado lo que hace que la instalación de mallas sea muy incosteable para muchas familias, por lo menos para tener cobertura total en todas las puertas y ventanas de las viviendas.

Debido al costo del aluminio, cuyo precio fijan la familia Millet, una de las estrategias por las que han optado los miriñaqueros es reutilizar retazos de metal o bien, compran o revenden marcos desechados en otros trabajos de herrería. El costo es menor tanto para ellos como para las familias de escasos recursos que solicitan instalación de mallas mosquiteras.

Se les preguntó a los miriñaqueros por otras opciones para los marcos de puertas y ventanas tales como madera y PVC que pueden ser manufacturados, otros, como Velcro o imanes que se encuentran a la venta en grandes tiendas o almacenes. Todos sin excepción manifestaron que prefieren el aluminio porque es el principal material que manejan para otros productos (v.gr. Canceles, puertas, mostradores o vitrinas, ventanas etc.). El aluminio, a pesar de ser caro en su compra, también ellos obtienen una buena ganancia cuando cobran para instalar ya sea las mallas mosquiteras u otras estructuras de metal en las viviendas y negocios.

“Hay varios proveedores, pero el más fuerte aquí en lo que es el sureste es la Herramax...Ahora, en aluminio sí hay varios fuertes, dependiendo calidades. Por ejemplo, compras un aluminio cuprum con Alumayab, que es uno de los mayores distribuidores, tiene como 14-15 tiendas en la península, te da un precio bueno con un material excelente; ahora, un precio excelente te lo da Conalum, con una calidad deficiente. Entonces ahí tienes que balancear qué le quieres ofrecer a tu cliente. Si el cliente está buscando algo barato, pues me voy por Conalum y te pongo tu aluminio delgado, que te cuesta, por decir algo, \$80 la barra y el de Alumayab me cuesta \$120, pero es un material más grueso. Lo que pasa es que lo que venden Cuprum, Conesa, Alumayab es un material extraído de material virgen. Lo que vende Conalum es materia extraído de material de reutilizado, su aluminio viene muy delgado y además viene con ciertas deficiencias técnicas. En cambio, el Alumayab te aguanta un ciclón”. (William, 56 años).

“Existen diferentes calidades del aluminio. Está la línea económica, la línea de 2 pulgadas, la línea de 3 pulgadas y la línea europea, que no es poco utilizada debido a su elevado costo...(él nunca ha utilizado esta última línea). Las marcas más utilizadas son Cuprum y extralum (línea económica) y sus principales proveedores son Alumayab, Extralum y Aluminios La Viga” (Rodolfo, 65 años).

Por otro lado, si bien los trabajadores conocen materiales alternativos para los marcos, manifestaron desconocer si son tan buenos como los marcos y mallas que ellos trabajan. El aluminio, debido a que es usado para muchos otros productos y servicios que ellos ofrecen a sus clientes, consideran que es más rentable, aunque caro, y será más duradero con el paso del tiempo

Una característica de estos trabajadores de miriñaques está que no están afiliados a algún sindicato, red, o asociación civil entre ellos. Los entrevistados manifestaron que muchos se conocen entre sí porque han trabajado juntos en algún momento de sus vidas en el negocio. Sin embargo existen redes de apoyo informal, por ejemplo, para revender pedazos de aluminio desechados por unos miriñaqueros y que otros requieran por su bajo costo. Frente al monopolio familiar de la familia Millet del aluminio, estos miriñaqueros no tienen una representación legal para negociar costos asociados de los materiales con las sucursales de venta, sino que simplemente se ven obligados a pagar por los insumos a costa de endeudamientos como se ha manifestado en varios testimonios.

Por otro lado, esta ausencia de figura grupal entre aluminieros está enraizada en otra problemática propia del comercio: la competencia por los clientes y la demanda de trabajos. Por ejemplo:

“Si uno contrata personas bien preparadas, les va a costar mucho dinero; si uno enseña a unas personas, van a aprender unos meses y después se van ¿por qué? Pues para independizarse y

ganar más. Ese es el problema de los aluminieros, por eso hay enormidad de aluminieros. Cuando yo empecé a trabajar en Vitrolux, si había 60 aluminieros en Mérida, era mucho... eso fue en 1972, ahora hay un mundo” (Teodoro, 74 años).

Los miriñaqueros comentaron que no es necesario tener una empresa formal para ofrecer productos y servicios para los mosquiteros. Esto ha llevado, como comenta Teodoro, a un incremento desmedido de trabajadores independientes, pero que no siempre realizan un trabajo de calidad. Esto termina por afectar la reputación de los miriñaqueros que llevan más tiempo en el negocio y que se han conseguido una cartera de clientes. La preocupación radica también en parte a que son los mismos empleados o ayudantes que ofrecen a estos clientes precios más baratos y como existe ya un vínculo de confianza con el jefe de estos empleados por el cliente, muchas veces aceptan las ofertas. Así lo evidencian unos testimonios:

“El principal problema al que hemos sobrevivido durante estos 25 años, es que la mayoría de los comercios de esta zona... yo soy uno de los pioneros en esta zona, cuando yo abrí mi negocio no había nadie más en esta zona... (Ahora estos miriñaqueros nuevos) no tienen vigencias en sus permisos, no están dados de alta en Hacienda y, ante eso, es muy difícil competir, porque la misma gente (clientes) que lo consume lo propicia. Es tan fácil como que venga una persona aquí y me diga: ‘¿cuánto me cobras esto?’, y luego va con el de en frente y te dice \$200 menos; entonces, esos \$200 son los gastos de la contabilidad, de los impuestos, de los seguros...Me puedes ver dentro de seis meses y te doy mantenimiento, me puedes ver dentro de cinco o seis años y te puedo volver a trabajar, porque calidad te estoy vendiendo. Tengo clientes que ahora a sus hijos les estoy trabajando” (William, 56 años).

“El aluminiero que no está registrado porque te quita a los clientes por ofrecer trabajo menos costoso, que algunas veces está mal hecho... y que después de que lo hizo, no aparece. Hasta cambian su número de teléfono”. (Rolando, 65 años).

“Pues hay muchas, sobretodo la competencia, está fuerte... ahorita ya cualquiera se mete a trabajar en esto. Pues es un trabajo que representa una ganancia cuando se trabaja como debe de ser” (Ulises, 52 años).

Incluso, un miriñaquero en particular, hizo referencia a una problemática de tipo internacional:

“Pues hay veces que baja y hay veces que sube el trabajo, a veces baja y no hay...pues no sé si de las problemáticas que hay a nivel nacional o a nivel internacional, quién sabe... como esta vez que hubo aranceles en el aluminio y todo por Trump... sí subió mucho el precio... no cualquiera puede pagarlo” (Pablo, 65 años).

Ante el número de miriñaqueros informales que trabajan al destajo mermando clientes a los que tienen más tiempo en el negocio y el aumento de precios del aluminio, paradójicamente algunos trabajadores dijeron que la regulación de dicha actividad mediante Hacienda es la mejor alternativa:

La competencia sería más “justa” si hubiese un mejor control, por parte de Hacienda, de todos los negocios que se dedican al aluminio” (William, 56 años).

“(Poner) publicidad que diga que no se deben ocupar personas que trabajen subterráneamente, por los riesgos que corre el trabajo...que con un negocio en regla que cumple con el pago de impuestos, el cliente también adquiere una garantía del trabajo que está pagando” (Rolando, 65 años).

Sin embargo, los trabajadores que no mencionaron esto como una solución son los que más se ven beneficiados del trabajo al destajo como se ha expuesto anteriormente. Ahora bien, ante el incremento de costos de los materiales, todos dijeron que difícilmente se podría cambiar tal panorama. La razón dada fue que debido a que los precios los fijan las empresas y distribuidores de aluminio, dentro de los cuales, todas las sucursales de la familia Millet juegan un papel preponderante en el establecimiento de los costos al aluminio para enmarcar las mallas mosquiteras.

Referencias

- Che-Mendoza, A. et al. (2015) Long-lasting insecticide treated house screens and targeted treatment of productive breeding-sites for dengue vector control in Acapulco, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 109(2), 106-115.
- Jones, C. et al. (2014). Use and acceptance of long lasting insecticidal net screens for dengue prevention in Acapulco, Guerrero, México. *BMC Public Health*, 14, 846.
- Manrique-Saide P, Herrera-Bojórquez J, Medina-Barreiro A, Trujillo-Peña E, Villegas-Chim J, et al. (2021) Insecticide-treated house screening protects against Zika infected *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15(1):e0009005
- Jordan, Ann. (2010). The Importance of Business Anthropology. *International Journal of Business Anthropology*, Vol 1.
- Tian RG, Sigamani P, Malhotra S. (2018). Business Anthropology. *The International Encyclopedia of Anthropology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Sunderland, Patricia L. and Rita M. Denny (2007). *Doing Anthropology in Consumer Research*. Left Coast Press.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Entrevista semi-estructurada sobre empresas dedicadas a la instalación de mallas mosquiteras en Yucatán, México

Sección I

- 1.- ¿Desde hace cuánto tiempo que se dedica al negocio de instalar miriñaques?
- 2.- Quisiera que me cuente un poco, ¿cómo empezó en este negocio de los miriñaques?
- 3.- ¿Es usted el único propietario de un negocio que instala miriñaques o tiene otros socios?
- 4.- ¿Existe un organigrama en su negocio (presidente, tesorero, etc.)? ¿Cómo está organizado su negocio?
- 5.- ¿Cuántos empleados tiene?, ¿cómo están contratados?, ¿qué tipo de prestaciones tienen?, ¿tiene empleados que no son asalariados o que no perciben algún tipo de pago? (¿becarios, familiares, beneficiarios de algún programa de gobierno?)
- 6.- ¿Tiene registrado su negocio ante hacienda? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué motivo?
- 7.- ¿Alguna vez ha recibido apoyo de PyMES u otro programa de apoyo a pequeños empresarios? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?
- 8.- ¿Se dedica usted a otro empleo o se dedica a alguna actividad por la que obtenga algún pago? ¿Por qué?
- 9.- Desde su punto de vista, ¿cuáles son los principales problemas que usted ha tenido para mantener este negocio de la instalación de miriñaques?
10. Con base a lo que me comentó acerca de los problemas, ¿cómo cree que se podrían solucionar estos problemas?

Sección II

- 1.- En la empresa donde actualmente está, ¿es la instalación de miriñaques la actividad que le genera mayores ingresos económicos? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?
- 2.- Para la instalación de miriñaques, ¿cuánto es aproximadamente el costo que se requiere para cubrir la totalidad de ventanas y puertas de una vivienda? *Explorar un desglose por los costos que le lleva comprar todos los insumos necesarios; ¿cuánto es lo que finalmente le gana la persona cuando se termina de instalar miriñaques en una casa?; o bien ¿cómo percibe la persona las ganancias que tiene de la actividad de instalar miriñaques?*
- 3.- ¿Qué tipos de materiales utiliza usted para la instalación de miriñaques?, y ¿qué tipo de mallas? *Explorar en detalles. Explorar el desglose de los insumos (marcos, mallas, y lo que la persona menciones) con nombres de marcas de ser posible, cómo y dónde las consigue.*
- 4.- ¿Cuál de estos tipos de marcos y de mallas que usted mencionó usa con mayor frecuencia?, y ¿por qué?
- 5.- De otros tipos de marcos (madera, PVC, imanes, Velcro) que usted no maneje, ¿cuál es la razón de no hacerlo?
- 6.- Desde su experiencia, ¿considera que hay temporadas dónde se incrementa la demanda para la instalación de miriñaques y otras dónde disminuye? ¿Cuáles son estas temporadas?, y ¿por qué cree usted que esto suceda?
- 7.- ¿Cuáles son las zonas de la ciudad donde hay mayor demanda para la instalación de miriñaques? ¿Por qué considera que sucede esto?
- 8.- Según su experiencia, ¿la demanda para la instalación de miriñaques ha aumentado a partir de los primeros brotes de Chikungunya y posteriormente de Zika en la ciudad y en el estado?

Matriz de códigos para el análisis de datos

Código	Descripción
Perfil	Propietario: persona que es dueña de la empresa.
	Empleado: persona que no es dueña de la empresa.
Trayectoria	Familiar: se refiere a que la persona tiene una amplia trayectoria como miriñaquero en su familia.
	Empleado: se refiere a que la trayectoria de la persona se dio fuera del ámbito familiar respecto de la instalación de mallas mosquiteras.
Training	Familiar: el aprendizaje de instalación de mallas lo obtuvo dentro de la empresa familiar.
	Empleado: el aprendizaje de instalación de mallas lo obtuvo sin tener una empresa familiar.
Organigrama	Formal: se refiere a que la empresa SI cuenta con una estructura formal de empleados, con prestaciones, y registro hacendario.
	Informal: se refiere a que la empresa NO cuenta con una estructura formal de empleados, con prestaciones, ni registro hacendario.
Financiamiento	Propio: significa que NO cuenta con recursos externos.
	Externo: significa que cuenta con recursos obtenidos en crédito, gobierno, banco, PYMES, etc.
Ingresos	Ingresos-hs-si: significa que su principal fuente de ganancias son las mallas mosquiteras.
	Ingresos-hs-no: significa que su principal fuente de ganancias NO son las mallas mosquiteras.
Retos	Económicos, sociales, gestión empresarial: se refiere a que la persona puede identificar uno o todos los retos mencionados en el negocio de las mallas mosquiteras.
Soluciones	Económicos, sociales, gestión empresarial: se refiere a las soluciones que la persona identifica respecto de los retos previamente mencionados.
Costos-ht	Costos-hs: se refiere a los costos asociados que requiere la instalación de mallas en su amplio espectro.
HS-preferencia	HS-preferencia: materiales de preferencia del miriñaquero
	HS-preferencia-otro: materials alternativos referidos por los miriñaqueros.
HS-moscós	HS-moscós: se refiere a que se percibe un aumento en la demanda de Mallas en temporada de moscos.
	HS-moscós-NO: se refiere a que NO se percibe un aumento en la demanda de Mallas en temporada de moscos.
HS-Zonas	HS-Norte: se refiere a que en la zona norte es más demandado el uso de las mallas.
	HS-Sur: se refiere a que en la zona sur es más demandado el uso de las mallas.
Epidemias-HS	Aumento percibido de la demanda de HS debido a los brotes de DEN/CHIK/ZIK en el pasado

Plan de negocios y análisis costo-beneficio para la implementación multisectorial para la instalación de mallas mosquiteras con materiales de bajo costo

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo se realiza con el objetivo de diseñar un modelo de plan de negocios a partir de un análisis costo beneficio con colaboración multisectorial en donde se involucren empresas, gobierno, academia y sociedad, para la implementación de una iniciativa enfocada en el mejoramiento de las viviendas mediante la instalación de mallas mosquiteras usando materiales alternativos de bajo costo, y sumarse a las estrategias de prevención y control de enfermedades transmitidas por el vector mosquito, que realiza la Secretaría de Salud, en Mérida, Yucatán.

Para alcanzar dicho objetivo se ha planteado primero realizar un análisis costo-beneficio privado-financiero y determinar el grado de aceptación de los negocios en la utilización de materiales alternativos en la producción e instalación de mallas mosquiteras; éste de desarrolla, para poder determinar el incentivo empresarial que la malla mosquitera tendrá para cada alternativa de materiales (aluminio, madera, PVC, velcro, imán).y medir el grado de aceptación de pasar del modo tradicional (aluminio) a las otras alternativas (madera, PVC, velcro e imán), para posteriormente desarrollar un plan de negocios sobre la producción alternativa de mallas mosquiteras con materiales de bajo costo.

Definición y alcance del problema

La ciudad de Mérida se encuentra ubicada en la península de Yucatán en México, debido a las condiciones climatológicas del estado de Yucatán en esta región se han registrado brotes de dengue en los últimos 35 años concentrados en la ciudad de Mérida, donde existen áreas con persistencia de estos casos, lo cual les dota de importancia epidemiológica de primer orden para el combate de la propagación del dengue y otras enfermedades transmitidas por el mosquito. El mosquito *Aedes aegypti*, se reproduce en cuerpos de agua facilitados alrededor de las viviendas humanas y es considerado la enfermedad transmitida por vector más importante en América Latina (Barrera, et al 2015).

Debido a la importancia en Yucatán de la propagación de dicha enfermedad, se han tomado medidas para la modificación física del entorno para prevenirla, la reducción del contacto vector humano mediante cambios físicos temporales son sumados a otros programas de carácter permanente con el objetivo de reducir la reproducción del mosquito; esta mezcla de métodos para combatirlo se debe a que los métodos tradicionales están teniendo poco efecto sobre la permanencia de los criaderos y por lo tanto la necesidad de implementación de otras estrategias con mayor participación social que tengan a la larga un impacto más significativo sobre la reducción de los contagios de dengue y otras enfermedades transmisibles por el contacto vector humano, así el diseño de barreras físicas como la instalación de mallas mosquiteras es visto como una posible alternativa (Manrique-Saide et al. 2018).

En la *Estrategia Mesoamericana para la Prevención y Control Integrado del Dengue* se determina que en las zonas urbanas existe un atraso en la detección de la transmisión temprana, esto se evidencia en la aparición de la infección en ciertas áreas, debido a una dinámica de transmisión que interconecta los parámetros ambientales con variables socioeconómicas que influyen en la

oportunidad de contacto través del vector humano. Aunado a los problemas derivados del control del vasto universo de criaderos, se tienen problemas del sistema de salud que imposibilita la detección oportuna del cuadro infeccioso, en muchos casos no reportado al sistema de salud; se tiene que este cúmulo de características socioeconómicas instauran un patrón recurrente que imposibilita el combate frontal al problema del contacto vector humano que es difícil de predecir (Gómez-Dantés et al. 2011).

Las estrategias para el combate frontal han sido poco efectivas atribuido a la poca participación de la comunidad y el uso excesivo de plaguicidas con su respectivo daño ambiental, las enfermedades transmitidas por el mosquito es un problema de salud pública, la Organización Mundial de la Salud tiene como la principal estrategia de lucha el control integrado de vectores, el cual es un “proceso racional de toma de decisiones para optimizar el uso de recursos para el control de los vectores”, con un amplio enfoque ecosistémico. La propagación de la enfermedad viral del dengue es la de mayor velocidad de propagación del mundo en los últimos 50 años, incentivado principalmente por la urbanización y la ampliación de su zonas de influencia, en el caso de la política dirigida para combatir su propagación son de carácter multisectorial e interdisciplinario compuesto en seis componentes de la *Estrategia de Gestión Integrada para la Prevención y Control del Dengue*: comunicación, entomología, epidemiología, laboratorio, tratamiento y ambiente.(OMS, 2009).

Alineado a estos planes, se espera que la presente evaluación de la producción e instalación de mallas mosquiteras aporte información valiosa sobre la capacidad que el sistema productivo local, determinado por los alumineros de la ciudad de Mérida, tengan la capacidad de producir mallas mosquiteras con materiales alternativos de bajo costo, esto con el fin de saber hasta que grado la utilización de otro materiales en la producción de mallas mosquiteras puede ser comúnmente aceptado por los negocios que trabajan tradicionalmente el aluminio. Para poder alcanzar dicho objetivo primeramente se realiza un análisis costo beneficio para determinar la viabilidad económica que tiene la producción de mallas mosquiteras con materiales alternativos, por igual analizar el grado de aceptación de estos materiales por parte de los productores y que influencia tiene la solicitud por parte de los consumidores para cada tipo de malla, se tiene la limitante que toda la información fue obtenida solo a partir de los negocios que trabajan aluminio, esperando que el conocimiento sobre el sector determine en que medida los hogares estarían dispuestos a demandar otras mallas y hasta qué grado ellos estarían dispuestos a producir estas alternativas de bajo costo.

