

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y**

**ARTES DE CHIAPAS**

**INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**T E S I S**

Análisis entomoepidemiológico de los vectores  
(Hemiptera: Reduviidae) de *Trypanosoma cruzi*  
en diferentes localidades de Chiapas y Oaxaca,  
México

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

**JENNIFER ADRIANA ZENTENO ROSALES**

Director

Dr. José Antonio De Fuentes Vicente

**Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular-UNICACH**

Asesor

Lic. en Biol. César Daniel Coutiño Ovando

**Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular-UNICACH**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre de 2022





**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
SECRETARÍA GENERAL  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
Fecha: 21 de octubre de 2022

C. Jennifer Adriana Zenteno Rosales

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Análisis entomoepidemiológico de los vectores (Hemiptera: Reduviidae) de  
*Trypanosoma cruzi* en diferentes localidades de Chiapas y Oaxaca, México

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Dr. Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla

Dra. Dolores Guadalupe Vidal López

Dr. José Antonio De Fuentes Vicente

Firmas:

Ccp. Expediente

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. José Antonio De Fuentes, director de la tesis, por darme la oportunidad de trabajar junto a él, por sus enseñanzas, tiempo prestado y por depositar su confianza en mí.

Al Biól. César Daniel Coutiño Ovando, asesor de la tesis, por todo su tiempo y paciencia dedicada al momento de enseñarme.

Al Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular de la UNICACH (LIDiaM-UNICACH) y todos los que lo conforman, por abrirme sus puertas y convertirse en mi segunda casa, así como por proporcionarme todo el apoyo, orientación y recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Al Departamento de Vectores de la Secretaría de Salud por el acompañamiento y facilidades en cada uno de los muestreos.

Al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas (ICTIECh) por la beca otorgada que favoreció la conclusión de la presente tesis.

A mi familia, en especial a mi madre, por apoyarme a lo largo de la carrera y de la vida.

## DEDICATORIA

A mis amigos:

*Aylín, Crista, Jhos, Eliseo, Emmanuel y Adilene,*  
por su cálida compañía a lo largo de mi vida.

A *Mimi*, por motivarme a ser una mejor persona cada día.

*''Incluso si las duras olas se estrellan contra mí en la oscuridad,  
no dejaré que me lleven de nuevo''*

# ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ENFERMEDAD DE CHAGAS .....	3
2.1.1 Estado actual de la enfermedad de Chagas .....	4
2.1.2 Control de la enfermedad de Chagas.....	4
2.2 AGENTE CAUSAL.....	5
2.2.1 <i>Trypanosoma cruzi</i> .....	5
2.2.2 Ciclo de vida de <i>T. cruzi</i> .....	5
2.3 MECANISMO DE TRANSMISIÓN .....	6
2.3.1 Transmisión vectorial .....	6
2.3.2 Transmisión por transfusión sanguínea .....	7
2.3.3 Otras formas de transmisión.....	7
2.4 VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS .....	7
2.4.1 Subfamilia triatominae .....	7
2.4.2 Ciclo de vida de los triatominos .....	8
2.4.3 <i>T. dimidiata</i> .....	9
2.4.4 Ciclo de vida de <i>T. dimidiata</i> .....	9
2.4.5 Distribución y hábitat de <i>T. dimidiata</i> .....	10
2.4.6 <i>T. phyllosoma</i> .....	11
2.4.7 Distribución y hábitat de <i>T. phyllosoma</i> .....	11
2.5 IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS .....	12
2.5.2 Estudios morfológicos (morfométricos) .....	13
III. ANTECEDENTES .....	14
IV. OBJETIVOS .....	17
4.1. GENERAL.....	17
4.2 ESPECÍFICOS.....	17
V. ZONA DE ESTUDIO .....	18
5.1. COPAINALÁ .....	19

