

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Ecoepidemiología de Triatominae
(Hemiptera: Reduviidae) en el Corredor
Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya,
Chiapas, México

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS EN
BIODIVERSIDAD Y
CONSERVACIÓN DE
ECOSISTEMAS TROPICALES

PRESENTA

INGRID YAZMÍN CRUZ ALEGRÍA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Mayo de 2024



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

Ecoepidemiología de Triatominae (Hemiptera:
Reduviidae) en el Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de
Copoya, Chiapas, México

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD
Y CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS
TROPICALES

PRESENTA

INGRID YAZMÍN CRUZ ALEGRÍA

Director

Dr. José Antonio De Fuentes Vicente

Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular (LIDiaM), UNICACH

Codirector

Dr. Javier Gutiérrez Jiménez

Laboratorio de Biología Molecular y Genética (LaBiomGen), UNICACH

Asesoras

Dra. Dolores Guadalupe Vidal López

Laboratorio Multidisciplinario Experimental y Bioterio, UNICACH

M. en C. Nancy Gabriela Santos Hernández

Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular (LIDiaM), UNICACH



AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)** y al **Posgrado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales** de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al **Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular (LIDiaM)**, por las facilidades y herramientas otorgadas para realizar el presente trabajo. Un espacio del cual me llevo gratos recuerdos y, sin duda alguna, se convirtió en mi segundo hogar.

A mi comité revisor: **Dr. Felipe Ruan, Dr. Eduardo Medinilla y Dr. Arturo Carrillo**, por enriquecer este documento con cada una de sus correcciones y sugerencias.

A mi comité tutorial: **Dr. Javier Gutiérrez, Dra. Dolores Vidal y M. en C. Nancy Santos**, por aceptar formar parte de él, por cada consejo durante mi formación y realización del proyecto. Principalmente agradezco a mi director, el **Dr. José Antonio De Fuentes** por el apoyo, amistad y confianza que me ha brindado desde que llegué al laboratorio. Fue un honor formar parte de sus pupilos chagólogos.

A mis amigos biólogos y no biólogos: **Eduardo Argueta, Eliza Gómez, Cristian Pinzón, Ingrid Ramírez, Lenin Jiménez, Miguel Alvarado, Ricardo Sánchez, Gabriela Sánchez, Andrea González, Lily Escobar, Litzi Macias, Jhonatan González, Jesús Cáceres, Bruno García y Jennifer Zenteno**, por su invaluable apoyo en campo, sobre todo, por hacer más amena cada una de las salidas. A mi maestra, la **M. en C. Christian Ruiz**, por asesorarme con los procedimientos y técnicas moleculares aplicadas en el laboratorio.

A mis hermanos **Juan Francisco y Nataly Selene**, por el cariño que siempre me han brindado ante cualquier circunstancia. Asimismo, por animarse a ir a campo con tal de apoyarme.

Para concluir, externo una mención muy especial e inmenso agradecimiento al **M. en C Arturo Hernández**; mi amigo y compañero chinaquero que nunca me dejó sola, que con cada consejo me orientó para poder llevar a cabo el proyecto, además de siempre escucharme y tener palabras de aliento para mí.

DEDICATORIA

A mis padres, **Francisco Cruz y Deivis Alegría**; quienes día a día me brindan su amor y apoyo incondicional, por siempre serán mi mayor fortaleza y motivación.

Los amo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
Literatura citada.....	6
CAPÍTULO I.....	9
Triada ecológica de la enfermedad de Chagas: una revisión sobre sus componentes.....	9
Resumen.....	9
Introducción.....	10
Biología de Triatominae: los vectores de <i>T. cruzi</i>	11
Distribución.....	12
Ecología.....	13
<i>Trypanosoma cruzi</i> : aspectos generales.....	15
Taxonomía y morfología.....	15
Ciclo biológico.....	16
Variabilidad genética.....	18
Reservorios y hospedero de <i>T. cruzi</i>	19
Generalidades sobre la enfermedad de Chagas.....	21
Epidemiología.....	21

Manifestaciones clínicas y mecanismos de transmisión.	22
Conclusiones.	24
Literatura citada.	25
CAPÍTULO II.	33
Eco-epidemiology of Chagas disease in a biological corridor in southeastern Mexico: a promising approach to understand the risk of Chagas disease.	33
Abstract.	34
Introduction.	35
Study area and degradation in last years.	37
Triatomine collections and natural infection.	38
<i>T. cruzi</i> genotyping.	39
Small mammal sampling and natural infection.	40
Knowledge and risk factors about Chagas disease.	
Statistical analysis and bioethical considerations.	40
Results.	42
Discussion.	45
Conclusions.	48
References.	50
CAPÍTULO III.	55
Evaluación de los conocimientos locales y factores de riesgo sobre la enfermedad de Chagas en el Sureste de México.	55
Resumen.	56
Introducción.	57

Método.	61
Área de estudio.	61
Obtención de información.	62
Análisis de la información.	65
Resultados.	66
Conocimientos sobre el vector y la enfermedad.	66
Factores de riesgo.	71
Discusión.	74
Consideraciones finales.	78
Literatura citada.	79
Anexo 1.	85
CONCLUSIÓN GENERAL.	86

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Ciclo biológico de <i>Triatoma dimidiata</i> (Latreille, 1811).	12
Figura 2. Formas celulares de <i>Trypanosoma cruzi</i>	16
Figura 3. Ciclo biológico de <i>Trypanosoma cruzi</i>	17
Figura 4. Distribución mundial de casos de la enfermedad de Chagas, año 2017. . . .	22

CAPÍTULO II

Figure 5. Human dwelling adjacent to the vegetation of the Cerro Mactumatza-Meseta de Copoya biological corridor.	37
Figure 6. Location of the Cerro Mactumatza – Copoya Plateau biological corridor and comparison from 2001 to 2021.	38
Figure 7. White light and black light trap for triatomine insect attraction.	39
Figure 8. Triatomine species found in the Cerro Mactumatza – Copoya Plateau biological corridor.	42

CAPÍTULO III

Figura 9. Ubicación geográfica de las colonias en las que se aplicaron las entrevistas.	61
Figura 10. Densidad de probabilidad del grado de conocimiento sobre el insecto vector y la enfermedad de Chagas entre la población entrevistada de Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, Chiapas, México.	68
Figura 11. Boxplot de los valores del Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	69

Figura 12. Correlación entre la edad de los entrevistados y los valores del Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	70
Figura 13. Densidad de probabilidad del grado de Factores de Riesgo entre la población entrevistada de Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, Chiapas, México.	72

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO II

Table 1. Mammals captured in the Cerro Mactumatza – Copoya Plateau biological corridor.	43
Table 2. Knowledge about Chagas disease in inhabitants living near the Cerro Mactumatza – Copoya Plateau biological corridor (N=216).	44
Table 3. Characteristics of dwellings that have been associated with risk of infestation by kissing bugs.	44

CAPÍTULO III

Cuadro 4. Información geográfica de las colonias en donde llevó a cabo el estudio. .	62
Cuadro 5. Número de entrevistas aplicadas en cada colonia.	63
Cuadro 6. Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) y el Índice de Factores de Riesgo (IFR).	63
Cuadro 7. Porcentaje de conocimientos sobre el insecto vector y la enfermedad de Chagas en pobladores de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	66
Cuadro 8. Estadística descriptiva de los valores del Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	68
Cuadro 9. Valores pareados de la prueba Mann Whitney con base en el Índice de Conocimientos del Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) en las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	69
Cuadro 10. Valores pareados de la prueba Mann Whitney con base en el Índice de Conocimientos del Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) de acuerdo con la escolaridad de las personas entrevistadas.	70

Cuadro 11. Porcentaje de factores de riesgo en las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	71
Cuadro 12. Estadística descriptiva de los valores del Índice de Factores de Riesgo de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	72
Cuadro 13. Valores pareados de la prueba Mann Whitney con base en el Índice de Factores de Riesgo y las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.	73

RESUMEN

La ecoepidemiología es una disciplina que se encarga de estudiar la interacción e integración de los factores involucrados en la aparición o surgimiento de una enfermedad en un determinado ecosistema. Particularmente en enfermedades transmitidas por vectores (ETVs), el estudio bajo este enfoque nos ofrece una visión general de los factores biológicos y sociales, junto con la alteración ambiental que influyen en la dinámica y el riesgo potencial de transmisión de patógenos a las poblaciones humanas.

La enfermedad de Chagas es una de las ETV menos estudiadas en el mundo la cual es causada por *Trypanosoma cruzi*, un protozooario flagelado transmitido naturalmente por el contacto con las heces de insectos pertenecientes a la subfamilia Triatominae.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar algunas características ecoepidemiológicas de la enfermedad de Chagas en una Zona Sujeta a Conservación Ecológica del sureste de México la cual limita con asentamientos humanos. De acuerdo con los resultados obtenidos, se identificó la presencia de dos especies de triatominos, con un porcentaje de infección del 68% en donde únicamente se determinó la circulación del linaje TcI. La temperatura y la humedad no fueron factores determinantes para la probabilidad de captura de los insectos. Por otro lado, de 108 mamíferos silvestres, ninguno resultó infectado con *T. cruzi*.

Respecto al factor social, se determinó un desconocimiento de la población en general referente a aspectos relacionados a la biología del vector, peligrosidad, así como el comportamiento de la enfermedad de Chagas, sobre todo aquellos que tienen que ver con su transmisión. Asimismo, se encontraron algunas características en las viviendas que podrían ofrecer refugio a los insectos vectores.

Con esta información se podrán generar estrategias de vigilancia en el área de estudio que permitan reducir el riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas a humanos; además, de promover el uso de la ecoepidemiología en futuras investigaciones.

Palabras clave: Ecoepidemiología, Triatominae, Chagas, conocimientos, riesgo, Chiapas.

ABSTRACT

Ecoepidemiology is a discipline that is responsible for studying the interaction and integration of the factors involved in the appearance or emergence of a disease in a certain ecosystem. Particularly in vector-borne diseases (VBDs), the study under this approach offers us an overview of the biological and social factors, together with the environmental alteration that influence the dynamics and potential risk of pathogen transmission to human populations.

Chagas disease is one of the least studied VBD in the world which is caused by *Trypanosoma cruzi*, a flagellated protozoan transmitted naturally by contact with the feces of insects belonging to the Triatominae subfamily.

The objective of this work was to evaluate some ecoepidemiological characteristics of Chagas disease in an Ecological Conservation Area in southeastern Mexico that borders human settlements. According to the results obtained, the presence of two species of triatomines was identified, with an infection percentage of 68% where only the circulation of the TcI lineage was determined. Temperature and humidity were not determining factors for the probability of insect capture. On the other hand, of 108 wild mammals, none were infected with *T. cruzi*.

Regarding the social factor, a lack of knowledge of the general population was determined regarding aspects related to the biology of the vector, dangerousness, as well as the behavior of Chagas disease, especially those that have to do with its transmission. Likewise, some characteristics were found in the homes that could offer shelter to insect vectors.

With this information, surveillance strategies can be generated in the study area that allow reducing the risk of transmission of Chagas disease to humans; in addition, to promote the use of ecoepidemiology in future research.

Key words: Ecoepidemiology, Triatominae, Chagas, knowledge, risk, Chiapas.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El enfoque “Una Salud” (“One Health”) involucra la integración de diversas disciplinas y sectores de distintos niveles en sociedad con el fin de garantizar la salud de los seres humanos, animales y el medio ambiente desde la prevención y control de enfermedades y amenazas a los ecosistemas [World Health Organization (WHO), 2017)]. La ecoepidemiología, una disciplina que favorece a este enfoque, se encarga de estudiar la interacción e integración de los factores involucrados en la aparición o surgimiento de una enfermedad en un determinado ecosistema. Dichos factores son los agentes etiológicos, vectores, reservorios u hospederos, los cuales pueden estudiarse a nivel molecular, celular y ecológico; no obstante, uno de los grandes retos de esta disciplina es la integración de estos componentes y relacionarlos con los factores social y biológico (Diez-Roux, 2005).

Conforme a su naturaleza de zoonosis, la enfermedad de Chagas es el resultado de un conjunto de diversas interacciones entre el protozooario, hospederos/reservorios e insectos vectores (Ceccarelli, 2018), por lo tanto, su estudio debe abordarse de forma integral. Esta zoonosis es de vital importancia debido a su amplia distribución en el continente americano, en donde se estima que afecta a más de ocho millones de personas, no obstante, sigue contemplándose en la lista de las principales enfermedades tropicales desatendidas [Organización Mundial de la Salud (OMS), 2021; OMS, 2023]. México, es considerado como zona endémica ya que existen condiciones que favorecen la transmisión de este padecimiento.

Debido a los antecedentes de la presencia de vectores y reservorios en el sureste de México, surge la necesidad de establecer la situación epidemiológica en áreas naturales, así como conocer los factores ecológicos que influirían en su presencia y en una posible transición hacia zonas urbanas cercanas. Por lo anterior, la presente tesis consiste en una investigación ecoepidemiológica en el Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, la cual corresponde a una Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) del estado de Chiapas.

El primer capítulo consta de una revisión bibliográfica no exhaustiva sobre la triada ecológica de la enfermedad de Chagas, con el objetivo de presentar información básica sobre los componentes involucrados que favorecen la aparición y dispersión de la transmisión de *T. cruzi*.

Trypanosoma cruzi, el agente causal de la enfermedad de Chagas es un protozooario intracelular flagelado que es capaz de infectar casi todas las células de mamíferos, los cuales actúan como reservorios. Incluyendo al ser humano, se han descrito más de 100 especies de mamíferos silvestres, domésticos y sinantrópicos infectados con este protozooario (Jansen *et al.*, 2018). Su transmisión en la naturaleza puede ocurrir por la vía oral, ya sea por la ingesta de insectos y/o mamíferos infectados; no obstante, el principal mecanismo de transmisión es mediante el contacto con las deyecciones de insectos vectores denominados triatomínicos (Briceño-León y Galván, 2007; OPS, 2022).

Los triatomínicos son insectos hematófagos que pertenecen a la subfamilia Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) de los cuales, se han descrito más de 150 especies (Dujardin *et al.*, 2002; Alevi *et al.*, 2021). Su distribución ocurre principalmente en el continente americano desde el sur de los Estados Unidos de América (EUA) hasta el norte de Argentina (Galvão y Justi, 2015). Se sabe que la distribución geográfica de las especies de triatomínicos se debe a las especies de vertebrados con las que se relacionan tróficamente y algunos factores abióticos, como la humedad, temperatura y la precipitación (Balsalobre, 2016).

La ocurrencia de triatomínicos ha sido asociada principalmente en zonas rurales, esto se debe a que las viviendas están elaboradas a base de materiales que ofrecen refugio para los triatomínicos; o la cercanía de estas zonas con el ambiente silvestre permitiendo un estrecho contacto con los triatomínicos. Al menos en Chiapas, los reportes de triatomínicos indican su presencia en estas zonas; sin embargo, recientemente ya se ha reportado la presencia de estos insectos en zona urbana, como es la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021; Espinosa-Gonzalez *et al.*, 2021). De igual manera, se reportó la presencia de mamíferos silvestres infectados en una Reserva Natural de dicha ciudad (Camacho-Sierra, 2016, Gómez-Sánchez *et al.*, 2022).

En el capítulo dos se describe la presencia de triatomínicos y la circulación de *T. cruzi* en estos insectos, pruebas moleculares para la detección de posibles reservorios, asimismo, algunos factores ambientales que pueden influir en la ocurrencia de los triatomínicos. Se planteó la hipótesis de que estos insectos proceden del Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, ya que dicha ZSCE se encuentra en la periferia de algunas zonas donde se han reportado la ocurrencia de triatomínicos y reservorios de *T. cruzi* (Espinosa-Gonzalez *et al.*, 2021).

El capítulo tres consiste en la evaluación de los conocimientos referentes a la biología del vector (como su asociación con animales y temporalidad), peligrosidad, así como el comportamiento de la enfermedad de Chagas, sobre todos aquellos que tiene que ver con su transmisión. Asimismo, la evaluación de riesgo de las viviendas que pueden propiciar la infestación de triatomíneos. Actualmente se han desarrollado estrategias para reducir la prevalencia de la enfermedad de Chagas, desde la interrupción vectorial en conjunto con las mejoras en estructuras de viviendas y educación de la población en riesgo (Giraldo-Echavarría *et al.*, 2021). Para esto, es de vital importancia la participación comunitaria, por lo tanto, se requiere comprender y describir lo que las personas que habitan en zonas de riesgo conocen sobre la enfermedad y la importancia de sus vectores, identificando creencias y actitudes que tienen respecto de este fenómeno (Nava-Doctor *et al.*, 2021).

Debido a la cercanía del Corredor y los asentamientos humanos, es necesario que la población en riesgo conozca sobre los aspectos del vector para la vigilancia entomológica comunal. La información obtenida será de utilidad para la elaboración de futuras campañas de educación y prevención en la zona.

Literatura citada

- Alevi, K. C. C., De Oliveira, J., Da Silva-Rocha, D. y Galvão, C. 2021. Trends in Taxonomy of Chagas Disease Vectors (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae); From Linnaean to Integrative Taxonomy. *Pathogens*. 10(12): 1627.
- Balsalobre, A. 2016. ¿Qué especies de vinchucas modificarán su distribución geográfica en la Argentina? Un análisis de los microhábitats y microclimas de los triatominos vectores de la enfermedad de Chagas. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata.
- Briceño-León, R. y Galván, J. M. 2007. The social determinants of Chagas disease and the transformations of Latin America. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 102: 109-112.
- Camacho-Sierra, V. 2016. Identificación de Unidades Discretas de Tipificación (DTU's) de *Trypanosoma cruzi* en marsupiales (*Didelphis marsupialis*, *Didelphis virginianus*, *Philander opossum*) presentes en la Reserva Ecológica "El Zapotal" en el estado de Chiapas. 2016. Tesis de grado. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México, México.
- Ceccarelli, S. 2018. Eco-epidemiología de la enfermedad de Chagas: evaluación de las variables que inciden en su transmisión por triatominos y su expresión mediante mapas de riesgo. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Gómez-Gómez, A., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Gómez-Sánchez, E., Vidal-López, D., Flores-Villegas, L., Gutiérrez-Jiménez, J. y Moreno-Rodríguez, A. 2021. First report of an infected triatomine bug in an urban area of Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*. 14: 1009-1020.
- Diez-Roux, A. V. 2005. A glossary for multilevel analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 56(8): 588-594.
- Dujardin, J. P., Schofield, C. y Panzera, F. 2002. Los vectores de la Enfermedad de Chagas. Bruselas: Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer.

- Espinosa-Gonzalez, C., Dávalos-Becerril, E., Correa-Morales, F., Acosta, C., López-Bello, R., Alvarado-Estrada, J., Esquinca-Calvo, L., García-Gutiérrez, C., Gómez-Maldonado, C., Cuevas-González, E., Reyes-Figueroa, C. y Moreno-García, M. 2022. New records of *Triatoma huehuetenanguensis* in an urban area of Southwest Mexico. *Journal of Vector Borne Diseases*. 59: 102-104.
- Galvão, C. y Justi, S. A. 2015. An overview on the ecology of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Tropica*. 151: 116-125.
- Giraldo-Echavarría, N., Echeverría, L., Stewart, M., Gallego, C., Saldarriaga, C. 2021. Chagas Disease: Chronic Chagas Cardiomyopathy. *Current Problems in Cardiology*. 46(3): 100507.
- Gómez-Sánchez, E. F., Ochoa-Díaz-López, H., Espinoza-Medinilla, E., Velázquez-Ramírez, D. D., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Vidal-López, D. G., Moreno-Rodríguez-A., Flores-Villegas, A. L., López-Argueta, E. y De Fuentes-Vicente, J. A. 2022. Mini-exon gene reveals circulation of TcI *Trypanosoma cruzi* (Chagas, 1909) (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) in bats and small mammals in an ecological reserve in southeastern Mexico. *Zookeys*. 1084: 139-150.
- Jansen, A. M., das Chagas-Xavier, S. C. y Rodrigues-Roque, A. 2018. *Trypanosoma cruzi* transmission in the wild and its most reservoir hosts in Brazil. *Parasites & Vectors*. 11(502): 1-25.
- Nava-Doctor, J. E., Sandoval-Ruiz, C. A. y Fernández-Crispín, A. 2021. Knowledge, attitudes, and practices regarding vector-borne diseases in central Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 17(45): 1-14.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2021. Enfermedades tropicales desatendidas. [who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases](https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases). Consultado el 12 de marzo de 2021.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2023. Enfermedades tropicales desatendidas. [who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases](https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases). Consultado el 10 de marzo de 2023.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2022. Información general: Enfermedad de Chagas.https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5856:2011-informacion-general-enfermedad-chagas&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0 . Consultado el 14 de noviembre de 2022.

World Health Organization (WHO). 2017. One Health. who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health. Consultado el 28 de noviembre de 2022.

CAPÍTULO I

Triada ecológica de la enfermedad de Chagas: una revisión sobre sus componentes

Resumen

Dentro de las principales enfermedades transmitidas por vector (ETV) se encuentra la enfermedad de Chagas, o también conocida como Tripanosomiasis Americana. Este padecimiento es causado por *Trypanosoma cruzi*; el cual puede infectar a más de 100 especies de vertebrados, incluido el ser humano. El principal mecanismo de transmisión es mediante el contacto con las deyecciones de insectos vectores conocidos como triatominos (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae).

La distribución geográfica de estos insectos ocurre principalmente en el continente americano, en donde depende en gran medida de factores bioclimáticos, biológicos y antropogénicos. México, es considerado como zona endémica ya que existen las condiciones que favorecen la transmisión vectorial.

Debido a su naturaleza de zoonosis, este padecimiento es el resultado de un conjunto de interacciones entre distintos organismos, es por ello por lo que su estudio debe abordarse de manera integral. La triada ecológica de esta enfermedad integra los factores que interactúan y están involucrados en su aparición, bajo un contexto ecológico y epidemiológico. No obstante, las limitaciones en el control vectorial, el difícil acceso a pruebas de diagnóstico y tratamiento, entre otros aspectos, la enfermedad de Chagas sigue siendo un gran desafío de salud pública.

Conforme a lo anterior, el objetivo del presente capítulo es ofrecer una revisión bibliográfica sobre la triada ecológica de la enfermedad de Chagas, presentando información general sobre los insectos vectores y los demás componentes que favorecen la aparición y dispersión de la enfermedad de Chagas.

Palabras clave: Vectores, *Trypanosoma cruzi*, Triatominae, Reservorios.