Situación base

Para objeto del estudio la población en análisis viene dada por los productores de mallas mosquiteras, por la naturaleza de este grupo de actividad, no existe un registro en los Censos Económicos que determine una clasificación exacta para este tipo de productor, motivo por el cual el nivel de actividad económica más desagregado que incorpora al principal productor (negocios que trabajan el aluminio) es la clase de actividad económica 332320: fabricación de productos de herrería el cual lo define como: “unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos de herrería (como puertas, ventanas, escaleras, productos ornamentales o arquitectónicos de herrería y cancelería de baño), cortinas de acero, corrales y cercas metálicas, entarimados metálicos, ductos, canaletas, juegos infantiles metálicos; excluyendo a la fabricación de estructuras metálicas y de escaleras metálicas de mano”. En el municipio de Mérida existen 504 unidades económicas dedicadas a esta actividad, que ocupan a 1,935 personas; esta actividad tiene una producción bruta total aproximada de 601 millones de pesos corrientes, cerca del 95% de las empresas tienen entre 0 y 10 trabajadores, con lo que es evidente la dominancia de la microempresa, sin embargo, estas solo llegan a obtener cerca del 42% de la producción bruta total, información para el año 2018 (SAIC-INEGI, 2018).

Por su parte la demanda a la cual se enfrentan esta descrita aproximadamente por los consumidores del municipio de Mérida, donde existen 257,826 viviendas particulares habitadas con media de 3.5 ocupantes por vivienda y 0.9 ocupantes por cuarto, la disponibilidad de servicios básicos como agua entubada, servicio de electricidad y disponibilidad de sanitario rondan en cerca del 98, 99 y 97 % respectivamente; aproximadamente el 73% de las viviendas son propias, y solo el 0.4% posee paredes y techos precarios para 2015. En el mismo año la población municipal ascendía a 892,363 personas siendo la edad mediana de 30 años, la densidad de población es de 1,010 habitantes por kilómetro cuadrado, el 48% se identifica como población indígena, la media de hijos por mujer era de 1.9, cerca del 83% de la población está afiliada al servicio de salud, principalmente derechohabiente del IMSS y el Seguro Popular respectivamente (BI-INEGI, 2015).

Opciones a evaluar

El estudio plantea el análisis costo beneficio de cinco alternativas en la producción de mallas mosquiteras: aluminio, madera, PVC, velcro e imán, siendo el primero el método tradicional de producción frente al resto de alternativas (poco conocidas como en el caso de la madera y el PVC; y totalmente desconocidas como en el caso del velcro y el imán) por parte de los trabajadores del aluminio.

En el siguiente cuadro se determinan sus principales características técnico-financieras derivadas del diseño de prototipos:

Cuadro 1: características técnico-financieras

Alternativa	Materiales	Duración	Fabricación	Instalación	Recambio	Adquisición	Total
Aluminio	\$2,500.00	15 años	8 horas	3 horas	\$1,000	\$3,280	\$3,400
Madera	\$1,000.00	1.5 años	4 horas	1.5 horas	\$1,000	\$2,280	\$2,500
PVC	\$900.00	2.25 años	4.5 horas	1.5 horas	\$1,000	\$2,800	\$2,860
Velcro	\$700.00	0.75 años	2.5 horas	0.75 horas	\$0	\$2,800	\$2,830
Imán	\$750.00	0.75 años	2.5 horas	0.75 horas	\$0	\$2,590	\$2,620

Los cálculos se han hecho para proveer a una casa representativa de Mérida de mallas mosquiteras, tomando en cuenta en general 2 puertas y 7 ventanas; los costos de los materiales, así como el tiempo de duración, fabricación e instalación fueron obtenidos mediante estimaciones en el diseño de prototipos para los materiales alternativos, estos son para la madera, PVC, velcro e imán.

Por su parte el precio de recambio, adquisición y total fueron obtenidos de presupuestos solicitados a empresas proveedoras de dichas mallas mosquiteras. El precio total incluye el precio de adquisición y un estimado del costo de fabricación e instalación en el caso de las alternativas; para el aluminio corresponde al presupuestado por una empresa representativa que incluye ya la adquisición y la instalación.

En el caso del recambio se toma en consideración que tiene el mismo costo tanto para el aluminio, la madera y el PVC, debido a que corresponde principalmente a mano de obra y los materiales (la malla y tornillos necesarios para el recambio). En el caso del velcro e imán el recambio es inexistente, ya que después del periodo de duración estimada se considera la completa adquisición e instalación de la malla mosquitera debido a que su deterioro es total. Los recambios se han estimado en un periodo de 9 meses, a partir de ellos se tiene que la madera sufre un recambio, el PVC tiene dos recambios y el aluminio tiene veinte recambios a lo largo de su periodo de duración.

El costo de fabricación e instalación está determinado por el salario medio de los empleados por hora multiplicado por el número de horas necesarias para tales actividades, tomando como base el salario medio en Yucatán estimado en \$40.00 pesos por hora para el año 2020 (IMSS-BIENESTAR, 2020); entonces al costo de los materiales se les suma su costo de fabricación e instalación y serán los costos totales incurridos en cada alternativa de mallas mosquiteras.

El flujo financiero que se registra en cada alternativa vendrá determinado por la diferencia entre sus costos e ingresos totales en cada periodo; siendo el mes el periodo a partir del cual se realizan los cálculos del Valor Actual Neto (VAN) debido a que es la medida temporal que se ajusta mejor para compatibilizar los recambios entre alternativas, así tenemos que se utiliza la siguiente información para obtener el flujo:

M = costo de los materiales en pesos mexicanos;
D = duración estimada de cada alternativa en años
*n = periodo en meses para cada alternativas = D * 12*
h = horas estimadas para la fabricación e instalación de cada alternativa
f = salario medio por hora, aproximador del costo de fabricación e instalación
*F = costo de fabricación e instalación en pesos mexicanos = h * f*
C = costo total por la fabricación e instalación de cada alternativa = M + F
B = ingreso total obtenido por cada alternativa, esto es el precio total
B - C = es el flujo de la ganancia por la venta de malla mosquitera alternativa

En el caso del presupuesto para el aluminio, este tiene como precio total, tanto el costo de materiales, costo de la fabricación y costo de la instalación, entonces a este presupuesto de precio total le sustraemos el costo de instalación implícito para obtener la información correspondiente a esta alternativa, esto se debe a que los productores de mallas mosquiteras de aluminio venden el producto final con instalación incluida. En el caso de los presupuestos de madera, PVC, velcro e imán, los productores no realizan la instalación en general, con lo que en su precio no se ha contabilizado este costo adicional, si se considera que el pago al instalador es proporcional de qué tipo de malla se instala, se considera el tiempo de instalación como referencia para los costos asociados.

Identificación de impactos

Para poder determinar qué características son más importantes al momento de elegir el tipo de material a utilizar para la fabricación de la malla mosquitera se clasifican en cuatro características representativas: costo, durabilidad, estética y practicidad.

En el caso del productor se obtiene una respuesta nominal que refleja si considera caro el material, si el material es resistente, si considera presentable los prototipos diseñados y por último si considera que estos pueden ser manipulados de una manera fácil en su actividad; estas propuestas para acercarnos a las cuatro características tratadas para cada tipo de material, evidentemente se tiene como base el aluminio en todas las preguntas relacionadas a los materiales alternativos. Posteriormente se obtiene información de carácter ordinal para determinar si el consumidor solicita un material alternativo; esto con el fin de compatibilizar las posturas del productor de aceptar el material alternativo en relación con la demanda que este pueda tener por parte de los consumidores.

Para el condensado de la información se recurre a la técnica multivariante de Componentes Principales y Análisis de Factores, esto debido a que la base de datos esta fuertemente

correlacionada, lo que hace que gran parte de los resultados de las Regresiones Logísticas Multinomiales estén predeterminados y las explicativas resulten ser altamente multicolineales, lo cual se ve reflejado en que ningún modelo resulta tener buen ajuste general, y los parámetros tampoco resulten ser significativos, además de que la matriz de varianzas de las variables explicativas resulta ser bastante significativa (Pérez, 2004). El objetivo de dicha técnica multivariante es sintetizar la base de datos, eliminar la correlación y describir la influencia que las características de los materiales tienen al momento de ser elegibles como posibles sustitutos al material tradicional de aluminio; para ello se estiman nuevas variables sintéticas que condensan la información disponible, posteriormente se procede a realizar una Regresión Logística Fraccional (Pérez, 2008):

$$\begin{aligned}
 F_i &= W_{i1}X_1 + W_{i2}X_2 + \dots + W_{ik}X_k \text{ componente principal} \\
 Z_i &= A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{im}F_m + V_iU_i \text{ analisis factorial} \\
 P(M = 1|Z) &= B_{i0}Z_0 + B_{i1}Z_1 + B_{i2}Z_2 + \dots + B_{ij}Z_j + E_i \text{ regresión logística fraccional}
 \end{aligned}$$

Donde X es la variable registrada en las encuestas, que representa la respuesta nominal del productor de mallas mosquiteras desde el punto de vista si los implementara considerando la característica del costo, durabilidad, estética y practicidad; y la respuesta ordinal de la solicitud del consumidor las mallas mosquiteras desde las mismas características de costos, durabilidad, estética y practicidad. El subíndice i corresponde al número de observaciones que van de 1 hasta 40, el subíndice k es el número de variables que van de 1 hasta 8, las primeras cuatro referentes a los productores si son capaces de aceptar el material de acuerdo con cada característica, y las cuatro posteriores representan la solicitud por parte de los consumidores de acuerdo con las mismas características. F es el componente principal obtenido que representa la combinación lineal de las características, extrae y sintetiza la mayor variabilidad de los datos; m este puede ir de 1 hasta máximo de 8 que sería el número máximo de factores que son significativos para explicar la mayor variabilidad de los datos en función un número más reducido de nuevas variables sintetizadoras, Z es la nueva variable sintetizadora que condensa las variables X originales, captando la mayor proporción de la variabilidad de los datos, estas pueden ir desde 1 hasta máximo de 8 variables. P es la variable fraccional que representa la probabilidad de aceptación en producir una malla mosquitera de acuerdo con solicitud del consumidor; M es la respectiva malla mosquitera que puede ser de madera, PVC, velcro e imán respectivamente, m, p, c, i; siendo como referencia la producción de la malla mosquitera de aluminio:

En el caso de la madera se determinan tres variables sintetizadoras: la primera que está en gran medida determinada por las solicitudes del consumidor en las cuatro características de costo, durabilidad, estética y practicidad; la segunda variable sintetizadora en gran medida por la característica del costo, estética y practicidad para que el productor acepte el material; y la tercera en gran medida por la característica de durabilidad para que el productor la acepte el material:

$$\begin{aligned}
 P(M_m) &= -.1374(0.296) + .3350(0.053)Z_1 + 0.0371(0.745)Z_2 + 0.1761(0.117)Z_3 \\
 \text{Núm. Obs.} &= 37; \text{Est. Wald} = 9.73(0.0210); \text{Pseudo Coef. Det.} = 0.0244
 \end{aligned}$$

En el caso de la madera las solicitudes de los consumidores en cuanto a todas las características del material tienen un efecto positivo en elevar la probabilidad de producir mallas mosquiteras en cerca del 33.5% (esta interpretación es de carácter cualitativo, ya que el análisis multivariante ha generado una variable síntesis que complejiza la interpretación cuantitativa que las variables originales pueden tener en el análisis), estas tendencias serían en términos cualitativos ya que el análisis multivariante sintetizó las tendencias cuantitativas generales de cada característica de material. Las variables sintetizadoras relacionadas con la aceptación del productor no resultaron ser significativas (entre paréntesis están las significancias de todos los parámetros calculados), el

estadístico de Wald refleja una significancia aceptable en términos generales, con lo que podemos concluir que el modelo está bien especificado.

Para el PVC se logran determinar también tres variables sintetizadoras: la primera está determinada en gran medida por las características de costo, estética y practicidad que es solicitada por el consumidor, la segunda está determinada en gran medida por la estética y la practicidad por parte de la aceptación del productor, y la tercera está determinada en gran medida por el costo para que el productor acepte el material y también por la característica de durabilidad por parte de la solicitud del consumidor y de aceptación por parte del productor:

$$P(M_p) = -1.2283(0.000) + .3045(0.164)Z_1 + 0.6130(0.000)Z_2 + 0.3153(0.041)Z_3$$

Núm. Obs. = 36; Est. Wald = 26.88(0.000); Pseudo Coef. Det. = 0.1033

En el caso del PVC tenemos que es significativo que la característica de estética y practicidad eleva la aceptación del productor hacia producir con dicho material en un 61.30%, también el costo y la durabilidad genera una mayor aceptación del productor que junto con la durabilidad solicitada por el consumidor en general elevan el 31.53% de la producción de dicha malla; en este caso nos damos cuenta que la aceptación del productor juega un papel más importante que la solicitud de los consumidores para elevar la probabilidad de producir con este material, la significancia general dada por el estadístico de Wald, nos hace ver una buena especificación del modelo.

Para el velcro se determinan también tres variables sintéticas: la primera está determinada en gran medida por las características del costo para que el productor la acepte y las de durabilidad, estética y practicidad cuando el consumidor la solicita; la segunda está determinada en gran medida por la estética y practicidad para que el productor la acepte; y la tercera está determinada en gran medida por la característica de durabilidad para que el productor la acepte y el costo cuando el consumidor lo solicita:

$$P(M_v) = -1.7231(0.000) + .3196(0.150)Z_1 + 0.1160(0.499)Z_2 + 0.1323(0.525)Z_3$$

Núm. Obs. = 35; Est. Wald = 3.37(0.337); Pseudo Coef. Det. = 0.0194

Los resultados arrojan que para el velcro no existe ninguna significancia de que las variables sintéticas generen un efecto sobre la probabilidad de producir más mallas con este material. El modelo tiene un mal ajuste sobre la información, lo cual no permite inferir sobre los parámetros individuales y tampoco la regresión es confiable en lo general.

Para el material de imán se determinan solo dos variables sintéticas: la primera está determinada en gran medida por todas las características excepto característica de la durabilidad para que el productor la acepte, y la segunda variable está determinada en gran medida por la durabilidad para que el productor la acepte producir:

$$P(M_i) = -1.3025(0.000) + .4087(0.031)Z_1 - 0.1938(0.466)Z_2$$

Núm. Obs. = 37; Est. Wald = 4.64(0.0983); Pseudo Coef. Det. = 0.0305

En el caso del imán tenemos que todas las características para que el productor acepte el material como la solicitud del consumidor, excepto la característica de durabilidad para que el material sea aceptado por el productor determina una mayor probabilidad de producir con este tipo de material, en un 40.87%, por su parte característica de durabilidad para que el productor acepte el imán no juega un papel significativo, la significancia general del modelo dado por el estadístico de Wald, nos hace dudar sobre el buen ajuste regresivo, lo cual el resultado hay que tomarlo con cautela.

En términos generales podemos notar que la madera y el PVC poseen ventajas para poder ser implementadas en la producción de mallas mosquiteras dentro de los sistemas productivos de los negocios del aluminio: en el caso de la madera las solicitudes de los consumidores es más determinante para que los productores incorporen este tipo de materiales en la fabricación de las mallas mosquiteras; en el caso del PVC la mayor aceptabilidad viene dado por el productor en sus cuatro características y la característica de la durabilidad cuando es solicitada por el consumidor. El velcro no arroja ninguna evidencia estadística significativa en ninguna característica para que sea producida por los alumineros; y el imán al contrario es un conjunto de gran parte de todas las características tanto para que los productores lo acepten, así como serían solicitadas por los consumidores, las que determinarían su producción de este tipo de malla, sin embargo, su significancia general hace dudar de esta conclusión. Entonces los productores son más susceptibles de producir en aquellos materiales con los cuales se ven más familiarizados, la madera y el PVC, con características consistentes con el material que tradicionalmente trabajan, este el aluminio, sus cambios en sus técnicas productivas resultarían ser menores en comparación con otro tipo de materiales como el velcro y el imán; en el caso del velcro y el imán no se puede concluir de manera estadística significativa si las características de los materiales juegan un papel importante sobre la producción de mallas mosquiteras, ya estos tipos de materiales son desconocidos dentro de su ámbito productivo, lo cual refleja que los alumineros no son el sector económico idóneo para implementar la producción de dichas mallas, el sector textil puede ser más familiarizado a estos procesos productivos que técnicamente trabajan con materiales semejantes.

Valoración del consumo.

Para aproximar la serie sobre la compra-venta de las mallas mosquiteras, se toma en cuenta que siguen un patrón temporal clásico, este pronóstico en la producción-consumo de cada malla alternativa nos servirá para calcular la ganancia que experimentará el productor por dedicarse a producir las mallas con cada alternativa de material y conocer cual le proporcionará el mayor flujo de beneficios temporales. Dado que la malla mosquitera se adhiere a la vivienda popular, será el crecimiento de esta última, el comportamiento serial del mercado de mallas mosquiteras al cual los productores se enfrentarán. En México la demanda de vivienda de largo plazo está garantizada debido a la vigencia del bono demográfico, en Yucatán se tiene una demanda de vivienda estimada para el año 2020 en 23,549 viviendas, derivada de adquisiciones, mejoramientos y autoproducción. La demanda de vivienda sigue su tendencia positiva pero decreciente, debido principalmente al aumento del rezago habitacional, el empeoramiento crediticio, la reducción de la movilidad habitacional y la contracción de la formación de hogares; principalmente debido al deterioro de las condiciones macroeconómicas de hace décadas y la pérdida del bienestar social (SHF-SHCP,2020).

Así se ve reflejado que las condiciones macroeconómicas son las principales en determinar la tendencia, para proyectar su comportamiento temporal se lleva a cabo un modelo de series de tiempo univariado, debido a que solo tenemos información para algunos periodos de análisis, bajo el supuesto de que el patrón pasado continuara de la misma forma en el futuro y de esta manera obtener las proyecciones del comportamiento de la demanda de vivienda en el municipio de Mérida. El método Holt Winter estacional nos permite hacer este tipo de predicción debido a que es de carácter adaptativo conforme se dispone de información más reciente, además de que tiene la capacidad de que la serie se explique por si misma (CONAPO-SG, 2018):

El estimador puntual para la serie de tiempo que representa el número de viviendas producidas en el municipio de Mérida se sintetiza en las siguientes ecuaciones, estas describen la existencia de un patrón estacional con variación constante, con una tendencia lineal y un nivel medio de los datos que cambia con el tiempo, se selecciona la mejor proyección descritas estructuralmente por la metodología Box-Jenkins Aditiva (Perez,2006):

$$Y_{t+r}^e = N_t + rT_t + S_{t+r-s}$$

$$N_t = 0.1252(Y_t - S_{t-s}) + 0.8748(N_{t-1} + T_{t-1}); T_t = T_{t-1}; S_t = 0.2070(Y_t - N_t) + 0.7930S_{t-s}$$

$$\text{Suma de Errores Cuadraticos} = 4425933; \text{Raiz del Error Cuadratico Medio} = 179.0865$$

Donde Y es la variable de la serie (producción de vivienda en Yucatán), el superíndice e especifica la variable estimada, el subíndice t es el periodo observado en el tiempo de 1 a 139 meses que van de julio de 2009 a diciembre de 2020, el subíndice r son los periodos proyectados adelante que va de 1 a 109 meses de enero de 2021 a enero de 2030 y el subíndice s es el número de estaciones que va de 1 a 12, que corresponde a los meses respectivos de cada año. N es el nivel de la serie que representa el valor medio acumulado en el respectivo periodo, T es la tendencia de la serie que es la tasa de crecimiento de ésta en el respectivo periodo y S es el componente estacional que representa el efecto del mes en el valor de la serie. La producción de vivienda en Yucatán viene del Registro Único de Vivienda, para el año 2020 se tiene que la producción asciende a 5,574 siendo el 49.96% de carácter popular, el 49.48% media y el 0.56% residencial, siendo la construcción de tipo horizontal con dos o más recamaras lo más producido, teniendo como superficies construidas el 9.11% menor a 40 metros cuadrados, el 34.73% entre 40 y 60 metros cuadrados, 30.95% entre 60 y 80 metros cuadrados, y mayores a 80 metros cuadrados el 25.21% (RUV, 2020).