5.2. TECPATÁN.....	19
5.3. OCOSINGO.....	19
5.4. MOTOZINTLA.....	19
5.5. TEHUANTEPEC.....	20
5.6. SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC.....	20
VI. MÉTODOS.....	22
6.1. CAPTURA DE EJEMPLARES.....	22
6.2. EVALUACIÓN DE SABERES Y FACTORES DE RIESGO.....	22
6.3. DETERMINACIÓN DE LA INFECCIÓN CON <i>T. CRUZI</i> .....	23
5.4. MORFOMETRÍA LINEAL.....	23
6.5. COLORIMETRÍA.....	24
6.6. ANÁLISIS CUALITATIVO.....	25
VII. RESULTADOS.....	26
VIII. DISCUSIÓN.....	46
IX. CONCLUSIONES.....	51
X. RECOMENDACIONES.....	52
XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	53
XII. ANEXOS.....	59
Anexo 1.....	59
Anexo 2.....	59
Anexo 3.....	59
Anexo 4.....	60
Anexo 5.....	60
Anexo 6.....	60
Anexo 7.....	61
Anexo 8.....	61
Anexo 9.....	61
Anexo 10.....	62
Anexo 11.....	62
Anexo 12.....	62
Anexo 13.....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de infección natural de triatominos con <i>Trypanosoma cruzi</i> por zona de colecta.....	26
Cuadro 2. Caracteres cualitativos de los individuos colectados identificados como <i>Triatoma dimidiata</i> .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico de <i>Trypanosoma cruzi</i> .....	6
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Triatoma dimidiata</i> .....	10
Figura 3. Ubicación de los estados de Oaxaca y Chiapas en México.....	18
Figura 4. Puntos de muestreo establecidos en el estado de Chiapas, México.....	21
Figura 5. Puntos de muestreo establecidos en el estado de Oaxaca, México.....	21
Figura 6. Montaje optimizado para medir estructuras de los individuos.....	24
Figura. 7. Análisis de discriminantes comparando las dimensiones de los apéndices de los individuos.....	35
Figura. 8. Comparación de probóscides entre los morfotipos propuestos.....	36
Figura 9. Comparación del largo de la probóscide por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0077, machos (Der.) ANOVA P=0.0558, con un nivel de confianza de 95%.....	36
Figura 10. Comparación del ancho de la probóscide por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.5137, machos (Der.) ANOVA P=0.7861, con un nivel de confianza de 95%.....	37
Figura 11. Comparación del largo del pronoto por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.1047, machos (Der.) ANOVA P=0.0705, con un nivel de confianza de 95%.....	37
Figura 12. Comparación del ancho del pronoto por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0004, machos (Der.) ANOVA P=0.0008, con un nivel de confianza de 95%.....	37
Figura 13. Comparación del largo de la probóscide por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.2592, machos (Der.) ANOVA P=0.7432, con un nivel de confianza de 95%.....	38

Figura 14. Comparación del diámetro del ojo por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $p= 0.0397$ , machos (Der.) ANOVA $P=0.2193$ , con un nivel de confianza de 95%....	38
Figura. 15. Comparación general del cuerpo entre los morfotipos propuestos.....	38
Figura 16. Comparación del largo total del cuerpo por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $p= 0.0240$ , machos (Der.) ANOVA $=0.0120$ , con un nivel de confianza de 95%.....	39
Figura 17. Comparación del largo del primer par de alas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $P= 0.0149$ , machos (Der.) ANOVA $P=0.0008$ , con un nivel de confianza de 95%.....	39
Figura 18. Comparación de las alas entre los morfotipos sugeridos.....	39
Figura 19. Comparación del largo del segundo par de alas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $p= 0.0181$ , machos (Der.) ANOVA $p=0.0055$ , con un nivel de confianza de 95%.....	40
Figura 20. Figura 17. Comparación de patas entre los morfotipos propuestos.....	40
Figura 21. Comparación del largo del primer par de patas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $p= 0.6423$ , machos (Der.) ANOVA $p=0.3080$ , con un nivel de confianza de 95%.....	41
Figura 22. Comparación del largo del segundo par de patas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $p= 0.5324$ , machos (Der.) ANOVA $p=0.6167$ , con un nivel de confianza de 95%.....	41
Figura 23. Comparación del largo del tercer par de patas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA $p= 0.9765$ , machos (Der.) ANOVA $p=0.2016$ , con un nivel de confianza de 95%.....	41
Figura 24. Distribución de los morfotipos sugeridos en el estado de Oaxaca, México.....	42
Figura 25. Distribución de los morfotipos sugeridos en el estado de Chiapas, México.....	42
Figura 26. Porcentaje de la población encuestada que asocia la enfermedad de Chagas a los insectos vectores.....	43
Figura 27. Porcentaje de viviendas infestadas de triatominos con presencia o ausencia de animales domésticos y de corral.....	44

Figura 28. Porcentaje de viviendas elaboradas con concreto con presencia o ausencia de triatominos.....	44
Figura 29. Porcentaje de viviendas elaboradas con materiales de bioconstrucción con presencia o ausencia de triatominos.....	45

# I. INTRODUCCIÓN

La tripanosomiasis americana, también conocida como enfermedad de Chagas o mal de Chagas, es hoy en día considerada la parasitosis más importante en toda América, además de situarse como una de las 14 enfermedades regazadas en la lista de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Rojo-Medina *et al.*, 2018).