Introducción

La ocurrencia de enfermedades transmitidas por vectores (ETV's) ha ido en aumento durante las últimas décadas y son el resultado de la combinación de diversos factores ambientales, ecológicos, económicos, sociales y culturales (Rebollo-García *et al.*, 2021). La característica principal de estas enfermedades es que el patógeno se transmite a través de un vector vivo, generalmente un artrópodo que se alimenta de sangre. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las ETV's representan más del 17 % de todas las enfermedades infecciosas juntas y causan miles de muertes al año (OMS, 2021).

Debido a su alta prevalencia y mortalidad, el combate de las ETV's forma parte de las políticas públicas de algunos países, enfocadas principalmente en el control y eliminación del vector. Sin embargo, no se ha tenido el éxito esperado por diversas razones. Por ejemplo, muchas estrategias no contemplan aspectos biológicos y de comportamiento del vector, o no se estudia la resistencia a los agentes químicos que se emplean comúnmente (Mougabure-Cueto y Lobbia, 2021). En este sentido, es importante replantear las estrategias de control y se requiere de la implementación e integración de disciplinas que aporten más información al respecto, la cual sirva para la toma de decisiones en salud pública (Arria *et al.*, 2005).

Dentro de las principales ETV's se destaca la enfermedad de Chagas, la cual es causada por *Trypanosoma cruzi*. Este protozooario se transmite a través de insectos hematófagos conocidos como chinches besuconas (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). Actualmente, la enfermedad de Chagas afecta aproximadamente a ocho millones de personas en el mundo y puede llegar a ser mortal debido a complicaciones cardíacas y digestivas (OMS, 2021). La mayoría de los casos están presentes en América Latina donde los insectos vectores se distribuyen de manera natural. Debido a la falta de vacunas o profilaxis, la mejor estrategia para combatir la enfermedad de Chagas es el control de los insectos vectores. Aunque se ha podido reducir la transmisión vectorial del parásito en muchas zonas endémicas (Noireau *et al.*, 2009), la complejidad en la ecología de los vectores provoca diferentes escenarios epidemiológicos que deben ser atendidos de manera integral.

Por lo tanto, el objetivo del presente capítulo es ofrecer una revisión sobre la triada ecológica de la enfermedad de Chagas, se presenta información general sobre los componentes involucrados que favorecen la aparición y dispersión de dicho padecimiento.

Biología de Triatominae: los vectores de *T. cruzi*

Los triatominos, vectores de *Trypanosoma cruzi*, también conocidos comúnmente en distintas regiones como “barbeiros”, “chupos”, “chirimachas”, “vinchucas”, “chinches besuconas”, son insectos que pertenecen a la subfamilia Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) (OPS, 2022). Actualmente, esta subfamilia está conformada por 154 especies, agrupadas en cinco tribus y 18 géneros. Se ha considerado que todos los taxones de triatominos son capaces de transmitir los linajes de *T. cruzi* descritos anteriormente (da Rosa *et al.*, 2017). No obstante, *Panstrongylus*, *Rhodnius* y *Triatoma*, son considerados los géneros de mayor importancia epidemiológica debido a que incluyen especies domiciliadas (Dujardin *et al.*, 2002; Alevi *et al.*, 2021).

El cuerpo de los triatominos está dividido en tres regiones o tagmas: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza se encuentran los órganos sensitivos como antenas, ojos compuestos, ocelos y el rostro o también denominado probóscide; en el tórax, se localizan apéndices como el pronoto y escutelo, así como las patas y alas. Por último, el abdomen, puede o no presentar marcas en el conexivo (margen lateral); en él se encuentra la genitalia, una apariencia redondeada en la parte extrema del abdomen corresponde a los machos, mientras que en las hembras suele presentarse con una apariencia lobulada o puntiaguda (Cáceres-Lázaro, 2005).

Los triatominos son insectos hemimetábolos cuyo ciclo biológico oscila entre los cuatro y 16 meses (Cáceres-Lázaro, 2005). Dicho ciclo comprende el huevo, cinco estadios de ninfa y el imago (adultos masculinos y femeninos) (Figura 1); se considera que todos los estadios, así como adultos son hematófagos. Las ninfas requieren grandes cantidades de sangre para realizar la muda, mientras que los adultos las ingieren para actividades que requieren energía, como la reproducción y la dispersión (Lazzari *et al.*, 2013). Principalmente se alimentan de la sangre de vertebrados como mamíferos, aves e incluso reptiles (Jurberg y Galvão, 2006; Botto-Mahan *et al.*, 2022). Sin embargo, se han descrito otras fuentes de alimentación en algunas especies, por ejemplo, las heces y hemolinfa de otros triatominos, savia de plantas y azúcar de forma experimental (Díaz-Albiter *et al.*, 2016, De Fuentes-Vicente y Gutiérrez-Cabrera, 2020).

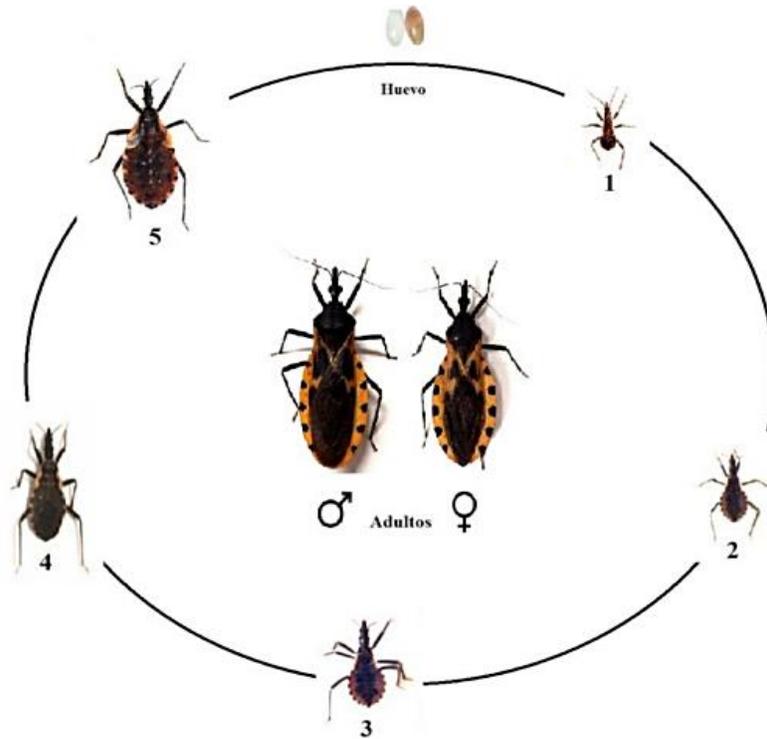


Figura 1. Ciclo biológico de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811), uno de los principales vectores de *Trypanosoma cruzi*. Conformado por huevo, los estadios ninfales y el imago. Se observa la forma del borde del abdomen lo que permite diferenciar a machos y hembras. Tomado de De Fuentes-Vicente *et al.* (2016).

Distribución

La distribución geográfica de estos insectos depende en gran medida de un conjunto de factores bioclimáticos (la temperatura, humedad, precipitación y altitud), factores biológicos (competencia, densidad y depredación) y factores antropogénicos (perturbación de áreas naturales, migración de personas, condiciones socioeconómicas, entre otros) (Gaunt y Miles, 2000; Medone *et al.*, 2015). La distribución de triatomíneos ocurre principalmente en el continente americano; va desde el sur de los Estados Unidos de América (EUA) hasta el norte de Argentina (42° N a 46° S) en donde, la riqueza de especies aumenta desde los polos hacia el Ecuador; una de las hipótesis planteadas respecto a esto establece que esto se debe a que tienen la mayor área geográfica habitable (Rodríguez, y Gorla, 2004; Galvão y Justi, 2015). No obstante, la distribución de algunas especies (*Triatoma spp.*) se ha reportado en regiones de África, Asia y

Australia. (Dujardin *et al.*, 2015). Como se había mencionado anteriormente, se ha considerado a *Panstrongylus*, *Rhodnius* y *Triatoma* como los géneros de mayor importancia epidemiológica.

El género *Rhodnius* está conformado por 18 especies, su distribución natural ocurre desde Centroamérica hasta el norte de Argentina, en donde la mayor riqueza de especies se ha registrado en la Amazonia. Dentro de este género, se encuentra *R. prolixus*, considerado como un vector doméstico primario en Venezuela y Colombia; respecto a poblaciones silvestres, éstas también han sido recolectadas en los países mencionados anteriormente. Debido a los programas nacionales de control vectorial, se logró la erradicación de la especie en países como México, Guatemala, El Salvador y Honduras (Dujardin *et al.*, 2002; Gorla y Noireau, 2017).

Respecto al género *Panstrongylus*, este cuenta con 13 especies reconocidas, cuya distribución geográfica se ha reportado a lo largo del Neotrópico, extendiéndose desde México hasta Argentina. *P. megistus*, considerado un vector importante asimismo una especie de importancia histórica debido a que fue el primer vector descrito por Carlos Chagas, se ha encontrado en Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay (Dujardin *et al.*, 2002).

Por último, *Triatoma*; considerado el género con mayor número de especies (84) tiene una amplia distribución geográfica la cual ocurre tanto en el Nuevo como en el viejo Mundo (Justi y Galvão, 2017). El estudio de la distribución geográfica de *Triatoma* se ha basado principalmente en las especies de importancia epidemiológica; los vectores principales lo conforman *T. infestans* y *T. dimidiata*. *T. infestans* cuenta con una extensión geográfica sobre el Cono Sur mientras que *T. dimidiata* ha sido reportada desde México hasta el norte de Perú (Gorla y Noireau, 2017).

México es considerado como uno de los países con mayor diversidad de triatominos, cuenta con 34 especies de siete géneros distribuidas por todo el territorio, dicha cifra es superada por países como Brasil, que cuenta con 63 especies (OPS, 2022). Más de la mitad de las especies presentes en el territorio mexicano se han reportado con infección natural por *T. cruzi* (Ramsey *et al.*, 2015).

Ecología

Estos insectos son de hábitos nocturnos, suelen buscar un refugio y durante el día permanecer inmóvil dentro de él, esta inmovilidad se conoce como acinesia (Lazzari, 1992). La acinesia termina durante las primeras horas después del anochecer, los triatominos salen en búsqueda de

fuentes potenciales de alimento, la cual se logra a través de corrientes de aire que transportan olores característicos, vapor de agua y calor (Lazzari *et al.*, 2013). A diferencia de otros hemípteros, los triatominos se caracterizan por poseer la probóscide recta, delgada y fina; lo cual les permite perforar la piel de los animales y succionar la sangre mientras estos duermen (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021).

Se han determinado y estudiado diferentes escenarios ecológicos en los que se pueden encontrar estos insectos, los cuales ofrecen refugio y accesibilidad a fuentes de alimentación. Un refugio adecuado para los triatominos es aquel que le ofrece protección contra factores climáticos, depredadores; la selección de refugios es una estrategia con importancia biológica debido a que les permite encontrar microhábitats adecuados para fines fisiológicos y reproductivos, como la muda y ovipostura (Lazzari *et al.*, 2013).

Los microhábitats naturales de triatominos son diversos, algunas especies son exclusivas a hábitats específicos, así como otras que pueden encontrarse en diferentes hábitats. Por ejemplo, el género *Rhodnius* se asocia principalmente a palmeras, donde se alimentan de fauna de aves y mamíferos que anidan en la copa de las palmeras; sin embargo, también se han reportado en nidos de aves, huecos en troncos de árboles y bromelias. Aunque algunas especies de *Panstrongylus* también se pueden encontrar en copas de palmeras, se asocian predominantemente con madrigueras y árboles, donde se ha observado su marcada alimentación en armadillos y marsupiales; mientras que el género *Triatoma*, se asocia con hábitats rocosos, en los cuales se alimentan principalmente de roedores y primates (Gaunt y Miles, 2000; Gorla y Noireau, 2017).

No obstante, los triatominos han desarrollado la capacidad de adaptarse a microhábitats artificiales como estructuras del peridomicilio y las viviendas que por lo regular se encuentran inmersas en zonas rurales. La probabilidad de infestación en estos microhábitats está influenciada por diversos factores como el nivel socioeconómico, los materiales de construcción de la vivienda y las condiciones de higiene en que se mantienen (Bustamante *et al.*, 2015). Se ha observado la preferencia de microhábitats dentro de las casas infestadas; por ejemplo, *R. prolixus* puede alojarse en techos de palma, *P. megistus* se ha asociado principalmente con pisos de tierra y madera de casas con paredes de adobe; y especies del género *Triatoma* como *T. infestans* se han reportado en viviendas de buena calidad y en techos de teja (Gaunt y Miles; 2000; Lazzari *et al.*, 2013).

De acuerdo con la tolerancia de factores bioclimáticos, se sabe que la mayoría de las especies toleran temperaturas entre 24 y 28 °C; asimismo, un rango desde 30-80% de humedad. Su ciclo biológico tiende a ser mayor a bajas temperaturas, ya que a temperaturas superiores a 40 °C son letales (Gorla y Noireau, 2017).

***Trypanosoma cruzi*: aspectos generales**

Taxonomía y morfología

Trypanosoma cruzi es un protozooario intracelular hemoflagelado, perteneciente al orden Kinetoplastida, familia Trypanosomatidae; dicho protozooario se caracteriza por la presencia de un flagelo y un organelo denominado kinetoplasto, el cual consiste en una masa de ADN extranuclear ubicada dentro de una gran mitocondria (Lidani *et al.*, 2019). El ciclo biológico de *T. cruzi* suele ser complejo ya que se alterna entre un amplio rango de reservorios u hospederos vertebrados y el insecto vector; de acuerdo con su morfología clásica, se presentan tres estadios morfológicos: amastigote, epimastigote y tripomastigote (Figura 2); estos estadios se distinguen entre sí de acuerdo con la posición del kinetoplasto en relación al núcleo (Cevallos y Hernández, 2002).

El amastigote es la forma intracelular replicativa presente en tejidos del hospedero/reservorio vertebrado, se caracteriza por su forma redondeada y no poseer flagelo, mide aproximadamente de 1.5 a 4 µm. El tripomastigote y epimastigote se caracterizan por su forma de “S”, el tripomastigote es la forma extracelular no replicativa pero infectiva para el ser humano, está presente en el intestino posterior y las deyecciones del vector, asimismo en las células sanguíneas del hospedero vertebrado, mide aproximadamente 20 µm de longitud por 1 µm de ancho. El epimastigote suele ser un poco más pequeño, se considera como la forma extracelular replicativa (no infectiva en el ser humano) que suele encontrarse en el intestino medio del vector (Teixeira *et al.*, 2011; Díaz-González, 2014).

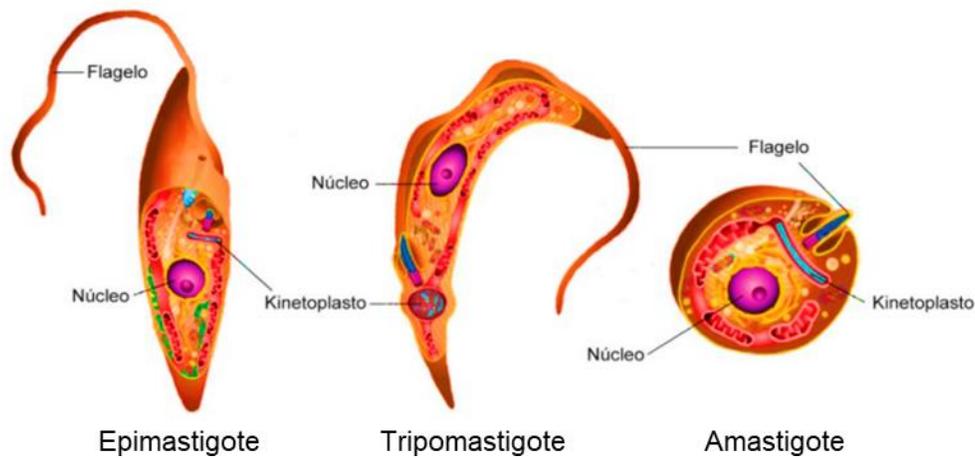


Figura 2. Formas celulares de *Trypanosoma cruzi*. Tomado de Teixeira *et al.* (2011).

Ciclo biológico

Debido a que este protozooario es transmitido a través de las deyecciones de sus vectores, se ha catalogado dentro del grupo estercolaría (Barrett *et al.*, 2003). Su ciclo biológico (Figura 3) inicia cuando un vector infectado pica y se alimenta de la sangre de un hospedero, éste deposita sus deyecciones sobre la superficie de la piel del hospedero, los tripomastigotes metacíclicos presentes en esas deyecciones penetran la piel a través de la herida provocada. Los tripomastigotes metacíclicos se transforman en amastigotes para después multiplicarse por fisión binaria y transformarse en tripomastigotes sanguíneos. Cuando un vector se alimenta de la sangre de un hospedero infectado ingiere tripomastigotes sanguíneos, los cuales se transforman en epimastigotes en el intestino medio del vector, región en donde se multiplican y mediante un proceso conocido como metaciclogénesis, se diferencian en tripomastigotes metacíclicos para finalmente ser evacuados en las deyecciones del vector [Tyler y Engman, 2001; Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2021; Peña-Callejas *et al.*, 2022].

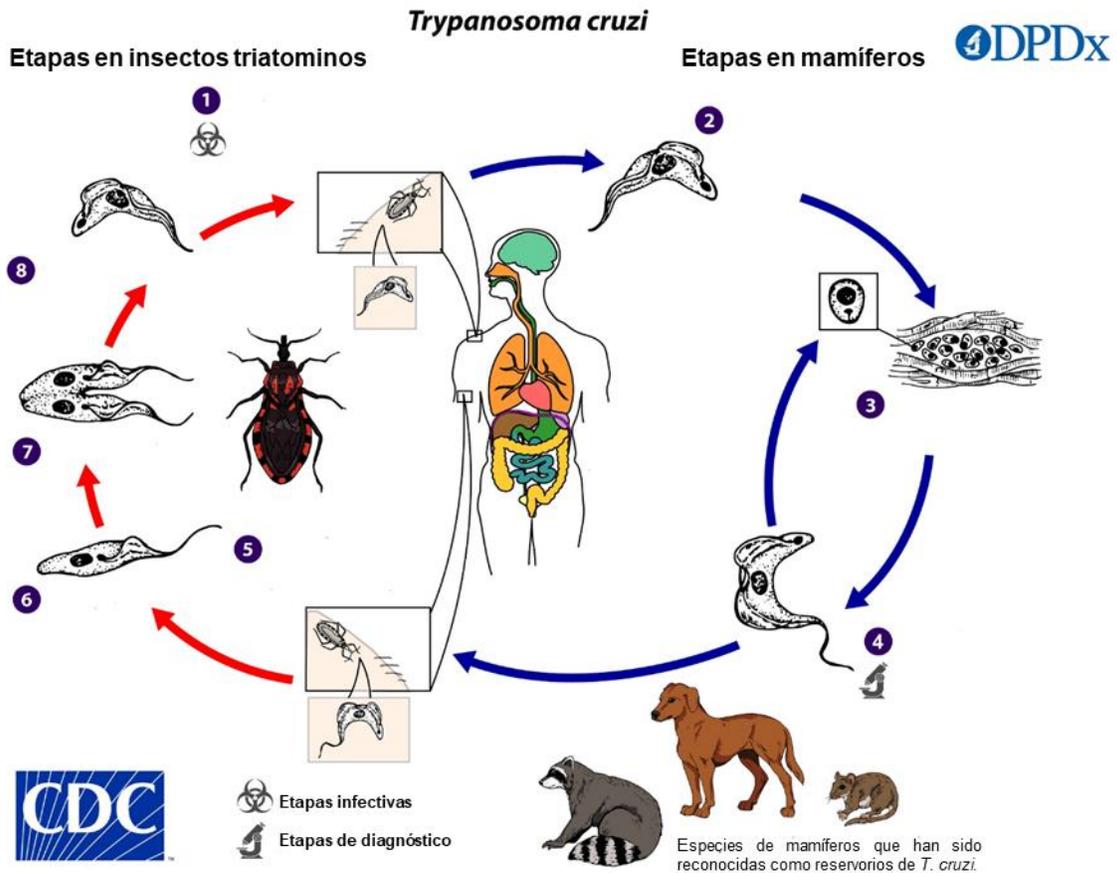


Figura 3. Ciclo biológico de *Trypanosoma cruzi*. 1) El insecto vector se alimenta de sangre (pasa los tripomastigotes metacíclicos en las heces, los tripomastigotes entran en la herida de la picadura o en mucosas). 2) Los tripomastigotes metacíclicos se introducen en células en un sitio de entrada y se transforman en amastigotes. 3) Estos amastigotes se multiplican por fisión binaria. 4) Se diferencian de nuevo en tripomastigotes y se liberan al torrente sanguíneo. 5) El insecto se infecta al alimentarse de sangre de algún mamífero infectado. 6) Los tripomastigotes ingeridos se transforman en epimastigotes en el intestino medio del vector. 7) Se multiplican y diferencian en el intestino medio. 8) Concluye en el intestino posterior, en el cual ocurre la diferenciación en tripomastigotes metacíclicos. Modificado de: Centers for Disease Control and Prevention (CDC), (2021).

De acuerdo con el ciclo biológico de *T. cruzi* se pueden diferenciar tres ciclos de transmisión, clasificados en silvestre, doméstico y peridoméstico. En el ciclo silvestre, *T. cruzi* circula entre insectos vectores y reservorios los cuales los constituyen principalmente mamíferos pequeños y medianos. En el ciclo en el ciclo peridoméstico, el protozoo circula entre mamíferos sinantrópicos, los cuales están en estrecho contacto y sus viviendas y por los vectores silvestres que son atraídos por el alimento y las luces de las viviendas; por último, en el ciclo doméstico, la infección ocurre principalmente en el ser humano (es ahí donde da origen a la enfermedad de Chagas) (Coura y Pinto-Dias, 2009).

Variabilidad genética

Es de conocimiento que las cepas de *T. cruzi* presentan complejidad ecoepidemiológica, asimismo, una gran diversidad biológica, bioquímica y genética. Con el paso del tiempo y el avance en su estudio, los investigadores han utilizado distintos enfoques para caracterizar la estructura de *T. cruzi*, así como definir el número de subgrupos (Sánchez-Justo, 2018). Con base al uso del espaciador intergénico del gen mini-exón se determinaron dos linajes filogenéticos conocidos como TcI y TcII (Souto *et al.*, 1996).

Años más tarde se describió la amplia heterogeneidad del linaje TcII, por lo que se determinó la subdivisión de dicho linaje en cinco subgrupos: TcIIa – TcIIe (Brisse y Tibayrenc, 2000). No obstante, con el desarrollo de nuevos marcadores moleculares, se estableció la nomenclatura intraespecífica en Unidades Discretas de Tipificación (Discreet Typing Units, DTU): TcI – TcVI. En la actualidad se determinó TCBat, una DTU que está asociada con murciélagos en países como Brasil, Panamá y Colombia (Zingales *et al.*, 2009; Zingales *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2012; Lima, *et al.*, 2015).