De la información del censo de población a 2020 se registra, que existen en Mérida 303,783 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 3.3 ocupantes por vivienda y 0.8 ocupantes por cuarto, así se tomara este acervo de viviendas como el representativo para junio de 2020, y se le ira sumando la producción estimada anteriormente por cada mes, para poder conocer la tendencia del acervo de vivienda en el municipio de Mérida, después se calculara la tasa de crecimiento por mes. Esta tasa de crecimiento del acervo de vivienda será la tasa de crecimiento de referencia que se tendrá para pronosticar el número de mallas mosquiteras potencialmente vendidas por mes, desde enero de 2021 hasta enero de 2030, siendo 9.1 años pronosticados que representa el periodo de vida de la empresa media en Mérida (CCPV-INEGI, 2020), la tasa de crecimiento mensual se calcula simplemente como la variación porcentual respecto a los valores anteriores, donde V es el acervo de viviendas en Mérida, y C es el crecimiento proporcional con respecto al periodo estimado anterior, M es el número de mallas mosquiteras potencialmente producidas-consumidas, que sigue la tendencia del crecimiento de la demanda de vivienda en el municipio de Mérida:

$$V_{t+r}^e = V_{t+r-1}^e + Y_{t+r}^e \rightarrow C_{t+r} = \frac{V_{t+r}^e - V_{t+r-1}^e}{V_{t+r-1}^e} \rightarrow M_{t+r} = M_{t+r-1} * C_{t+r}$$

Esta tendencia se debe a que el mercado de vivienda sigue creciendo positivamente, pero a tasa decreciente, dadas por las proyecciones derivadas de la formación de hogares, el crecimiento anual en gasto de servicios de vivienda se verá mermado a largo plazo, se sabe que la demanda fluctúa de manera sincrónica con el ciclo macroeconómico. Entre sus principales determinantes están la distribución de la riqueza, el nivel de ingreso, edad del jefe de familia, tamaño del hogar, el acervo residencial, la tasa de inflación, la tasa de interés, el tipo de cambio, y el costo del financiamiento, principalmente (Adamuz y González, 2016); de ahí podemos darnos cuenta que

el mercado de vivienda da resultado a un proceso de agotamiento, que coincide con el poco crecimiento que se pronosticó con el método implementado para las viviendas del municipio de Mérida.

Valoración de la producción

Se encuestaron a 40 empresas relacionadas con la producción de mallas mosquiteras, entre estas el 55% (22/40) se encuentra en el giro formal y el restante 45% (18/40) era informal, de los formales, se tiene que el 32.5% (13/40) corresponda a productores y el restante 22.5% (9/40) eran distribuidores, siendo los informales productores exclusivamente. Solo un productor (1/31) realiza mallas mosquiteras con material alternativo, siendo la madera el que utiliza. El material más solicitado por los consumidores después del aluminio es la madera, con cerca del 43.3% (13/30) de los productores que han declarado que sus clientes les solicitan dicho material, seguido del 10% (3/30) el material de PVC, tanto el velcro y el imán se ha declarado que no son solicitados por los clientes.

A pesar de no trabajar con materiales alternativos al aluminio, los negocios consideran en general que el aluminio es un material caro, 97.5% (39/40), la madera es considerada barata por el 7.5% (3/40), el PVC por el 12.5% (5/40), el velcro, el 52.5% (21/40) y el imán el 57.5% (23/40), aproximándose con los resultados financieros de los prototipos desarrollados, donde nos damos cuenta que los materiales de madera y PVC corresponden a \$1,000 y \$900 pesos respectivamente, y los materiales de velcro e imán con un costo de \$700 y \$750 pesos respectivamente.

En cuanto a su duración se estima una duración media de 21.85 meses para la madera, 21.24 meses para el PVC, 8.44 meses para el velcro y 9.56 meses para el imán; en este caso existe una coincidencia muy cercana en cuanto a la duración del velcro y el imán de 9 meses y en cuanto a la madera y el PVC con 21 y 27 meses respectivamente, mediante una prueba estadística de diferencia de medias se confirma el valor estimado en los prototipos con el de la duración declarada por cada alternativa.

Del total de encuestados han declarado el 57.5% (23/40) que la madera es un material estético para la elaboración de las mallas mosquiteras, en cuanto al PVC el 20.0% (8/40), el velcro con un 12.5% (5/40) y el imán con un 47.5% (19/40). En general el 94.1% (80/85) de los productores considera que la fabricación es fácil, para las cuatro alternativas de madera, PCV, velcro e imán; el 95.9% (93/97) considera el mantenimiento fácil y el 97% (97/100) la instalación fácil, lo cual refleja la baja complejidad en la utilización de materiales alternativos, cuando evidentemente trabajan cotidianamente con el aluminio.

A pesar de que los materiales alternativos sean considerados fácilmente trabajables, los productores declaran que no están dispuestos a emplear este tipo de materiales, siendo los más rechazados el velcro por el 97.5% (39/40), seguido del PVC por el 90% (36/40), el imán por el 82.5% (33/40) y la madera por el 77.5% (31/40) de los negocios. A pesar de su rechazo están conscientes de que los consumidores podrían solicitar dichos materiales alternativos, siendo la madera el que más potencial tenga con el 43.1%, seguido del PVC y el imán por el 22.5%, y por último el velcro por el 14.4% (estos últimos porcentajes derivan de una escala ordinal, referenciada con respecto a su probabilidad fraccional: siempre 100%, muy probable 75%, medianamente probable 50%, poco probable 25%, nunca 0%).

Los 31 productores encuestados emplean a un promedio de 1.77 trabajadores, producen una media de 30 mallas mosquiteras por mes, siendo su precio medio de \$341.13 pesos por malla representativa, que es una medida estándar de una ventana, de 1.5 metros por 1.2 metros. Con esto cada productor medio obtiene unos ingresos brutos por la venta de mallas mosquiteras de

\$10,483.87 pesos al mes, descontándole los costos estimados por el prototipo de malla de aluminio se tiene que su ganancia neta asciende aproximadamente a \$1,467.74 pesos por mes, por solo producir mallas mosquiteras de aluminio; esto es muy cercano a que cada productor se encarga de surtir a tres viviendas promedios de sus respectivas mallas mosquiteras, teniendo en cuenta tanto el precio como la cantidad presupuestada para una vivienda media que tenga 7 ventanas y 5 puertas en la ciudad de Mérida. Solo 20 productores declararon que tienen ganancias por \$6,550.00 pesos por mes, derivado de sus actividades de aluminio, lo cual viene a representar que las mallas mosquiteras representan cerca del 22.4% de sus ganancias monetarias.

Evaluación Económica

Para formular el análisis costo beneficio es necesario obtener los siguientes indicadores: el valor de la inversión inicial, los flujos consecutivos, el horizonte temporal y la tasa de descuento. En el caso de la inversión inicial, se determina en cero, dado que el productor provee de la malla mosquitera recuperando el costo total de la misma mediante su cobro en el precio total, como tales mallas mosquiteras se venden por encargos se considera que tampoco existe acumulación de existencias, tanto los costos y los beneficios pueden ser monetizados para calcular el Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{(B_t - C_t)}{(1 + d)^n}$$

Si el VAN es positivo se generan ganancias, si es cero su beneficio es económico o nulo, y si es negativo hay pérdida (Navarro, 2001). Los flujos del proyecto vienen determinados como las ganancias totales que derivan cada periodo en la venta de mallas mosquiteras, esto es el diferencial entre los ingresos y los costos totales de cada periodo, detallados en la sección anterior.

El horizonte temporal para la demanda es de 60 años, que corresponde al periodo de un tipo de edificación de vivienda colectiva común, en el cual la vivienda ha depreciado todo su valor de inversión; no se tomara en cuenta la depreciación comercial ya que esta se deriva de condiciones de mercado que son diferentes en cada localización (Artavia, 2012). La elección de este tiempo se basa en la idea que la vivienda tendrá la malla mosquitera durante todo su periodo de vida contable, a partir de ello el consumidor demandará la malla mosquitera de manera ininterrumpida hasta que la casa muera contablemente, esto generará para el productor un flujo constante ingresos derivado de la producción y mantenimiento de mallas mosquiteras; como el periodo de sobrevivencia de la vivienda sobrepasa al periodo de sobrevivencia de la oferta, se hará el cálculo del VAN tomando en cuenta este último ya que la demanda no impondrá ninguna limitante temporal.

El horizonte temporal de análisis para la oferta es de 9.1 años, derivado del promedio de vida de las empresas en el municipio de Mérida a partir de que superan el año de vida, 8.7 corresponde a su promedio de vida cuando apenas nacen, siendo el tercer municipio con esperanza de vida más elevado a nivel nacional. Por igual se puede visualizar que la esperanza de vida de la empresa aumenta conforme logra sobrevivir los años consecutivos pero este aumento es a una tasa decreciente, para después reducirse los años adicionales conforme la empresa alcanza su edad promedio. En Mérida se tiene que la edad de 25 años es cuando solo el 14 por ciento de las empresas han sobrevivido, a partir de la cual es poco probable ocurran más muertes y la empresa se considera consolidada, a nivel nacional se tiene que el sector manufacturero tenga la mayor esperanza de vida, donde a los 25 años solo el 17 por ciento ha sobrevivido, cuando se ve por estratos se tiene que las empresas más pequeñas son las que llegan a tener un porcentaje de supervivencia más reducido, aquellas que tienen un numero de trabajados de 1a 5 solo 9 por

ciento alcanzan la madurez y cuando es de 6 a 10 trabajadores se duplica a 18 por ciento, aumentando conforme el tamaño de la empresa es cada vez mayor, para posteriormente estabilizarse y por último cae ligeramente después de que su tamaño rebasa los 250 trabajadores (EVNM-INEGI, 2016).

La tasa de descuento aplicada está calculada mediante su relación con la tasa de interés sobre el capital, se considera el mejor aproximado a tal tasa como la tasa de interés en el mercado de dinero mediante la tasa de interés interbancaria a 28 días determinada en 4.4775 % en el mes de enero de 2021 (SIE-BANXICO, 2021); dado que el interés está determinado como el costo del capital este será un aproximado de su rendimiento, para ello se calcula la tasa de descuento como:

$$d = \frac{i}{(1 + i)}$$

Esto se debe a una evaluación privado-financiera de proyectos y no una evaluación socio-económica de proyectos, ya que el objetivo del estudio se desea conocer cuantitativamente los beneficios generados de un eventual emprendimiento comercial de cada alternativa, debido a ello se procedió a determinar la mejor tasa de descuento aquella que está asociada a las inversiones privadas que son aquellas que cobra la banca comercial para realizar fondeo de recursos financieros a un mes (Sapag y Sapag 2008).

Identificación de actores

Entre los principales interesados en la evaluación costo beneficio de las mallas mosquiteras están, la academia, los productores, los consumidores, el gobierno, en general el problema de propagación de enfermedades por vector, debido a su naturaleza, debe tener una mayor atención por parte de la academia y el gobierno, dado que los costos y ganancias privadas hacia y desde los consumidores y productores resultaran ser menores en comparación con las sociales, debido a que las enfermedades de transmisión por vectores son un problema público, mas no privado.

En el caso de la academia se tiene que las universidades a través de sus departamentos de estudios y los centros de investigación, tienen el incentivo de conocer los impactos que diversas alternativas de mallas mosquiteras puede tener sobre la rentabilidad de las empresas, esto con el fin de evaluar la factibilidad socioeconómica que la reducción de costos sobre la utilización de materiales alternativos puede incentivar a largo plazo en la población adquirir alternativas de mallas mosquiteras con el objetivo de que abatir los vectores de propagación de enfermedades de salud pública como el dengue que es transmitida por el mosquito.

Para los productores, los productores tradicionales de mallas mosquiteras son los negocios del aluminio, debido al fuerte atraigo en la utilización de este material, y por otro que la tradición de la producción esta ligado al aluminio, les resultaría novedoso que bajo la existencia de materiales alternativos, se le pueda demostrar que sus flujos de ganancias se pueden ver mejorados incorporando otros materiales alternativos, principalmente la madera y el PVC, que resultan ser mas familiarizados debido a que la consistencia del material es más próximo al aluminio que el mismo velcro e imán.

Para los consumidores de mallas mosquiteras, se tiene que los principales interesados en conocer el estudio están las viviendas y su jefe de hogar, debido a que podrá evaluar bajo diversas circunstancias, cual se adapta mejor a sus condiciones económicas y la probabilidad de poder acceder a dichos productos dependiendo de su durabilidad y la capacidad de pago de la vivienda, evidentemente sopesando los costos y ganancias de tener o no tener la malla mosquitera.

El gobierno debe ser un actor muy interesado en este tipo de estudio, debido a que desde el sistema de salud en general, puede dar paso al cálculo de costos derivados de atender enfermedades relacionadas al mosquito y las respectivas ganancias de evitar la saturación de los sistemas de salud mediante el combate del vector de propagación derivado de las mallas mosquiteras, y conocer hasta qué punto es socialmente beneficioso las alternativas de producción de mallas mosquiteras.

Otras organizaciones en la sociedad civil e instituciones no gubernamentales que estudian los impactos de las políticas de salud pública, para saber hasta qué medida existe un incentivo privado para producir mallas mosquiteras de cada alternativa, y compararlo con el incentivo social de que las enfermedades derivadas de la transmisión por el mosquito sean cuantificadas.

Costo Beneficio

Para el análisis costo beneficio en su enfoque de evaluación privada de un proyecto se recurre a la *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública* del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (Ortegón, et al 2005), por igual este método ampliamente conocido en México por su adaptación en la *Guía general para la presentación de evaluaciones costo y beneficio de programas y proyectos de inversión* del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (Morín, 2018).

Se realizan tres cálculos para visualizar la perspectiva de la rentabilidad por alternativa en la vivienda y a escala de empresa dependiendo de su aceptación y de la capacidad de ser solicitado por el hogar:

- a) Evaluación del VAN que obtiene una empresa por vender mallas mosquiteras, a una casa representativa que posee 7 ventanas y 2 puertas, bajo la premisa que esta misma empresa se encargara de realizar los recambios y revender mallas cuando estas alcancen su periodo de vida estimado, durante todo el periodo de vida de la empresa representativa:

$$VAN_a = \$2,605 < VAN_m = \$3,581 < VAN_p = \$4,168 < VAN_i = \$5,406 < VAN_v = \$6,226$$

Siendo los subíndices a, m, p, i, v, las alternativas de aluminio, madera, PVC, imán y velcro respectivamente; el mayor flujo de efectivo lo da el velcro, en una gran medida debido a que su periodo de vida de este tipo de malla es reducido comparado con las otras alternativas, lo cual hace que los hogares demanden más veces este tipo de malla que las otras alternativas, la ventaja que este tiene sobre el imán, desde el punto de vista de las potenciales ganancias generadas es que su precio de mercado es relativamente más elevado que esta segunda alternativa, lo cual le da un mayor margen de ganancia.

- b) Evaluación del VAN que obtiene una empresa representativa por vender mallas mosquiteras, de acuerdo con la perspectiva de que sean solicitadas por las viviendas, esto será el valor de las ganancias por la venta de mallas por mes a través de todo el periodo de vida de la empresa; se recurre a las proporciones solicitadas de cada alternativa según la aceptación del: 43.1% de madera, 22.5% para el PVC, 14.4% para el velcro y de 22.5% para el imán:

$$VAN_v = \$21,306 < VAN_p = \$28,630 < VAN_i = \$28,963 < VAN_a = \$34,031 < VAN_m = \$40,813$$

Bajo esta perspectiva, se refleja que la madera es la que trae los mayores flujos a la empresa, esto debido a que es el material más solicitado después del aluminio, adicionalmente que los

consumidores toleran más su aceptación para solicitar con este material, el flujo de las ganancias de la madera superan a los del aluminio, dado que a pesar de que aún se demanden menos de este material, el margen de ganancia por cada malla fabricada con madera es considerablemente mayor al del aluminio, principalmente debido al costo del material.

- c) Evaluación del VAN que obtiene una empresa representativa por vender mallas mosquiteras, de acuerdo con la perspectiva de que sean solicitadas por las viviendas y que tengan garantizado que esta misma empresa se encargara de realizar los recambios y revender mallas cuando estas alcancen su periodo de vida estimado, durante todo el periodo de vida de la empresa representativa:

$$VAN_v = \$66,326 < VAN_p = \$69,378 < VAN_i = \$89,985 < VAN_m = \$114,181 < VAN_a = \$192,717$$

Desde esta perspectiva se refleja que el aluminio pasa a ocupar un acumulado de flujo mayor entre las ganancias de los productores debido a es el material mas solicitado y con el que es totalmente seguro que realizaran la malla mosquitera con dicho material.

Mejor alternativa

Para evaluar la mejor alternativa se procede a realizar el análisis de sensibilidad bajo los siguientes cambios en los escenarios: i) la tasa de interés; ii) el crecimiento de la demanda; iii) los costos de fabricación; iv) precio final de la malla; v) el costo de los materiales; vi) el margen de ganancia, vii) los costos de recambio. Se toma como base los siguientes cambios en más de una desviación del valor medio estimado, tanto al alza como a la baja, a partir de ellos se obtienen los siguientes cambios:

Cuadro 2: Parámetros para análisis de sensibilidad.

Variable en análisis	Valor estimado	Desviación estimada	Límite inferior	Límite superior
Tasa de interés	4.4775%	1.6437%	2.8338%	6.1212%
Crecimiento de demanda	0.0809%	0.0191%	0.0618%	0.1%
Costo de fabricación	\$40.00 hora	\$8.75 hora	\$48.75 hora	\$42.25 hora
Precio final	\$340	\$53	\$393	\$287
Costo de materiales	0 Δ%	1.01 Δ%	-1.01 Δ%	1.01 Δ%
Margen de ganancia	13.5%	2%	15.5%	12.5%
Costo de recambio	\$100	\$20	\$80	\$120

En el caso de la tasa de interés es la desviación estándar registrada de la tasa de interés interbancaria a 28 días desde el 1 de julio de 2009 al 31 de diciembre de 2020, esto para hacer coincidir el periodo base que se utilizó para el pronóstico de la demanda de vivienda y la variación porcentual del costo de materiales viene representado por la desviación estándar diaria de la variación porcentual del tipo de cambio peso/dólar para el mismo periodo (SIE-BANXICO, 2021); en el crecimiento de la demanda su desviación es para el pronóstico de la tasa crecimiento de la vivienda. Para la desviación del costo de fabricación y costo de recambio se baso en los prototipos elaborados, el cual esta en función del tiempo de trabajo para fabricar e instalar una malla; por último, el margen de ganancia y el precio final son las respectivas desviaciones estándar derivadas de las encuestas, para el caso del aluminio.