Esta enfermedad presenta tres fases clínicas y sólo la fase aguda, que dura de 3 a 6 meses, tiene altas posibilidades de que sea curable. Entre 30-40% de las personas infectadas progresan a la etapa crónica de la enfermedad, y en un periodo de entre 5 a 20 años después de haber adquirido la infección desarrollan enfermedad cardiovascular (cardiomiopatía) o síndrome de megavísceras. La esperanza de vida para estos casos crónicos se reduce entre 5 y 10 años de vida una vez que logran el diagnóstico clínico. La etapa crónica se manifiesta durante el período más productivo de la vida, entre los 35 y 55 años de edad, y requiere del empleo de terapias de soporte costosas, tales como el implante de marcapasos y el trasplante cardiaco en el caso de la cardiomiopatía dilatada (Ramsey, 2003).

El agente causal de esta enfermedad es el protozooario *Trypanosoma cruzi*, un parásito flagelado que alterna su ciclo de vida entre un insecto vector y un hospedero mamífero, incluido el hombre. Los vectores de *T. cruzi* son insectos hematófagos (Hemíptera; Reduviidae) conocidos coloquialmente como chinches, chinches besuconas o vinchucas (De Fuentes-Vicente y Gutiérrez-Cabrera, 2020). El mecanismo de transmisión de este parásito es principalmente por las heces donde se encuentran formas infectantes que ingresan al mamífero a través del sitio de picadura, lesiones en la piel o mucosas. Una vez adentro, los parásitos invaden las células nucleadas para multiplicarse e invadir otras células. Mientras esto ocurre, solo tres de cada 10 individuos infectados presentan síntomas como fiebre, cefalea, mareos, esplenomegalias, entre otras (Salazar-Schettino *et al.*, 2016).

Se han descrito alrededor de 136 especies de triatominos y más de la mitad se han encontrado infectados con *T. cruzi*. En México, hay reportadas 32 especies, dentro de las cuales *T. dimidiata* es considerado como uno de los transmisores más importantes debido a su amplia distribución, a su alta capacidad de adaptarse a la

vivienda humana y a que es capaz de explotar diferentes fuentes de alimento y refugio (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2016).

Las zonas de riesgo para la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en la mayoría de los países de América Latina se ubican en las áreas rurales donde existe una alta proporción de viviendas en condiciones precarias y una convivencia estrecha con los ambientes silvestres del vector-reservorio (Ramsey, 2003).

Durante 2017, el estado de Chiapas ocupó el segundo lugar en enfermedad de Chagas aguda, con una tasa de incidencia de 0.58 por 100 000 habitantes, solo detrás del estado de Guerrero con 0,97 por 100 000. Esta tendencia continúa, dado que este estado del sureste de México ocupó el segundo sitio hasta la semana 14 de 2019 (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021). Los sistemas de salud del estado de Chiapas reconocen esta enfermedad como una de los principales problemas de la población. Dentro de su programa estatal para reducir y fortalecer su vigilancia, establece un plan específico para su prevención y control (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2021).

Es preciso mencionar que esta enfermedad no cuenta con una vacuna eficiente, por lo que el control vectorial es el método más eficaz para prevenir la enfermedad de Chagas y consiste en la búsqueda intencionada de los insectos vectores, así como el rociado de insecticidas para evitar la infestación peri e intradomiciliada. Para potencializar estas campañas, involucrar a la población de zonas endémicas es una herramienta invaluable que puede influir en la disminución de la tasa de transmisión de *T. cruzi*. Sin embargo, el desconocimiento de la enfermedad es una barrera que debe ser primero superada para promover la participación comunitaria en el cuidado de la salud (De Fuentes-Vicente *et al.*, 2020). Por lo consiguiente, este trabajo tiene como finalidad revisar y mejorar las acciones de control de transmisión de la enfermedad de Chagas en comunidades marginadas del sureste de México.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ENFERMEDAD DE CHAGAS

La Enfermedad de Chagas (EC) o Tripanosomiasis americana es una zoonosis causada por el parásito hemoflagelado *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae). (Acero-Sandoval, 2014) El parásito es transmitido principalmente en las heces de insectos triatominos (Hemíptera: Reduviidae), los cuales adquieren el parásito a través de la alimentación de otros animales infectados. Al infectarse tanto los humanos como otros animales pueden presentar o no la enfermedad que tiene dos fases. Una fase aguda al momento de la entrada del parásito que puede presentar síntomas inespecíficos como fiebre e hinchazón del sitio de entrada, y una fase crónica donde el parásito ingresa a órganos como el corazón y al replicarse puede producir afectaciones a nivel del corazón donde puede llevar incluso a la muerte.