Estas DTU's se encuentran ampliamente distribuidas en América Latina, de las cuales, TcI es la más abundante y heterogénea; TcI predomina en Colombia, Venezuela y países de Centro América, se ha asociado al ciclo silvestre de transmisión, asimismo a ciclos domésticos y un tropismo celular hacia el corazón (Cura y Schijman, 2013). TcII, V y VI predominan en países del Cono Sur, manifestando una preferencia hacia el sistema digestivo, mientras que las DTU's TcIII y IV suelen ser menos frecuentes y solo se han reportado transmisiones en el ciclo silvestre (Miles *et al.*, 2003; Zingales, 2018).

Reservorios y hospedero de *T. cruzi*

Originalmente, en esta zoonosis solo se involucraban los insectos vectores y mamíferos silvestres; sin embargo, debido a los constantes cambios antropogénicos en ambientes naturales, así como el aumento de los asentamientos humanos en zonas rurales o silvestres, la transmisión de *Trypanosoma cruzi* se ha extendido, dando origen a los ciclos peridoméstico y doméstico (World Health Organization [WHO], 2002). Debido a su capacidad de mantener y multiplicar al agente etiológico; los reservorios desempeñan un papel importante en la circulación de *T. cruzi*.

Este protozooario circula entre una amplia variedad de mamíferos reservorios; hasta el momento, en una gran parte de América, se han reportado más de 180 especies de mamíferos silvestres, domésticos y sinantrópicos infectados por *T. cruzi*, el cual es capaz de invadir todos los tejidos en los reservorios. Las especies reportadas pertenecen a los órdenes: Didelphimorphia, Rodentia, Primata, Carnivora, Chiroptera, Artiodactyla así como al superorden Xenarthra (Deane *et al.*, 1984; Jansen *et al.*, 2017).

Dentro del orden Didelphimorphia se reconoce la familia Didelphidae, considerados como uno de los reservorios más antiguos e importantes de *T. cruzi* (Yeo *et al.*, 2005). Se ha demostrado una interacción única de *Didelphis spp* con *T. cruzi*., esto se debe a la capacidad de mantener y multiplicar al protozooario en tejidos no convecionales como las glándulas odoríferas. Estos resultados ponen en manifiesto el papel *Didelphis spp* como reservorio y vector de *T. cruzi* (Carreira *et al.*, 2001). Además de esta capacidad, sus hábitos omnívoros favorecen la transmisión oral de la infección, ya sea por alimentarse de insectos vectores o mamíferos infectados (WHO, 2002).

Especies de primates pertenecientes a la familia Cebidae (monos) y Callitrichidae (titíes) han sido reportadas con infección natural por *T. cruzi*. Dentro de las fuentes alimenticias de estos animales se incluyen invertebrados y pequeños mamíferos, lo que puede favorecer a la transmisión del protozooario por vía oral; además de que comparten refugios con insectos vectores, permitiendo la transmisión vectorial en dichos mamíferos (Carcavallo *et al.*, 1998). Al igual que estos mamíferos, animales pertenecientes a los órdenes Carnivoria y Rodentia la transmisión oral de *T. cruzi* es de relevante importancia (Noireau *et al.*, 2009).

Otros reservorios de gran importancia lo constituyen los armadillos; de hecho, la primera descripción de un reservorio silvestre realizada por Carlos Chagas, se hizo en estos animales, en donde encontró tripomastigotes en la especie *Dasypus novemcinctus*. Hasta el momento, se ha documentado sobre armadillos infectados desde el sur de los Estados Unidos hasta Uruguay; cuya prevalencia oscila entre el 4% y 50% (Noireau *et al.*, 2009).

Respecto al orden Chiroptera, se ha reportado la existencia de infecciones mixtas en estos animales, lo que indica que pueden estar involucrados en la dispersión de varios genotipos de *T. cruzi* (Lisboa *et al.*, 2008); la importancia de estos mamíferos como reservorios se debe a algunas características, por ejemplo, su capacidad de vuelo, longevidad y su población gregaria (Luis *et al.*, 2013).

Las especies domésticas también tienen el papel de reservorio en la transmisión de *T. cruzi*; actúan como vínculo entre los ambientes silvestres y peridomésticos. Debido a su estrecho contacto en el ambiente doméstico, los principales reservorios y hospederos lo constituyen los perros, gatos y los seres humanos respectivamente. Por otro lado, las ratas tienen gran importancia epidemiológica y son consideradas como reservorios sinantrópicos (Peterson *et al.*, 2002; WHO, 2002).

Otros grupos de vertebrados como aves, anfibios y reptiles han sido considerados como refractarios a la infección por *T. cruzi*, debido al efecto lítico de su temperatura corporal. Sin embargo, desempeñan un papel importante como fuentes de alimentación de los insectos vectores (WHO, 2002). Recientemente, se registró la infección por *T. cruzi* en distintos órganos de un ejemplar de lechuza (*Tyto furcata*) (Martínez-Hernández *et al.*, 2022). Asimismo, se ha analizado la infección experimental en especies de lagartijas, no obstante, el papel de estos animales como reservorios sigue sin tener respuesta (Botto-Mahan *et al.*, 2022). Estos resultados pueden dar paso al cambio de paradigma que se tiene sobre estos animales.

Es evidente el amplio rango de especies de mamíferos que han sido reportados con infección por *T. cruzi*, sin embargo, aún existen muchas incógnitas sobre el papel que estas especies desempeñan en el mantenimiento y transmisión de *T. cruzi* en ambientes naturales. Los limitantes en estos estudios han sido las restricciones geográficas y falta de datos sobre condiciones ambientales (Noireau *et al.*, 2009)

Generalidades sobre la enfermedad de Chagas

La enfermedad de Chagas o también conocida como Tripanosomiasis Americana, es una patología ocasionada por el protozooario *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae). Debido a su naturaleza de zoonosis y alta complejidad en los mecanismos de transmisión, limitaciones en el control vectorial, difícil acceso a pruebas de diagnóstico y tratamiento, poco conocimiento e interés en la sociedad, entre otros aspectos, la enfermedad de Chagas sigue siendo un gran desafío de salud pública, además de que la OMS la contempla dentro de la lista de enfermedades tropicales desatendidas (OMS, 2015; Parra-Henao y Vera, 2022).

Este padecimiento fue descrito por el bacteriólogo brasileño Carlos Ribeiro Justiniano Chagas en el año 1909 mientras realizaba una campaña contra la malaria en Minas Gerais Brasil (Chagas, 1909); si bien este suceso tiene más de un siglo, se ha reportado el hallazgo de ADN de *T. cruzi* en momias de Chile, Perú y Brasil, cuyos datos remontan hace 9 000 años de antigüedad (Aufderheide *et al.*, 2004).

Epidemiología

Se han reportado casos de la enfermedad de Chagas desde el sur de los Estados Unidos de América (EUA) hasta el norte de Argentina y Chile. En esta zona, se consideran 21 países endémicos, de los cuales, Argentina, Brasil y Bolivia son los países con más casos estimados (Pérez-Molina y Molina, 2018); sin embargo, debido a los movimientos migratorios de personas infectadas y a los mecanismos de transmisión secundaria, la enfermedad de Chagas se ha extendido a lugares no endémicos como Estados Unidos, Canadá, Australia, Japón y ciudades de Europa (Figura 4) [Hotez *et al.*, 2020; Drugs for Neglected Disease initiative (DNDi), 2022].

De acuerdo con cifras de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2016), la enfermedad de Chagas afecta a más de ocho millones de personas y cada año ocurren 28 000 nuevos casos y 12 000 muertes. Además, se estima que 65 millones de personas viven en zonas de exposición y están en riesgo de contraer la infección; sin embargo, al ser una afección desatendida, estas cifras pueden estar subestimadas por falta de estudios en algunas áreas.

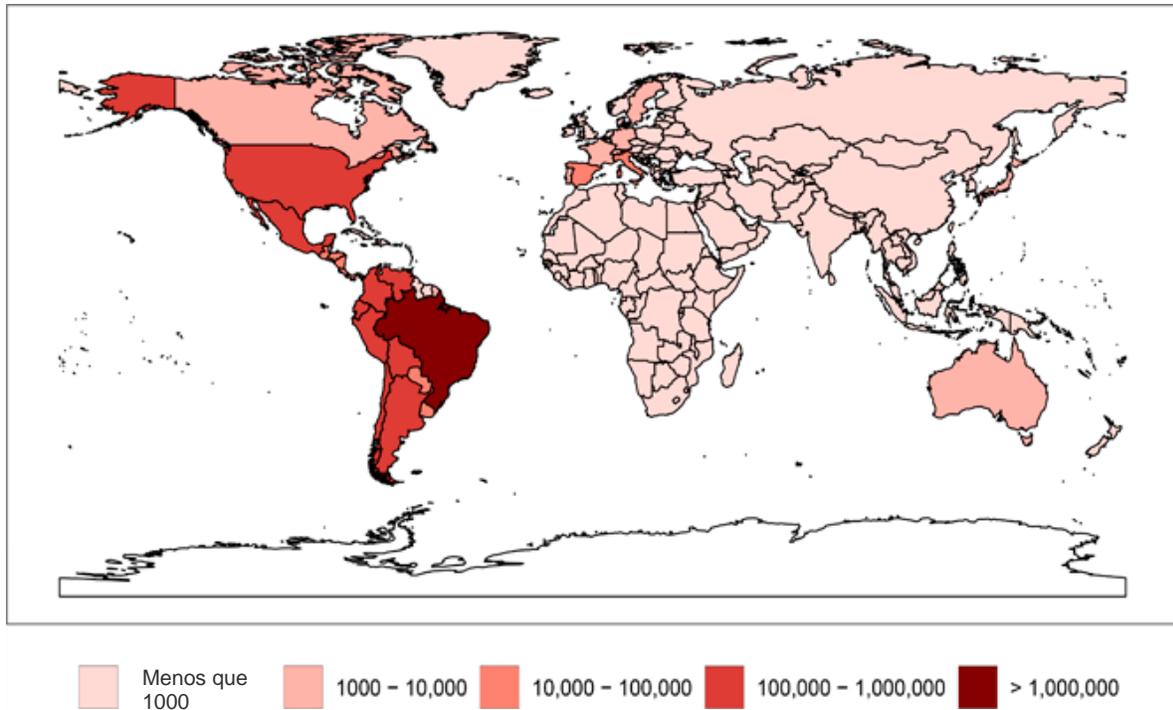


Figura 4. Distribución mundial de casos de la enfermedad de Chagas, año 2017. Modificado de Hotez *et al.* (2020).

Manifestaciones clínicas y mecanismos de transmisión

Las manifestaciones clínicas que se desarrollan en el hospedero humano se distinguen en dos etapas denominadas aguda y crónica; la etapa aguda dura aproximadamente entre seis y ocho semanas después de contraer la infección, puede presentarse síntomas como fiebre, dolor de cabeza, muscular, abdominal, así como un edema cutáneo o palpebral, el cual dependerá del sitio de entrada del protozooario. En la etapa crónica puede presentarse de forma indeterminada, donde no se desarrollan síntomas, o bien, se producen lesiones irreversibles asociadas a daños en el corazón, sistema digestivo y nervioso (Salazar-Schettino *et al.*, 2016; Stewart *et al.*, 2019).

La transmisión de la enfermedad de Chagas ocurre principalmente al tener contacto con las deyecciones contaminadas del insecto vector, las cuales son depositadas en la piel; los parásitos ingresan al torrente sanguíneo cuando la persona instintivamente rasca y empuja dichas deyecciones en la zona de la picadura; o se presenta contaminación en boca y ojos (Briceño-León y Galván, 2007; OPS, 2022). Sin embargo, existen otros mecanismos secundarios de transmisión, como las transfusiones de sangre, la vía congénita (de una madre infectada al hijo), trasplantes de

órganos, ingesta de alimentos contaminados y accidentes en hospitales y laboratorios (Guhl, 2009).

Conclusiones

Sin duda alguna, la enfermedad de Chagas sigue representando un grave problema de salud pública; lo anterior debido a la complejidad e interacción de los componentes involucrados en esta infección (agente etiológico, vector y reservorio u hospedero). De acuerdo con información que se ha obtenido hoy en día, es evidente la gran diversidad genética de *Trypanosoma cruzi*, no obstante, aún falta conocer más a fondo sobre la dinámica de transmisión de sus genotipos, El estudio de reservorios y hospederos, permitirá comprender el papel que estos animales desempeñan en la transmisión de *T. cruzi* y evaluar el riesgo que implica la presencia de ellos en áreas cercanas o dentro de las viviendas humanas. Respecto a los triatominos, el estudio de su ecología y comportamiento es de vital importancia para elaborar campañas de vigilancia y lograr la interrupción vectorial en zonas de riesgo.

El estudio de estos componentes ha ido en aumento gracias al desarrollo de disciplinas como la ecoepidemiología, esto pone en manifiesto la importancia de implementar el estudio de la enfermedad de Chagas de forma integral lo cual ayudará a la identificación de zonas de riesgos en regiones no endémicas y la intervención oportuna.

Literatura citada

- Alevi, K. C. C., De Oliveira, J., Da Silva-Rocha, D. y Galvão, C. 2021. Trends in Taxonomy of Chagas Disease Vectors (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae); From Linnaean to Integrative Taxonomy. *Pathogens*. 10(12): 1627.
- Arria, M., Rodríguez-Morales, A. y Franco-Paredes, C. 2005. Ecoepidemiología de las Enfermedades Tropicales en países de la Cuenca Amazónica. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 22(1): 54-63.
- Aufderheide, A. C., Salo, W., Madden, M., Streit, J., Buikstra, J., Guhl, F., Arriaza, B., Renier, C., Wittmers, L. E., Fornaciari, G. y Allison, M. 2004. A 9,000-year record of Chagas' disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101: 2034-2039.
- Barrett, M. P., Burchmore, R. J. S., Stich A., Lazzari, J. O., Frasch, A. C., Cazzulo, J. J. y Krishna, S. 2003. The trypanosomiasis. *Lancet*. 362(9394): 1469-1480.
- Botto-Mahan, C., Correa, J. P., Araya-Donoso, R., Farías, F., San Juan, E., Quiroga, N., Campos-Soto, R., Reyes-Olivares, C. y González-Acuña, D. 2022. Lizards as Silent Hosts of *Trypanosoma cruzi*. *Emerging Infectious Diseases*. 28(6): 1250-1253.
- Briceño-León, R. y Galván, J. M. 2007. The social determinants of Chagas disease and the transformations of Latin America. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 102: 109-112.
- Brisse, S., Barnabé, C. y Tibayrenc, M. 2000. Identification of six *Trypanosoma cruzi* phylogenetic lineages by random amplified polymorphic DNA and multilocus enzyme electrophoresis. *International Journal for Parasitology*. 30(1): 35-44.
- Bustamante, D., Menes, M., Torres, N., Zúniga, C., Sosa, W., Abrego, V. y Monroy, C. M. 2015. Information to Act: Household characteristics are predictors of domestic infestation with the Chagas vector *Triatoma dimidiata* in Central America. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 93(1): 97-107.
- Cáceres-Lázaro, A. 2005. Manual de procedimientos de identificación de triatominos (Hemiptera: Reduviidae) del Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Lima, Perú.

- Carcavallo, R. U., Franca-Rodríguez, M. E., Salvatella, R., Curto de Casas, S. I., Sherlock, I. y Galvão, C. 1998. Habitats e fauna relacionada. En: Carcavallo, R. U., Galíndez-Girón, I., Jurberg, J. y Lent, H. (Eds). Atlas dos vetores da Doença de Chagas nas Américas. 2a. Ed. Río de Janeiro. P.p. 561-600.
- Carreira, J. C. A., Jansen, A. M., de Nazareth Meirelles, M., Costa e Silva, F., Lenzi, H. L. 2001. *Trypanosoma cruzi* in the scent glands of *Didelphis marsupialis*: the kinetics of colonization. *Experimental Parasitology*. 97: 129-140.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2021. American Trypanosomiasis. <https://www.cdc.gov/dpdx/trypanosomiasisamerican/index.html>. Consultado el 18 de septiembre de 2022.
- Cevallos, A. M. y Hernández, R. 2002. *Trypanosoma cruzi* y la enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana). En: Martínez-Romero, E. y Martínez-Romero, J. C. 2002. Microbios en línea. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno. Universidad Autónoma de México.
- Chagas, C. 1909. Nova tripanozomiaze humana: estudos sobre a morgolojia e o ciclo do *Schizotrypanum cruzi* n, gen, n sp, agente etiolojico de *nova* entidade mórbida do homem. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 1: 159-218.
- Coura, J. R. y Pinto-Dias, J. C. 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease- 100 years after its Discovery. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 104: 31-40.
- Cura, C. y Schijman, A. G. 2013. Relación entre los genotipos de *T. cruzi* y la presentación clínica de la enfermedad de Chagas. *Revista Española de Salud Pública*. 86: 9-16.
- da Rosa, J. A., Justino, H. H. G., Nascimento, J. D., Mendonça, V. J., Rocha, C. S., de Carvalho, D. B., Falcone, R., Vilela de Azeredo-Oliveira, M. T., Alevi, K. C. C. y de Oliveira, J. 2017. A new species of *Rhodnius* from Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *ZooKeys*. 675: 1-25.
- De Fuentes-Vicente, J. A. y Gutiérrez-Cabrera, M. 2020. Kissing Bugs (Triatominae). Reference Module in Biomedical Sciences Elsevier.

- De Fuentes-Vicente, J. A., Vidal-López, D. G., Gutiérrez-Jiménez, J. y Schlie-Guzmán, M. A. 2016. Infection rate and time of defecation of the nymphal stages of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) after experimental infection with *Trypanosoma cruzi*. *Revista Biomédica*. 27(3): 111-117.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Zenteno-Rosales, J. A., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C. y Espinoza-Medinilla, E. 2021. Chinchas vemos, si son de Chagas no sabemos: diferencias de los triatominos con otras chinchas. *Desde el Herbario CICY*. 13: 87-90.
- Deane, M. P., Lenzi, H. L. y Jansen, A. M. 1984. *Trypanosoma cruzi*: vertebrate and invertebrate cycles in the same mammal host, the oposum *Didelphis marsupialis*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 79: 513-515.
- Díaz, M. L. y González, C. I. 2014. Enfermedad de Chagas: agudo: transmisión oral de *Trypanosoma cruzi* como vía de transmisión re-emergente. *Revista Industrial de Santander Salud*. 46(2): 177-188.
- Díaz-Albiter, H. M., Ferreira, T. N., Costa, S. G., Rivas, G. B., Gumiel, M., Cavalcante, D., R., Pavan, M. C., Gonzalez, M. S., De Mello, C. B., Dillon, V. M., Bruno, R. V., García, E. S., Lima, M. M., De Castro, D. P., Dillon, R. J., Azambuja, P. y Genta, F. A. 2016. Everybody loves sugar first report of plan feeding in triatomines. *Parasites & Vectors*. 9(114): 1-8.
- Diez-Roux, A. V. 2005. A glossary for multilevel analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 56(8): 588-594.
- Drugs for Neglected Diseases initiative (DNDi). 2022. Chagas Disease. <https://dndi.org/diseases/chagas/facts/>. Consultado el 08 de noviembre de 2022.
- Dujardin, J., Pham, K., Truong, L., Panzera, F., Pita, S. y Schofield, C. 2015. Epidemiological status of kissing-bugs in South East Asia: A preliminary assessment. *Acta Tropica*. 151: 142-149.
- Galvão, C. 2021. Taxonomy. En: Guarneri, A. y Lorenzo, M. (Eds.). *Triatominae-The Biology of Chagas Disease Vectors*. Springer. Switzerland. Pp. 15-38.

- Galvão, C. y Justi, S. A. 2015. An overview on the ecology of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Tropica*. 151: 116-125.
- Gaunt, M. y Miles, M. 2000. The ecotopes and evolution of triatomine bugs (triatominae) and their associated trypanosomes. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 95(4): 557-565.
- Gorla, D., y Noireau, N. 2017. Geographic distribution of Triatominae vectors in America. En: Telleria, J. y Tibayrenc, M (Eds). American Trypanosomiasis Chagas Disease. Elsevier. 2a Ed. Elsevier. P.p. 197-221.
- Guhl, F. 2009. Enfermedad de Chagas: Realidad y perspectivas. *Revista Biomédica*. 20(3): 228-234.
- Hotez, P., Bottazzi, M. E., Strub-Wourgaft, N., Sosa-Estani, S., Torrico, F., Pajín, L., Abril, M. y Sancho, J. 2020. A new patient registry for Chagas disease. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 14(10): 1-6.
- Jansen, A. M., Xavier, S. C. C. y Roque, A. L. R. 2017. Ecological aspects of *Trypanosoma cruzi*: Wild hosts and reservoirs. En: Telleria, J. y Tibayrenc, M (Eds). American Trypanosomiasis Chagas Disease. Elsevier. 2a Ed. Ed. Elsevier. P.p. 243-264.
- Justi, S. A. y Galvão, C. 2017. The evolutionary origin of diversity in Chagas disease vectors. *Trends Parasitology*. 33(1): 42-52.
- Lazzari, C. R. 1992. Circadian organization of locomotion activity in the hematophagous bug *Triatoma infestans*. *Journal of Insect Physiology*. 38: 895-903.
- Lazzari, C. R., Pereira, M. H. y Lorenzo, M. G. 2013. Behavioural biology of Chagas disease vectors. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 108: 34-37.
- Lent, H., Wygodzinsky, P. 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae) and their significance as vectors of Chagas' disease. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 163: 123-520.
- Lidani, K. C. F., Andrade, F. A., Bavia, L., Damasceno, F. S., Beltrame, M. H., Messias-Reason, I. J. y Sandri, T. L. 2019. Chagas Disease: From Discovery to a Worldwide Health Problem. *Frontiers in Public Health*. 7: 1-13.