A partir de ello se hizo el recalcu del VAN respectivo para la empresa representativa por vender mallas mosquiteras, de acuerdo a la perspectiva de que sean solicitadas por las viviendas y que

tengan garantizado que esta misma empresa se encargara de realizar los recambios y revender mallas cuando estas alcancen su periodo de vida estimado, durante todo el periodo de vida de la empresa representativa, este es el análisis de la tercera evaluación del VAN, debido a que esta ultima evaluación sintetiza tanto la perspectiva del productor sobre como la capacidad de absorción del consumidor derivado de las preferencias sobre su solicitud, las ganancias derivadas de una oferta potencial.

Variación de la tasa de interés a la baja y al alza: $i = 2.8338\% < 4.4775\% < 6.1212\%$

$$VAN_v = \$53,149 < \$66,326 < \$91,886 \rightarrow (-19.87\%) < 0\% < (38.54\%)$$

$$VAN_p = \$56,952 < \$69,378 < \$93,630 \rightarrow (-17.91\%) < 0\% < (34.96\%)$$

$$VAN_i = \$72,126 < \$89,985 < \$124,634 \rightarrow (-19.85\%) < 0\% < (38.51\%)$$

$$VAN_m = \$92,463 < \$114,181 < \$156,352 \rightarrow (-19.02\%) < 0\% < (36.93\%)$$

$$VAN_a = \$146,280 < \$192,717 < \$282,833 \rightarrow (-24.10\%) < 0\% < (46.76\%)$$

La malla mosquitera que resulta ser mas sensible a las variaciones de la tasa de interés es el aluminio, seguido del velcro y el imán, y por ultimo se ve la madera y el PVC. Juntando los resultados derivados de la identificación de impactos, el análisis costo beneficio, y por último el análisis de sensibilidad, podemos darnos cuenta que los prototipos de madera y PVC generan ventajas al momento de ser incorporados como materiales alternativos en la producción de mallas mosquiteras, principalmente al conocimiento de los materiales por parte de los consumidores y un alto grado de aceptación de los productores como materiales sustitutos al aluminio, podemos darnos cuenta que estos materiales poseen una menor sensibilidad que el aluminio, en el caso de la madera debido a que es el material más conocido después del aluminio puede ser aprovechada esta ventaja para los procesos de sustitución en la producción; por otro lado el PVC podría generar las mismas ventajas si se amplia su conocimiento en la población consumidora, para que su solicitud del mismo mejore.

Hay que tener en cuenta que desde el punto de vista del flujo individual, si toda la oferta fuera producida por un único material, es evidente que aquellos materiales con mayor flujo de ganancias serian el velcro y el imán, derivados principalmente al poco tiempo que tienen en deteriorarse en comparación con el resto de materiales, lo cual hace que el número de compras sea mas recurrente que en el resto de materiales, los cuales gozan de ciertos números de recambios, por igual hay que tener en cuenta que el flujo de efectivo refleja las ganancias generadas para los productores en cada alternativa, eso quiere decir que desde el punto de vista del consumidor los resultados serían contrarios, ya que este quisiera desembolsar menos gastos para proveerse de mallas mosquiteras a lo largo del tiempo, por lo que es evidente que en una situación más general, hay que tomar en cuenta las decisiones de los mismos consumidores.

Referencias

- Adamuz, María y Leonardo González (2016), Demanda de vivienda de los hogares en México. El Trimestre Económico, 83(330), 311-337.
- Artavia, Diego (2012), Los modelos de depreciación aplicados en la valuación de bienes inmuebles. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica [tesis de licenciatura].
- BI-INEGI (2015), Banco de Información. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, consultado en línea (01/01/2021).
- Barrera, Mario, *et al* (2015), Control de criaderos de *Aedes aegypti* con el programa Recicla por tu bienestar en Mérida, México. Salud Pública de México, 57(3), 201-210.
- CCPV-INEGI (2020), Censos y Conteos de Población y Vivienda, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, consultado en línea (31/01/2021).

- CONAPO-SG (2018), Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas. Consejo Nacional de Población, Secretaría de Gobernación, consultado en línea (01/01/2021).
- EVNM-INEGI (2016), Esperanza de Vida de los Negocios en México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, consultado en línea (01/01/2021).
- Gomez, Hector *et al* (2011), La estrategia para la prevención y el control integrado del dengue en Mesoamérica. *Salud Pública de México*, 53(3), 349-357.
- IMSS-BIENESTAR (2020), Informes y Estadísticas, Gobierno de México, consultado en línea (31/01/2021).
- Manrique, Pablo *et al* (2008), Estudio de los criaderos del vector del dengue *Aedes aegypti* en Mérida, Yucatán: Implicaciones para su vigilancia y control. En Ramírez, *et al* (eds.), *Investigación y Salud*, Universidad Autónoma de Yucatán, 57-79.
- Morín, Eduardo (2018), Guía general para la presentación de evaluaciones costo y beneficio de programas y proyectos de inversión. CEPEP-SHCP, Materiales Documentos, México.
- Navarro, Hugo (2001), El uso de indicadores socioeconómicos en la formulación y evaluación de proyectos sociales. ILPES-CEPAL Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones, Series Manuales, Chile.
- OMS (2009), Dengue. Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. Programa Especial para la Investigación y Capacitación en Enfermedades Tropicales, Organización Mundial de la Salud, Bolivia.
- Ortegon, Edgar, *et al* (2005), Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. ILPES-CEPAL Área de Proyectos y Programas de Inversión, Series Manuales, Chile.
- Pérez, Cesar (2004), Técnicas de análisis multivariante de datos, Prentice Hall, España.
- Pérez, Cesar (2006), Series temporales, técnicas y herramientas, Prentice Hall, España.
- Pérez, Cesar (2008), Econometría avanzada, técnicas y herramientas, Prentice Hall, España.
- RUV (2020), Información estratégica, cifras básicas, Registro Único de Vivienda, México, consultado el (01/01/2021).
- SAIC-INEGI (2018), Sistema Automatizado de Información Censal. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, consultado en línea (01/01/2021).
- SHF-SHCP (2020), Demanda de financiamiento de vivienda, Sociedad Hipotecaria Federal. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, consultado en línea (01/01/2020).
- SIE-BANXICO (2021), Sistema de Información Económica. Banco de México, consultado en línea (15/01/2021).
- Sapag, Nassir y Reinaldo Sapag (2008), Preparación y evaluación de proyectos. Colombia, McGraw-Hill.

Development of a DIY kit for house screening

HOME PRO® Protection of houses & buildings against mosquitoes

We proposed to develop a prototype for a “Do-It-Yourself” (DIY) window screen kit, in collaboration with a local entrepreneur (PUBLIC HEALTH SUPPLY AND EQUIPMENT DE MEXICO, S.A. DE C.V.) that distributes LLINs in Mexico, and with A&S small businesses. Basically, the window screen kit will contain everything needed to complete screening, ready to assemble and install.

We worked together with the entrepreneur to develop a business plan model. Evidence and results from previous stages of the project was considered with the goal of providing more accessibility of nets with LLINs to the local and retail public market.

In October 2019, the team participated in the FAPESP- IDRC Aedes Control Technologies Exchange Workshop. The entrepreneur (The Company Public Health Supply and Equipment de Mexico, S.A. de C.V.) presented the proposal “**HOME PRO®, Protection of houses & buildings against mosquitoes**”.



The concept consists in the **provision of already-assembled doors and windows mosquito nets impregnated with long-lasting insecticide (Duranet®) or the materials for its installation** by the company on demand, visualising that this product can be presented to the MoH or other governmental and funding agencies and be provided -by donation or subsidised- to final users (local A&S business, general population and specific communities. Choice of suitable and affordable materials, mass production, and different merchandising options are expected to reduce costs and increase accessibility.

Basically, the types of interventions in that **HOME PRO®** could be engaged include:

- **Provision of already-assembled doors and windows** (with aluminium or wooden frames) with the long-lasting insecticide mosquito nets (Duranet®) already mounted.
- **Supply of materials:** aluminium or wood, rolls of mesh, etc. for local companies to assemble the doors and windows themselves.
- **A DIY-kit directed to the house-hold level** with materials and instructions so that they can assemble the doors and windows themselves.

QUÉ ES HOME PRO



PROTECCIÓN PARA INTERRUMPIR LA ENTRADA DE MOSQUITOS EN VIVIENDAS/EDIFICIOS y más

- Es una propuesta de negocios en donde Public Health Supply and Equipment de Mexico (PSHEM), provee de la infraestructura necesaria para instalar mallas de mosquitero impregnadas con insecticida de larga duración (Duranet®)... y más (ver más adelante)..

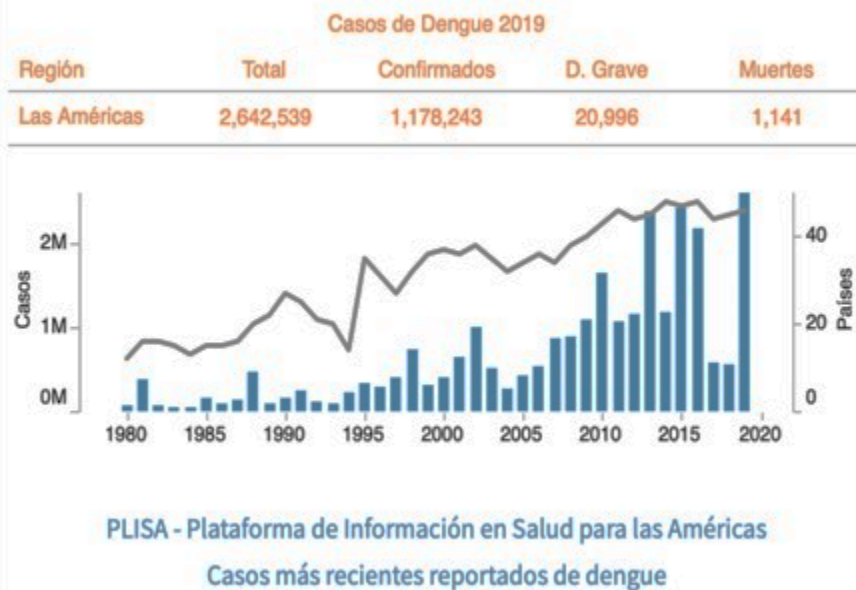
REALIDAD

Durante el presente año se han reportado en el continente, el mayor número de casos y defunciones por dengue en la historia.[§]

Las causas son múltiples, incluyendo el cambio climático, deficiente infraestructura y servicios urbanos, pero la principal es el **ineficaz abordaje** de la **gestión integrada de la enfermedad** y su componente principal, **el manejo integrado de los vectores**.

CIERTO

- Como aún no hay una vacuna eficaz contra el dengue (y otras arbovirosis), las únicas medidas de prevención y control de estas enfermedades son dirigidas a **reducir las poblaciones de mosquitos vectores** y como consecuencia a **reducir o evitar el contacto entre éstos y las personas**.
- Desafortunadamente, como los mosquitos están presentes y transmiten enfermedad en las zonas urbanas donde la temperatura promedio es mayor a 15oC y la altitud es menor a 2,000 snm, **iCasi todas las ciudades de Latinoamérica están en riesgo!**



§ https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=article&id=1&Itemid=40734&lang=es

INTERROGANTES y respuestas

• **P1. ¿Qué se tiene que hacer para evitar o minimizar las enfermedades transmitidas por mosquitos vectores (ETV)?**

• **R1. Reduciendo/evitando el contacto entre los vectores y humanos.**

Las acciones efectuadas por los Programas de Control Vectorial complementadas por acciones Intersectoriales (presentes o no) tienen este propósito, pero...

• **P2. ...¿Cómo es que los programas locales de control vectorial no logran reducir o evitar dicho contacto para que no haya transmisión y se presenten brotes a pesar de las fuertes inversiones que se llevan a cabo?**

• **R2. Porque dicha respuesta es insuficiente.** Hacen falta, con **oportunidad y suficiencia**

- Financiamiento
- Personal
- Equipos e insumos
- Pero encima de todo, **una estrategia eficaz, basada en evidencia, que incluya en las acciones de vigilancia entomológica, prevención y control vectorial a la sociedad en su conjunto.**

• **P3. ¿Entonces lo que hace falta es incluir a la sociedad para que contribuya a reducir los riesgos de contacto con los vectores y la transmisión de estas enfermedades?**

• **R3. Es justo lo que hace falta,** pero, aunque se ha intentado innumerables ocasiones, **la respuesta de la comunidad suele ser escasa y poco sustentable.**

• **P4. ¿Pero cuál es la actividad que se ha recomendado lleve a cabo para evitar las ETVs?**

• **R4. Reducir las fuentes de crianza larvaria lavando, tapando, volteando o descartando los recipientes domésticos.**

• **P5. ¿Es esto lo único que tiene que hacer y así se evita la transmisión?**

• **R5. No.** Es solo una práctica recomendable para **no tener criaderos de mosquitos** que afecten a la familia y a la comunidad.** **Desafortunadamente, si los vecinos no hacen lo mismo, entonces de cualquier manera habrá mosquitos en la vivienda y el riesgo será el mismo.**

• **P6. ¿Entonces, qué más hace falta?**

• **R6. Llevar a cabo medidas de protección personal que eviten o minimicen el contacto entre los vectores y las personas.**

• En la vivienda: **Asegurar viviendas a prueba de mosquitos**

• Fuera de la vivienda: **Uso de ropa (pantalones y camisas de manga larga) para reducir la proporción de piel expuesta a picaduras y usar repelentes**

ESTOS SON LOS PRINCIPIOS DE LA ESTRATEGIA HOME PRO

** Incluso se recomienda aplicar larvicida en recipientes grandes donde se almacena agua

EVIDENCIA DE PROTEGER LAS VIVIENDAS

- El experimento final para demostrar que los mosquitos *Anopheles* transmiten paludismo, organizado por Manson^{††}, se efectuó en el año 1900, en una zona de alta transmisión de esta enfermedad, cerca de Roma, Italia.
- Se construyó una vivienda a prueba de mosquitos. Dos voluntarios (los doctores Luigi Sambon y G.C. Low, de la London School of Tropical Medicine), se introdujeron en dicha vivienda al caer la noche y pernoctaron durante tres meses en ésta, sin haber contraído paludismo, demostrando así, que **si no hay contacto entre los mosquitos vectores y las personas, no puede haber transmisión.**

EL PRINCIPIO ES EL MISMO

- Si se construye una casa a prueba de mosquitos, es posible evitar que entre el vector *Aedes aegypti* en esa vivienda y el riesgo de contraer dengue sea eliminado.

VIVIENDA A PRUEBA DE AEDES AEGYPTI

- Consiste en instalar **barreras físicas en partes de la pared que pueden estar abiertas (puertas y/o ventanas) en algún momento del día (y que pudiesen permitir el libre ingreso de los vectores a la vivienda).**
- Las barreras físicas son **mallas de mosquitero impregnadas con insecticida de**



Mallas mosquiteras impregnadas con insecticida de larga duración en puertas y ventanas de casas en Mérida, Yucatán.

^{††} Manson-Bahr PH, Alcock A. The life and work of Sir Patrick Manson. London: Casell & Co., 1927

Construcción de una casa a prueba de mosquitos

- En cualquier casa blanco, se instalan mallas de mosquitero impregnados con insecticida de larga duración en puertas y ventanas.
- **Puertas: Normalmente hay dos puertas, una que da al exterior y la segunda al patio.**
- **Ventanas: Comúnmente son 5, una en el frente de la casa, otra en la cocina, una en cada recámara y una en el baño.**
- Por tanto, se deben montar las mallas en dos puertas y cinco ventanas con armazón de aluminio o madera
- El número de dispositivos a construir depende del número de puertas y ventanas en cada vivienda.

Tipos de intervención en Homepro®

- **Dotar de las puertas y ventanas con armazón de aluminio o madera con las mallas de mosquitero ya montadas.**
- **Suministro de los materiales: aluminio o madera, rollos de malla, para que una compañía local ensamble las puertas y ventanas.**
- **Entrega a los residentes con los materiales para que ellos mismos ensamben las puertas y ventanas**



Además de puerta y ventanas seguras...

Las medidas integradas de protección personal (Homepro®) promueven adicionalmente:

- Medidas de protección personal fuera de la vivienda, usando repelente en partes expuestas de la piel.
- Aplicar larvicida en recipientes domésticos donde se almacena agua

- PHSEM es una compañía mexicana, establecida en 1993, que produce y distribuye insumos necesarios para el control de artrópodos vectores de enfermedades.
- Es proveedor del Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores de la Secretaría de Salud de México.
- Es distribuidor exclusivo de insecticidas y equipos de Clarke® Mosquito Control Products (Roselle IL, USA).
- PSHEM también distribuye los repelentes y larvicidas más efectivos disponibles en el mercado.

Nuestros productos

Malla de mosquitero de polietileno impregnado con alfacipermetrina de larga duración (Duranet®, Clarke®)

Disponible en rollos (de 50 y 100 m) o pabellones de cama de 15 m².

Efecto mosquitocida de 1-3 años (dependiendo de la exposición al sol, agua y el cuidado de la malla).



Larvicida bioracional Spinosad en tabletas de liberación lenta (Natular® Spinosyn®, Clarke®).

Efecto larvicida hasta por 120 días.



□

Exchanges and collaboration across other studies and countries within this call

We established an agreement of collaboration with the other Mexican team, combining insecticide painting and HS for the development of bioassays and pilot field-trials to evaluate its entomological efficacy against *Ae. aegypti*.

We presented and discussed the evidence and results from our project and emphasised the goal of providing more accessibility of nets -with or without LLINs- to the communities. The other team (Project IDRC-109071-001) was interested in our prototype made of magnets, after the entomological efficacy and social perceptions/acceptance evaluations, and the low-cost associated to this option.



Evaluación del efecto combinado de mallas mosquiteras y pintura con insecticida micro-encapsulado para el control de *Aedes aegypti*

Proyectos IDRC-109071-001 y IDRC-109071-002

Principales investigadores e instituciones académicas participantes

PhD. Pablo Manrique Saide & Dra. Norma Pavía Ruz. Universidad Autónoma de Yucatán (Nodo Ecosalud UADY), México. Proyecto IDRC-109071-002

MC. Alejandro Cesar Villegas Trejo & MPH. Armando Javier Pruñonosa Santana. Asesoría y Capacitación en Salud Pública y Enfermedades Transmitidas por Vectores S.A. de C.V.

Resumen

El mejoramiento de las condiciones de infraestructura, de acceso a servicios básicos de agua y saneamiento en las viviendas, se ha propuesto como un “paquete preventivo” básico o modelo de “vivienda segura” a integrar entre las acciones para el control y prevención de enfermedades transmitidas por vectores (ETV) en entornos comunitarios con alto riesgo de transmisión, principalmente en grupos sociales menos favorecidos, viviendo en condiciones de pobreza, que a su vez son los que presentan mayor carga de morbilidad, mortalidad y de discapacidad asociada a estos problemas de salud ([Aagaard-Hensen y Lise Chaignat, 2010](#); [Vazquez-Pokopec et al. 2017](#)).