El cuadro agudo, cuya duración es de dos a ocho semanas, se caracteriza por parasitemia; también se identifica fiebre sin características especiales. Otros signos y síntomas clínicos frecuentes son linfadenopatías, edema subcutáneo, hepatomegalia, esplenomegalia y trastornos del ritmo cardiaco. En 5 % de los pacientes se evidencian signos que permiten identificar el sitio de inoculación: el signo de Romaña, edema bpalpebral, unilateral, no doloroso; el chagoma de inoculación, lesión indurada, indolora, con cambios de coloración aparentes como eritema o un tono violáceo, y que puede aparecer en cualquier parte del cuerpo. Algunos autores indican que la fase indeterminada o cuadro crónico asintomático puede tener una duración mayor a 30 años, si bien en general se considera una persistencia de 15 a 20 años. Los pacientes en esta fase no presentan síntomas o signos compatibles con la enfermedad y son detectados únicamente mediante estudios epidemiológicos y serológicos; estos pacientes constituyen un riesgo importante en la transmisión, principalmente en la vectorial y transfusional, ya que el parásito persiste en el individuo (Rojo-Medina, *et al.* 2018).

Actualmente los medicamentos únicamente pueden controlar la fase aguda, por lo que cuando el parásito ya se encuentra en órganos no se puede eliminar por

completo. Por lo tanto, el control de la enfermedad se enfoca principalmente en la eliminación de los triatominos que transmiten la enfermedad (Argüello-Sáenz,2018).

### **2.1.1 Estado actual de la enfermedad de Chagas**

Se estima que hay 11 millones de personas infectadas y 100 millones en riesgo de contraer la enfermedad en el continente. Se distribuye desde México hasta Argentina, aunque existen vectores y reservorios incluso en el sur de los Estados Unidos, y en la actualidad se han identificado casos en Canadá, EEUU, Australia y Japón. (Mendoza-Vázquez, 2013).

En México, se observa una mayor prevalencia de la enfermedad en las zonas sur y sureste, dado que el clima predominante favorece su presencia y existe un alto índice de desigualdad social y económica. Particularmente, el estado de Chiapas ocupa los primeros lugares a nivel nacional en cuanto a casos agudos de la EC. Por ejemplo, en 2017 se tuvo una incidencia de 0.58 por cada 100,000 habitantes, lo que lo llevó a ocupar el segundo lugar solo detrás del estado de Guerrero. Sin embargo, son pocos los estudios enfocados en conocer la prevalencia en diferentes zonas.

Sumado a esto, los estudios sobre el conocimiento de la enfermedad en jóvenes de áreas rurales del estado evidencian el desconocimiento de algunos componentes asociados con la enfermedad (Cruz-Alegría, *et al.*, 2021).

### **2.1.2 Control de la enfermedad de Chagas**

Según la OMS, al ser la enfermedad de Chagas una zoonosis, con un amplio número de reservorios silvestres la eliminación de todas las fuentes de infección y su erradicación es básicamente imposible (Argüello-Sáenz, 2018). Además, es importante señalar que no existe una vacuna aprobada clínicamente, recientemente han surgido candidatos a vacunas a partir de una respuesta inmunológica (antígeno-anticuerpo) en ratones, que confiere una protección inflamatoria logrando disminuir considerablemente el daño en tejido cardíaco. A pesar de que existe tratamiento antiparasitológico los dos medicamentos son poco específicos en fases avanzadas de la enfermedad y son los que se han usado en los últimos 30 años. En México, no se tiene acceso comercial a estos tratamientos y no existe dentro de las medidas de salud

un programa que desarrolle una vigilancia epidemiológica. Sin embargo, a nivel federal se tiene contemplado identificar las zonas del país con transmisión vectorial para desarrollar un programa de control vectorial integrado, mediante la vigilancia entomológica, incidencia y prevalencia de la enfermedad (Argüello-Sáenz, 2018).

A su vez, es de suma importancia brindar la información necesaria a las poblaciones en riesgo. Diversas investigaciones han permitido determinar los conocimientos, actitudes y prácticas (CAP) de diversas comunidades latinoamericanas hacia la enfermedad de Chagas. Esta información es de vital importancia para conocer los vacíos de información, las actitudes y prácticas que cada comunidad realiza para poder generar programas de manejo eficientes (Argüello-Sáenz, 2018).