- Lima, L., Espinosa-Á., O., Ortiz, P. A., Trejo-Varón, J. A., Carranza, J. C., Pinto, C. M, Serrano, M. G., Buck, G. A., Camargo, E. P., Teixeira, M. M. G. 2015. Genetic diversity of *Trypanoma cruzi* in bats, and multilocus phylogenetic and phylogeographical analyses supporting Tcbat as an independent DTU (discrete typing unit). *Acta Tropica*. 151: 166-177.
- Lisboa, C. V., Pinho, A. P., Herrera, H. M., Gerhardt, M., Cupolillo, E. y Jansen, A. M. 2008. *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) genotypes in neotropical bats in Brazil. *Veterinary parasitology*. 156(3-4): 314-318.
- Luis, A. D., Hayman, D. T. S., O'shea, T. J., Cryan, P. M., Gilbert, A. T., Pulliam, J. R. C., Mills, J. N., Timonin, M. E., Willis, C. K. R., Cunningham, A. A., Fooks, A. R., Rupprecht, C. E., Wood, J. L. N. y Webb, C. 2013. A comparison of bats and rodents as reservoirs of zoonotic viruses: are bats special? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 280(1756): 1-9.
- Martínez-Hernández, F., Oria-Martínez, B., Rendón-Franco, E., Villalobos, G y Muñoz-García, C. I. 2022. *Trypanosoma cruzi*, beyond the dogma of non-infection in birds. *Infection, Genetics and Evolution*. 99: 1-7.
- Medone, P., Ceccarelli, S., Parham, P. E., Figuera, A. y Rabinovich, J. E. 2015. The impact of climate change on the geographical distribution of two vectors of Chagas disease: implications for the force of infection. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 370: 1-12.
- Miles, M. A., Feliciangeli, M. D. y de Arias, A. R. 2003. American tripanosomiasis (Chagas disease) and the role of molecular epidemiology in guiding control strategies. *BMJ*. 326: 1444-1448.
- Molina, I., Salvador, F. y Sánchez-Montalvá, A. 2016. Actualización en enfermedad de Chagas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 34(2): 132-138.
- Mougabure-Cueto, G. y Lobbia, P. A. 2021. Estado de la resistencia a insecticidas en *Triatoma infestans* de Argentina. *Revista de Salud Ambiental*. 21(2): 137-146.

- Noireau, F. Diosque, P., Jansen, A. M. 2009. *Trypanosoma cruzi*: adaptation to its vectors and its hosts. *Veterinary research*. 40(2): 1-26.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2015. La enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana). www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/es Consultado el 03 de noviembre de 2022.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2021. La enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana). [who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-\(american-trypanosomiasis\)](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-(american-trypanosomiasis)). Consultado el 15 de noviembre de 2022.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2022. Información general: Enfermedad de Chagas. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5856:2011-informacion-general-enfermedad-chagas&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0 . Consultado el 14 de noviembre de 2022.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2022. Información general: Enfermedad de Chagas. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5856:2011-informacion-general-enfermedad-chagas&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0 . Consultado el 14 de noviembre de 2022.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2022. Principales triatomíneos domiciliados de México. [paho.org/es/documentos/principales-triatominos-domiciliados-mexico](http://www.paho.org/es/documentos/principales-triatominos-domiciliados-mexico). Consultado el 02 de febrero de 2023.
- Pan American Health Organization (PAHO). 2016. Neglected Infectious Diseases in the Americas: Success Stories and Innovation to Reach the Neediest.
- Parra-Henao, G. y Vera, M. J. 2022. Enfermedad de Chagas, logros y perspectivas en Colombia. *Biomédica*. 42: 213-217.
- Peña-Callejas, G., González, J., Jiménez-Cortés, G., De Fuentes Vicente, J. A., Salazar-Schettino, P. M., Bucio-Torres, M. I., Cabrera-Bravo, M. y Flores-Villegas, A. L. 2022. Enfermedad de Chagas: biología y transmisión de *Trypanosoma cruzi*. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 25: 1-19.
- Pérez-Molina, J. A. y Molina, I. 2018. Chagas disease. *The Lancet*. 391(10115): 82-94.

- Peterson, A. T., Sánchez-Cordero, V., Beard, C. B. y Ramsey, J. M. 2002. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. *Emerging infectious diseases*. 8(7): 662-667.
- Pinto, C. M., Kalko, E. K., Cottontall, I., Wellinghausen, N. y Cottontall V. M. 2012. TcBat a bat-exclusive lineage of *Trypanosoma cruzi* in the Panamá Canal Zone, with comments on its classification and the use of the *18S rRNA* gene for lineage identification. *Infection, Genetics and Evolution*. 12: 1328-1332.
- Ramsey, J. M., Peterson, A. T., Carmona-Castro, O., Moo-Llanes, D. A., Nakazawa, Y., Butrick, M., Tunk-ku, E., de la Cruz-Félix, K. e Ibarra-Cerdeña, C. N. 2015. Atlas of Mexican Triatominae (Reduviidae: Hemiptera) and vector transmission of Chagas disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 110(3): 339-352.
- Rebollo-García, L., Rincón-Elvira, E. E., León-Gómez, V. E. y García-Murciego, M. E. G. 2021. Las enfermedades emergentes y reemergentes del siglo XXI. *SANUM*. 5(1): 48-61.
- Rodriguero, M. S. y Gorla, D. E. 2004. Latitudinal gradient in species richness of the New World Triatominae (Reduviidae). *Global Ecology and Biogeography*. 13: 75-84.
- Salazar-Schettino, P. M., Bucio-Torres, M. I., Cabrera-Bravo, M., De Alba-Alvarado, M., Castillo-Saldaña, D., Zenteno-Galindo, E., Rojo-Medina, J., Fernández-Santos, N. y Perera-Salazar, M. G. 2016. Enfermedad de Chagas en México. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*. 59(3): 6-16.
- Sánchez-Justo, L. 2018. Identificación de linajes de *Trypanosoma cruzi* presentes en Chagas congénito: Un estudio basado en madres transmisoras y no transmisoras. Tesis de grado. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- Souto, R. P., Fernandes, O., Macedo, A. M., Campbell, D. A., Zingales, B. 1996. DNA Markers define two major phylogenetic lineages of *Trypanosoma cruzi*. *Molecular and Biochemical Parasitology*. 83: 141-152.
- Stewart, M., Gallego, C. y Saldarriaga, C. 2021. Chagas Disease: Chronic Chagas Cardiomyopathy. *Current Problems in Cardiology*. 46(3): 100507.

- Teixeira, D. E., Benchimol, M., Crepaldi, P. H. y de Souza, W. 2011. Atlas didáctico: Ciclo de vida do *Trypanosoma cruzi*. Fundação CECIERJ. Río de Janeiro, Brasil.
- Tyler, K. m., Engman, D. M. 2001. The life cycle *Trypanosoma cruzi* revisited. *International Journal for Parasitology*. 5(6): 472-481.
- World Health Organization. 2002. Control of Chagas disease. Geneva.
- Yeo, M., Acosta, N., Llewellyn, M., Sanchez, H., Adamson, S., Miles, G. A., López, E., González, N., Patterson, J. S., Gaunt, M. W., Rojas-de Arias, A. y Miles, M. A. 2005. Origins of Chagas disease: *Didelphis* species are natural hosts of *Trypanosoma cruzi* I and armadillos hosts of *Trypanosoma cruzi* II, including hybrids. *International Journal for Parasitology*. 35(2): 225-233.
- Zingales, B. 2018. *Trypanosoma cruzi* genetic diversity: Something new for something known about Chagas disease manifestations, serodiagnosis and drug sensitivity. *Acta Tropica*. 184: 38-52.
- Zingales, B., Andrade, S. G., Briones, M. R., Campbell, D. A., Chlarl, E., Fernandes, O., Guhl, F., Lages-Silva, E., Macedo, A. M., Machado, C. R., Miles, M. A., Romanha, A. J., Sturm, N. R., Tibayrenc, M. y Schijman, A. G. 2009. A new consensus for *Trypanosoma cruzi* intraspecific nomenclature: recond revisión meeting recommends TcI to TcVI. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*.104(7): 1051-1054.
- Zingales, B., Miles, M. A., Campbell, D. A., Tibayrenc, M., Macedo, A. M., Teixeira, M. M. G., Schijman, A. G., Llewellyn, M. S., Lages-Silva, E., Machado, C. R., Andrade, S. G. y Sturm, N. 2012. The revised *Trypanosoma cruzi* subspecific nomenclature: rationale, epidemiological relevance and research applications. *Infection, Genetics and Evolution*. 12(2): 240-253.

CAPÍTULO II

Eco-epidemiology of Chagas disease in a biological corridor in southeastern Mexico: a promising approach to understand the risk of Chagas disease

Ingrid Y. Cruz-Alegría¹, Nancy G. Santos-Hernández¹, Christian Ruiz-Castillejos¹, Felipe Ruan-Soto¹, Adriana Moreno-Rodríguez², A. Laura Flores-Villegas³, Javier Gutiérrez-Jiménez¹, Luis Arturo Hernández-Mijangos¹, Eduardo E. Espinoza-Medinilla¹, Dolores G. Vidal-López¹ & José A. De Fuentes-Vicente¹.

¹Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México.

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oaxaca, México.

³Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Corresponding author: José A. De Fuentes-Vicente jose.defuentes@unicach.mx

Dolores G. Vidal-López lolita.vidal@unicach.mx

Abstract

Eco-epidemiology is an emerging field that attempts to explain how biotic, environmental and even social factors influence the dynamics of infectious diseases. Particularly in vector-borne diseases, the study under this approach offers us an overview of the pathogens, vectors and hosts that coexist in a given region and their ecological determinants. As a result of this, risk predictions can be established in a changing environment and how it may impact human populations. This paper aimed to evaluate some eco-epidemiological characteristics of Chagas disease in a natural reserve in southeastern Mexico that borders human settlements. We identified the presence of two species of triatomines with a percentage of TcI *T. cruzi* infection of 68%. Temperature and humidity were not determining factors for the probability of insect capture. Of 108 wild mammals, none were infected with *T. cruzi* as previously reported. Knowledge about Chagas disease in nearby inhabitants is poor and some characteristics were found on the periphery of dwellings that could offer a refuge for insect vectors. With this information, surveillance strategies can be generated in the study area that reduce the risk of transmission of Chagas disease to humans and it is expected to motivate the use of this field in future research.

Keywords: Eco-epidemiology, Chagas disease, México, Triatominae, *Trypanosoma cruzi*.

Introduction

Vector-borne diseases (VBDs) represent a major threat to public health worldwide and their emergence in new regions has put endemic and non-endemic countries on the alert (Swei *et al.*, 2020). An increase in the incidences of some VBDs has been registered in recent years and forecasts of the future are not encouraging (Ryan, *et al.*, 2019). According to official estimates, they currently cause 700 thousand deaths per year and cause large economic losses due to work incapacity and treatment costs (World Health Organization [WHO], 2020).

The typical vectors of VBDs are blood-sucking insects such as mosquitoes, ticks, fleas, kissing bugs, among others (Chua *et al.*, 2023). Insect vectors become infectious upon ingestion of the pathogen during a blood meal from an infected host. Once inside, the pathogen reproduces and/or multiplies and is then transmitted to another host such as humans to continue the cycle. An understanding of vector distribution and risk factors is important in determining the dynamics of VBDs. However, we often think that these two elements are the only ones associated with the occurrence of the disease, leaving aside the fact that the health-disease process also has social, cultural, political, economic and environmental dimensions (Ariza *et al.*, 2004). In order to have a thorough approach towards the control of diseases with higher occurrence and generate strategies of greater impact, the discipline of eco-epidemiology arises (Bain y Awah, 2014). In particular, the eco-epidemiology of VBDs attempts to explain how biological and social factors, along with environmental alteration, influence the dynamics and potential risk of parasite transmission to human populations.

Under this premise, in this study we evaluate some eco-epidemiological characteristics of Chagas disease in a biological corridor of southeastern Mexico, in which population growth has been evident in recent decades on the periphery. Chagas disease is one of the most understudied VBD's in the world and it is caused by *Trypanosoma cruzi*, a flagellated parasite naturally transmitted by the feces of kissing bugs belonging to the subfamily Triatominae (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2023). It is well known that the loss and fragmentation of natural triatomine habitat facilitated the transmission of *T. cruzi* to humans thousands of years ago (Steverding, 2014). When the first civilizations settled and started activities such as cattle raising and agriculture, the resulting deforestation caused an invasion of these insects into human dwellings and the domestic cycle of infection began (Ferreira *et al.*, 2011). Nowadays, the different human

activities associated with deforestation cause the propagation of the vectors to new areas (Gottdenker *et al.*, 2011) and therefore, the conservation of ecosystems is vital in order to stop this (Souza *et al.*, 2022).

In an effort to provide information to help establish entomological surveillance strategies in the study area and to promote the comprehensive study of Chagas disease, we analyzed the triatomine species present in the area and *T. cruzi* infections, as well as infection in wild mammals, parasite genotype, awareness of Chagas disease in neighboring inhabitants, and risk factors associated with dwellings.

Study area and degradation in last years

The Cerro Mactumatza-Copoya Plateau biological corridor is located on the southern outskirts of the city of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, in southeastern Mexico. It is an area of 2,870 ha with an altitudinal range of 600 to 1,150 masl and a warm subhumid climate. Its vegetation is composed of medium sub evergreen forest and low deciduous forest, but there are also patches of agricultural crops and pastures. It has abundant caves and springs that make it an ideal refuge for small mammals, birds, reptiles and insects. Despite being an area subject to ecological conservation, it has not been exempt from anthropogenic alterations and contamination, since human settlements are practically adjacent to it (Figure 5). In order to know the alterations of this area, maps of 2001 and 2021 were made using vector data of land use and vegetation from INEGI, obtained through the Geoinformation System (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2023). The vegetation layers obtained correspond to 2001 (series II) and 2021 (series VII) at a scale of 1:250 000. Subsequently, the vegetation cover area was calculated within the QGIS 3.22.12 software (Figure 6).



Figure 5. Human dwelling adjacent to the vegetation of the Cerro Mactumatza-Meseta de Copoya biological corridor.

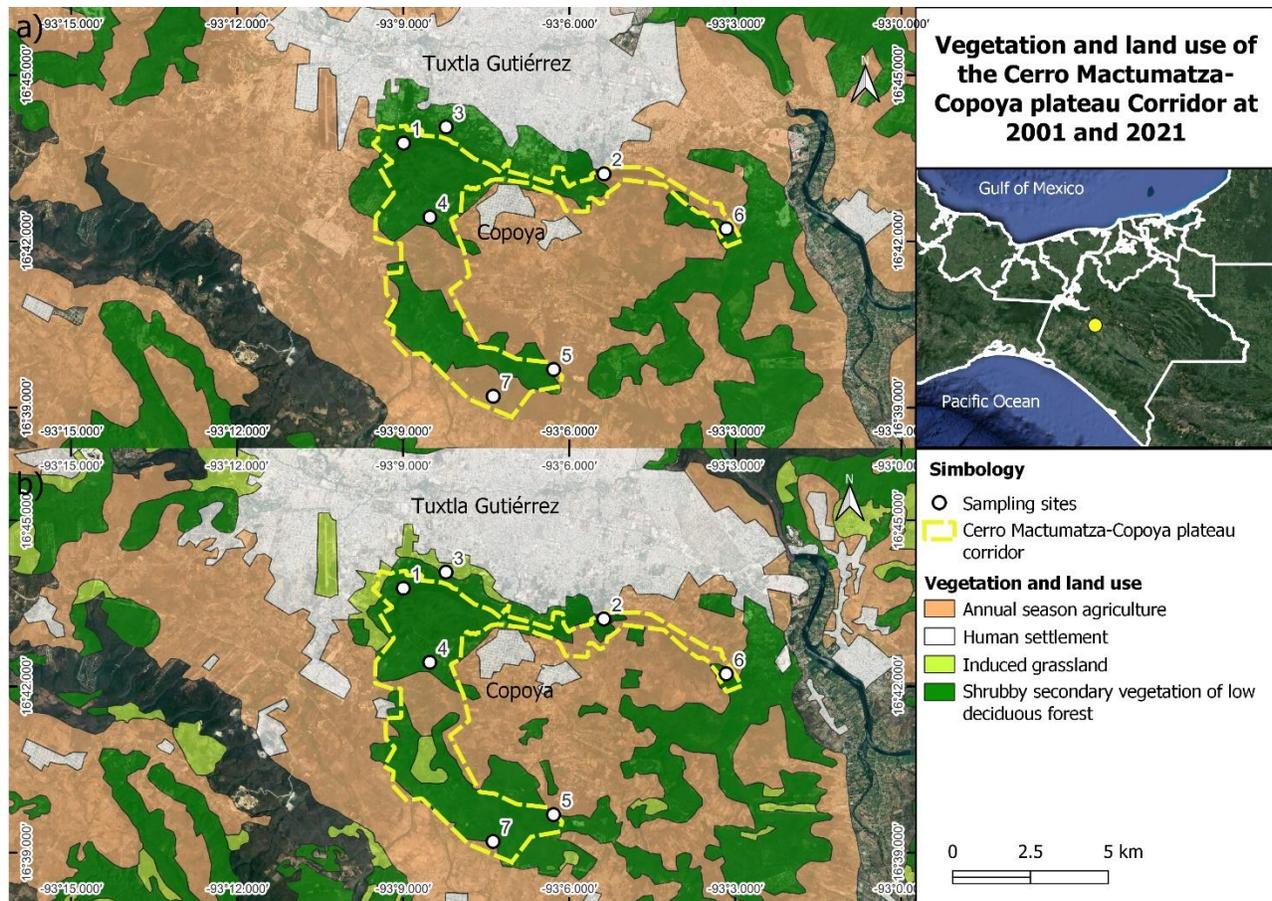


Figure 6. Location of the Cerro Mactumatza – Copoya Plateau biological corridor and comparison from 2001 to 2021. The calculation of the vegetation cover area indicates a 2% growth in induced grassland. Note the growth of human settlement around the corridor.

Triatomine collections and natural infection

In consultation with municipal health authorities who have been notified of possible kissing bug sightings and previous reports of infection in mammals (Gómez-Sánchez *et al.*, 2022), seven points within the biological corridor were selected for triatomine bug trapping (Figure 6). As this was an exploratory study, the points were arranged along the corridor and close to the periphery. During three nights per site (January to May 2022), a manual search for triatomines was carried out with the help of flashlights to see between crevices, bushes and the ground. Additionally, 20 W black and white light traps were placed on a 1.25 x 2.50 m white blanket to attract the insects (Figure 7). The captured specimens were stored in plastic jars and transported to the laboratory

for taxonomic identification. At each sampling point, data of temperature and humidity were taken with a thermohygrometer (Uni-T, UT333) as well as altitude with an e-Trex GPS (Garmin).

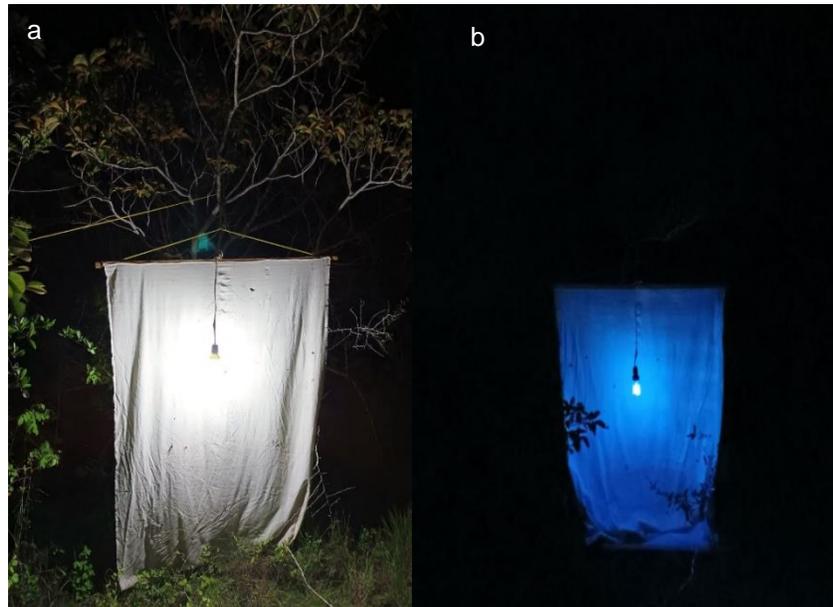


Figure 7. White light (a) and black light (b) trap for triatomine insect attraction.

To detect *T. cruzi* infection, intestinal contents of the specimens were obtained by abdominal puncture and deposited on glass slides with phosphate buffered saline solution (PBS). The samples were observed under light microscopy at 40 X (AmScope) in search of metacyclic trypomastigotes. Negative specimens were checked a second time 20 days later to rule out recent infection. Positive stool samples were then collected in tubes with 70% alcohol for DNA preservation and genotyping tests.

***T. cruzi* genotyping**

The ZR Fecal DNA MiniPrep Kit (Zymo Research) was used for DNA extraction from positive stool samples. For the polymerase chain reaction (PCR), three primers reported by Souto *et al.* (1996) were used: Tc (5' CCC CCC CCC TCC CAG GCC ACA CTG'3), TcI which amplifies a 350 base pair (bp) fragment (5' GTG TCC GCC GCC ACC ACC TTC TTC TTC CGG GCC '3) and TcII, which amplifies a 300 bp fragment (5' CCT GCA GGC ACA CGT GTG TGTG'3).

Cuitsi strain (TcI) and Y strain (TcII) amplifying at 300 and 350 bp, respectively, were used as positive controls. Amplification reactions were performed using a final volume of 25 μ l,

containing 13 µl of Taq Green Master Mix, 10 µl of nuclease-free water, 1 µl of each primer (10 µM) and 1 µl of positive DNA sample. Amplification conditions were as follows: 5 minutes at 94 °C followed by 30 cycles of 40 seconds at 94 °C, 40 seconds at 61 °C, one minute at 72 °C ending with 5 minutes at 72 °C. The amplified products were visualized on 3% agarose gels using a 50 bp Invitrogen™ Ladder DNA marker.

Small mammal sampling and natural infection

Small wild mammals were captured at the sampling sites using 20 Sherman and Tomahawk traps. As bait, a mixture of vanilla with oatmeal and peanut butter was used. To capture bats, two mist nets were placed near water reservoirs and fruit trees with abundant vegetation. The traps were set on the same nights as insect trapping, but placed at least 50 m from the insect search points. Traps for terrestrial and flying mammals were kept from dusk until 8 hours later.

Captured terrestrial mammals were anesthetized with ketamine (50 mg/kg) for handling and posterior distal blood extraction through a small incision in the tail. Bats were carefully removed from mist nets and handled with bait gloves for cardiac blood collection with a U-100 1 mL insulin syringe (27 G × 13 mm). The collected blood from all mammals was preserved in BD Microtainer® tubes with K2EDTA for subsequent DNA extraction. For DNA extraction and *T. cruzi* detection, we used the same procedure for genotyping as mentioned above.

Knowledge and risk factors about Chagas disease

An analysis of the knowledge about Chagas disease was carried out among the people living in the immediate vicinity of the sampling sites. A total of 216 people were interviewed at the seven sampling points. Men and women over 18 years of age were included and only one interview per household was conducted. As a data collection instrument, a semi-structured interview (Bernard, 2017) was used, consisting of: a) questions to obtain data on the knowledge about Chagas disease; b) questions to obtain data on knowledge about the vector (identification and biology); and c) risk factors associated with vector infestation and colonization.