Sin embargo, estos conceptos y las acciones necesarias para su implementación aún no han logrado permear dentro de las acciones de los Programas Nacionales de Prevención y control de Enfermedades Transmitidas por Vectores, habitualmente desarrollados desde los Ministerio de Salud, siendo necesaria la generación de mayor evidencia sobre el impacto, costo-efectividad y sostenibilidad de estas actuaciones como parte de las estrategias de manejo integrado de vectores ([Bowman et al. 2016](#), [Olliari et al. 2018](#); [OMS 2012](#)).

El presente proyecto propone evaluar la eficacia combinatoria de dos tecnologías para el control de las poblaciones del mosquito *Aedes aegypti* vector del dengue, chikungunya y Zika en entornos de alto riesgo de transmisión: La colocación de mallas mosquiteras en puertas y ventanas de viviendas (a), y la aplicación de Pintura con Insecticida Microencapsulado (PIM), de alto efecto residual, en paredes de interiores de las viviendas (b). Ambas tecnologías se incluyen dentro de mejoras estructurales deseables para una vivienda segura y resiliente contra ETVs, y han sido evaluadas y catalogadas como de alto potencial para el control efectivo de enfermedades transmitidas por *Ae. aegypti*, y otros vectores transmisores de enfermedades.

Actualmente se están desarrollando dos ensayos comunitarios de intervención para la evaluación por separado de la efectividad en campo de ambas tecnologías, ambos financiados por parte del Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC, por sus siglas en inglés), en el marco de la convocatoria “Promoción de las Empresas y Tecnologías en el Control de la Transmisión de Enfermedades Transmitidas por *Aedes aegypti*”, para lo cual se dispuso de gran cantidad de evidencia documental sobre la eficacia, costo-efectividad y beneficios potenciales de la adopción de estas tecnologías en el marco de las acciones para el Manejo Integrado de vectores (MIV).

La presente, es una propuesta de colaboración entre las instancias que implementan ambos proyectos para la evaluación del efecto protector generado por la combinación de ambas tecnologías en condiciones de campo. Se integra para ello una propuesta técnica-metodológica, para el logro de los objetivos de este proyecto de investigación colaborativo, y una propuesta de co-ejecución de los recursos ya asignados por IDRC que permita su ejecución.

Antecedentes, planteamiento del problema

Sin vacunas o medicamentos disponibles comercialmente para tratar las enfermedades transmitidas por mosquitos *Aedes spp* (ETA, a saber, dengue, chikungunya y Zika), el control de vectores sigue siendo la única opción inmediata para combatirlas.

Se sabe que las enfermedades transmitidas por *Aedes spp* (ETA) y otras enfermedades transmitidas por vectores (ETV) afectan de forma inequitativa a los segmentos de la población más pobres, quienes además cuentan con menor capacidad de acceso a bienes y recursos para modificar los entornos en los que habitan (vivienda, manzana, comunidad) y generar de esta manera actuaciones de prevención y control eficaces y perdurables para el control de las ETVs, lo cual genera mayor carga de morbilidad, mortalidad, incapacidad y deterioro de la calidad de vida en estos segmentos de la población.

Este fenómeno de carga inequitativa de morbilidad y mortalidad generado por estas enfermedades infecciosas se ve fuertemente influenciado por una serie de determinantes sociales, entre los que destacan: agua y saneamiento, vivienda y agrupaciones, medio ambiente, migración, desastres naturales, conflictos sociales, factores socioculturales y género, condiciones de trabajo y tipo de empleo, así como el acceso y utilización a servicios de salud

Ello genera un amplio abanico de opciones de intervenciones que, focalizadas en los entornos domiciliarios y comunitarios de alto riesgo de transmisión de ETVs, complementan las actuaciones de diagnóstico, tratamiento y control de brotes que habitualmente son desarrolladas desde el sector salud, y que permiten potenciar las actuaciones de prevención y control de estos problemas de salud con una perspectiva de equidad, las cuáles metodológicamente han sido organizadas en 6 grandes grupos de actuaciones básicas sobre Determinantes Sociales en Salud (DSS) altamente asociados a estos problemas de salud: (1) El abordaje de factores relacionados con el agua, el saneamiento y el hogar; (2) La reducción del riesgo ambiental; (3) Mejorar la salud de las poblaciones en condiciones de movilidad; (4) Reducir la inequidad debida a factores socioculturales y de género; (5) Reducir la pobreza en poblaciones endémicas de ETVs, y (6) Establecimiento de sistemas de vigilancia y evaluación de riesgos (OMS,2010) #

Ante ello, proponemos la evaluación de la efectividad combinatoria de 2 tecnologías que aumentan el nivel de protección contra las enfermedades transmitidas por *Aedes* (ETA), y que al mismo tiempo permiten mejorar las condiciones estructurales de las viviendas que protegen contra la transmisión de otras ETVs: Estas tecnologías son el uso de mallas mosquiteras en puertas y ventanas y la aplicación de Pinturas con Insecticidas Micro-encapsulados en paredes interiores de las viviendas.

Jens Aagaard-Hensen and Claire Lise Chaignat. Equity, social determinants and public health programmes. Cap. 8. Neglected tropical diseases: equity and social determinants. World Health Organization. 2010. Pages 147 - 176

Sobre el uso de las mallas de tela mosquiteras

El principio de "construir contra el vector" es el fundamento de las intervenciones de vivienda efectivas para prevenir enfermedades transmitidas por vectores y actualmente es alentado por la Organización Mundial de la Salud (OMS 2017, Lindsay et al. 2017);

La "protección contra mosquitos" de las casas con mosquiteros (mosquiteros en puertas y ventanas) es una forma de gestión ambiental basada en cambios en la habitación humana (OMS 1982) para excluir vectores y reducir el contacto humano-vector-patógeno. La protección domiciliar con mosquiteros (HS) se ha asociado significativamente con la protección contra la malaria (Kirby et al. 2008, 2009 y 2013, Lindsay et al. 2002 y 2003) y para ser ampliamente aceptado por las comunidades (Kirby et al. 2010 y 2013).

En 2017, un foro de investigación a políticas convocado por TDR / OMS (Olliaro et al.2018), finalmente identificó la HS como un enfoque prometedor de gestión de vectores para la prevención y el control de las ETA. Sin embargo, la necesidad de mayor evidencia de impacto también fue reconocida (Bowman et al.2016, Olliaro et al.2018). La HS no está incluida en las guías actuales de la OMS para el dengue (OMS 2009), pero dados sus beneficios potenciales y de amplio alcance, es un fuerte candidato para ensayos adicionales para evaluar su efectividad y estrategia óptima para cumplir con el Manejo Integrado de Vectores (MIV), que incluye movilización social y colaboración dentro del sector de la salud y más allá (OMS 2012).

La integración de HS con mosquiteros insecticidas de larga duración (LLIN), conocida como casas con mallas con insecticida (ITS) (Wilson et al. 2014), puede proporcionar un control simple de *Aedes spp*, seguro y de baja tecnología. Los proyectos apoyados por el IDRC dentro del programa "Investigación Eco-Bio-social" en México demostraron que los LLIN colocados como ITS en puertas y ventanas (Figura 1) pueden actuar como una barrera física / química y conferir protección sostenida para *Aedes aegypti* hembras de interiores (Manrique-Saide et al. 2015, Che- Mendoza et al. 2015 y 2018). Los ensayos controlados aleatorios en dos localidades endémicas para *Ae. aegypti* y ATD del sur de México, demostraron que ITS confería protección inmediata y sostenida (~ 2 años) contra *Ae. aegypti*, incluso en presencia de resistencia a piretroides (Figura 2). En Mérida, las casas protegidas con ITS tenían significativamente menos *Ae. aegypti* infectados con el virus del Zika hasta 1 año después de la instalación (Manrique-Saide et al. 2021).

ITS fue muy bien aceptado por la comunidad, con una eficacia percibida en la reducción de la abundancia y picaduras de mosquitos y, además, la reducción de otras plagas de insectos domésticos (Jones et al. 2014). Sin embargo, se identificaron dos factores limitantes principales para su accesibilidad por parte de la comunidad. En primer lugar, los LLIN aún no estaban disponibles comercialmente para el público y / o en el mercado minorista en México, y en segundo lugar, que la instalación de mallas con materiales de alta calidad (aluminio) tiene un costo elevado para la población vulnerable.

Durante 2019, se evaluó el HS con mallas mosquiteras regulares (sin insecticida) como una intervención para reducir la infestación, la abundancia y la infección con arbovirus de mosquitos *Ae. egypti* en interiores de viviendas en un RCT en la ciudad de Mérida, México. Las casas con HS tuvieron un riesgo significativamente menor de tener hembras *Ae. aegypti* (OR = 0,56, 95% C. I. 0,33-0,99) y hembras alimentadas con sangre (OR = 0,53, 95% C. I. 0,28-0,97) en comparación con los hogares no protegidos del brazo de control. Las abundancias de vectores en interiores también mostraron cantidades significativamente menores de *Ae. aegypti* en casas protegidas con HS (TIR = 0.50, 95% C. I. 0.30-0.83) e igualmente, menos hembras alimentadas con sangre dentro de las casas (TIR = 0.48, 95% C. I. 0.27-0.85). Notablemente, HS se asoció significativamente con menos casas con hembras *Ae. aegypti* positivo para arbovirus dentro de las casas (OR = 0.29, 95%

CI 0.10–0.86, P = 0.02) durante la temporada de lluvias con una efectividad de intervención estimada para reducir la infección por arbovirus de HSeff = 71%.

Estos resultados proporcionan evidencia al HS como paradigma -dentro de las intervenciones a la vivienda- para el control de *Ae. aegypti*, que puede reducir significativamente las infestaciones de hembras en interiores (incluidas las hembras infectadas) y, en consecuencia, el contacto entre humanos y vectores dentro de las casas con el potencial de proteger contra las ETA, particularmente en lugares con transmisión simultánea de dengue, chikungunya y Zika.

El costo para proteger una casa (dos puertas y 7 ventanas) con HS (fijo permanentemente con marcos de aluminio) instalado por un profesional es de ~ \$ 140 USD, con el potencial de impacto sostenible y rentabilidad después de varios años (Alfonso-Sierra 2017, Quintero et al.2017, Che-Mendoza et al.2018, Manrique-Saide et al.2021). El costo total de HS se explica en gran parte por el costo de los marcos y herrajes de aluminio (72,5% del costo total) y mano de obra profesional (18%). Por lo tanto, una solución inmediata obvia para aumentar el acceso a la comunidad y hacer que HS sea más asequible es introducir ciertas estrategias de ahorro de costos, por ej. el uso de materiales menos costosos en lugar de marcos de aluminio, o mosquiteras ya fabricadas y listas para instalar.

Nuestro equipo evaluó la eficacia de marcos de bajo costo contruidos con los diferentes materiales para proteger contra *Ae. aegypti* (entrada de mosquitos hembra) en cabañas experimentales. La eficacia de protección -previniendo el paso del mosquito hembra al interior de las cabañas- de cualquiera de las opciones de marcos fue alta (> 93%). La mayor protección la registraron los marcos hechos con material de aluminio, bloqueando el 99% de los mosquitos hembras (TIR = 0.01, C.I. 0.003-0.02); pero otra opción de bajo costo como los imanes (protección promedio = 93.1%, 95% CI = 89.6-96.7) funcionó muy bien con un costo 60% menor que el aluminio . Los resultados corroboraron que es posible que las familias consideren una prevención de enfermedades diferente, impulsada por el consumidor, con materiales más accesibles, pero aún efectivos, en lugar del aluminio para la HS.

Sobre el uso de las Pinturas con Insecticidas Micro-encapsulados (PIM)

Las características de la tecnología de microencapsulación polimérica de insecticidas, su incorporación a la matriz de pinturas listas para usarse, y los resultados obtenidos a partir de estudios iniciales han generado un renovado interés por el uso de estas pinturas (PIM) para el control de vectores transmisores de enfermedades.

Entre las propiedades más importantes de estas nuevas formulaciones insecticidas destacan las siguientes: permite una lenta y controlada liberación de ingredientes activos a dosis bajas y seguras para humanos y animales; Aumenta el efecto residual de los ingredientes activos entre 4 a 6 veces, convirtiéndose en una alternativa costo-efectiva en términos de requerimiento de re-aplicación, dada su continuidad y residualidad; Pueden generar diversos efectos de interés para el control de vectores, como repelencia espacial, irritación por contacto, toxicidad, sinergia de insecticidas o regulación de crecimiento, e incluso la protección contra más de un tipo de insecto vector, según la acción química del ingrediente activo, o combinación de ingredientes activos

microencapsulados^{§§,***,†††}; Son fáciles de aplicar, reduciendo costos asociados a la utilización de personal altamente cualificado y el uso de la maquinaria especializada; Así mismo, las PIM constituyen una intervención de nula necesidad de adherencia y mantenimiento frente a las mosquiteras impregnadas y el rociamiento intradomiciliario; Es posible generar formulados de pinturas para interiores o exteriores, lo que aumenta el rango de insectos vectores que pueden ser controlados con esta tecnología, siempre y cuando se tomen en cuenta los patrones de vida y alimentación de los vectores (endofilia, endofagia etc.); Además, su aplicación no genera lixiviados, lo que disminuye la probabilidad de un impacto medio ambiental negativo.^{‡‡}

En el caso de la PIM con Transflutrina, su formulación fue desarrollada a finales de 2017 por parte de la empresa española INESFLY., y ha sido pensada para hacer uso del efecto de repelencia espacial y del efecto insecticida por contacto de este ingrediente activo sobre mosquitos.^{§§§,****,†††,†††,§§§§,*****}. Esta formulación también tiene por propósito aprovechar el efecto de modificación de la conducta de oviposición y la afectación de la fecundidad y fertilidad observado sobre hembras grávidas de mosquitos *Aedes aegypti*^{††††,††††}.

Además, la Transflutrina se propone como una alternativa eficaz para el control de cepas de *Ae. Aegypti* resistentes a piretroides mediada por mono-oxigenasas (C-P450), efecto que ha sido asociado a la presencia de un grupo tetraflourobencil a su estructura molecular,^{§§§§§} lo cual le

^{§§} Solano Teresa, Sanchez Victoria, Garita Andrea. Proyecto piloto con pintura INESFLY para el control de *Aedes aegypti*. Costa Rica. Puntarenas. Región Pacífico Central. Ministerio de Salud de Costa Rica. 2003.

^{***}Gemio Alarico A. et al. Residual effect of a micro-encapsulated formulation of organophosphates and piriproxifen on the mortality of deltamethrin resistant *Triatoma infestans* populations in rural houses of the Bolivian Chaco region. *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol. 105(6): 000-000, September 2010.

^{†††} Mosqueira Beatriz et al. Pilot study on the combination of an organophosphate-based insecticide paint and pyrethroid-treated long lasting nets against pyrethroid resistant malaria vectors in Burkina Faso. *Acta Tropica* 148 (2015) 162–169.

^{‡‡} Schioler K. 2016. Insecticidal Paints: A Realistic Approach to Vector Control?. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. DOI:10.1371/journal.pntd.0004518

^{§§§} Yayo A.M. et al. Effectiveness of Transfluthrin-impregnated Insecticide (Paper Rambo) and Mechanical Screening Against *Culicine* and *Anopheline* Mosquito Vectors in Kumbotso, Kano, Nigeria. *Molecular Entomology*, 2016, Vol. 7, No. 4 doi: 10.5376/me.2016.07.0004

^{****} Ogoma, S.B., Ngonyani H., Simfukwe E.T., Mseka A., Moore J., and Killeen G.F., 2012, Spatial repellency of transfluthrin-treated hessian strips against laboratory-reared *Anopheles arabiensis* mosquitoes in a semi-field tunnel cage, *Parasite Vectors*, 5: 54

^{††††} Arnold S. Mmbando, Halfan Ngowo, Alex Limwagu, Masoud Kilalangongono, Khamis Kifungo and Fredros O. Okumu. Eaveribbon treated with the spatial repellent, transfluthrin, can effectively protect against indoor-biting and outdoor-biting malaria mosquitoes. *Malar J* (2018) 17:368

^{††††} Pates N., Lines J., Keto A., and Miller J., 2003, Personal protection against mosquitoes in Dares Salam Tanzania by using kerosene oil lamp to vaporize transfluthrin, *Medical and Veterinary Entomology*, 16(3): 277-84

^{§§§§} John P. Masalu, Fredros O. Okumu, Arnold S. Mmbando, Maggy T. Sikulu-Lord and Sheila B. Ogoma. Potential benefits of combining transfluthrin-treated sisal products and long-lasting insecticidal nets for controlling indoor-biting malaria vectors. *Parasites & Vectors* (2018) 1:231

^{****} G. Nentwig, S. Frohberger and R. Sonneck. Evaluation of Clove Oil, Icaridin, and Transfluthrin for Spatial Repellent Effects in Three Test Systems Against the *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 2016, 1–9

^{††††} Diane B. Choi, John P. Grieco, Charles S. Apperson, Coby Schal, Loganathan Ponnusamy, Dawn M. Wesson, Nicole L. Achee. Effect of Spatial Repellent Exposure on Dengue Vector Attraction to Oviposition Sites. *PLOS Neglected Tropical Diseases* July 18, 2016

^{††††} Christopher S. Bibbs, Daniel A. Hahn, Phillip E. Kaufman and Rui-de Xue. Sublethal effects of a vapour-active pyrethroid, transfluthrin, on *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* (Diptera: Culicidae) fecundity and oviposition behaviour. *Parasites & Vectors* (2018) 11:486

^{§§§§§} Horstmann S, Sonneck R (2016) Contact Bioassays with Phenoxybenzyl and Tetrafluorobenzyl Pyrethroids against Target-Site and Metabolic Resistant Mosquitoes. *PLoS ONE* 11(3): e0149738. doi:10.1371/journal.pone.0149738

convierte en un producto de alto interés y gran potencial para el control de mosquitos en países como México, donde se ha documentado una amplia distribución de resistencia a piretroides tipo I y II en poblaciones de *Ae. aegypti*.*****

Se considera que su efecto tóxico es unas 2000 veces más potente en insectos que en mamíferos, lo cual permite su uso en dosis muy bajas para el control de mosquitos y hace poco probable la aparición de toxicidad en humanos asociada a su uso habitual.+++++. +++++ Esta propiedad de Transflutrina, ha permitido a la empresa INESFLY generar una formulación de PIM Transflutrina, lista para aplicarse, y a una concentración de 0.5% (p/p) (7 gramos de Transflutrina por cada litro de pintura, al ajustar por densidad de la pintura), generando un producto en teoría seguro para su uso habitual.

El ingrediente activo Transflutrina tiene definida especificación por OMS como insecticida de uso en salud pública§§§§§§ y esta especificación contiene también información toxicológica relevante:

- No se han identificado impurezas en el material técnico con influencia sobre su toxicidad;
- Su clasificación de peligro determina que no es probable que presente intoxicaciones agudas bajo un uso normal;
- No está clasificado como irritante para ojos o piel ni tampoco como sensibilizante dermal.
- Su toxicología aguda es positiva tanto por la exposición oral (DL50 > 5000 mg/kg bw) como dermal (DL50 > 5000 mg/kg bw) e inhalatoria (CL50 = 523 mg/m³).
- El efecto carcinogénico potencial de la transflutrina no es relevante para humanos, ni tampoco se considera genotóxico ni teratogénico. *****,++++++

Ello permite identificar a PIM Transflutrina como una herramienta tecnológica novedosa y de alto potencial para el control de las enfermedades Aédicas, para la cual se requiere desarrollar más investigación, tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones de campo, relacionada a la susceptibilidad real de cepas locales de *Aedes aegypti* en zonas de aplicación, así como sobre su seguridad, efectividad y costo-efectividad como herramienta para el control y prevención de estas enfermedades.