## **2.2 AGENTE CAUSAL**

### **2.2.1 *Trypanosoma cruzi***

*T. cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) el agente causal de la enfermedad de Chagas fue descubierto por Carlos Chagas en 1909 logrando describir su ciclo de vida, transmisión y manifestaciones clínicas. Es un protozoo flagelado que daña fuertemente las innervaciones y tejidos del corazón, esófago y colon. *T. cruzi* habita en áreas silvestres dentro de mamíferos reservorios y triatomíneos silvestres, en áreas antropogénicas participa el hombre y triatomíneos domiciliados (Acero- Sandoval, 2014).

### **2.2.2 Ciclo de vida de *T. cruzi***

*T. cruzi* lleva a cabo diferentes cambios morfológicos en el intestino y recto de insectos de la subfamilia Triatominae como son: epimastigote y tripomastigote metacíclico, en el hospedero mamífero lleva a cabo las fases amastigote y tripomastigote sanguíneo. Por lo regular la forma de entrada e infección al hospedero mamífero y/o humano se realiza por el contacto de heces y orina de triatomíneos, que contienen la forma tripomastigote metacíclico (Acero-Sandoval, 2014).

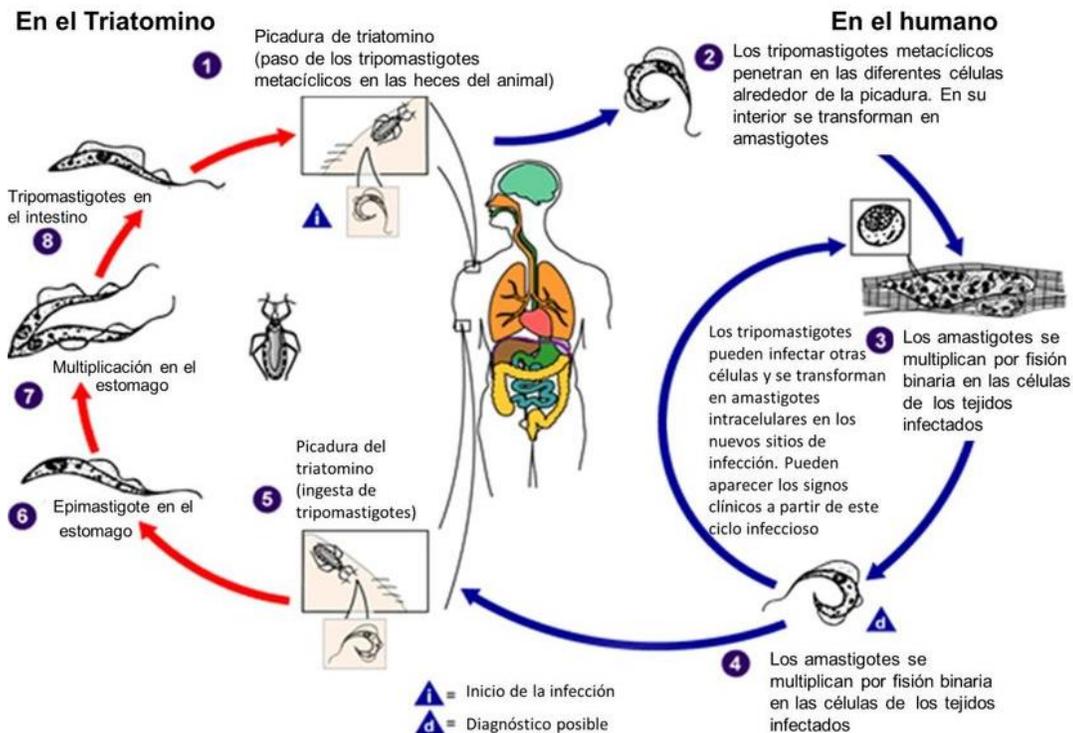


Figura 1. Ciclo biológico de *Trypanosoma cruzi* (adaptado de CDC, 2010).

## 2.3 MECANISMO DE TRANSMISIÓN

### 2.3.1 Transmisión vectorial

La principal forma de transmisión es la vectorial a través de triatominos, hemípteros (chinchas), de la subfamilia Triatominae, con alimentación hematófaga, que actúan como vectores biológicos de *T. cruzi*, adquieren el parásito a través de la ingesta de sangre durante la picadura de personas o animales infectados y lo transmiten a otras personas por medio de las deposiciones emitidas durante la picadura. (Mendoza-Vázquez, 2013)

Los insectos pueden presentar tres ciclos, uno selvático donde se alimentan de animales silvestres, uno peridomiciliar donde se instalan en la periferia de las viviendas donde infectan mascotas y animales cercanos y el ciclo domiciliar, donde logran ingresar a las casas y alimentarse de humanos aumentando el riesgo de contagio a las personas. Los factores socioeconómicos de las poblaciones, factores estructurales de las viviendas, presencia de animales, acumulación de objetos y características de

la vegetación cercana a la vivienda han demostrado ser un factor de riesgo para que los insectos puedan ingresar y establecerse (Argüello-Sáenz, 2018).