Statistical analysis and bioethical considerations

In order to evaluate differences between male and female insect captures, as well as the percentage of infection between species, the chi-square test included in the R package was used. The information collected from the surveys was sorted in epiinfo™ version 7.1 and is shown as

descriptive statistics. The handling of wild animals was performed in accordance with the stipulations of the General Wildlife Law. The capture of animals was approved by the Mexican Ministry of Environment and Natural Resources through collection permit SEMARNAT 07/K5-0243/08/22. No specimens were killed or removed from the sampling sites. Prior to the application of the interviews with the residents, the local authorities were informed of the study's aim. Likewise, informed consent was obtained from each participant.

Results

A total of 38 specimens of adult stage triatomines were collected throughout the sampling sites. Twenty-three of these were identified as *T. huehuetenanguensis* [16] and 15 as *Triatoma dimidiata* (Lent y Wygodzinsky, 1979) (Figure 8). Interestingly, for *T. dimidiata* there was a higher capture of female specimens (73.2 %; $\chi^2=0.023$), while in *T. huehuetenanguensis* males were the dominant sex (78.2 %; $\chi^2=0.012$). The average temperature (T_o) of the collection sites was 24.55 ± 1.30 (SD), the altitude (Alt) was $776.69 \text{ m} \pm 98.26$ (SD) and the average humidity (H_o) was $69.62 \% \pm 11.29$ (SD). Pearson's correlation analysis indicated that there is no relationship between environmental variables and the probability of capture individuals of both species (R^2 : $T_o=0.286$; $\text{Alt}=0.016$ and $H_o=0.192$).

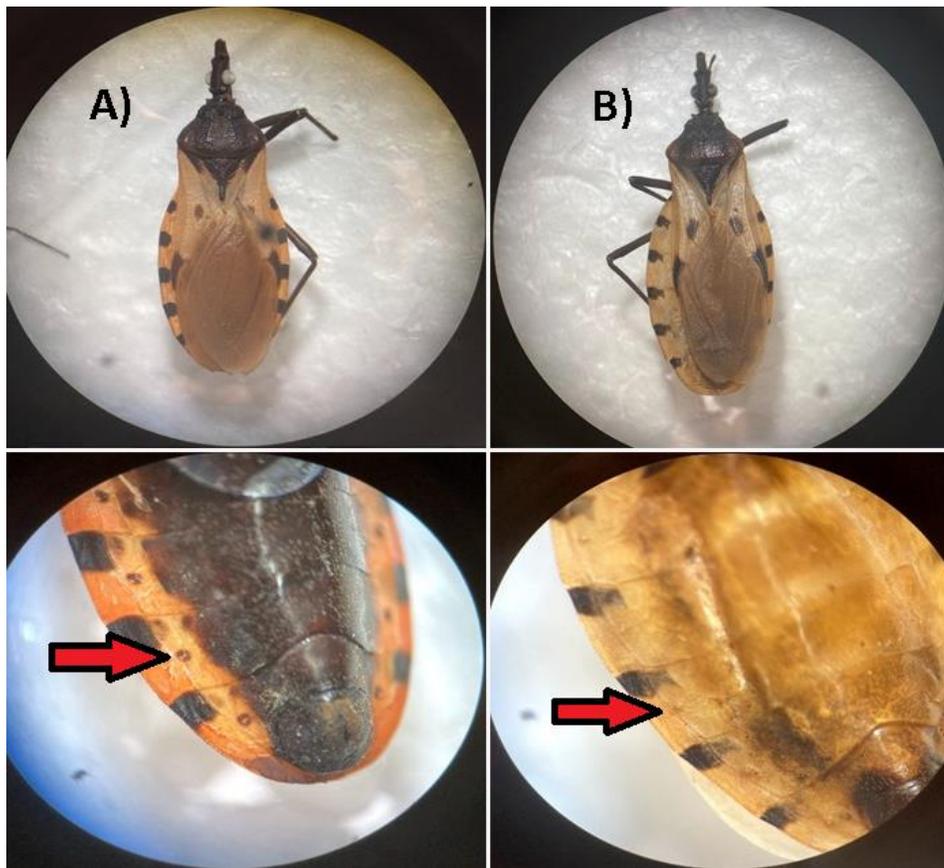


Figure 8. Triatomine species found in the Cerro Mactumatza – Copoya Plateau biological corridor. Column A) *T. dimidiata* and B) *T. huehuetenanguensis*. Note the differences in the connexal spiracles in ventral view (below), where in *T. huehuetenanguensis* they are not very pronounced and are concolorous with the rest of the integument unlike *T. dimidiata* (Lima-Cordón *et al.*, 2019).

The total *T. cruzi* infection rate was 68 % (26/38), but *T. huehuetenanguensis* had a significantly higher infection rate (78.2 %) than *T. dimidiata* (53.3 %) ($X^2=0.017$). No significant differences were found between the sex of the specimen and the occurrence of infection ($p>0.05$). From all 26 of the *T. cruzi* positive specimens, genetic analysis with the mini-exon gene showed the amplification of 350 bp products, revealing the circulation of the TcI lineage only.

Additionally, 108 wild mammals were captured, belonging to three different orders: Chiroptera, Rodentia and Didelphimorphia. Most of the captured specimens corresponded to Chiroptera (100/108) and to a lesser extent Rodentia (6/108) and Didelphimorphia (2/108) (Table 1). Although blood samples were collected from all the species captured, none of them tested positive for *T. cruzi*.

Table 1. Mammals captured in the Cerro Mactumatza–Copoya Plateau biological corridor. No individual tested positive for *T. cruzi*.

Order	Family	Species	Number of specimens captured
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	40
		<i>Artibeus lituratus</i>	31
		<i>Glossophaga mutica</i>	14
		<i>Desmodus rotundus</i>	7
		<i>Choeroniscus godmani</i>	1
	Mormoopidae	<i>Pteronotus mesoamericanus</i>	6
	Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	1
		Total	100
Rodentia	Cricetidae	<i>Peromyscus mexicanus</i>	4
	Heteromyidae	<i>Liomys pictus</i>	2
		Total	6
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	1
		<i>Didelphis marsupialis</i>	1
		Total	2
		Total	108

From the interview data, it was observed that only 8.8% of the respondents said they were familiar with Chagas disease and only half of them knew how it is transmitted. Other results of the interviews are shown in Table 2, where 47.2% know about the insect vector, but only 20.4% of them consider it dangerous.

Table 2. Knowledge about Chagas disease in inhabitants living near the Cerro Mactumatza–Copoya Plateau biological corridor (N=216).

Survey questions	%
About Chagas disease	
Knows what Chagas disease is	8.8
Knows how it is transmitted	4.2
Knows its effects	3.2
Knows about its treatment	1.4
Associates the disease with some symptoms	6.9
About the insect vector	
Knows the insect	47.2
Knows the importance of the insect	5.1
Considers the insect dangerous	20.4
Recognize it by some characteristic	31.5
Recognize it by some name	31.9
Associates the presence of the vector with animals	2.8
Associates the presence of the vector with a particular season	37

Although most of the surrounding houses are made of materials that do not favor the infestation of vector insects (mainly concrete), some characteristics such as the presence of animals inside the dwellings, the lack of window screens, the poor fumigation of the houses and the presence of materials in the peridomicile (Table 3), may offer a latent risk for the infestation of triatomine insects.

Table 3. Characteristics of dwellings that have been associated with risk of infestation by kissing bugs.

Risk factor	%
Homes with tile roof	0.9
Homes with adobe walls	2.3
Dwellings with dirt floors	1.9
Presence of animals in the dwelling	74.1
Presence of materials in the peri-domicile	63
No frequent cleaning of the peri-domicile	2.31
No mosquito netting screens on the windows	50.5
Lack of fumigation of the dwelling	38.4
Firewood transported to the house	16.67
Visit of health personnel	62.04

Discussion

A little more than 110 years after its discovery, our best weapon to combat Chagas disease continues to be prevention focused on the insect vector. Although health authorities in endemic countries carry out constant vector control campaigns in areas of insect distribution, the fact is that many areas remain unexplored. The eco-epidemiological approach in potential areas of Chagas disease can help us to have a more complete view of the situation and to intervene in a timely manner to prevent transmission to humans.

This paper represents the first report of triatomine insects in the study area, but wild circulation of *T. cruzi* had already been reported in small mammals since the 1990s' (Domínguez-Vázquez *et al.*, 1990) and was recently updated by another study (Gómez-Sánchez *et al.*, 2022). However, we did not find any infected mammals despite making the captures in the same period of the year as the previous work, as it is suggested that the distribution of *T. cruzi* can become grouped in space and time (Ihle-Soto *et al.*, 2019). This has also been observed in insect vectors, where the abundance and frequency of infection varies according to the season of the year (Cortés *et al.*, 20219).

Here we show records of *T. huehuetenanguensis* and *T. dimidiata* infected with *T. cruzi*. Environmental variables measured in the study area suggest favorable conditions for several species of triatomines, including *T. dimidiata* (De la Vega y Schilman, 2017). In addition, high thermal tolerance capacity has been evidenced in members of this group (Belliard *et al.*, 2019). Both species were found to be infected by TcI, the predominant genotype in Central and North America and which is related to the domestic and wild cycle of Chagas disease (Brenière *et al.*, 2016) suggesting a great plasticity to infect different triatomine species. The species *T. huehuetenanguensis* was recently described in Guatemala (Lima-Cordón *et al.*, 2019) and its epidemiological relevance in the transmission of *T. cruzi* to humans is largely unknown, although it could represent an important vector in the study area given the high percentage of infection found. Some biological parameters measured in the laboratory seem to indicate a high vector potential of *T. huehuetenanguensis* (Michel-Parra *et al.*, 2019). Furthermore, some individuals have been collected inside dwellings, but none infected with the parasite (Espinosa-Gonzalez *et al.*, 2022). In this sense, it is necessary to continue investigating their role in the epidemiology of Chagas disease.

On the contrary, *T. dimidiata* is widely distributed and is considered the main vector in southeastern Mexico, Central America and northern South America (Pereira *et al.*, 2022). It has a diverse ecological niche and in wild environments it feeds on a wide variety of animals, including synanthropic ones that may act as links to the domestic cycle (Gómez-Palacio *et al.*, 2015; Velásquez-Ortiz *et al.*, 2022). Although *T. dimidiata* was the least abundant species in this study, its ability to invade and colonize dwellings is well known (Velásquez-Ortiz *et al.*, 2022), representing a latent risk to surrounding dwellings. Deforestation and change of land use in this biological corridor may lead to the displacement of wild individuals towards dwellings in search of food sources or simply be attracted by artificial light as has been observed in other studies (Pacheco-Tucuch *et al.*, 2012; Mora-Muñoz *et al.*, 2015). The interviews conducted evidenced that the inhabitants store materials in the peridomicile that could provide shelter for insects, such as wood or block shelter and the presence of some barnyard animals. Although we do not know the mechanisms underlying the invasion and colonization of dwellings, the invasion of the peridomicile could be the origin of this process. Fortunately, the interior of the interviewed dwellings are made of materials that would make the establishment of domestic populations difficult, such as concrete floors, walls and roofs (Medina-Torres *et al.*, 2010).

On the other hand, community participation can contribute to governmental vector control efforts and prevent the invasion of human dwellings. These participations in some cases have yielded positive results (Waleckx *et al.*, 2015), but in other cases have been insufficient (Yoshioka *et al.*, 2018). Analysis of knowledge and perceptions prior to strategy design is critical to the success of a health intervention (Salm y Gertsch, 2019). Our study found that most participants have poor knowledge about Chagas disease or have not heard of it. A previous study in rural areas in the same region of Mexico also found low levels of knowledge about Chagas disease (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2020). This highlights the importance of continuing education campaigns on the disease, especially in highly endemic areas such as southeastern Mexico. Likewise, it was found that half of them know the insect vector and very few consider it dangerous. It is important to mention that the similarity of triatomines with other non-harmful reduvids can lead to confusion and bias information (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021).

Finally, a large percentage of dwellings are regularly visited by vector control personnel and some conduct periodic fumigations. However, some studies have shown that, at least in T.

dimidiata, household populations recover significantly after house fumigation campaigns (Yoshioka *et al.*, 2018; Cahan *et al.*, 2019). In this sense, systematic house fumigation appears to be insufficient to eradicate domiciliary insect populations or prevent infestation. Side-by-side alternatives such as home improvement and the use of window screens may be a feasible option to avoid the above (Waleckx *et al.*, 2015), but the cost of these improvements may be an issue in extremely poor areas and other options should be considered.

Conclusions

A successful control strategy for Chagas disease requires first a complete overview of the problem in a specific region. Our study reveals the circulation of insect vectors infected with TcI in the study area and some factors that may endanger the public health of nearby inhabitants. This highlights the importance of having an entomological surveillance program in which the community takes part, especially when one of the vectors found is among the most important in the epidemiology of Chagas disease. The analysis of the eco-epidemiological components in future studies could provide us with information that would allow for a thorough intervention and decision-making focused on the problem. For example, combining vector surveillance and health education could be a successful strategy to prevent the spread of wild insects to urban areas sites such as ours. As we know, Chagas disease has been gaining ground in urban areas for different reasons and it is everyone's task to prevent this from continuing. Although it may be difficult to encourage the continuous participation of a community in health campaigns, we must look for ways to promote self-care in community health.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no conflict of interest or financial and personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) this work.

Author contributions

IYCA: Investigation, methodology, project. **NGSH:** Investigation, methodology, project. **CRC:** Investigation, methodology, project, software. **FRS:** Investigation, methodology, software, writing-review. **AMR:** Project administration, supervision, validation. **ALFV:** Writing and writing **JGJ:** Data curation; formal analysis. **EEEM:** Supervision, validation, visualization. **DGVL:** Software, supervision, validation, editing. **JADFV:** Conceptualization, validation, writing-review & editing.

Funding

This research received funding from Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas.

Acknowledgments

This paper is part of the requirements of the first author for obtaining a master's degree at the Maestria en Ciencias en Biodiversidad y Conservacion de Ecosistemas Tropicales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) and received fellowship from Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias, y Tecnologías (CONAHCYT).

References

- Ariza, E. Y., López, C. M., Martínez, O. y Arias, S. A. 2004. Ecoepidemiología: el futuro posible de la epidemiología. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 22(1): 139-145.
- Bain, L. E. y, Awah, P. K. 2014. Eco-epidemiology: challenges and opportunities for tomorrow's epidemiologists. *Pan African Medical Journal*. 17: 1-4
- Belliard, S. A., De la Vega, G. J. y Schilman, P. E. 2019. Thermal Tolerance Plasticity in Chagas Disease Vectors *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) and *Triatoma infestans*. *Journal of Medical Entomology*. 56(4): 997-1003.
- Bernard, H. R. 2017. *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. 6a. Ed. Rowman & Littlefield. Oxford, U.K.
- Brenière, S. F., Waleckx, E. y Barnabé, C. 2016. Over six thousand *Trypanosoma cruzi* strains classified into discrete typing units (DTUs): attempt at an inventory. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 10: 1-19.
- Cahan, S. H., Orantes, L. C., Wallin, K. F., Hanley, J. P., Rizzo, D. M., Stevens, L., Dorn, P. L., Rodas, A. y Monroy, C. 2019. Residual survival and local dispersal drive reinfestation by *Triatoma dimidiata* following insecticide application in Guatemala. *Infection, Genetics and Evolution*. 74: 1-16.
- Chua, P. L. C., Seposo, X. T., Hashizume, M. 2023. Heat exposure and the transmission of infectious diseases. En: Guo, Y. y Li, S. (Eds.). *Heat Exposure and Human Health in the Context of Climate Change*. Elsevier.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2023. www.gob.mx/conabio. Consultado el 12 de marzo de 2023.
- Cortés, V., Cruz, A., Onetti, S., Kinzel, D., Garcia, J., Ortiz, S., Lopez, A., Cattán, P. E., Botto-Mahan, C. y Solari, A. 2021. *Trypanosoma cruzi* infection follow-up in a sylvatic vector of Chagas disease: Comparing early and late stage nymphs. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 15(9): 1-14.

- De Fuentes-Vicente, J. A., Hernández-Reyes, N. L., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Bermúdez-Urbina, F. M. y Velázquez-Gómez, M. 2020. Conocimiento sobre la enfermedad de Chagas en jóvenes de zonas rurales de Chiapas, México: hacia la construcción de campañas de prevención. *Salud en Chiapas*. 8(2): 76-80.
- De Fuentes- Vicente, J. A., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Espinoza-Medinilla, E. E., Flores-Villegas, A. L., de Alba-Alvarado, M. Cabrera-Bravo, M., Moreno-Rodríguez, A. y Vidal-López, D. G. 2023. What Do You Need to Know before Studying Chagas Disease? A Beginner's Guide. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 8(7): 1-19.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Zenteno-Rosales, J. A., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C. y Espinoza-Medinilla, E. 2021. Chinchas vemos, si son de Chagas no sabemos: diferencias de los triatomíneos con otras chinchas. *Desde el Herbario CICY*. 13: 87-90.
- De la Vega, G. J. y Schilman, P. E. 2017. Using eco-physiological traits to understand the realized niche: the role of desiccation tolerance in Chagas disease vectors. *Oecologia*. 185(4): 607-618.
- Domínguez-Vázquez, A., Ricárdez, J. y Espinoza, E. 1990. Study of *Trypanosoma cruzi* in wild reservoirs in the ecological reserve of El Zapotal, Chiapas, Mexico. *Boletín Chileno de Parasitología*. 45: 3-8.
- Espinosa-Gonzalez, C., Dávalos-Becerril, E., Correa-Morales, F., Acosta, C., López-Bello, R., Alvarado-Estrada, J., Esquinca-Calvo, L., García-Gutiérrez, C., Gómez-Maldonado, C., Cuevas-González, E., Reyes-Figueroa, C. y Moreno-García, M. 2022. New records of *Triatoma huehuetenanguensis* in an urban area of Southwest Mexico. *Journal of Vector Borne Diseases*. 59: 102-104.
- Ferreira, L. F., Jansen, A. M. y Araújo, A. 2011. Chagas disease in prehistory. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 83: 1041-1044.
- Gómez-Palacio, A., Arboleda, S., Dumonteil, E. y Peterson, A. T. 2015. Ecological niche and geographic distribution of the Chagas disease vector, *Triatoma dimidiata* (Reduviidae: Triatominae): Evidence for niche differentiation among cryptic species. *Infection, Genetics and Evolution*. 36: 15-22.

- Gómez-Sánchez, E. F., Ochoa-Díaz-López, H., Espinoza-Medinilla, E., Velázquez-Ramírez, D. D., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Vidal-López, D. G., Moreno-Rodríguez-A., Flores-Villegas, A. L., López-Argueta, E. y De Fuentes-Vicente, J. A. 2022. Mini-exon gene reveals circulation of TcI *Trypanosoma cruzi* (Chagas, 1909) (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) in bats and small mammals in an ecological reserve in southeastern Mexico. *ZooKeys*. 1084: 139-150.
- Gottdenker, N., Calzada, J. E., Saldaña, A. y Carroll, C. R. 2011. Association of Anthropogenic Land Use Change and Increased Abundance of the Chagas Disease Vector *Rhodnius pallescens* in a Rural Landscape of Panama. *The American Journal Of Tropical Medicine And Hygiene*. 84(1): 70-77.
- Ihle-Soto, C., Costoya, E., Correa, J. P., Bacigalupo, A., Cornejo.Villar, B., Estadella, V, Solari, A., Ortiz, S., Hernández, H. J., Botto-Mahan, C., Gorla, D. E. y Cattán, P. E. 2019. Spatio-temporal characterization of *Trypanosoma cruzi* infection and discrete typing units infecting hosts and vectors from non-domestic foci of Chile. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 13(2): 1-19.
- Lent, H. y Wygodzinsky, P. 1979. Revision of the Triatominae: Hemiptera: Reduviidae and their significance as vectors of chagas disease. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 163: 123-520.
- Lima-Cordón, R. A., Monroy, M. C., Stevens, L., Rodas, A., Rodas, G. A., Dorn, P. L. y Justí, S. A. 2019. Description of *Triatoma huehuetenanguensis* sp. n., a potential Chagas disease vector (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *ZooKeys*. 820: 51-70.
- Medina-Torres, I., Vázquez-Chagoyán, J. C., Rodríguez-Vivas, R. I. y de Oca-Jiménez, R. M. 2010. Risk factors associated with triatomines and its infection with *Trypanosoma cruzi* in rural communities from the southern región of the State of Mexico, Mexico. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 82(1): 49-54.
- Michel-Parra, J. G., Martínez-Ibarra, J. A., Montañez-Valdez, O. D. y Noguera-Torres, B. 2019. Life cycle of *Triatoma huehuetenanguensis* Lima-Cordón, Monroy, Stevens, Rodas, Rodas, Dorn, Justí 2019 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) from Mexico. *Journal of Vector Ecology*. 46(1): 57-64.

- Mora-Muñoz, L. G., Guerrero-Naranjo, A., Rodríguez-Jimenez, E. A., Jácome-Pinilla, D., Hincapie-Peñaloza, E., Ortiz, M. I., Ramírez, J. D., Guhl, F. y Molina, J. 2015. Risks associated with dispersive nocturnal flights of sylvatic Triatominae to artificial lights in a model house in the northeastern plains of Colombia. *Parasites & Vectors*. 8(600): 1-11.
- Pacheco-Tucuch, F. S., Ramirez-Sierra, M. J., Gourbière, S. y Dumonteil, E. 2012. Public Street Lights Increase House Infestation by the Chagas Disease Vector *Triatoma dimidiata*. *PLoS ONE*. 7(4): 1-12.
- Pereira, F. M., Penados, D., Dorn, P. L., Alcántara, B. y Monroy, M. C. 2022. The long-term impact of an Ecohealth intervention: Entomological data suggest the interruption of Chagas disease transmission in southeastern Guatemala. *Acta Tropica*. 235: 1-9.
- Ryan, S. J., Carlson, C. J., Mordecai, E. A. y Johnson, L. R. 2019. Global expansion and redistribution of *Aedes*-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 13(3): 1-20.
- Salm, A. y Gertsch, J. 2019. Cultural perception of triatomine bugs and Chagas disease in Bolivia: a cross-sectional field study. *Parasites & Vectors*. 12(1): 1-19.
- Souto, R. P., Fernandes, O., Macedo, A. M., Campbell, D. y Zingales, B. 1996. DNA markers define two major phylogenetic lineages of *Trypanosoma cruzi*. *Molecular and Biochemical Parasitology*. 83: 141-152.
- Souza, R. D. C. M. D., Gorla, D. E., Chame, M., Jaramillo, N., Monroy, C. y Diotaiuti, L. 2022. Chagas disease in the context of the 2030 agenda: Global warming and vectors. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 117: 1-14.
- Steverding, D. 2014. The history of Chagas disease. *Parasites & Vectors*. 7: 1-12.
- Swei, A., Couper, L. I., Coffey, L. L., Kapan, D. y Bennett, S. 2020. Patterns, Drivers, and Challenges of Vector-Borne Disease Emergence. *Vector Borne Zoonotic Diseases*. 20(3): 159-170.
- Velásquez-Ortiz, N., Hernández, C., Cantillo-Barraza, O., Medina, M., Medina-Alfonso, M., Suescún-Carrero, S., Muñoz, M., Vega, L., Castañeda, S., Cruz-Saavedra, L., Ballesteros, N. y Ramírez, J. D. 2022. Estimating the genetic structure of *Triatoma dimidiata*

(Hemiptera: Reduviidae) and the transmission dynamics of *Trypanosoma cruzi* in Boyacá, eastern Colombia. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 16(7): 1-20.