***** Secretaría de Salud. Monitoreo de Resistencia a Insecticidas (Adulticidas) utilizados en el Programa Nacional de Control de Vectores en México. CENAPRECE- Secretaría de Salud. http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/MonitoreoResistenciaInsecticidas2014_extenso.pdf

+++++Bradberry SM, Cage SA, Proudfoot AT, Vale JA. Poisoning due to pyrethroids. Toxicol Rev. 2005;24:93-106.

+++++ WHO specifications and evaluations for public health pesticides. Transfluthrin. 2016. Disponible en: http://www.who.int/whopes/quality/Transfluthrin_eval_specs_WHO_May_2016.pdf

§§§§§ WHO specifications and evaluations for public health pesticides. Transfluthrin. 2006. https://www.who.int/whopes/quality/transfluthrin_eval_only_Nov2006.pdf

***** **Assessment report. Transfluthrin PT18. 2014**

+++++ **Transfluthrin: Human Health Risk Assessment for Proposed Use of a New Active Ingredient in Indoor and Outdoor Residential Settings. US EPA 2018.**

Justificación

Estudios realizados sobre el efecto combinatorio del uso PIM y redes mosquiteras (pabellones) para el control y prevención de insectos vectores han sido desarrollados principalmente para el control de poblaciones de mosquitos transmisores de paludismo en el interior de viviendas, documentándose niveles de efectividad del 99% o más a 6 meses de seguimiento y hasta del 82 % a 12 meses. #####. §§§§§§§§ . Si bien es posible encontrar información sobre la eficacia de las PIM y telas mosquiteras en puertas y ventanas para el control de poblaciones de *Aedes aegypti*, esta solo se encuentra disponible con evaluaciones individuales y por separado, siendo necesario generar mayor evidencia sobre la efectividad, pertinencia social y beneficios generados del uso combinatorio de ambas tecnologías en la prevención y control de las ETA.

El presente proyecto de investigación tiene por objeto generar evidencia científica para sustentar el uso combinado de mallas mosquiteras (HS) y pinturas con insecticida micro-encapsulado (PIM) como herramientas eficaces y asequibles que permiten reducir la densidad y exposición a *Ae. aegypti* y, en última instancia, el riesgo de ETA como parte de un enfoque de gestión integrada de vectores (OMS 2017, Lindsay et al.2017, Olliaro et al.2018)

Para lograrlo, se propone realizar un proyecto de investigación que integra la colaboración de los equipos de trabajo de dos proyectos ya en proceso de ejecución y financiados por la Agencia Canadiense de Investigación para el Desarrollo (IDRC): El proyecto IDRC-109071-001 de evaluación Pintura con insecticida micro-encapsulado Transflutrina para el control de *Aedes aegypti* desarrollado en el municipio de Pochutla, en la zona costa de Oaxaca, y el proyecto IDRC-109071-002 de evaluación de efectividad de mallas de tela mosquiteras implementado en la Ciudad de Mérida, Yucatán.

La intervención se desarrollará en el municipio de Pochutla, zona costa de Oaxaca, en 80 viviendas previamente intervenidas con PIM Transflutrina a través del proyecto IDRC-109071-001, quienes representarán el marco muestral para la presente propuesta de proyecto, colocando en ellas mallas de tela mosquiteras en puertas y ventanas con la finalidad de evaluar el efecto protector combinatorio de ambas tecnologías, permitiendo hacer un uso eficiente de los recursos ya asignados a ambos proyectos.

Los resultados obtenidos en esta prueba piloto en campo como “proof of principle” serán utilizados para promover el uso de ambas tecnologías en el mejoramiento de viviendas en zonas de alto riesgo de transmisión, misma que a futuro debe ser integrada como parte de las estrategias que permiten complementar y potenciar las acciones de prevención y control de ETVs desarrolladas actualmente por parte del sector salud (Vázquez-Pokopec et al. 2017).

G Acapovi-Yao et al. Assessment of the Efficiency of Insecticide Paint and Impregnated Nets on Tsetse Populations: Preliminary Study in Forest Relics of Abidjan, Côte d'Ivoire. West African Journal of Applied Ecology. vol.22(1), 2014: 17–25

§§§§§§§§ Beatriz Mosqueira, Dieudonné D. Soma, Moussa Namountougou, Serge Poda, Abdoulaye Diabaté, Ouari Ali, Florence Fournet, Thierry Baldet, Pierre Carnevale, Roch K. Dabiré, Santiago Mas-Coma, Pilot study on the combination of an organophosphate-based insecticide paint and pyrethroid-treated long lasting nets against pyrethroid resistant malaria vectors in Burkina Faso, Acta Tropica, Volume 148, 2015, Pages 162-169, ISSN 0001-706X.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Evaluar la efectividad, y residualidad del efecto, del uso combinatorio de HS -sin insecticida- y PIM Transflutrina, para reducir la abundancia y exposición a *Ae. aegypti* en interiores de viviendas intervenidas a través de un ensayo comunitario de intervención en San Pedro Pochutla, Estado de Oaxaca.

Objetivos específicos

1. Promover el desarrollo de un kit de bricolaje de mallas de tela mosquitera sin insecticida, con el objetivo de contribuir en una etapa futura con la adopción de este método y el fortalecimiento de los esfuerzos de salud pública en la prevención de las enfermedades transmitidas por *Aedes spp* en México y los otros dos países.
2. Comparar la densidad de mosquitos adultos de *Aedes aegypti* en interiores entre las viviendas intervenidas -con Mallas de telas mosquiteras no impregnadas y PIM Transflutrina- y las viviendas del grupo de comparación, a través de encuestas entomológicas mensuales.
3. Describir la percepción comunitaria, institucional y de actores claves, relacionada a los efectos y beneficios generados por la intervención con PIM Transflutrina.

Material y métodos

Área

El estudio se realizará en el casco Urbano del Municipio de San Pedro Pochutla, ubicado en la zona costa del Estado de Oaxaca de Juárez, ubicado a una altura media de 160 metros sobre el nivel del mar, con una población de 13,685 habitantes (INEGI, 2010) y una superficie total de 421 kilómetros cuadrados, caracterizada por ser una comunidad de pobreza extrema [*****] donde existen condiciones sociales y ambientales que favorecen la presencia de *Aedes aegypti* en los entornos domiciliarios, y en los que se verifica antecedentes recientes de transmisión de enfermedades arbovirales [+++++].

Se intervendrán viviendas de las colonias Laguna Seca y Nuevo Chapingo, ubicadas en el sector 1519, como escenarios para el desarrollo del proyecto, por presentar altos niveles de positividad a la presencia del vector y de casos notificados de enfermedades Aédicas en los registros históricos del sector salud de los últimos 2 años.

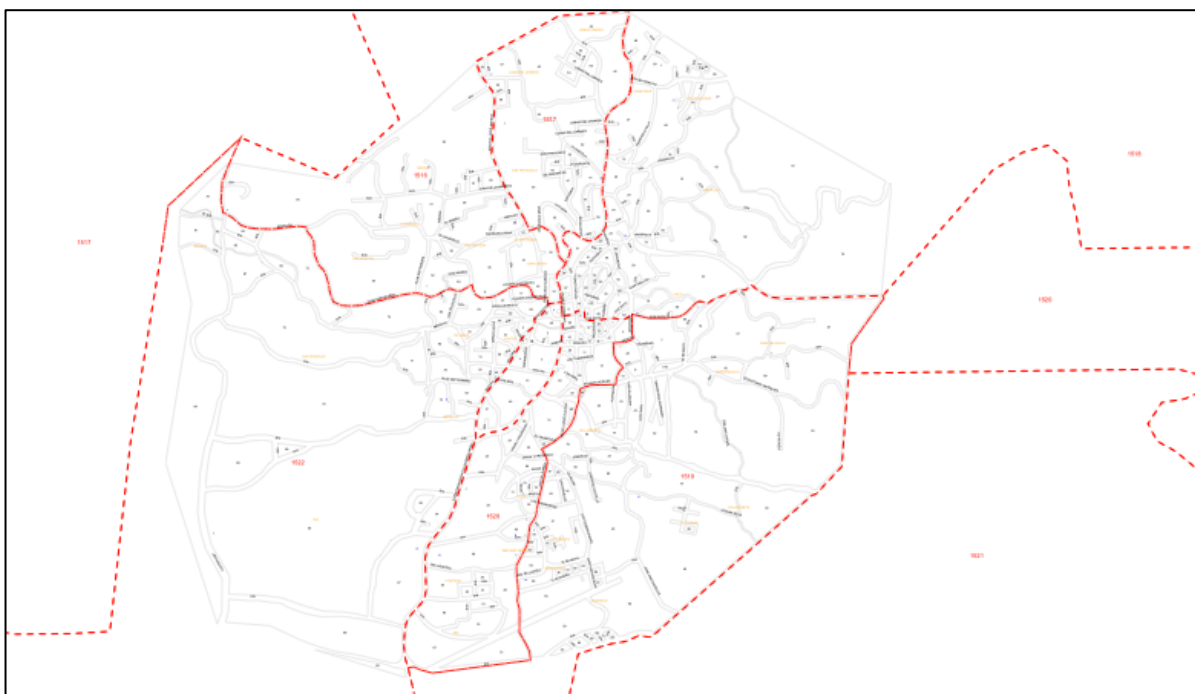
***** CONEVAL. Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2016. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza_2008-2016/medicion-pobreza-entidades-federativas-2016.JPG

+++++ SEDESOL. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2018. Secretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional. 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288963/Oaxaca.pdf>

***** SEDESOL. Informe social sobre la situación de pobreza y rezago social 2017. Oaxaca, San Pedro Pochutla (20324). Disponible en: http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Oaxaca_324.pdf

Tipo de estudio y tamaño muestral

Se realizará un estudio longitudinal, tipo cohorte, para evaluar la efectividad de dos alternativas para el control de las poblaciones del vector *Ae. aegypti*, seleccionando para ello 160 hogares de un área de alto riesgo de transmisión de dengue, los cuales han sido asignados a un grupo expuesto a las tecnologías evaluadas (80 hogares en la colonia Laguna Seca) y a un grupo de comparación (80 hogares en la colonia Nuevo Chapingo) en el que inicialmente no integrarán ninguna de las tecnologías evaluadas (HS y PIM Transflutrina).



Área de estudio en el municipio de Pochutla, zona costa de Oaxaca, México.

Los 160 hogares que actualmente participan en el proyecto PIM Transflutrina en Pochutla se dividirán de la siguiente forma y con los siguientes tratamientos:

Grupo de hogares/Localidad	Tratamiento durante 2021
Brazo A. Actualmente conformado por 80 hogares con PIM Transflutrina aplicado en Nov 2020	Brazo A1. Conformado por 40 hogares solo con PIM Transflutrina
	Brazo A2. Conformado por 40 hogares con PIM Transflutrina + HS
Brazo B. Actualmente conformado por 80 hogares sin ningún tratamiento (control)	Brazo B1. Conformado por 40 hogares solo con HS
	Brazo B2. Conformado por 40 hogares sin ningún tratamiento (control)

Tratamientos

PIM Transflutrina. El grupo con PIM Transflutrina, constituido por 40 viviendas en la colonia Laguna Seca, fue intervenido previamente (octubre a noviembre de 2020) con la aplicación de PIM Transflutrina 0.5% en paredes de interiores como parte de la fase de ensayo comunitario del proyecto IDRC-109071-001, proceso que incluyó las siguientes actividades: la caracterización previa de las paredes del interior; la entrega de un kit de insumos que integra en promedio de 8 litros de sellador entintable blanco (Comex) para el recubrimiento de paredes no tratadas previamente (obra en negro) y/o de alta absorción (madera, lodo, bajareque, ladrillo, obra negra) y/o que presentan colores intensos, un rodillo con recambio, una brocha de 4 pulgadas, una charola de plástico y 20 litros de pintura con insecticida micro encapsulado a base de Transflutrina 0.5%; La aplicación de estos productos se realizó totalmente por los integrantes de las familias, quienes contaron con el seguimiento y asesoría por parte del personal operativo del proyecto durante las 5 semanas destinadas a la entrega y aplicación de las pinturas: 1ra semana de octubre a 2da semana de noviembre de 2020.

PIM Transflutrina + HS. El grupo con PIM Transflutrina + HS, estará constituido por 40 viviendas en la colonia Laguna Seca, intervenido previamente (octubre a noviembre de 2020) con la aplicación de PIM Transflutrina 0.5% en paredes de interiores (arriba descrito) a las que se integrará la colocación de mallas de tela mosquitera en puertas y ventanas exteriores. Se propone la utilización de una versión económica de las mallas de telas mosquiteras en puertas y ventanas que integra con velcro e imanes para su colocación, reemplazando de esta manera la versión con marcos de aluminio inicialmente evaluada por el proyecto IDRC 109071-002, en Mérida Yucatán, México. Se explorarán propuestas de diseño y costos para la confección de estos modelos de mallas de tela mosquitera con pequeñas empresas locales, generando un contrato por prestación de servicios con aquella (as) que generen una mejor propuesta de diseño en términos de costos y calidad.

HS. Constituido por 40 viviendas en la colonia Chapingo, que en el proyecto IDRC-109071-001 no recibieron ninguna intervención y fueron parte del grupo control.

Control. Constituido por 40 viviendas en la colonia Chapingo, que en el proyecto IDRC-109071-001 no recibieron ninguna intervención y fueron parte del grupo control. Este grupo, en caso de brotes o riesgo epidemiológico puede recibir tratamientos por parte del Programa de vectores que incluyen: eliminación de criaderos, rociados espaciales y rociados residuales con productos insecticidas ante la presencia de casos confirmados en manzanas y hogares, respectivamente.



Alternativas de colocación de mallas mosquiteras con uso de velcro e imanes a utilizar en la fase comunitaria de proyecto colaborativo a implementar en Pochutla, Oaxaca.

Criterios de selección de viviendas a incluir en el estudio

Se seleccionarán viviendas habitadas, las cuales serán incluidas al estudio siempre y cuando:

- Un adulto mayor residente en la vivienda acepte participar voluntariamente del estudio;
- Firme el documento de consentimiento informado, comprometiéndose a facilitar el acceso al personal del proyecto para la recolección periódica de información entomológica a lo largo de los 06 meses de estudio.

Criterios de exclusión

- Establecimientos comerciales, de negocio, oficinas, estacionamientos y/o viviendas deshabitadas presentes en las manzanas seleccionadas.

Criterios de eliminación

- Viviendas seleccionadas que durante el seguimiento los residentes decidan abandonar el estudio.

En el caso de pérdida de hogares durante el seguimiento, se concluirán las labores de recolección de información en ese hogar. Sin embargo, la información recolectada durante el periodo de participación será utilizada en la estimación de los indicadores requeridos por el estudio.

Medición de efectividad

Se comparará la presencia y abundancia de mosquitos adultos de *Aedes aegypti* en interiores entre las viviendas intervenidas a través de encuestas entomológicas mensuales.

Se realizarán colectas entomológicas mensuales transversales, una antes de la implementación de las intervenciones y se dará seguimiento por 5 meses después como en Manrique-Saide et al. (2014, 2021) y Che-Mendoza et al. (2015, 2017, 2018). Se realizarán recolecciones de mosquitos adultos en interiores en una submuestra seleccionada al azar de 30 casas de cada grupo. Los mosquitos adultos de interior se recolectarán con aspiradores Prokopack (Vazquez-Prokopec et al. 2009) durante un período de 15 minutos por casa. Las recolecciones dentro de cada grupo se realizarán el mismo día entre las 09:00-12:00 hrs. por equipos de colectores expertos. Se separarán e identificarán los mosquitos *Ae. aegypti*.

Medición de aspectos de satisfacción y aceptación de la intervención

Se aplicarán encuestas a familias para abordar la recepción social de las intervenciones PIM Translutrina + HS y HS. Los temas considerados incluirán: aceptación de la intervención, opiniones sobre el proceso de instalación, percepción de aumento de temperatura asociado al material de las pantallas, satisfacción en la reducción de mosquitos dentro de las casas, casos positivos de DEN / CHIK / ZIK reportados por las familias luego de la instalación de mallas mosquiteras y cualquier otra recomendación para el método.

Difusión de resultados

Se propone generar los siguiente productos de difusión y divulgación de resultados:

- Un artículo de publicación científica con los resultados obtenidos, sometido a revisión por partes y publicado en una revista “open acces” de divulgación científica;
- Boletines trimestrales de divulgación, destinado a comunicar avances de la implementación y resultados obtenidos a instituciones y actores colaboradores: gobierno municipal de San Pedro Pochutla; Directivos Jurisdiccionales y Estatales de Servicios de Salud de Oaxaca; medios locales de comunicación social.
- Participación en al menos un congreso nacional/regional relacionado a experiencias en el control y prevención de las ETA y otras ETV.