### **2.3.2 Transmisión por transfusión sanguínea**

Este tipo de transmisión adquiere mayor relevancia en aquellos países donde la transmisión vectorial no ocurre, por no encontrarse dentro de la zona endémica de la EC. Actualmente los movimientos poblacionales de personas infectadas con *T. cruzi* y las transfusiones sanguíneas en bancos de sangre donde no se lleva a cabo el tamizaje de sangre, favorecen las infecciones en personas que requieren transfusiones sanguíneas. (Acero-Sandoval, 2014).

### **2.3.3 Otras formas de transmisión**

Con el avance en el control vectorial y detección en transfusiones sanguíneas las formas alternativas de transmisión de *T. cruzi* han tenido mayor trascendencia. Se consideran formas alternativas algunas vías como: oral (consumo de carne de animales silvestres o de productos vegetales que contienen al parásito), congénita, accidental (manipulación en laboratorio) y por trasplantes de órganos (Acero-Sandoval, 2014).

## **2.4 VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS**

### **2.4.1 Subfamilia triatominae**

México es uno de los países con mayor número de especies de triatominos, las cuales están presentes en todos los estados del país; de éstas, dos géneros son los más importantes, *Triatoma* y *Meccus*. De las 34 especies registradas, 19 de éstas se han encontrado naturalmente infectadas con *T. cruzi* (Rodríguez-Bataz, *et al.*, 2011).

Hasta la fecha se han descrito 144 especies de triatominos con evidencias firmes de especies portadoras del parásito para más de la mitad (De FuentesVicente, *et al.*, 2018). Debido a su importancia como vectores, la biología de estos insectos ha sido ampliamente estudiada (Argüello-Sáenz, 2018).

#### **2.4.2 Ciclo de vida de los triatominos**

Los triatominos son insectos hemimetábolos, no llevan a cabo una metamorfosis completa. Son hematófagos obligados, siendo la sangre su única alimentación en todas las etapas de vida. El ciclo de vida contempla: huevo, cinco estadios ninfales (fases inmaduras) y adulto. Los huevos son de color blanco, existiendo variación de color y tamaño según la especie. En los primeros estadios de vida realizan la coprofagia como primera fuente de alimento. Los estadios ninfales se caracterizan por la ausencia de alas e inmadurez sexual, y para poder llevar a cabo su crecimiento corporal necesitan como mínimo una ingesta de sangre, con la ingesta de alimento se activa la ecdisona hormona encargada del crecimiento y del desprendimiento de la cutícula por el proceso de ecdisis, en estas etapas de inmadurez no ocurre un cambio o modificación del aparato digestivo del insecto.

Alcanzan el estadio adulto con la incorporación de dos pares de alas, siendo las anteriores mitades duras en la parte basal y membranosas en la parte distal; el segundo par de alas son totalmente membranosas. En esta etapa se alcanza la madurez sexual, las hembras alcanzan una mayor longitud que los machos; se presenta un dimorfismo sexual en la parte posterior del abdomen siendo la parte terminal más prominente en las hembras. Las hembras llegan a poner hasta 600 huevos en su vida adulta con la finalidad de que exista una tasa mayor de descendencia, esto varía en cada especie de triatominos tomando en consideración el volumen de sangre que ingieren y la temperatura ambiente (Acero-Sandoval, 2014). A pesar de este extendido hábito de alimentación como hematófagos, los triatominos tienen la capacidad de explotar otras fuentes de alimento como insectos y plantas. (De Fuentes-Vicente, *et al.*, 2018)

Si bien la mayoría de los triatominos prefieren habitar en ambientes silvestres y el ciclo de transmisión de *T. cruzi* se produce entre los mamíferos silvestres allí presentes, hay especies como *Rhodnius prolixus*, *Triatoma infestans* y *T. dimidiata*, que han sido capaces de colonizar y adaptarse a las viviendas humanas (De Fuentes-Vicente & Gutiérrez-Cabrera, 2020).

### **2.4.3 *T. dimidiata***

*T. dimidiata* es una especie perteneciente al orden Hemiptera, familia Reduviidae, subfamilia Triatominae y tribu Triatomini, está distribuida únicamente en el continente americano, desde México hasta Perú, con una distribución en expansión debido a variantes geoclimáticas. La biología y etología de *T. dimidiata* han sido ampliamente estudiadas tanto en campo como en laboratorio (Argüello-Saenz, 2018).