Waleckx, E., Camara-Mejia, J., Ramirez-Sierra, M. J., Cruz-Chan, V., Rosado-Vallado, M., Vazquez-Narvaez, S., Najera-Vazquez, R., Gourbière, S. y Dumonteil, E. 2015. An innovative ecohealth intervention for Chagas disease vector control in Yucatan, Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 109(2): 143-149.

World Health Organization (WHO). 2020. Vector-borne diseases. [who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases). Consultado el 08 marzo de 2023.

Yoshioka, K., Provedor, E. y Manne-Goehler, J. 2018. The resilience of *Triatoma dimidiata*: An analysis of reinfestation in the Nicaraguan Chagas disease vector control program (2010-2016). *PLoS ONE*. 13(8): 1-18.

CAPÍTULO III

Evaluación de los conocimientos locales y factores de riesgo sobre la enfermedad de Chagas en el Sureste de México

Ingrid Yazmín Cruz-Alegría¹, José Antonio De Fuentes-Vicente¹, Luis Arturo Hernández-Mijangos¹ y Felipe Ruan-Soto²

¹ Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente No. 1150. Colonia Lajas Maciel, C.P. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

² Laboratorio de Procesos Bioculturales, Educación y Sustentabilidad Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Resumen

La Enfermedad de Chagas se ha señalado como un padecimiento asociado con la pobreza y la marginación; asimismo, está vinculada con diversos factores relacionados con la dinámica de dispersión de vectores y transmisión de la enfermedad. La participación comunitaria ha sido un elemento primordial de control en el que se han obtenido resultados beneficiosos en zonas endémicas, no obstante, estudios sociológicos revelan que la población carece de percepción clara del riesgo respecto a la enfermedad, ya que esta tiende asociarse principalmente a zonas rurales.

Basado en lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar los conocimientos locales que tienen los habitantes de colonias aledañas a una Zona Sujeta a Conservación Ecológica del sureste de México. Los resultados obtenidos muestran un desconocimiento de la población en general de conocimientos referentes a la biología del vector (como su asociación con animales y temporalidad), peligrosidad, así como el comportamiento de la enfermedad de Chagas, sobre todos aquellos que tiene que ver con su transmisión. Asimismo, la evaluación de riesgo de las viviendas que pueden propiciar la infestación de triatominos, se observó que las probabilidades de encontrar viviendas con altos valores de riesgo son bajas. No obstante, la presencia de animales en la vivienda, materiales acumulados en el peridomicilio y ausencia de malla mosquitera como protección en ventanas son factores frecuentes en la zona de estudio.

La información obtenida nos permite comprender de mejor manera los factores ecoepidemiológicos asociados a la problemática y diseñar mejores estrategias de intervención en sitios y con población más vulnerable.

Palabras clave: Conocimientos, Factor de riesgo, Enfermedad de Chagas, Triatominae, México.

Introducción

Las Enfermedades Tropicales Desatendidas (ETDs) son consideradas como un conjunto diverso de enfermedades infecciosas con altas prevalencias en regiones tropicales y subtropicales que ocasionan graves problemas en el ámbito económico, social y de la salud [Organización Mundial de la Salud (OMS), 2023]. Se han denominado “desatendidas” debido a la falta de atención por parte del gobierno e instituciones, ya que las poblaciones afectadas se caracterizan por habitar en zonas vulnerables de difícil acceso a servicios básicos y de salud, por ser de condiciones socioeconómicas de bajos ingresos y bajo nivel educativo (Kenyon y de Santiago, 2020).

Estas enfermedades suelen tener ciclos epidemiológicos complejos; son ocasionadas por diversos patógenos como virus, bacterias, hongos y protozoarios y que en su mayoría son transmitidos por artrópodos (Alvar y Pécoul, 2014). La Organización Mundial de la Salud ha determinado una lista de 20 ETDs; dentro de este grupo se encuentra la enfermedad de Chagas, la cual se estima que afecta a más de ocho millones de personas en países de Latinoamérica, siendo la principal causa de insuficiencia cardíaca en dicha región (Andrade *et al.*, 2011; OMS, 2023).

La enfermedad de Chagas o también conocida como Tripanosomiasis americana, es una infección parasitaria ocasionada por *Trypanosoma cruzi*; dicho protozooario es transmitido por vectores triatominos, estos son insectos hematófagos pertenecientes a la subfamilia Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), los cuales se conocen coloquialmente con el nombre de chinches besuconas o vinchucas (Stevens *et al.*, 2011). La transmisión ocurre cuando un vector infectado defeca y libera parásitos en las heces, estos penetran la piel a través de la herida provocada por la picadura o por las membranas mucosas de ojos, nariz y boca (Miles, 2017). La infección puede manifestarse en tres fases: aguda, indeterminada y crónica. La fase aguda dura de seis a ocho semanas, a veces suele ser asintomática o con síntomas inespecíficos como fiebre, malestar, agrandamiento del hígado, bazo y ganglios linfáticos; en esta fase puede presentarse una lesión inicial como un nódulo, si el parásito entró por la piel o un edema palpebral si entró por la mucosa ocular (Guarner, 2019). La fase indeterminada se caracteriza por la ausencia de síntomas y la mayoría de las personas permanecen de por vida en esta fase (Miles, 2017). La fase crónica, se desarrolla después de varios años (10 a 30 aproximadamente), la manifestación más grave y frecuente es la afectación cardíaca (Guarner, 2019). Actualmente se ha comprobado la eficacia de dos fármacos contra la infección por *T. cruzi*: benznidazol y nifurtimox. En México, estos

fármacos son proporcionados por las autoridades sanitarias (Pinazo *et al.*, 2011; Morrillo *et al.*, 2015). Sin embargo, el conocimiento sobre este padecimiento en la población por lo general es escaso, lo cual impide el acceso al diagnóstico temprano y tratamiento de la enfermedad (Romay-Barja *et al.*, 2021).

La enfermedad de Chagas se ha señalado como un padecimiento asociado con la pobreza y la marginación. Asimismo, está vinculada con diversos factores relacionados con la dinámica de dispersión de vectores y transmisión de la enfermedad, como son hábitos de higiene, disposición del peridomicilio, convivencia con animales (domésticos y silvestres) y los materiales de construcción de la vivienda, ya que todos ello puede ofrecer refugio para los insectos (Sanmartino y Croco, 2000; Salazar-Schettino *et al.*, 2010).

Una de las características de diferenciación de los triatominos es la probóscide, la cual es una estructura delgada y recta (asemejándose a una aguja) que permite perforar la piel y obtener la sangre de los animales. Otra característica es la cabeza, ya que es más cilíndrica y los ojos sobresalen a los costados (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021).

De acuerdo a diversos estudios, se ha determinado una asociación de animales domésticos y sinantrópicos y triatominos, por lo que la presencia de estos en el intra y peridomicilio favorece el establecimiento y crecimiento de las colonias de los insectos (Bustamante *et al.*, 2009); asimismo, debido a condiciones fisiológicas de dichos vectores, se ha observado que la dispersión y el mayor índice de infestación suele llevarse a cabo durante los meses más cálidos y secos (Reyes-Novelo *et al.*, 2011; Dumonteil *et al.*, 2004)

En muchas regiones de América Latina, este tipo de enfermedades transmitidas por vectores se tratan de controlar a través de fumigaciones y mejoras a la estructura de las viviendas (Giraldo-Echavarría *et al.*, 2021), sin embargo, otro tipo de esfuerzos relacionados con campañas de sensibilización y educación son escasas (Bravo-Almonacid, 2015). En consecuencia, son poco frecuentes los diagnósticos tempranos y el tratamiento correcto de la enfermedad (Romay-Barja *et al.*, 2021).

Como puede verse, el problema de esta enfermedad es complejo y supera ampliamente el enfoque médico biológico desde donde regularmente se ha atendido (Sanmartino, 2010), ya que sus implicaciones socioculturales son evidentes. Por ello, es indispensable para un adecuado

control del vector y la prevención de la enfermedad, el desarrollo de investigaciones integrales donde se tome en cuenta y se incluya de manera participativa a la población en riesgo, y donde se describa y comprenda sus conocimientos locales y percepciones en torno a la enfermedad y sus vectores, identificando creencias y actitudes que tienen respecto de este fenómeno (Cantillo *et al.*, 2012; Nava-Doctor *et al.*, 2021), así como mecanismos que permitan una evaluación del riesgo al que están sometidos (Valdez-Tah *et al.*, 2015). Con ello es posible el diseño de estrategias para una adecuada intervención en zonas prioritarias.

A través de algunos estudios desarrollados en Latinoamérica, se ha observado que existe poco conocimiento e información al respecto de las enfermedades y de sus insectos vectores (Tineo y Ponte, 2013; Freitas-Bianchi *et al.*, 2018). En México, existen algunos estudios que resaltan la importancia de evaluar el conocimiento tradicional y las actitudes que tiene la gente sobre enfermedades y vectores (Torres *et al.*, 2014; Nava-Doctor *et al.*, 2021), así como reconocer los factores de peligro y vulnerabilidad específicamente en el caso de la enfermedad de Chagas, y como aspectos como la ocupación, la edad y el género de las personas pueden influir en esto (Valdez-Tah *et al.*, 2015).

El estado de Chiapas, en el sureste mexicano, es considerado como uno de los estados más afectados por este padecimiento, principalmente debido al clima predominante que favorece la presencia del vector, así como al alto índice de desigualdad económica y social (Aguilar-Ortega, 2016). Existen reportes recientes de recolectas de insectos triatomíneos en la zona que han demostrado el riesgo potencial de la transmisión de *T. cruzi* (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021; Espinosa-Gonzalez *et al.*, 2022). Asimismo, en Chiapas se han realizado algunos estudios sobre la evaluación de los conocimientos que tiene la población a este respecto; en un estudio realizado con jóvenes que habitan en zonas rurales del estado, se determinó que solo el 12% de la población sabe sobre la enfermedad de Chagas y 17.3% conoce al vector (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2020). Otro estudio en una región contigua evidenció que menos del 50% de los entrevistados indicaron conocer al vector y el 73% de ellos mencionaron que estos insectos transmiten una enfermedad (Cruz-Alegría *et al.*, 2021).

En este sentido, el presente estudio evalúa los conocimientos locales que tiene la gente habitante de colonias aledañas al corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, Chiapas, respecto del vector de *T. cruzi*, de la enfermedad de Chagas, así como los factores de riesgo a los

que está sujeta la población, esto mediante la propuesta de un Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) y el Índice de Factores de Riesgo (IFR). Con ello proponemos mecanismos que nos permitan comprender de mejor manera factores ecoepidemiológicos asociados a la problemática y diseñar mejores estrategias de intervención en sitios y con población más vulnerable.

Método

Área de estudio

El estudio se realizó durante los años 2021 y 2022, en siete colonias ubicadas en los municipios de Suchiapa y Tuxtla Gutiérrez (Cuadro 4), dichos municipios se asientan en la Depresión Central del estado de Chiapas (Figura 9). Esta región presenta principalmente áreas con vegetación de selva baja caducifolia, además de zonas con distinto grado de sucesión vegetal como cultivos y pastizales; un clima cálido húmedo con lluvias en verano y temperatura media anual de 24 °C (Miranda, 1998).

Las colonias donde se realizó el estudio se encuentran a una altitud que va desde 500 hasta 882 m.s.n.m. (Cuadro 1); dichas colonias fueron seleccionadas con base en los antecedentes de la presencia y recolecta del vector en el Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya de acuerdo con lo publicado (Espinosa-Gonzalez *et al.*, 2022).

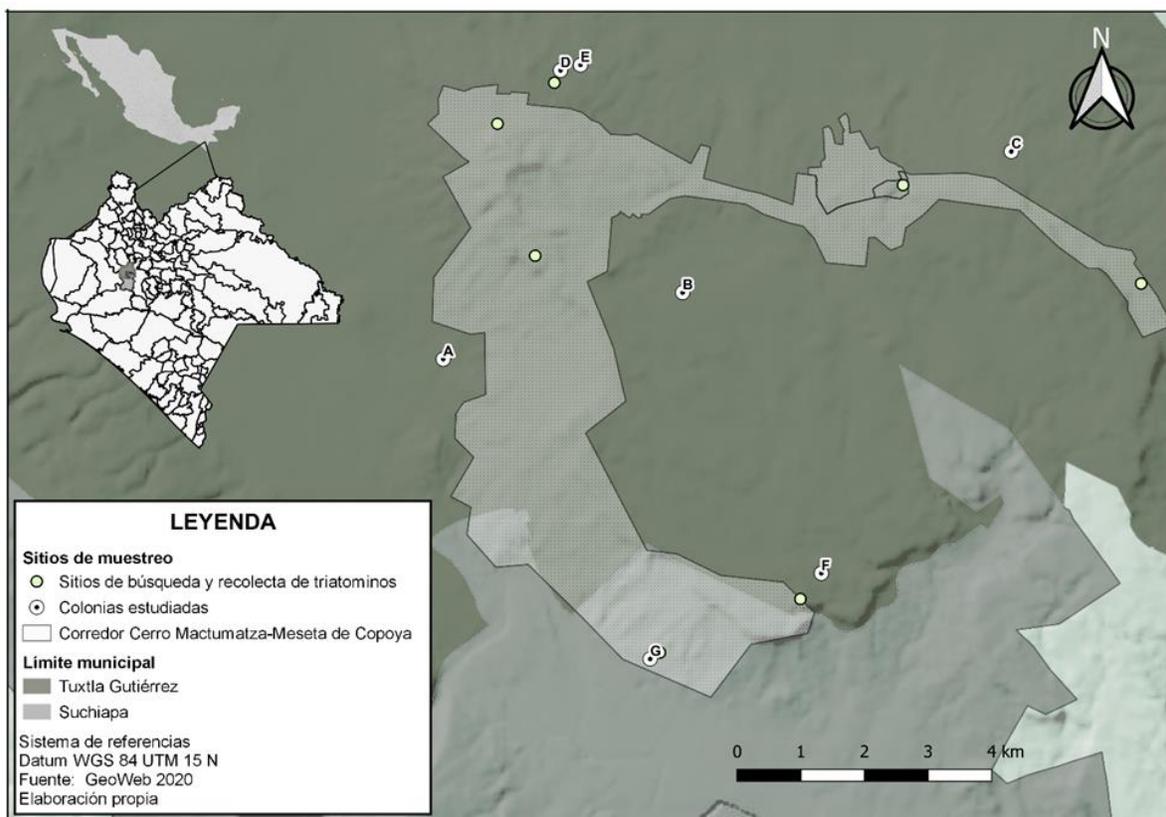


Figura 9. Ubicación geográfica de las colonias en las que se aplicaron las entrevistas. A) Chiapas Bicentenario, B) Llano del Tigre, C) Rivera Cerro Hueco, D) Bosques del Sur, E) Lomas del Mactumatzá, F) San Vicente el Alto, G) Jesús Pérez Ortiz.

Cuadro 4. Información geográfica de las colonias en donde llevó a cabo el estudio.

Colonia	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Municipio
Chiapas Bicentenario	16° 41' 44.30"	93° 09' 24.58"	588	Tuxtla Gutiérrez
Llano del Tigre	16° 42' 18.73"	93° 07' 17.56"	882	Tuxtla Gutiérrez
Rivera Cerro Hueco	16° 43' 31.63"	93° 04' 23.22"	728	Tuxtla Gutiérrez
Bosques del Sur	16° 44' 13.36"	93° 08' 22.46"	723	Tuxtla Gutiérrez
Lomas del Mactumatzá	16° 44' 16.13"	93° 08' 11.84"	680	Tuxtla Gutiérrez
San Vicente el Alto	16° 39' 53.95"	93° 06' 03.93"	795	Tuxtla Gutiérrez
Jesús Pérez Ortiz	16° 39' 09.70"	93° 07' 34.70"	507	Suchiapa

Chiapas Bicentenario es un fraccionamiento conformado por una numerosa cantidad de departamentos. Por otro lado, Llano del Tigre, Rivera Cerro Hueco, Bosques del Sur y Lomas del Mactumatzá, son colonias en las cuales la mayoría de las viviendas cuentan con paredes repelladas, techo de concreto y piso con azulejo, no obstante, una mínima cantidad de viviendas están construidas a base de adobe y el piso es de tierra. Respecto a San Vicente el Alto y Jesús Pérez Ortiz, estos son asentamientos rurales que cuentan con menos de 20 viviendas en total, cada una de las viviendas cuenta con una separación considerable entre ellas. La mayoría de las viviendas carecen de repello y el techo es de lámina, además de tener gallineros como criaderos. Todas las colonias mencionadas anteriormente cuentan con servicios básicos como agua, drenaje y electricidad.

Obtención de información

El presente trabajo tiene la anuencia del Comité de Ética del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Asimismo, antes de iniciar el estudio, se realizaron visitas con el representante de cada colonia con el propósito de informar acerca del objetivo del proyecto y obtener el consentimiento previo para la participación de las personas en el estudio. De igual manera, se contó con la autorización oral individual de cada uno de los entrevistados.

Se entrevistaron a un total de 216 personas; el mayor número de entrevistas se aplicó en las colonias Chiapas Bicentenario, Llano del Tigre y Rivera Cerro Hueco (Cuadro 5). Como criterio de inclusión, se consideraron a hombres y mujeres mayores de 18 años y únicamente se realizó una entrevista por vivienda.

Cuadro 5. Número de entrevistas aplicadas en cada colonia.

Nombre de la colonia	Número de entrevistas realizadas
Chiapas Bicentenario	50
Llano del Tigre	50
Rivera Cerro Hueco	50
Bosques del Sur	30
Lomas del Mactumatzá	20
San Vicente el Alto	8
Jesús Pérez Ortiz	8
Total	216

Para evaluar el conocimiento de la gente respecto del vector y la enfermedad, así como para evaluar los factores de riesgo que tienen las viviendas de las personas se construyeron dos índices: el Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) y el Índice de Factores de Riesgo (IFR). Para el ICVE se incluyeron 12 indicadores, siete para el caso del vector y cinco para la enfermedad. Para el caso del IFR, de acuerdo a las características ecoepidemiológicas de la transmisión de *Trypanosoma cruzi* y a la experiencia del grupo de trabajo, se incluyeron 11 indicadores de riesgo que corresponden al tipo de materiales de construcción de paredes, muros y techo de la vivienda, así como las acciones de fumigación, las condiciones del peridomicilio y la presencia de animales domésticos o silvestres (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) y el Índice de Factores de Riesgo (IFR).

Índices	Valor asignado
Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE)	
Conocimientos sobre el insecto vector	
Conoce al insecto	1
Conoce la importancia del insecto	1
Lo considera peligroso	1
Lo identifica por alguna característica	1
Lo identifica con algún nombre	1
Asocia la presencia del vector con animales	1
Asocia la presencia del vector con alguna temporada	1
Conocimientos sobre la enfermedad de Chagas	
Sabe qué es la enfermedad de Chagas	1
Sabe cómo se transmite	1
Sabe cómo afecta	1
Sabe del tratamiento	1
Asocia la enfermedad con algunos síntomas	1
Índice de Factores de Riesgo (IFR)	
Vivienda con techo de teja	10
Vivienda con techo de lámina	6.66

Vivienda con techo de madera	3.33
Vivienda con techo de losa	0
Vivienda con muro de adobe	10
Vivienda con muro de cartón	7.5
Vivienda con muro de madera	5
Vivienda con muro de ladrillo	2.5
Vivienda con muro repellado	0
Vivienda con piso de tierra	10
Vivienda con piso de cemento	0
No utiliza malla mosquitera	10
Utiliza malla mosquitera	0
No fumiga	10
Fumiga una vez al año	8.52
Fumiga dos veces al año	7.1
Fumiga tres veces al año	5.68
Fumiga cada mes	4.26
Fumiga cada 15 días	2.84
Fumiga cada semana	1.42
Fumiga más de una vez a la semana	0
Tiene leña en el peridomicilio	10
Tiene teja en el peridomicilio	7.5
Tiene block en el peridomicilio	2.5
No tiene materiales en el peridomicilio	0
No limpian el peridomicilio	10
Limpian el peridomicilio cada dos meses	8
Limpian el peridomicilio cada 15 días	6
Limpian el peridomicilio cada semana	4
Limpian el peridomicilio dos veces a la semana	2
Limpian el peridomicilio más de dos veces a la semana	0
Presencia de animales domésticos en la vivienda	10
Presencia de animales de corral en la vivienda	6.66
Presencia de animales silvestres en la vivienda	3.33
No hay presencia de animales en la vivienda	0
Presencia de animales en el intradomicilio	10
Presencia de animales en el peridomicilio	5
Sin presencia de animales	0
Convivencia frecuente con los animales	10
Convivencia no frecuente con los animales	5
Sin convivencia con animales	0

Como instrumento de recolección de datos, se utilizó una entrevista estructurada (Bernard, 2017) (Anexo 1), la cual estaba constituida por cuatro apartados: a) preguntas para obtener datos sociodemográficos sobre género, edad, ocupación, escolaridad y origen; b) una pregunta para cada indicador para obtener información sobre el conocimiento del vector; c) una pregunta para obtener información sobre el conocimiento de la enfermedad de Chagas (con estos dos segmentos se integró en ICVE; y d) una pregunta para cada uno de los indicadores de los factores de riesgo (IFR). Asimismo, nos auxiliamos de imágenes del triatomino y montajes del mismo como estímulos visuales.