Plan de trabajo (6 meses)

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Talleres con propietarios de pequeñas empresas de A&S para ensamblar prototipos de mallas de tela mosquitera, considerando sus experiencias	X					
Colocación de mallas de telas mosquitera en viviendas		X				X
Estudios entomológicos para evaluar el efecto de la intervención	X	X	X	X	X	X
Estudios sobre la opinión y aceptación de los consumidores por parte de la comunidad y pequeños negocios			X			X
Elaboración de informes y publicaciones finales / Participación en congresos nacionales.						X

Referencias

- Alfonso-Sierra E, Basso C, Beltrán-Ayala E, Mitchell-Foster K, Quintero J, Cortés S, et al. Innovative dengue vector control interventions in Latin America: what do they cost? *Path.Global Hlth.* 2016, 10 (1): 14–24.
- Bowman LR, Donegan S, McCall PJ. Is Dengue Vector Control Deficient in Effectiveness or Evidence?: Systematic Review and Meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016. March 17;10(3):e0004551
- Che-Mendoza A, Medina-Barreiro A, Koyoc-Cardena E, Uc-Puc V, Contreras-Perera Y, Herrera-Bojórquez J, Dzúl-Manzanilla F, Correa-Morales F, Ranson H, Lenhart A, McCall PJ, Kroeger A, Vazquez-Prokopec G, Manrique-Saide P. 2018. House screening with insecticide-treated netting provides sustained reductions in domestic populations of *Aedes aegypti* in Merida, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(3):e0006283
- Che-Mendoza A, Guillermo-May G, Herrera-Bojórquez J, Barrera-Pérez M, Dzúl-Manzanilla F, Gutierrez-Castro C, Arredondo-Jiménez JI, Sánchez-Tejeda G, Vazquez-Prokopec G, Ranson H, Lenhart A, Sommerfeld J, McCall PJ, Kroeger A, Manrique-Saide P. 2015. Long-lasting insecticide treated house screens and targeted treatment of productive breeding-sites for dengue vector control in Acapulco, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 109(2):106-115
- DOF. Official Regulations of Mexico. NOM-032-SSA2-2014 para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector D.O.F. 16th April 2015. Norma Oficial Mexicana, Mexico City (2014).
- Hernandez-Avila JE, Rodriguez M-H, Santos-Luna R, Sanchez-Casta'eda V, Roman-Perez S, Rios-Salgado VH, et al. Nation-Wide, Web-Based, Geographic Information System for the Integrated Surveillance and Control of Dengue Fever in Mexico. *PLoS ONE.* 2013;8:e70231. pmid:23936394
- Jones C, Benítez-Valladares D, Barrera-Pérez M, Selem-Salas C, Chablé-Santos J, Dzúl-Manzanilla F, Che-Mendoza A, Guillermo-May G, Medina-Barreiro A, Sommerfeld J, Kroeger A, Manrique-Saide P. 2014. Use and acceptance of Long Lasting Insecticidal Nets for dengue prevention in Acapulco, Guerrero, Mexico. *BMC Public Health* 14(1):846.
- Kirby M, Green C, Milligan P, Sismanidis C, Jasseh M, Conway D, Lindsay S. 2008. Risk factors for house-entry by malaria vectors in a rural town and satellite villages in The Gambia. *Malaria Journal.* 7:2 7.
- Kirby MJ, Ameh D, Bottomley C, Green C, Jawara M, Milligan PJ, Snell PC, Conway DJ, Lindsay SW. 2009. Effect of two different house screening interventions on exposure to malaria vectors and on anaemia in children in The Gambia: a randomised controlled trial. *Lancet.* 374:998-1009.
- Kirby MJ, Bah P, Jones CO, Kelly AH, Jasseh M, Lindsay SW. 2010. Social acceptability and durability of two different house screening interventions against exposure to malaria vectors, *Plasmodium falciparum* infection, and anemia in children in the Gambia, West Africa. *Am J Trop Med Hyg.* 83:965-72.
- Kirby MJ. 2013. House screening. Chapter 7. In: *Biological and environmental control of Disease Vectors.* Edited by Cameron MM and Lorenz LM. CAB International. London, UK. 117-143 pp.
- Lindsay SW, Emerson PM, Charlwood JD. 2002. Reducing malaria by mosquito-proofing houses. *Trends Parasitol.* 18(11): 510-514.
- Lindsay SW, Jawara M, Paine K, Pinder M, Walraven G, Emerson PM. 2003. Changes in house design reduce exposure to malaria mosquitoes. *Trop Med Int Health.* 8:512- 7.
- Lindsay, S., A. Wilson, N. Golding, T.W. Scott, and W. Takken. 2017. Improving the built environment in urban areas to control *Aedes aegypti*-borne diseases. *Bull. WHO.* 95: 607-608.
- Manrique-Saide P, Che-Mendoza A, Herrera-Bojórquez J, Villegas Chim J, Guillermo-May G, Medina-Barreiro A, Dzúl-Manzanilla F, Martín-Park A, González-Olvera G, Delfín-Gonzalez H, Arredondo-Jiménez JI, Flores-Suarez AE, Pavía-Ruz N, Jones C, Lenhart A, Vazquez-Prokopec

- G. 2017. Insecticide- treated house screens to reduce infestations of dengue vectors. In: M Aparecida Sperança (ed.). *Dengue-Immunopathology and Control Strategies*. InTech, Editors. pp.93-107.
- Manrique-Saide P, Che-Mendoza A, Barrera-Pérez M, Guillermo-May G, Herrera- Bojórquez J, Dzul-Manzanilla F, Gutierrez-Castro C, Lenhart A, Vazquez- Prokopez G, Sommerfeld J, McCall PJ, Kroeger A, Arredondo-Jiménez JI.
2015. Use of Insecticide-Treated House Screens to Reduce Infestations of Dengue Virus Vectors, Mexico. *Emerging Infectious Diseases* [Internet]. 2015 Feb [date cited]. <http://dx.doi.org/10.3201/eid2102.140533>
- Olliaro P, Fouque F, Kroeger A, Bowman L, Velayudhan R, Santelli AC, et al. (2018) Improved tools and strategies for the prevention and control of arboviral diseases: A research-to-policy forum. *PLoS Negl Trop Dis* 12(2): e0005967. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005967>
- Quintero J, Brochero H, Manrique-Saide P, Barrera-Perez M, Basso C, Romero S, et al. Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infectious Diseases*. 2014;14:38. pmid:24447796
- Quintero J, Caprara A, Basso C, Rodriguez da Rosa E, Manrique-Saide P, Coelho G, Sánchez-Tejeda G, Dzul-Manzanilla F, Garcia D, Carrasquilla G, Alfonso- Sierra E, Vasconcelos Motta C, Sommerfeld J, Kroeger A. 2017. Taking innovative vector control interventions in urban Latin America to scale: lessons learnt from multi-country implementation research. *Pathogens & Global Health*. 22:1-11. doi: 10.1080/20477724.2017.1361563
- Vazquez-Prokopez GM, Galvin WA, Kelly R, Kitron U. A new, cost- efective, battery- powered aspirator for adult mosquito collections. *J Med Entomol*. 2009;46:1256–9. pmid:19960668
- Vazquez-Prokopez G, Lenhart A, Manrique-Saide P. 2016. Housing Improvement: a renewed paradigm for urban vector-borne disease control?. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 110(10):567-569.
- Wilson AL, Dhiman RC, Kitron U, Scott TW, van den Berg H, et al. (2014) Benefit of Insecticide-Treated Nets, Curtains and Screening on Vector Borne Diseases, Excluding Malaria: A Systematic Review and Meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis* 8(10): e3228. doi:10.1371/journal.pntd.0003228
- World Health Organization (1982) *Manual on environmental management for mosquito control, with special emphasis on malaria vectors*; WHO, editor.
- World Health Organization. (2009). *Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control : new edition*. Geneva : World Health Organization. <http://www.who.int/iris/handle/10665/44188>
- WHO. *Handbook for Integrated Vector management*. World Health Organization 2012. ISBN 978 92 4150280 1. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44768/1/9789241502801_eng.pdf
- World Health Organization (2017) *Keeping the vector out - Housing improvements for vector control and sustainable development*; WHO, editor. Geneva.

IV. Work Plan and Schedule

The project was proposed for a two-year period, with a starting date of March 1st 2019 and to be finished on February 28th 2021.

The project was developed according to the schedule during 2019. However, due to the COVID-19 contingency, the activities proposed during 2020 were radically affected (particularly, field activities for the 2nd year).

Main milestones and activities and their accomplishment are shown in the table below.

Activities	Year	Degree of accomplishment
Milestone: Field evaluation of the efficacy of house-screening with regular netting and community acceptance		
Preparation the intervention: Visits to the study areas and evaluation of the viability of the clusters	1	✓
Enrolment process and consent, measurement of in doors and windows for the implementation of intervention. Household survey on social acceptance, domestic prevention practices and perception of the intervention.	1	✓
Acquisition of materials for the intervention, and preparation of logistics for the intervention.	1	✓
First entomological survey Baseline (Dry Season 2019)	1	✓
Training of workers for the implementation and installation of HS	1	✓
Installation of HS Implementation of the intervention (HS in houses of the city of Merida) Social follow-up of cohort of participants	1	✓
First Post-intervention survey (Rainy season 2019)	1	✓
Data analysis	1	✓
First stage of socio-organizational diagnosis on small business	1	✓
Follow up studies (social, entomological & virological field studies) to evaluate the impact of the intervention	2	x
Milestone: Evaluation of different low-cost options for house screening (and acceptance by the community) against Aedes aegypti in experimental huts.		
Review of different options and elaboration of prototypes	1	✓
Participatory and interactive workshops with A&S small business owners, to assemble prototypes, considering their experiences, and discuss the best substitute options for aluminium frame.	1-2	✓
Development of prototypes	1	✓

Activities	Year	Degree of accomplishment
Installation in huts and demonstrative houses of neighbourhoods in Merida	2	✓
Evaluation of prototypes in experimental huts	2	✓
Evaluation of prototypes in experimental houses	2	x
Recruitment of premises in neighbourhoods in the city of Mérida, Yucatán for field-testing of the different materials of frames for HS Communitarian workshops about low-cost prototypes	2	x
Studies on consumer-opinion and acceptance by the community and small business.	2	✓
Milestone: Development of a DIY kit for house screening		
Participatory and interactive workshops with the entrepreneur to assemble the prototype.	1-2	✓
Elaboration of the prototype	1-2	✓
Preparing final reports and publications	1	✓

V. Other activities (Related with COVID-19)

Elaboration of COVID-19 risk maps to support decision-making by the MoH of Yucatan

Activities

Geo-coding, storage, analysis and spatiotemporal interpretation of reported COVID-19 cases to generate a geographic information system (GIS) useful for decision-making by the Yucatán Health Services (SSY).

Algorithm to identify possible risk areas (accumulation sites or hot-spots) to support the definition of preventive, care and / or confinement strategies by official authorities.

Distribution maps of COVID-19 cases reported in Mérida by SSY and their comparison with historical H1N1 distribution maps.

General purpose

Perform geo-coding, storage, analysis and spatio-temporal interpretation of COVID-19 cases reported by the Yucatán Health Services (SSY) to generate a geographic information system (GIS) and the development of an algorithm to elaborate i) maps of the distribution of cases and ii) identify possible risk areas (accumulation sites or hot-spots) to support the definition of preventive, care and / or confinement strategies by official bodies.

Methodology

Based on previous studies carried out by our working group to identify risk areas for emerging vector-borne viruses v.gr. Dengue, Chikungunya and Zika. You can see more detail in Vanlerberghe et al. (2017), Bisanzio et al. (2018) and PAHO (2019).

Information sources. 1) Databases of the SSY and 2) General Directorate of Epidemiology (confirmed / registered cases with addresses of occurrence); 3) INEGI data (state, municipality, locality, AGEB and block); 4) Data from IFE / INE and 5) CONAPO.

Geocoding. Geocoding will be carried out by converting epidemiological data (occurrence of cases) to spatial data (geographic coordinates).

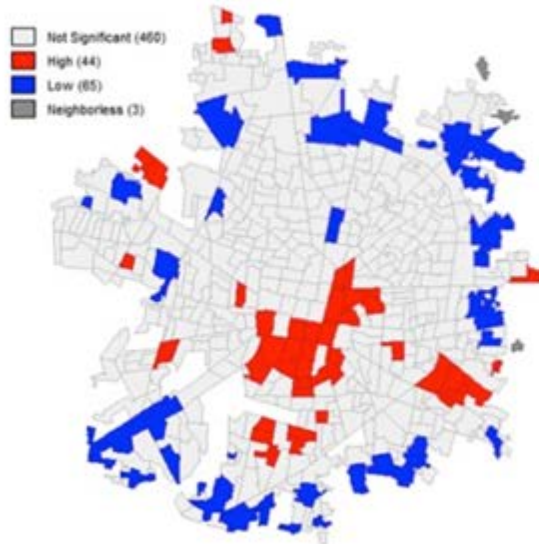
Aggregation of epidemiological data. The cases (geocoded) will be counted at different spatial scales (block, neighbourhood, AGEB) and temporal (daily, weekly). The proportion of cases reported in X time at a given spatial scale will be interpreted as a measure of the intensity of transmission and standardized by applying the Z index.

Hotspots. To determine areas of active transmission (or hotspots) of COVID-19, spatial analysis tests (Getis-Ord statistic and Kulldorf test) will be carried out identifying areas that disproportionately contribute with a high number of cases at different spatial and temporal scales (blocks, AGEBS, colony) (Fig. 1). These analyses will be repeated with existing information on another novel respiratory virus that invaded Mérida, H1N1 influenza. Both sets of results will make it possible to define areas of active or historical transmission, and inform the SSY where to direct preventive, care and / or confinement strategies / actions (eg, social distancing or others). This processing / analysis platform will be used as a pilot to generate a surveillance system for emerging respiratory diseases in Yucatan, with high potential to be expanded at the regional or national level.

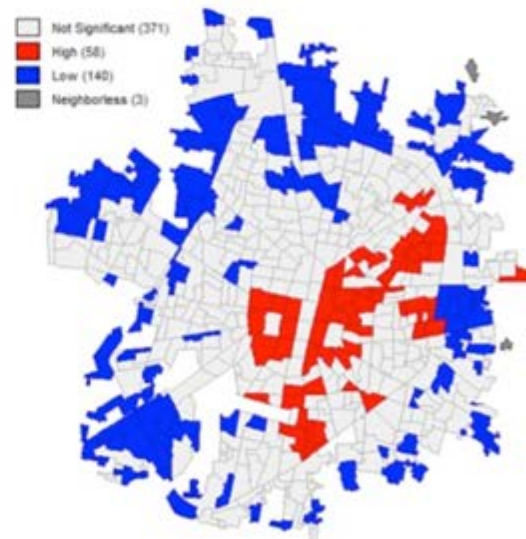
Products

1. Creation of a geographic information system (GIS) accessible to SSY.
2. Technical training of SSY personnel.
3. Distribution maps of COVID-19 cases reported in Mérida by SSY and their comparison with historical H1N1 distribution maps.
4. Identify the presence and location of COVID-19 hotspots in Mérida.
5. Proposal for a Surveillance System for Emerging Respiratory Diseases (including COVID-19).

COVID-19 casos reportados hasta Mayo 30 2020
Hot-spots de alto número de casos

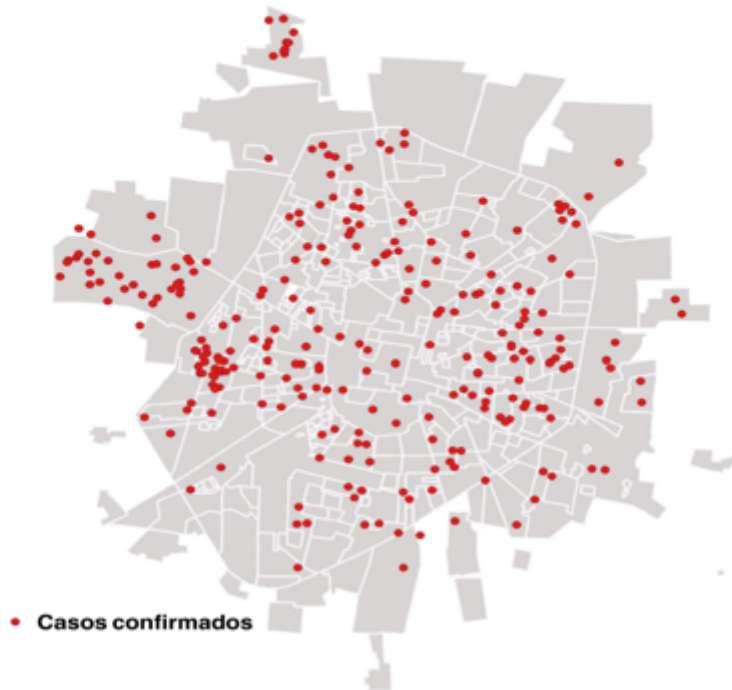


H1N1 casos reportados hasta 2010
Hot-spots de alto número de casos

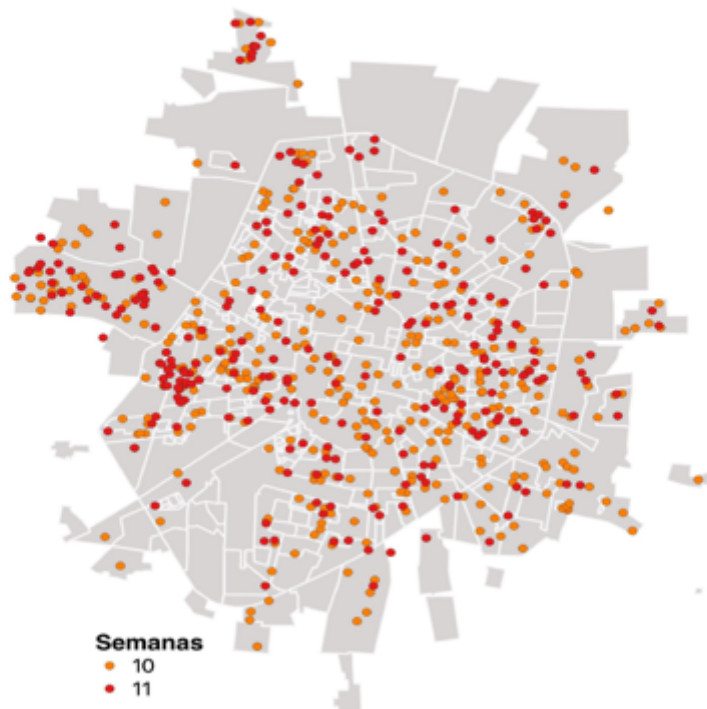


**Coronavirus 2019 (COVID-19) en Mérida Yucatán
Semana Epidemiológica 11 (14 – 20 de Marzo 2021)
Resumen Informativo Semanal – 21 de Marzo, 2021 (10:00 AM)**

Distribución de casos confirmados en la semana 11

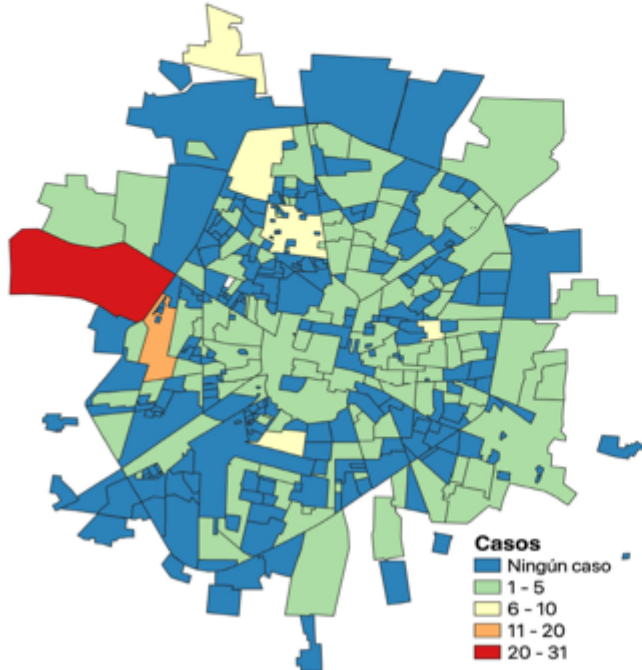


Distribución de casos confirmados en las últimas dos semanas



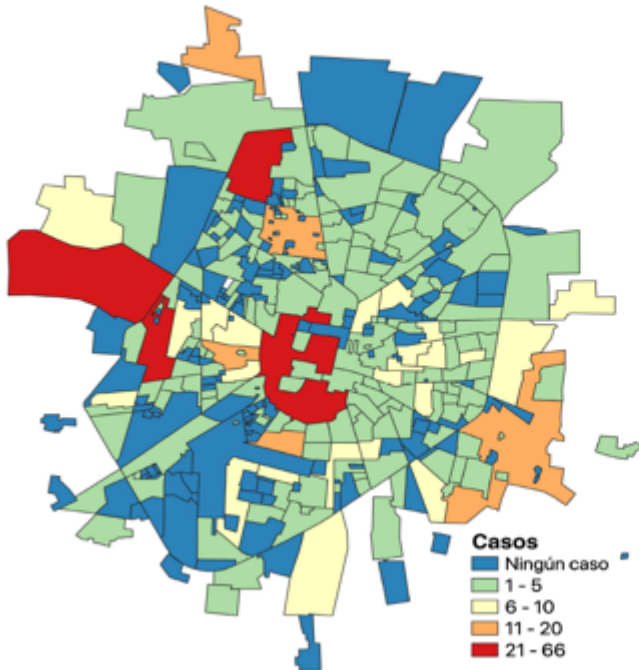
Coronavirus 2019 (COVID-19) en Mérida Yucatán
Semana Epidemiológica 11 (14 – 20 de Marzo 2021)
Resumen Informativo Semanal – 21 de Marzo, 2021 (10:00 AM)