*T. dimidiata* es reconocida como una de las principales especies que actúan como vectores de *T. Cruzi* en México, Centroamérica y algunas regiones del norte de Sudamérica (Reyes-Novelo, *et al.*, 2011). Esta especie es es intra y peridomiciliar. En Chiapas *T. dimidiata* se encuentra domiciliada (Mendoza- Vázquez, 2013).

### **2.4.4 Ciclo de vida de *T. dimidiata***

El tiempo de vida de los adultos varía de acuerdo al sexo, por ejemplo, los machos con alimento sobreviven durante 160 días, mientras que las hembras pueden vivir hasta 172 días aproximadamente. Durante el estado juvenil, las ninfas deben alimentarse a repleción cuando menos una vez, para poder mudar al siguiente instar, lo cual las hace susceptibles a la adquisición de *T. cruzi* desde el primer instar ninfal, ya sea por alimentarse de un hospedero disponible o a través de la coprofagia, la cual se ha registrado en ninfas de hasta segundo instar. Es por ello, que las ninfas requieren estar cerca de su hospedero alimenticio o tener amplia movilidad, ya que en el primer y segundo instar solamente pueden pasar poco más de 25 días sin alimentarse, el tercer y cuarto instares pueden resistir alrededor de 75 días sin alimento y el quinto instar puede resistir hasta casi 100 días sin alimento, sin embargo, en el estado adulto, muy probablemente por las necesidades energéticas de vuelo y reproductivas, solamente pueden pasar aproximadamente 60 días sin alimentación (Reyes-Novelo, *et al.*, 2011).

Con respecto a la reproducción, las hembras son capaces de ovipositar en varias ocasiones según su alimentación y presencia de machos, con capacidad de oviposición de 1000-2000 huevos durante su vida. El porcentaje de eclosión de los huevos puede variar entre un 88,1% y un 100%. Se ha observado el almacenamiento de espermatozoides en las espermatecas de las hembras por lo que pueden, ya

fecundadas pero vacías, viajar distancias importantes y generar colonias en otros lugares con condiciones adecuadas; este comportamiento puede llevar a la infestación intradomiciliar en las viviendas. (Argüello-Sáenz, 2018)

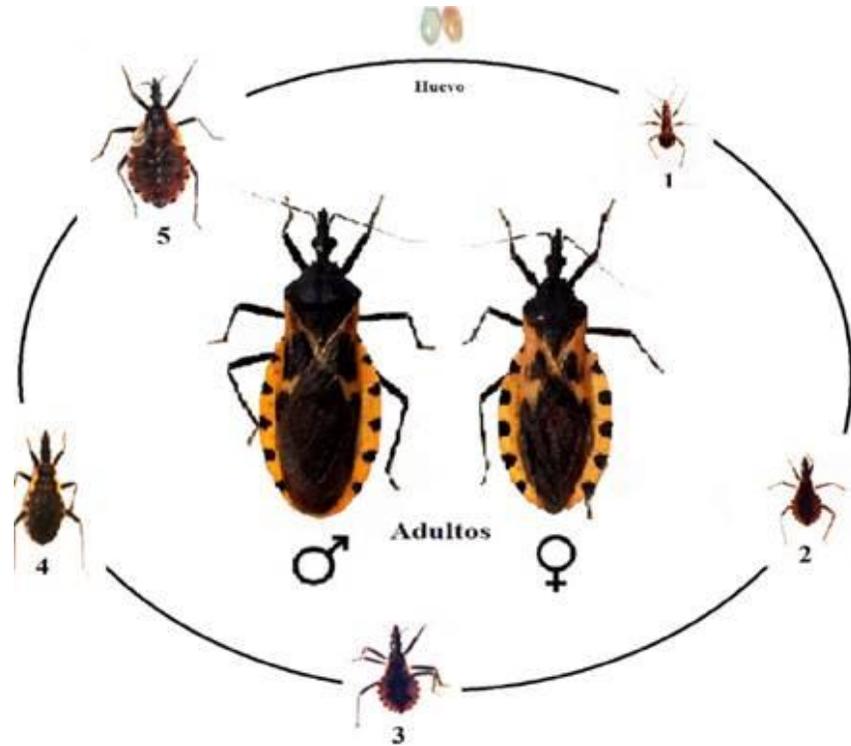


Figura 2. Ciclo de vida de *Triatoma dimidiata* (De Fuentes-Vicente *et al.* 2016)

#### 2.4.5 Distribución y hábitat de *T. dimidiata*

Este triatomino está registrado desde el norte de Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Costa Rica, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Guatemala y Belice, y en 14 Estados de México: Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz, Yucatán. (Salazar-Schettino, *et al.*, 2005).