En el caso del ICVE, cuando la respuesta a cada pregunta denotaba un conocimiento positivo y correcto de acuerdo con lo que se sabe del vector y la enfermedad, se le daba un valor de 1. Cuando la respuesta denotaba un conocimiento incorrecto o ausencia de este, se asignó un valor de cero. En este sentido, los entrevistados podían alcanzar un puntaje máximo de 12 en el caso de conocer a la perfección todo lo preguntado. Este valor se dividió entre 12 y se multiplicó por 10 para obtener valores de ICVE entre 0 y 10. Para que los entrevistados pudieran responder adecuadamente sobre el conocimiento del vector, se mostraron montajes de ejemplares de triatominos (*Triatoma dimidiata* y *T. huehuetenanguensis*) de diferentes estadios ninfales y adultos como estímulo visual. Para el caso del IFR se determinó contabilizar los factores de riesgo utilizando un mayor puntaje en aquellas variables que se consideran que favorecen la transmisión de *T. cruzi*. Para esto, se evaluaron con diez puntos las variables consideradas de mayor relevancia, mientras que las variables de menor relevancia o complementarias se estableció un puntaje dependiendo del número de respuestas; se asignó cero cuando no se consideró un factor de riesgo o no se obtuvo respuesta. De esta manera todas las respuestas se presentaban entre un rango de cero a diez. Estos valores se dividieron entre 11 para obtener el valor del IFR en un rango de 0 a 10.

Análisis de la información

La información obtenida fue recopilada en una base de datos en el programa Excel; el ordenamiento y análisis de los datos se realizó en el software Minitab. Mediante estadística descriptiva; para las variables cualitativas (Conocimientos sobre el vector y la enfermedad de Chagas y factores de riesgo) se utilizaron frecuencias y porcentajes los cuales se expresaron en cuadros. Con base a las medianas obtenidas, se determinó si existían diferencias significativas en el ICVE entre las colonias, género y grado de escolaridad; para el IFR se evaluaron las diferencias entre las colonias; para esto, se realizaron las pruebas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney. Los valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos. Asimismo, para determinar si existió una relación entre el ICVE y la edad de los entrevistados se realizó una correlación de Spearman.

Resultados

Conocimientos sobre el vector y la enfermedad

Respecto a los conocimientos sobre el insecto vector, solamente alrededor de la mitad de los entrevistados manifestó conocerlo cuando observaron el montaje o la imagen del triatomino. En algunas colonias como Jesús Pérez Ortiz, San Vicente el Alto y Chiapas Bicentenario la mayoría de las personas lo conoce (88%, 75% y 52% respectivamente). Sin embargo, en las restantes este porcentaje es menor de la mitad (Cuadro 7). Por el contrario, al respecto de la importancia del vector como agente transmisor, solo el 5.1 % de total de entrevistados para todas las colonias manifestó conocer su importancia; solamente en la colonia Jesús Pérez Ortiz y Lomas del Mactumatzá, se observó un relativo mayor porcentaje de conocimiento sobre su importancia (13% y 10% respectivamente). Siguiendo esto, solamente el 20.4% del total de entrevistados reconoce la peligrosidad del vector; en colonias como Bosques del Sur y Lomas del Mactumatzá, este porcentaje es mucho menor (6.7% y 5% respectivamente).

Cuadro 7. Porcentaje de conocimientos sobre el insecto vector y la enfermedad de Chagas en pobladores de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

	Porcentaje (%)							
	CB	LT	RCH	BS	LM	SVA	JPO	Total
Sobre el insecto vector								
Conoce al insecto	52	46	44	40	30	75	88	47.2
Conoce la importancia del insecto	4	2	6	6.7	10	0	13	5.1
Lo considera peligroso	38	18	22	6.7	5	13	13	20.4
Lo identifica por alguna característica	36	36	26	20	25	63	38	31.5
Lo identifica con algún nombre	30	36	30	23.3	20	63	63	31.9
Asocia la presencia del vector con animales	8	0	2	3.3	0	0	0	2.8
Asocia la presencia del vector con temporadas	50	40	34	20	25	50	38	37
Sobre la enfermedad de Chagas								
Sabe qué es la enfermedad de Chagas	12	4	8	13.3	5	13	13	8.8
Sabe cómo se transmite	8	2	2	6.7	0	0	13	4.2
Sabe cómo afecta	4	2	2	6.7	0	0	13	3.2
Sabe cómo es el tratamiento	0	2	0	6.7	0	0	0	1.4
Asocia la enfermedad con algunos síntomas	6	4	12	6.7	5	13	0	6.9

CB: Chiapas Bicentenario, LT: Llano del Tigre, RCH: Rivera Cerro Hueco, BS: Bosques del Sur, LM: Lomas del Mactumatzá, SVA: San Vicente el Alto y JPO: Jesús Pérez Ortiz.

Solamente el 31% de la población entrevistada en toda la región identifica al insecto vector gracias a la observación de características concretas como color del cuerpo, asimismo algunas partes del cuerpo como patas y alas, sin embargo, la mayoría de la gente es incapaz de

reconocer correctamente a estos insectos. Solamente en San Vicente el Alto existe un porcentaje mayor de personas que puede identificarlo (63%). El patrón es similar en el caso de los nombres locales con lo que se conoce, solamente el 31.9% de los entrevistados las reconoce con los nombres de chinche y animal de monte. Sin embargo, la mayoría de la gente no les asigna un nombre particular. Las excepciones a esto fueron habitantes de las colonias San Vicente el Alto y Jesús Pérez Ortiz, donde el 63% de los entrevistados sí mencionaron nombres específicos para dicho insecto (Cuadro 7).

En cuanto a conocimientos ecológicos del vector, solamente el 2.8% de los entrevistados asoció la presencia del vector con algún animal como perros, gallinas y algunos artrópodos como grillos y garrapatas regularmente encontrados en el peridomicilio. Asimismo, únicamente el 50% de los entrevistados en las colonias Chiapas Bicentenario y San Vicente el Alto conoce los tiempos en los que se puede encontrar al insecto, sin embargo, la mayoría de las personas entrevistadas en toda la región desconoce esta fenología (Cuadro 7).

Al explorar los conocimientos que tiene la gente sobre la enfermedad de Chagas, se observaron bajos porcentajes de estos. Como se observa en el cuadro 7, el 8.8% de la población total entrevistada mencionó saber qué es la enfermedad. Destaca la colonia Bosques del Sur quienes tienen un porcentaje mayor de conocimiento sobre la enfermedad (13.3%). Solamente el 4.2% de los entrevistados totales indicó saber cómo se transmite, el 3.2% mencionó conocer la forma en que afecta este padecimiento. De la misma manera, solamente el 6.9% asoció la enfermedad con algunos síntomas y únicamente el 1.4% sabe del tratamiento (Cuadro 7).

Al integrar estos datos en el Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE), es de resaltar el bajo grado de conocimientos entre los entrevistados de toda la región que tienen respecto al insecto y la enfermedad. En general la población entrevistada tiene una media de 1.69, una mediana de 0.83, con una desviación estándar de 1.94, siendo los valores de referencia mínimos y máximos son de 0 y 10 respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Estadística descriptiva de los valores del Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

	Media	Mediana	Desviación estándar	Varianza	Valor máximo	Valor mínimo
Todos los entrevistados	1.69	0.83	1.94	3.76	10	0
CB	2.06	1.67	1.88	3.55	8.33	0
LT	1.70	0.83	2.09	4.36	9.17	0
RCH	1.57	0.83	1.63	2.65	5.83	0
BS	1.33	0.00	2.33	5.44	10.00	0
LM	1.04	0.00	1.69	2.84	5.83	0
SVA	2.40	2.91	1.57	2.47	4.17	0
JPO	2.40	2.50	2.20	4.85	6.67	0

CB: Chiapas Bicentenario, LT: Llano del Tigre, RCH: Rivera Cerro Hueco, BS: Bosques del Sur, LM: Lomas del Mactumatzá, SVA: San Vicente el Alto y JPO: Jesús Pérez Ortiz.

Contrariamente a lo esperado de que el grado de conocimiento del vector y de la enfermedad, tuviera una distribución de probabilidad de forma de campana en la que se tuviera una mayor probabilidad de encontrar grado de conocimiento intermedios que hacia los extremos, se pudo observar que existe una mayor probabilidad de encontrar personas con un grado muy bajo de conocimiento respecto del insecto vector y de la enfermedad de Chagas (Figura 10).

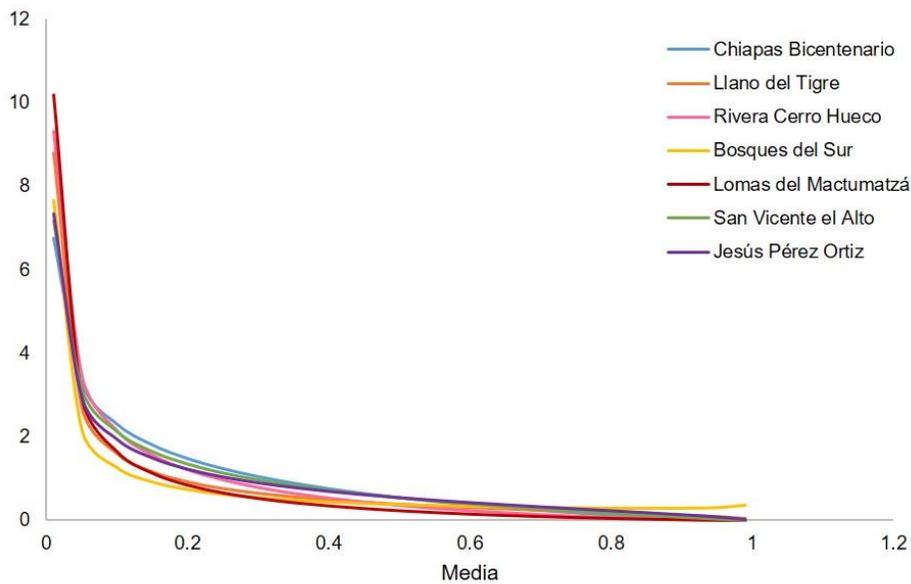


Figura 10. Densidad de probabilidad del grado de conocimiento sobre el insecto vector y la enfermedad de Chagas entre la población entrevistada de Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, Chiapas, México.

Dentro de estos bajos valores del ICVE, se pudieron apreciar diferencias entre las comunidades (Cuadro 9 y Figura 11). Estas diferencias fueron significativas (Kruskal Wallis, $p=0.027$). específicamente entre Chiapas Bicentenario - Bosques del Sur ($U=0.0054$, <0.05), Chiapas Bicentenario - Lomas del Mactumatzá ($U=0.0059$, <0.05) y Bosques del Sur - San Vicente el Alto ($U=0.0417$, <0.05); de las colonias mencionadas anteriormente, los entrevistados de San Vicente el Alto y Chiapas Bicentenario significativamente tienen más conocimiento (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores pareados de la prueba Mann Whitney con base en el Índice de Conocimientos del Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) en las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

	LT	RCH	BS	LM	SVA	JPO
CB	0.1478	0.1286	0.0054	0.0059	0.3485	0.6637
LT		0.7205	0.2668	0.2586	0.2044	0.3328
RCH			0.0983	0.0772	0.1461	0.2776
BS				0.7992	0.0417	0.0876
LM					0.0530	0.0767
SVA						0.7867

CB: Chiapas Bicentenario, LT: Llano del Tigre, RCH: Rivera Cerro Hueco, BS: Bosques del Sur, LM: Lomas del Mactumatzá, SVA: San Vicente el Alto y JPO: Jesús Pérez Ortiz. Los valores en negritas son estadísticamente significativos.

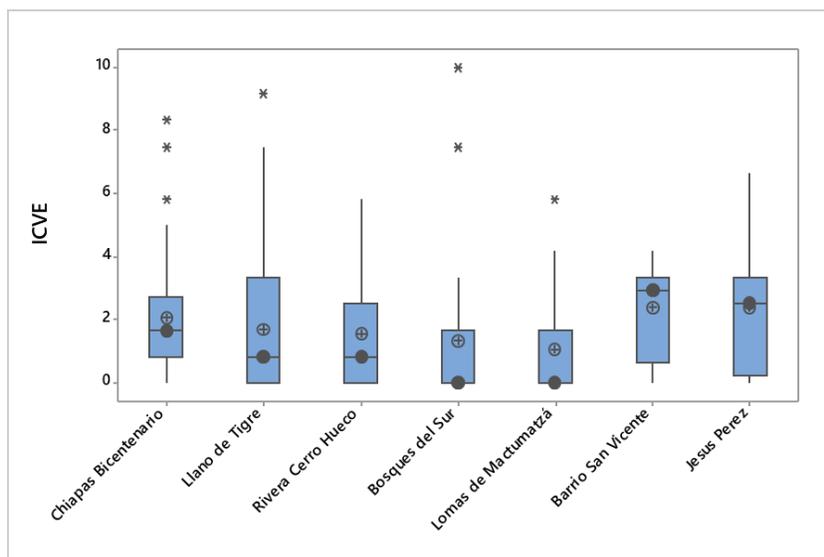


Figura 11. Boxplot de los valores del Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

Por otro lado, al comprar otros factores sociodemográficos como el género, la educación y la edad, también se observaron diferencias en el grado de conocimientos. Con respecto del género, de acuerdo con la prueba U de Mann-Whitney, significativamente las mujeres tienen más conocimiento que los hombres ($U= 0.0179, < 0.05$). Respecto a la escolaridad, los entrevistados con escolaridad superior cuentan con más conocimiento. Se determinaron diferencias significativas entre las personas que contaban con secundaria y con aquellas con educación superior ($U= 0.0091, < 0.05$) asimismo con lo que tenían preparatoria con los de estudios superiores ($U= 0.0213, < 0.05$) (Cuadro 10). Mediante la correlación de Spearman se observó que existe una correlación positiva entre la edad y el conocimiento ($Rho= 0.217, p= 0.001$), siendo las personas de más edad quienes tienen un mayor grado de conocimiento respecto del vector y de la enfermedad de Chagas (Figura 12).

Cuadro 10. Valores pareados de la prueba Mann Whitney con base en el Índice de Conocimientos del Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) de acuerdo con la escolaridad de las personas entrevistadas.

	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Superior
Sin escolaridad	0.9555	0.6145	0.6066	0.2687
Primaria		0.5456	0.6793	0.0594
Secundaria			0.8137	0.0091
Preparatoria				0.0213

Los valores en negritas son estadísticamente significativos.

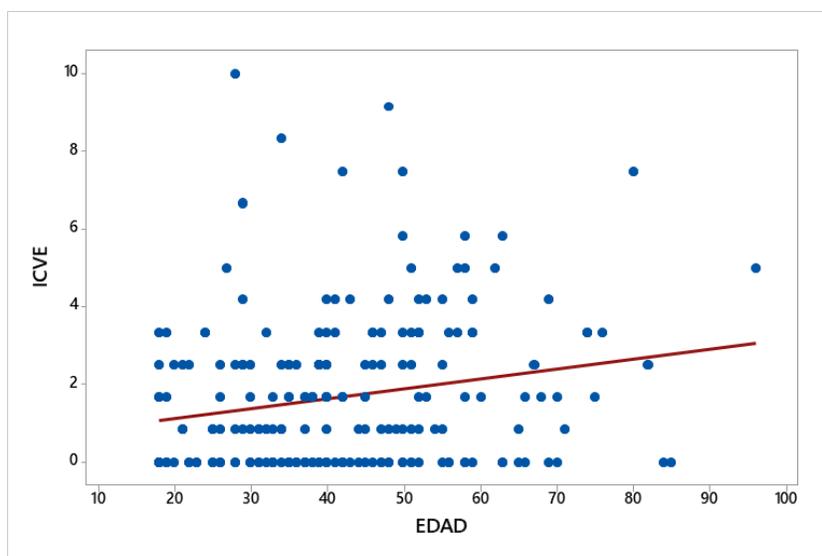


Figura 12. Correlación entre la edad de los entrevistados y los valores del Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

Factores de riesgo

En el cuadro 11 se observan algunos factores que se consideran de riesgo máximo para la transmisión de *Trypanosoma cruzi* en el domicilio. En todas las colonias se encontró un nulo y/o bajo porcentaje de viviendas que estaban construidas con materiales que favorecen la infestación del insecto vector (techo de teja, paredes de adobe y piso de tierra). La mayoría de las viviendas de todas las colonias están construidas con otro tipo de materiales como madera o losa en los techos, ladrillos desnudos o recubiertos de cemento en las paredes y cemento en los pisos. El uso de malla mosquitera para la protección de ventanas es relativamente frecuente en la zona de estudio siendo más frecuente en las colonias San Vicente el Alto y Jesús Pérez Ortiz. Con relación a la fumigación, se observó que menos del 50% de los entrevistados no fumigan su vivienda. Respecto a la presencia de animales en las viviendas, la mayoría de personas mencionaron tener animales domésticos dentro y fuera de su vivienda. La lista de animales mencionados incluía principalmente a perros, gatos y gallinas. Por otro lado, más del 50% de entrevistados indicaron tener materiales acumulados en el peridomicilio, algunos de estos eran, leña, block o tejas.

Cuadro 11. Porcentaje de factores de riesgo en las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

	Porcentaje (%)							Total
	CB	LT	RCH	BS	LM	SVA	JPO	
Vivienda con techo de teja	0	4	0	0	0	0	0	0.9
Vivienda con paredes de adobe	0	6	2	0	0	12.5	0	2.3
Vivienda con piso de tierra	0	0	4	3.3	5	0	0	1.9
Vivienda sin malla mosquitera en ventanas	40	44	68	66.7	55	12.5	12.5	50.5
Vivienda sin fumigación la vivienda	44	40	28	40.0	50	37.5	25	38.4
Presencia de materiales en el peridomicilio	58	62	72	60.0	50	62.5	87.5	63
Ausencia de limpieza del peridomicilio	10	0	0	0	0	0	0	2.31
Presencia de animales en la vivienda	56	88	62	86.7	80	87.5	100	74.1
Presencia de animales en el intradomicilio	46	20	8	36.7	40	25	0	26.9
Convivencia frecuente con los animales	52	76	28	56.7	30	50	37.5	50

Cuando integramos todos los datos en el Índice de Factores de Riesgo (IFR), podemos observar una media de 3.69, es decir un valor de riesgo bajo (considerando la escala de 0 como mínimo riesgo a 10 como máximo riesgo). Asimismo, presentan una mediana de 3.98 y una desviación estándar de 1.46 (Cuadro 12). La figura 13a muestra una distribución de probabilidad de forma de campana donde existe una mayor probabilidad de encontrar viviendas con un riesgo menor de presencia de triatominos (sesgada hacia la izquierda).

Cuadro 12. Estadística descriptiva de los valores del Índice de Factores de Riesgo de las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

	Media	Mediana	Desviación estándar	Varianza	Valor máximo	Valor mínimo
Todos los entrevistados	3.69	3.98	1.46	2.13	6.47	0.13
CB	2.70	2.95	1.36	1.84	5.33	0.13
LT	4.00	4.28	1.27	1.62	6.14	0.64
RCH	3.33	3.49	1.34	1.79	6.15	0.52
BS	4.61	4.79	1.30	1.68	6.47	1.36
LM	4.30	4.30	1.30	1.69	6.14	1.36
SVA	4.37	4.67	1.34	1.79	6.12	1.55
JPO	4.47	4.66	0.83	0.68	5.34	3.11

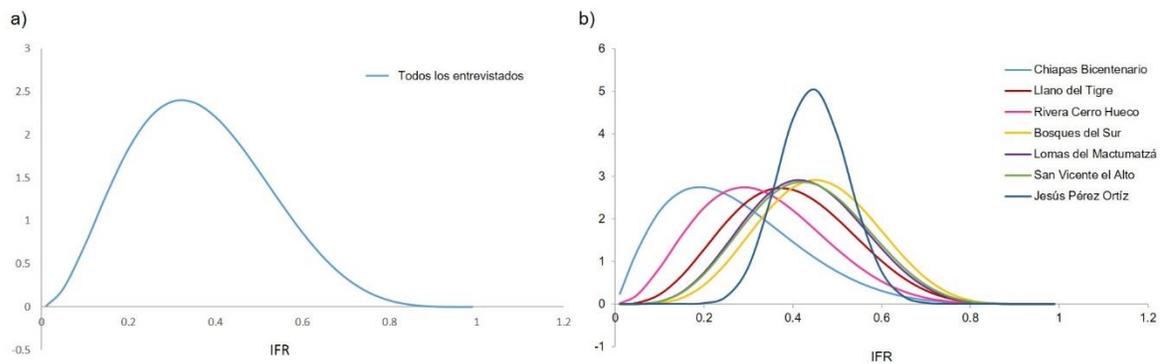


Figura 13. Densidad de probabilidad del grado de Factores de Riesgo entre la población entrevistada de Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, Chiapas, México. a) para toda la población entrevistada b) por comunidades.

Cuando comparamos los valores del IFR entre las diferentes comunidades podemos apreciar que las comunidades de Bosques del sur, Jesús Pérez Ortiz, San Vicente el Alto y Lomas de Mactumatzá son en donde existe una mayor probabilidad de encontrar viviendas con un mayor riesgo de presencia del vector (Figura 13b). Asimismo, se encontraron diferencias significativas en el nivel de riesgo de las colonias estudiadas (Kruskal Wallis, $p= 0.000$). De acuerdo con la prueba U de Mann Whitney (Cuadro 13), se encontraron diferencias significativas entre casi todas las colonias (Cuadro 13).

Cuadro 13. Valores pareados de la prueba Mann Whitney con base en el Índice de Factores de Riesgo y las colonias aledañas al Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya.

	LT	RCH	BS	LM	SVA	JPO
CB	0.000	0.0306	0.0000	0.0001	0.0018	0.0008
LT		0.0047	0.0334	0.3801	0.3101	0.3611
RCH			0.0001	0.0071	0.0322	0.0153
BS				0.3030	0.7069	0.6288
LM					0.9190	1.0000
SVA						0.9581

CB: Chiapas Bicentenario, LT: Llano del Tigre, RCH: Rivera Cerro Hueco, BS: Bosques del Sur, LM: Lomas del Mactumatzá, SVA: San Vicente el Alto y JPO: Jesús Pérez Ortiz. Los valores en negritas son estadísticamente significativos.

Discusión

Debido al difícil acceso al tratamiento, así como la falta del desarrollo de una vacuna eficaz, el control y prevención de la enfermedad de Chagas se ha basado en el control del vector. Actualmente, se han implementado diferentes estrategias para el control vectorial, algunas de ellas consisten en mejoras de las condiciones de la vivienda y la higiene doméstica, así como la eliminación de focos de poblaciones de triatomíneos mediante el rociado de insecticidas y la educación sanitaria (Chávez-Prieto *et al.*, 2006; Benavides-Valecillo y Barrera-Torres, 2023). La participación comunitaria ha sido un elemento primordial de control en el que se han tenido resultados beneficiosos en zonas endémicas, no obstante, estudios sociológicos revelan que la población carece de percepción clara del riesgo respecto de la enfermedad, ya que esta tiende a asociarse principalmente a zonas rurales.