Distribución de casos confirmados acumulados por colonia en la Semana 11



Nombre de las colonias	Número de casos	Número de colonias
CIUDAD CAUCEL	11	1
JUAN PABLO S	23	1
FRANCISCO DE MONTEJO LAS AMERICAS	0	2
CASTILLO CAMARÁ	7	1
MANUEL AYLA GAMACHO MULLSAY	6	2
LAS AGUILAS CERVERERA PACHECO CENTRO	5	3
DEL PARQUE FIDEL VELAZQUEZ BOURQUIEZ FRANCISCO MACERO JUAN PABLO S SAN CAMILO	4	8
ZOOZIL NORTE MARIA LUISA JESUS CARRANZA EMILIANO ZAPATA ORIENTE SAN ANTONIO XILICH CAUCEL CASTILLO CAMARÁ PLAN DE AYALA SUR S SAN CAMILO EMILIANO ZAPATA SUR I LOS HEROS	5	11
VICENTE SOLIS HECTOR VICTORIA AZULAY MELICHICHEN CINCO COLONIAS SAN ANTONIO XILICH CAUCEL CASTILLO CAMARÁ PLAN DE AYALA SUR S SAN CAMILO EMILIANO ZAPATA SUR I LOS HEROS	3	28
SECTO JUJAREZ NORTE ZOOZIL NORTE SALVADOR ALVARADO SUR CRISTO REYNATO GRANULAS DEL PARQUE REVOLUCION SAN ROMAN NORTE SAN ESTEBAN SAN LUIS ITZNA AMALIA SOLORZANO EMILIO PORTES GIL CORTES BARRAMUNTO VERGEL ES MELORADA SAN JOSE SANTA MARIA DE CHUBURNÁ LAS PALMAS VERGEL E LOURDES LA MACARENA NUEVA MAYAPAN SANTA GERTRUDIS COPO CICLICO CHI POLICARDO GUAN PEDRO CAMBA DE LA CONSTITUCION MADRIDES	1	66
CANTO CAMPETRE ITZNA EMILIO PORTES GIL RICARDO FLORES MAGON SANTO CRISTOBAL JARDINES DE PENONONES PEDREGALES DE TABULAS PENONONES PENONONES NORTE PLAN DE AYALA LEONARDO VALLE MEXICO NORTE MIRAFLORES VILLA MARINA SAUD CARRERA LEVA CHOLE PLAN DE AYALA SUR EL CHUBURNÁ DE HIDALGO LAS QUINTAS MULLSAY PEDREGALES DE CUCUTTO OCHICHEN MONTECRESTO EMILIANO ZAPATA SUR I SANTA CRUZ PALOMENQUE MELCHOR OCAMPO JESUS CARRANZA CHICHEN ITZA JARDINES DE MIRAFLORES SANTA ANA PETRANCHE VICENTE SOLIS MORELOS ESPERANZA LAZARO CARDENAS CROC MULICHICHEN MELICHICHEN I SANTA ISABEL XEL PAC ROSARIO COLORES OTERO EL FORNINO EL SENACRESTO GARCIA GIBRES MELTON SALAZAR MERCEDES BARRERA MULLSAY NUEVA MULLSAY SAN ANTONIO XILICH II SAN JOSE TEOCH SUR SAN PEDRO UJMAL BRISAS DEL NORONTE VILLA MARINA XICLAN SAN MANUEL MULLSAY PASOS DE LAS FUENTES VERGEL I LOS PINOS SOL CAMPETRE VILLO DORADO MILITAN 42 SUR VILLAS DE ORENTE TUCACAL OCHICHEN TUCACAL MONTEJO LOMAS DEL SUR PASOS DE OCHICHEN	3	44
MARIA LUISA DEL PARQUE MELCHOR OCAMPO JESUS CARRANZA CHICHEN ITZA JARDINES DE MIRAFLORES SANTA ANA PETRANCHE VICENTE SOLIS MORELOS ESPERANZA LAZARO CARDENAS CROC MULICHICHEN MELICHICHEN I SANTA ISABEL XEL PAC ROSARIO COLORES OTERO EL FORNINO EL SENACRESTO GARCIA GIBRES MELTON SALAZAR MERCEDES BARRERA MULLSAY NUEVA MULLSAY SAN ANTONIO XILICH II SAN JOSE TEOCH SUR SAN PEDRO UJMAL BRISAS DEL NORONTE VILLA MARINA XICLAN SAN MANUEL MULLSAY PASOS DE LAS FUENTES VERGEL I LOS PINOS SOL CAMPETRE VILLO DORADO MILITAN 42 SUR VILLAS DE ORENTE TUCACAL OCHICHEN TUCACAL MONTEJO LOMAS DEL SUR PASOS DE OCHICHEN	1	31
SECTO JUJAREZ NORTE ZOOZIL NORTE SALVADOR ALVARADO SUR CRISTO REYNATO GRANULAS DEL PARQUE REVOLUCION SAN ROMAN NORTE SAN ESTEBAN SAN LUIS ITZNA AMALIA SOLORZANO EMILIO PORTES GIL CORTES BARRAMUNTO VERGEL ES MELORADA SAN JOSE SANTA MARIA DE CHUBURNÁ LAS PALMAS VERGEL E LOURDES LA MACARENA NUEVA MAYAPAN SANTA GERTRUDIS COPO CICLICO CHI POLICARDO GUAN PEDRO CAMBA DE LA CONSTITUCION MADRIDES TERRENTINA NORTE AGRICOLA INALAMERICA XICLAN LOPEZ PORTES GIL PINON I NORMA ZAZI HA SAN MARCOS MOCH I XICMORO AMPLIACION LA FRAGORIA DEL SUR SAN NICOLAS DEL SUR VILLA MARINA DEL SUR BUGAMBILAS LAS VEGAS ACOE XICLAN REAR XICLAN SUSULA S DE MAYO JACINTO CANEK JARDINES DE NUEVA MULLSAY I JARDINES DE PENONONES PEDREGALES DE PENONONES PEDREGALES DE TABULAS PENONONES PENONONES NORTE PLAN DE AYALA LEONARDO VALLE MEXICO NORTE MIRAFLORES VILLA MARINA SAUD CARRERA LEVA CHOLE PLAN DE AYALA SUR EL CHUBURNÁ DE HIDALGO LAS QUINTAS MULLSAY PEDREGALES DE CUCUTTO OCHICHEN MONTECRESTO EMILIANO ZAPATA SUR I SANTA CRUZ PALOMENQUE	1	31

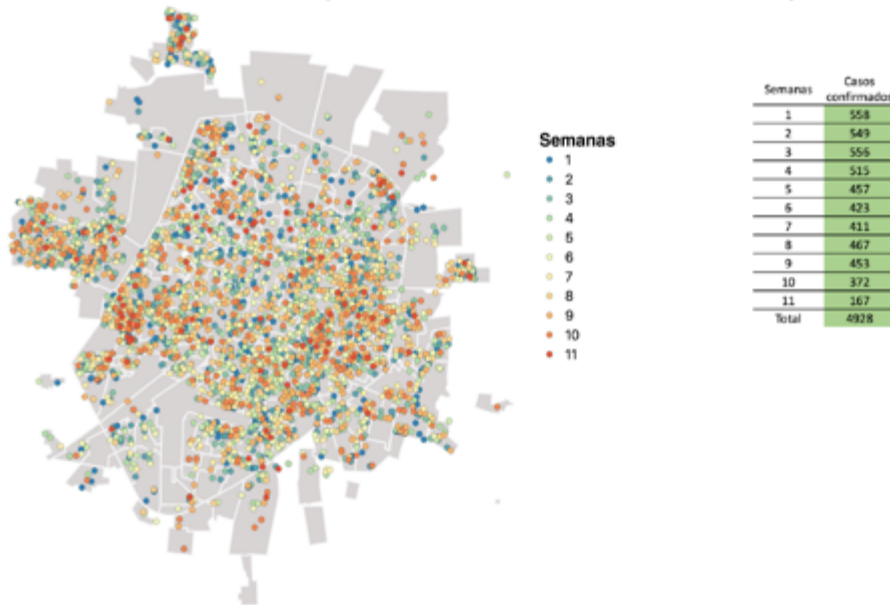
Distribución de casos confirmados acumulados por colonia en las ultimas dos semanas



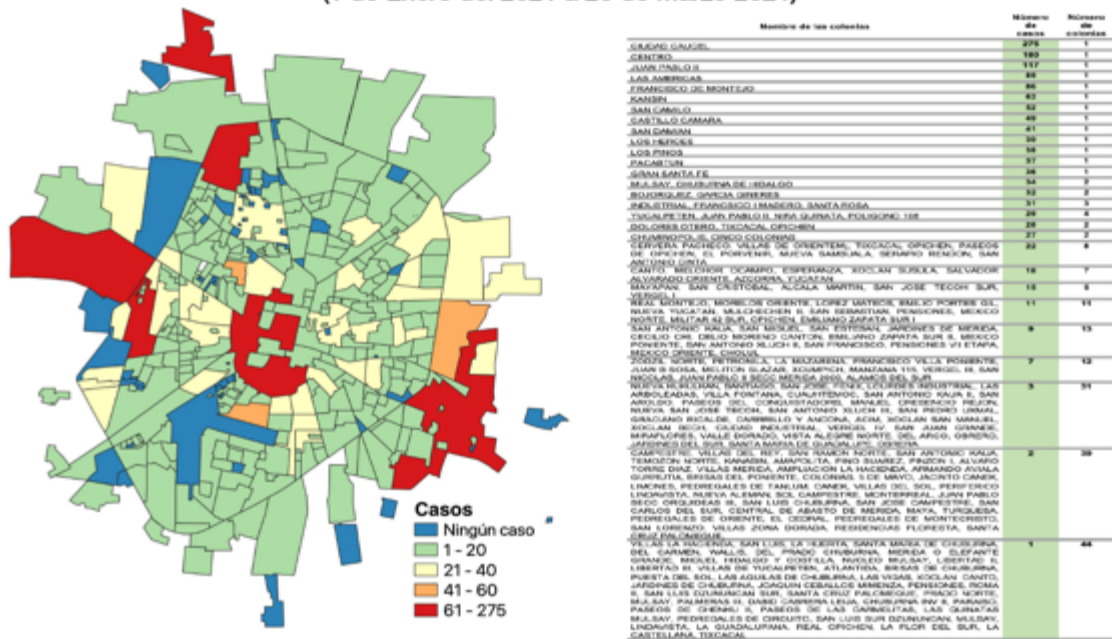
Nombre de las colonias	Número de casos	Número de colonias
CIUDAD CAUCEL	66	1
JUAN PABLO S	33	1
CENTRO	29	1
FRANCISCO DE MONTEJO	28	1
CHUBURNÁ DE HIDALGO KANASIN	17	2
LAS AMERICAS	15	1
CASTILLO CAMARÁ	12	1
FRANCISCO I MACERO	11	1
MANUEL AYLA GAMACHO MULLSAY	10	2
SAN CAMILO	9	1
LAZARO CARDENAS SAN ANTONIO XILICH CAUCEL PUEBLO EMILIANO ZAPATA SUR I FIDEL VELAZQUEZ ALZARAN CERVERERA PACHECO CINCO COLONIAS YUCA TEMEN LOS HEROS	7	6
MARIA LUISA DEL PARQUE JESUS CARRANZA JARDINES DE MIRAFLORES ESPERANZA MELICHICHEN BOURQUIEZ MULLSAY TUCACAL OCHICHEN PLAN DE AYALA SUR S	6	10
SALVADOR ALVARADO ORIENTE SANTA ANA SAN CRISTOBAL ESPERANZA LAZARO CARDENAS GARCIA GIBRES MULLSAY CAUCEL SAN PABLO ORIENTE CUAZ ORENTE CHUBURNÁ DE HIDALGO PASOS DE OCHICHEN CANTO REVOLUCION ITZNA NUEVA CHICHEN ITZA MELORADA PETRANCHE ALCALA MARINA NUEVA YUCATAN VICENTE SOLIS XEL PAC CINCO COLONIAS COLORES OTERO	5	12
MARIA LUISA DEL PARQUE MELCHOR OCAMPO JESUS CARRANZA LOPEZ MATEOS CHICHEN ITZA EMILIO PORTES GIL JARDINES DE MIRAFLORES PETRANCHE MORELOS MANUEL AYLA CAJAFUCHO CICLICO CHI MULICHICHEN MELICHICHEN II EL RENACIMIENTO SAN ANTONIO XILICH II SAN MARCOS MOCH I VERGEL I CHOLE TUCACAL OCHICHEN REAL MONTEJO	4	8
SECTO JUJAREZ ALVARADO ORIENTE SUR REYNATO GRANULAS SAN ISIDRO SAN ESTEBAN AMALIA SOLORZANO RICARDO FLORES MAGON LAS PALMAS VERGEL E LOURDES JARDINES DE MERIDA CROC SANTA ISABEL ROBLE AGRICOLA EMILIANO ZAPATA SUR I INALAMERICA MERCEDES BARRERA NUEVA MULLSAY SAN ANTONIO XILICH ZAZI HA SAN PEDRO UJMAL BRISAS DEL NORONTE PASOS DE ITZNABAL XICLAN SAN MANUEL MULLSAY EL JARDINES DE PENONONES PASOS DE LAS FUENTES PENONONES CIUDAD INDUSTRIAL SAN NICOLAS MEXICO NORTE SOL CAMPETRE VILLA MARINA JUAN PABLO II SECO MERIDA ZOOZIL VALLE DORADO AEROPUERTO PLAN DE AYALA SUR II BOSQUES DE MULLSAY XICLAN SANTOS OCHICHEN MAYA LOMAS DEL SUR MONTECRESTO OCHICHEN	2	42
ZOOZIL NORTE MORELOS ORIENTE SAN ESTEBAN BENITO JUJAREZ ORIENTE SANTIAGO SAN JUAN PETRANCHE SANTA CECILIA LAS BRISAS LAS PALMAS NUEVA PACANTUL VERGEL E LA MACARENA NUEVA MAYAPAN MEXICO SANTA GERTRUDIS COPO TEMONON NORTE NUEVO YUCATAN PETRANCHE LOS REYES VERGEL E LA MACARENA LOURDES INDUSTRIAL LAZARO CARDENAS MEXICO JARDINES DE MERIDA CICLICO CHI CUAMATEMUC POLICARDO SAN PEDRO LA HUERTA LAS PALMAS VERGEL E LAS ANILOJACAS YANILUS NUEVA MAYAPAN SANTA GERTRUDIS COPO TEMONON NORTE JARDINES DE MIRAFLORES MAYAPAN SANTA ANA DE CHUBURNÁ LOS REYES VILLA FONTANA CHAMONPOLIS EMILIANO ZAPATA NORTE TEMONON NORTE CUAMATEMUC SANTA ISABEL XEL PAC KANASIN SAN ANTONIO XILICH II ROBLE AGRICOLA MOGIL HIDALGO Y COSTILLA SAN ANTONIO XILICH MELCHOR OCAMPO CAMPETRE	1	86

Coronavirus 2019 (COVID-19) en Mérida Yucatán
Semana Epidemiológica 11 (14 – 20 de Marzo 2021)
Resumen Informativo Semanal – 20 de Marzo, 2021 (10:00 AM)

Distribución histórica de casos por semana epidemiológica
(1 de Enero del 2021 a 20 de Marzo 2021)



Distribución histórica de casos por semana epidemiológica
(1 de Enero del 2021 a 20 de Marzo 2021)



References

- Ayora-Talavera G, Flores G, Gómez-Carballo J, González-Losa R, Conde-Ferraez L, Puerto-Solís M, López-Martínez I, Díaz-Quiñonez A, Barrera-Badillo G, Acuna-Soto R, Livinski A, Alonso W. 2017. Influenza seasonality goes south in the Yucatan Peninsula: The case for a different influenza vaccine calendar in this Mexican region. *Vaccine*. 35(36):4738-4744. doi: 10.1016/j.vaccine.2017.07.020. Epub 2017 Jul 26.
- Bisanzio D, Dzul-Manzanilla F, Gomez-Dantés H, Pavia-Ruz N, Hladish TJ, Lenhart A, Palacio-Vargas J, González Roldan JF, Correa-Morales F, Sánchez-Tejeda G, Kuri-Morales P, Manrique-Saide P, Longini I, Halloran E, Vazquez-Prokopec G. 2018. Spatio-temporal coherence of dengue, chikungunya and Zika outbreaks. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(3):e0006298.
- Canche-Pech JR, Conde-Ferraez L, Puerto-Solis M, Gonzalez-Losa R, Granja-Pérez P, Villanueva-Jorge S, Chan-Gasca M, Gómez-Carballo J, López-Ochoa L, Jiménez-Delgadillo B, Rodríguez-Sánchez I, Ramírez-Prado J, Ayora-Talavera G. 2017. Temporal distribution and genetic variants in influenza A (H1N1)pdm09 virus circulating in Mexico, seasons 2012 and 2013. *PLoS ONE* 12(12): e0189363.
- Getis, A. and Ord, J.K. 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24, 189-206.
- Goldberg DW, Jacquez GM, Mullan N. 2013. Geocoding and Health. En Boscoe FP (ed), *Geographic Health Data*. CAB International, Boston, MA, p 51-71.
- Goldstein ND, Auchincloss AH, Lee BK. 2014. A no-cost geocoding strategy using R. *Epidemiology* 25(2): 311-313.
- Kulldorff M. 1997 A spatial scan statistic *Communications in Statistics: Theory and Methods* 26 1481–1496.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2019. Documento técnico para la implementación de intervenciones basado en escenarios operativos genéricos para el control del *Aedes aegypti*. Organización Panamericana de la Salud. Washington DC.
- Vanlerberghe V, Gómez-Dantés H, Coelho G, Vazquez-Prokopec G, Alexander N, Toledo M, Ocampo C, Manrique-Saide P, Van der Stuyft P, DENTARGET network*. 2017. Changing paradigms in *Aedes* control: considering the spatial heterogeneity of disease transmission. *Pan American Journal of Public Health*. 41:e16.

VI. Publications

INSTITUCIONES PARTICIPANTES:

Investigadores principales:

*Dr. Pablo Manrique-Saide y Dra. Norma Pavía Ruz;
Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)*

Colaboradores:

UADY: *Dr. Hugo Delfín González, Dra. Gudalupe Ayora Talavera, Dr. Henry Puerta Guardo, Dr. Azael Che, Biól. Anuar Medina, Dr. Josué Bojórquez, M. en C. Josué Villegas Chím*

Servicios de Salud de Yucatán: *Dra. Rosa Eugenia Méndez Vales, Biól. Jorge Palacios-Vargas*

Secretaría de Salud: *M. en C. Fabián Correa Morales*

Instituto Nacional de Salud Pública: *Dr. Héctor Gómez-Dantés*

IPK: *Dra. Ma Eugenia Toledo Romani*

University of Emory: *Dr. Gonzalo Vazquez-Prokopec*