A pesar de que la mayoría de los entrevistados mencionaron conocer al triatómino, en general, la gente tiene un grado de conocimiento bajo del vector. La mayoría de la gente no le asigna un nombre ni es capaz de reconocer características específicas que le permiten identificarlo. Para Lévi-Strauss (1964), los humanos asignamos nombres a los organismos cuando este tiene un grado de importancia o interés. Por su parte, Hunn (1982) señala que aquellos organismos que son culturalmente no significativos carecerán de atención particular para este ejercicio de sistemática y esto se verá reflejado en ausencia de nombres asignados o, en el mejor de los casos, en nombres genéricos. En este sentido, la ausencia de un conocimiento taxonómico tradicional en la mayoría de la gente es un reflejo del poco interés que tienen por el vector, aspecto preocupante en materia de salud pública (Nava-Doctor *et al.*, 2021).

Asimismo, los resultados aquí presentados también muestran un desconocimiento de la población en general de conocimientos referentes a la biología del triatómino (como su asociación con animales, su temporalidad), a su peligrosidad, así como el comportamiento de la enfermedad de Chagas, sobre todo aquellos que tiene que ver con su transmisión. De la misma manera cuando se integra la evaluación de estas variables en el ICVE. Estos resultados son similares con lo que se ha reportado en estudios realizados en otras regiones de Chiapas, Tabasco y Veracruz (Padilla-Velázquez, 2014; Ruiz-Colorado *et al.*, 2016, De Fuentes-Vicente *et al.*, 2020, Cruz-Alegría *et al.*, 2021). El desconocimiento de la enfermedad, de sus mecanismos de

transmisión y de las medidas de prevención, son factores que tienden a agravar de forma severa el problema, sobre todo en comunidades rurales (Nava-Doctor *et al.*, 2021).

Al analizar cómo se distribuye el conocimiento en términos de algunas variables sociodemográficas, el presente estudio muestra evidencias que deben de tomarse en cuenta. Respecto al género, se observó que las mujeres tienen mayor conocimiento que los hombres. Este resultado puede deberse a que, por lo regular, son las mujeres las que están presentes en la vivienda cuando las autoridades sanitarias del departamento de vectores realizan las visitas a los hogares. Al ser actividades que son desarrolladas en horario matutino, las mujeres son quienes se encuentran en su domicilio desarrollando actividades del mantenimiento del hogar y de los niños. En consecuencia, esto favorece a que sean ellas quienes adquieren conocimientos sobre el vector y la enfermedad. En contraposición, llama la atención cómo los hombres no están siendo considerados en las estrategias de comunicación de las autoridades sanitarias con los consecuentes impactos negativos de esto (Artazcoz *et al.*, 2018). Respecto a la escolaridad, los entrevistados con escolaridad superior contaban con más conocimiento. Esto va de la mano con el mayor acceso que tienen a sistemas de información o incluso a estudios directamente relacionados con ciencias de la salud. En términos de la edad, se observó una correlación positiva entre la edad y el conocimiento, lo que significa que, a mayor edad, más conocimiento se tiene al respecto. Diferentes autores han descrito la importancia de un adecuado diseño de estrategias educativas, sobre todo dirigidas a niños, para prevenir enfermedades transmitidas por vectores en el sureste de México, convirtiéndolos en portavoces de conocimientos y buenas prácticas para diseminar estas en sus hogares (Torres *et al.*, 2014).

De acuerdo con el Índice de Conocimientos sobre el Vector y la Enfermedad de Chagas (ICVE) se encontraron diferencias significativas en las colonias de estudio de las cuales, los entrevistados de San Vicente el Alto y Chiapas Bicentenario significativamente tienen un mayor grado de conocimiento. Esto puede deberse a que, producto de la presencia de triatominos (Espinosa-Gonzalez *et al.*, 2022), las autoridades sanitarias han realizado visitas con fines de vigilancia epidemiológica y de difusión acerca de la problemática que esto representa, tanto en relación con los insectos como de la enfermedad de Chagas.

En la evaluación de riesgo de las viviendas que pueden propiciar la infestación de triatominos por medio del IFR se observó que las probabilidades de encontrar viviendas con altos

valores de riesgo son bajas. Esto puede deberse sobre todo a que, en esta zona semiurbana, existen mejores posibilidades económicas para construir las viviendas con materiales menos favorecedores para la presencia de triatominos. En todas las colonias había un bajo (o incluso nulo) porcentaje de viviendas que estaban construidas con materiales que favorecen la infestación del insecto vector como es el techo elaborado de teja, paredes de adobe y piso de tierra. De acuerdo con Bustamente *et al.* (2014), en estos materiales es más frecuente encontrar a estos insectos debido a que ofrecen refugio para el descanso y reproducción de los insectos.

Sin embargo, en algunas viviendas se ha registrado la presencia estos insectos (Dumonteil *et al.*, 2013), situación posiblemente relacionada con la abundante presencia de materiales y animales en el peridomicilio o inclusive dentro de este.

La lista de animales mencionados incluía principalmente a perros, gatos y gallinas. Los perros actúan como reservorios domésticos de *T. cruzi* y su presencia está correlacionada con un mayor número de triatominos infectados y una mayor prevalencia de la enfermedad de Chagas (Manrique *et al.*, 2012). Por otra parte, las gallinas son consideradas como fuentes de alimento para los triatominos, su presencia favorece la infestación del domicilio y el contacto del vector con los reservorios domésticos, lo que conlleva al aumento de la población de triatominos infectados (Cortés y Suárez, 2005).

Asimismo, más del 50% de entrevistados indicaron tener materiales acumulados en el peridomicilio, algunos de estos eran, leña, block, teja, entre otros. El acumulamiento de materiales suele ofrecer refugios para la permanencia y reproducción de los triatominos, por lo cual se sugiere realizar limpieza constante y vigilancia en las áreas donde se encuentre este tipo de materiales (Pellecer-Rivera *et al.*, 2023). Por último, el uso de malla mosquitera en puertas y ventanas y la fumigación continua representan buenas medidas de prevención ya que, la primera evita la entrada de triatominos adultos a la vivienda y la segunda previene su presencia (Ferral *et al.*, 2010), sin embargo, en más del 50% de las viviendas observadas no se utilizan mallas y 38.4% no fumigan de manera continua.

De acuerdo con el Índice de Factores de Riesgo (IFR), se observó que Bosques del Sur, Jesús Pérez Ortiz y San Vicente el Alto, representan las colonias de mayor riesgo. Esto es consistente con los datos de Espinosa-Gonzalez *et al.* (2022) quienes han reportado la presencia de triatominos en algunas viviendas de Bosques del Sur.

Jesús Pérez Ortiz y San Vicente el Alto se encuentran inmersas en zonas rurales y en la mayoría de viviendas se encontraron diversos factores de riesgo. Estas colonias por lo general tienen población de un menor nivel socioeconómico, por lo que existe un mayor porcentaje de viviendas construidas con materiales más baratos (y al mismo tiempo que favorecen la presencia de triatominos) así como mayor presencia de leña, la cual es el principal combustible, y de animales en el peridomicilio, sobre todo aves de corral, que son la principal fuente de proteínas en la dieta de las personas en estos espacios rurales.

Consideraciones finales

El conocimiento limitado sobre el vector y la enfermedad de Chagas en el área de estudio, alerta sobre la necesidad de promover programas de educación sanitaria en poblaciones de riesgo en la que se aborden los aspectos elementales de la enfermedad, ya que un mejor conocimiento del tema es un avance relevante que conlleva a los pobladores a la adquisición de hábitos de prevención.

Asimismo, es necesario que las estrategias tanto de investigación como de prevención y control incluyan de manera decisiva a la población en riesgo mediante acciones participativas que fomenten la reflexión y sobre todo tomen en cuenta los conocimientos locales y las percepciones que tienen acerca del insecto vector y de la enfermedad de Chagas. Mediante el establecimiento de programas educativos con bases culturales propias donde se aborden aspectos elementales de la enfermedad, será posible detonar un mejor y más profundo conocimiento del tema que conlleve a los pobladores a la adquisición de hábitos de prevención.

Literatura citada

- Aguilar-Ortega, T. 2016. Desigualdad y Marginación en Chiapas. *Península*. 11(2): 143-159.
- Alvar, J. y Pécoul, B. 2014. Enfermedades de la pobreza, enfermedades tropicales desatendidas. *EU-Topías*. 7: 89-97.
- Andrade, J. P., Marin-Neto, J. A., Paola, A. A., Vilas-Boas, F., Oliveira, G. M., Bacal, F., Bocchi, E. A., Almeida, D. R., Fragata Filho, A. A., Moreira, M. da, C., Xavier, S. S., Oliveira-Junior, W. A. y Dias, J. C. 2011. I Latin American Guidelines for the diagnosis and treatment of Chagas' heart disease: executive summary. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 96(6): 434-442.
- Artazcoz, L., E. Chilet, P. Escartín y A. Fernández. 2018. Incorporación de la perspectiva de género en la salud comunitaria. *Gaceta Sanitaria* 32(s1):92-97. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.07.006>.
- Benavides-Vallecillo, B. E. y Barrera-Torres, M. M. 2023. Medidas preventivas para el control de los vectores (chinchas) de la enfermedad de Chagas, en Madriz, Nicaragua, 2013-2021. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. 47: 53-67.
- Bernard, H. R. 2017. *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. 6a. Ed. Rowman & Littlefield. Oxford, U.K.
- Bravo-Almonacid, M. G. 2015. Chagas y Educación en Argentina: Elaboración de un estado del arte. Tesis de licenciatura. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.
- Bustamante, D. M., De Urioste-Stone, S. M., Juárez, J. G. y Pennington, P. M. 2014. Ecological, social and Biological Risk Factors for Continued *Trypanosoma cruzi* Transmission by *Triatoma dimidiata* in Guatemala. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 9(8): 1-12.
- Bustamante, D. M., Monroy, C., Pineda, S., Rodas, A., Castro, X., Ayala, V., Quinones, J., Moguel, B., y Trampe, R. 2009. Risk factors for intradomiciliary infestation by the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* in Jutiapa, Guatemala. *Cadernos de Saude Publica*. 25: 83-92.

- Cantillo, O., M. Sanmartino, J Chica y O. Triana 2012. Hacia el desarrollo de una cultura científica local para hacer frente a la problemática del Chagas resultados preliminares de una experiencia con jóvenes de la región Caribe Colombiana. *Revista Iberoamericana de Educación*. 58: 119-133.
- Chávez-Prieto, P., Ureta-Núñez, Y. y Cevallos-Urday, O. 2006. Conocimientos, actitudes, antecedentes y conductas ante la enfermedad de Chagas en la población de una zona endémica de Arequipa, Perú. *CIMEL Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana*. 11(1): 20-23.
- Cortés, L. y Suárez, H. 2005. Triatominos (Reduviidae: Triatominae) en un foco de enfermedad de Chagas en Talaigua Nuevo (Bolívar, Colombia). *Biomédica*. 25: 568:574.
- Cruz-Alegría, I. Y., Gutiérrez-Ruiz, J. A., Cortés-Ovando, D., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Gómez-Cruz, A., Coutiño-Ovando, C. D., Vidal-López, D. G. y De Fuentes-Vicente, J. A. 2021. Prevalencia y conocimiento de la enfermedad de Chagas en dos comunidades del sureste de México. *Revista Biomédica*. 32(2): 106-112.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Gómez-Gómez, A., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Gómez-Sánchez, E., Vidal-López, D., Flores-Villegas, L., Gutiérrez-Jiménez, J. y Moreno-Rodríguez, A. 2021. First report of an infected triatomine bug in urban area of Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*. 14: 1009-1020.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Hernández-Reyes, N. L., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C., Bermúdez-Urbina, F. M. y Velázquez-Gómez, M. 2020. Conocimiento sobre la enfermedad de Chagas en jóvenes de zonas rurales de Chiapas, México: hacia la construcción de campañas de prevención. *Salud en Chiapas*. 8(2): 76-80.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Zenteno-Rosales, J. A., Santos-Hernández, N. G., Ruiz-Castillejos, C. y Espinoza-Medinilla, E. 2021. Chinchas vemos, si son de Chagas no sabemos: diferencias de triatominos con otras chinchas. *Desde el Herbario CICY*. 13: 87-90.
- Dumonteil, E. Ruiz-Piña, H., Rodríguez-Félix, E., Barrera-Pérez, M., Ramírez-Sierra, M. J., Rabinovich, J. E. y Menu, F. 2004. Reinfestation of houses by *Triatoma dimidiata* after

intra-domicile insecticide application in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 99: 253-256.

Dumonteil, E., Nouvellet, P., Rosecrans, K., Ramirez-Sierra, M. J., Gamboa-León, R., Cruz-Chan, V., Rosado-Vallado, M. y Gourbière. 2013. Eco-Bio-Social Determinants for House Infestation by Non-domiciliated *Triatoma dimidita* in the Yucatan Peninsula, Mexico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 7(9): 1-9.

Espinosa-Gonzalez, C. A., Dávalos-Becerril, E., Correa-Morales, F., González-Acosta, C., López-Bello, R., Alvarado-Estrada, J. M., Esquinca-Calvo, L. M., García-Gutiérrez, C. V., Gómez-Maldonado, C. A., Cuevas-González, E., Reyes-Figueroa, C. y Moreno-García, M. 2022. New records of *Triatoma huehuetenanguensis* in an urban area of Southwest Mexico. *Journal of Vector Borne Diseases*. 59(1): 86-90.

Ferral, J., Chavez-Nuñez, L., Euan-García, M., Ramirez-Sierra, M. J., Najera-Vazquez, M. R. y Dumonteil, E. 2010. Comparative Field Trial of Alternative Vector Control Strategies for Non-Domiciliated *Triatoma dimidiata*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 82(1): 60-66.

Freitas-Bianchi, T. Velleda-dos Santos, C., Jeske, S., Grala, A. P., Quintana-de Moura, M., Santos-Madia, D., Martins, R., Stasiak-Wilhelms, T., Bedin, C., de Abreu-Carlan, F. y Marreiro-Villela, M. 2018. Health education in Chagas disease control: Making and educational video. *Revista de Patologia Tropical*. 47(2): 116-124.

Giraldo-Echavarría, N., Echeverría, L., Stewart, M., Gallego, C., Saldarriaga, C. 2021. Chagas Disease: Chronic Chagas Cardiomyopathy. *Current Problems in Cardiology*. 46(3): 100507.

Guarner, J. 2019. Chagas disease as example of a reemerging parasite. *Seminars in Diagnostic Pathology*. 36(3): 164-169.

Hunn, E. (1982). The utilitarian factor in folk biological classification. *American anthropologist*, 84(4), 830-847.

- Kenyon, A. S. y de Santiago, N. R. 2020. El abordaje integral de las enfermedades tropicales desatendidas en América Latina y el Caribe: un imperativo ético para alcanzar la justicia y la equidad social. *Biomédica*. 30(2): 159-163.
- Lévi-Strauss, C. 1964. El pensamiento salvaje. Fondo de cultura económica. México
- Manrique, D., Manrique, F., Lorca, M. y Ospina, J. 2012. Prevalencia de anticuerpos para *Trypanosoma cruzi* en caninos de dos municipios endémicos de Boyacá. *Revista MVZ Córdoba*. 17(1): 2916: 2923.
- Miles, M. A. 2017. Chagas disease (American trypanosomiasis). En: Cohen, J., Powderly, W. B., Opal, S. M. (Ed). *Infectious diseases*. 4a Ed. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands.
- Miranda, F. 1998. La vegetación de Chiapas. 3a. Ed. Gobierno del Estado de Chiapas.
- Morillo, C. A., Marin-Neto, J. A., Avezum, A., Sosa-Estani, S., Rassi, A., Rosas, F., Villena, E., Quiroz, R., Bonilla, R., Britto, C., Guhl, F., Velazquez, E., Bonilla, L., Meeks, B., Rao-Melacini, P., Pogue, J., Mattos, A., Lazdins, J., Rassi, A., Connolly, S. J. y Yusuf, S. 2015. Randomized Trial of Benznidazole for Chronic Chagas' Cardiomyopathy. *The New England Journal of Medicine*. 373: 1295-1306.
- Nava-Doctor, J. E., Sandoval-Ruiz, C. A. y Fernández-Crispín, A. 2021. Knowledge, attitudes, and practices regarding vector-borne diseases in central Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 17(45): 1-14.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2023. Enfermedades tropicales desatendidas. [who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases](https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases). Consultado el 10 de marzo de 2023.
- Padilla-Velázquez, R. 2014. Conocimiento epidemiológico de la enfermedad de Chagas por los médicos familiares de la UMF 66 del Instituto Mexicano del Seguro Social. Tesis de grado de especialidad. Universidad Veracruzana.
- Pellecer-Rivera, E., Rivera-Arrivillaga, M., Juárez, J. G., De Urioste-Stone, S. M., Berganza, E. y Pennington, P. M. 2023. Adoption of community-based strategies for sustainable vector control and prevention. *BMC Public Health*. 23(1834): 1-15.

- Pinazo, M. J., Miranda, B., Rodríguez-Villar, C., Altclas, J., Serra, M. B., García-Otero, E. C., de Almeida, E. A., García, M., Gascon, J., García Rodríguez, M., Manito, N., Moreno-Camacho, A., Oppenheimer, F., Puente-Puente, S., Riarte, A., Salas-Coronas, J., Salavert-Lletí, M., Sanza, G. F., Torrico, F., Torrús-Tendero, D y Shikanai-Yasuda, M. A. 2011. Recommendations for management of Chagas disease in organ and hematopoietic tissue transplantation programs in nonendemic areas. *Transplantation Reviews*. 25(3): 91-101.
- Reyes-Novelo, E., Ruiz-Piña, H. A., Escobedo-Ortegón, J., Barrera-Pérez, M. A. 2011. Biología y ecología de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811), algunos aspectos de estudio. *Dugesiana*. 18(1): 11-16.
- Romay-Barja, M., Iglesias-Rus, L., Boquete, T., Benito, A. y Blasco-Hernández, T. 2021. Key Chagas disease missing knowledge among at-risk population in Spain affecting diagnosis and treatment. *Infectious Diseases of Poverty*. 10(55): 1-11.
- Ruiz-Colorado, M. C., Rivas-Acuña, V., Gerónimo-Carrillo, R., Hernández-Ramírez, G., Soancatl-Castro, M. y Damian-Pérez, R. 2016. Nivel de conocimiento y factores de riesgo de la enfermedad de Chagas en una comunidad de Cárdenas, Tabasco, México. *Salud en Tabasco*. 22(3): 61-69.
- Salazar-Schettino, P. M., Rojas-Wastavino, G. E., Cabrera-Bravo, M., Bucio-Torres, M. I., Martínez-Ibarra, J. A., Ruiz-Hernández, A. Monroy-Escobar, M. C., Rodas-Retana, A., Guevara-Gomez, Y., Vences-Blanco, M. O., Ruiz-Hernandez, A. L. y Torres-Gutiérrez, E. 2010. Revisión de 13 especies de la familia *Triatominae* (Hemiptera: Reduviidae) vectores de la enfermedad de Chagas, en México. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 1(1): 57-80.
- Sanmartino, M. 2010. Presente, pasado y futuro de la problemática del Chagas. Boletín de la Sociedad Entomológica Argentina 21(1): 1-3.
- Sanmartino, M. y Crocco, L. 2000. Conocimientos sobre la enfermedad de Chagas y factores de riesgo en comunidades epidemiológicamente diferentes de Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 7: 173-177.
- Stevens, L., Dorn, P. L., Schmidt, J. O., Klotz, J. H., Lucero, D. y Klotz, S. A. 2011. Kissing bugs. The vectors of Chagas. *Advances in Parasitology*. 75: 169-192.

- Tineo, E. y C. Ponte, 2013. Representaciones Sociales de la enfermedad de Chagas: dimensiones y estructura. *Revista de Investigación* 78 (37):145-166
- Torres, J.L., J. Ordoñez y M. G. Vázquez-Martínez. 2014. Conocimientos, actitudes y prácticas sobre el dengue en las escuelas primarias de Tapachula, Chiapas, México. *Revista Panamericana de Salud Pública* 35(3):214–218
- Valdez-Tah, A. R., Huicochea-Gómez, L., Nazar-Beutelspacher, A., Ortega-Canto, J. y Ramsey, J. M. 2015. La vulnerabilidad humana a la transmisión vectorial de *Trypanosoma cruzi* a través de los procesos de salud-enfermedad y la apropiación social del territorio. *Salud Colectiva*. 11(2): 191-210

CONCLUSIÓN GENERAL

La presente investigación ecoepidemiológica se realizó con el objetivo de determinar los factores presentes y que regulan la distribución de los organismos involucrados en la transmisión de *Trypanosoma cruzi* en el Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya, una Zona Sujeta a Conservación Ecológica del sureste de México. La cantidad de ejemplares de triatominos y el porcentaje de infección natural por *T. cruzi* determinado en el presente estudio fue mayor a lo que se ha reportado anteriormente en la ciudad; lo cual pone de manifiesto el aumento en la abundancia de triatominos y el riesgo de la transmisión de *T. cruzi* en los ciclos doméstico y silvestre. Por lo anterior, es de vital importancia seguir realizando vigilancia entomológica en la zona para evitar la dispersión de los insectos hacia las viviendas.

Los resultados aquí presentados también muestran un desconocimiento de la población en general de conocimientos referentes a la biología del triatomo (como su asociación con animales, su temporalidad), a su peligrosidad, así como el comportamiento de la enfermedad de Chagas, sobre todo aquellos que tiene que ver con su transmisión. El conocimiento limitado sobre el vector y la enfermedad de Chagas, alerta sobre la necesidad de promover programas de educación sanitaria en poblaciones de riesgo en la que se aborden los aspectos elementales de la enfermedad, ya que un mejor conocimiento del tema es un avance relevante que conlleva a los pobladores a la adquisición de hábitos de prevención.

Se determinó que el conocimiento se distribuye en términos de algunas variables sociodemográficas; por ejemplo, las mujeres tienen mayor conocimiento que los hombres. En términos de la edad, se observó una correlación positiva entre la edad y el conocimiento, lo que significa que, a mayor edad, más conocimiento se tiene al respecto. Esto pone de manifiesto la importancia de un adecuado diseño de estrategias educativas, sobre todo dirigidas a niños, para prevenir enfermedades transmitidas por vectores en el sureste de México.

Combinar la vigilancia de vectores y la educación sanitaria podría ser una estrategia exitosa para prevenir la propagación de insectos silvestres a áreas urbanas como la nuestra. Además de seguir implementando estudios ecoepidemiológicos ya que una estrategia exitosa de control de la enfermedad de Chagas requiere una visión completa del problema en una región específica lo que coadyuva a una toma de decisiones centradas en el problema.