Para el estado de Chiapas se tienen reportes de la presencia de *T. dimidiata* en municipios de las zonas costa, selva y centro. Se puede encontrar en ecotopos silvestres, asociados a madrigueras y cuevas de mamíferos terrestres, arbóreos y voladores, dentro y fuera de las viviendas humanas. Dentro del hábitat humano suele mantener sus poblaciones en agujeros o grietas en las paredes de las casas, montículos de piedras, sitios de almacenamiento de madera, áreas donde conviven y duermen animales domésticos y refugios de animales sinantrópicos. (Mendoza-Vázquez, 2013).

#### **2.4.6 *T. phyllosoma***

*T. phyllosoma* es una de las especies comprendidas dentro del complejo *Phyllosoma*, este es un grupo de especies endémicas de México que ha sido recientemente analizado con varios marcadores genéticos.

En esta especie se ha observado una gran diversidad en sus fuentes de alimentación, lo cual muestra su capacidad para alimentarse de cualquier animal que pueda aumentar su éxito en la adaptación a un determinado hábitat. (Villalobos, *et al.*, 2011).

#### **2.4.7 Distribución y hábitat de *T. phyllosoma***

*T. phyllosoma* se encuentra únicamente en México, con una amplia distribución desde el noreste neártico hasta la biorregión neotropical del norte de México, al oeste del Istmo de Tehuantepec/Bosque de Chimalapas. Las especies del complejo *Phyllosoma* son los principales vectores de *T. cruzi* en los hábitats selváticos y sinantrópicos de México, debido a su amplio oportunismo para las interacciones bióticas, y a su amplificación en hábitats modificados (May-Concha, *et al.*, 2018).

## 2.5 IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS

La epidemiología se emplea como una herramienta para el estudio de diferentes enfermedades o eventos relacionados con la salud, especialmente cuando se busca evaluar la repercusión de éstos en el ámbito de la población. Así, es posible encontrar aplicaciones de la epidemiología tanto para definir los mecanismos de transmisión de una enfermedad infecciosa como para evaluar la respuesta médica organizada para contender con la misma o para evaluar el impacto, en el ámbito poblacional, del desarrollo de resistencia a los diferentes tratamientos. El principal objetivo de la epidemiología es desarrollar conocimiento de aplicación a nivel poblacional. (Hernández-Avila, *et al.*, 2000).

Los primeros estudios epidemiológicos de la enfermedad de Chagas en Sudamérica se comenzaron a llevar a cabo entre 1980 y 1985, de tal forma que estos datos son los únicos reales que se tienen como referencia para demostrar el decrecimiento del número de casos que se producen cada año. Así, en 1985, se estimó que 100 millones de personas, es decir, el 25% de la población de Latinoamérica, estaban en riesgo de ser infectados por *Trypanosoma cruzi*, y que la prevalencia en los países endémicos era de unos 17,4 millones de personas infectadas. Estos números no comenzaron a reducirse hasta la década de los 90, cuando los países afectados comenzaron a tomar las riendas de la situación; pero los cambios en la distribución de la enfermedad y los datos de prevalencia, incidencia y mortalidad también están estrechamente relacionados con la situación socio-económica de los países y las importantes migraciones que ha sufrido el continente en los últimos años (Ruiz-Lander, 2015).

En 2010 se realizó una estimación de la distribución mundial de la incidencia de la enfermedad de Chagas, revelando que, en la actualidad, en Sudamérica aún se producen entre 90.000 y 900.000 casos nuevos al año, lo cual aún debería seguir preocupando a las autoridades mundiales (Ruiz-Lander, 2015).

Así, estas cifras sirven como indicador de la eficiencia actual del control de la enfermedad de Chagas. Los estudios epidemiológicos ofrecen información fundamental sobre factores de riesgo, frecuencia, distribución de la enfermedad en la población, entre otros aspectos particulares según el tipo de estudio (Hernández,

2017), por lo que son esenciales para lograr mejorar las medidas de prevención y control de esta enfermedad.

### **2.5.2 Estudios morfológicos (morfométricos)**

Una de las aproximaciones relevantes para esclarecer la distinción taxonómica de las especies es la morfometría, que estudia la variación de la forma y su covarianza con otras variables (Bookstein, 1991). La morfometría clásica o tradicional combina la estadística multivariada y la morfología cuantitativa, analizando la covarianza entre variables como longitudes, anchos y alturas (Adams *et al.* 2004).

En el estudio de insectos de importancia agrícola o médica ha sido muy utilizada para determinar el origen de reinfestaciones de insectos plaga o vectores de enfermedades (Daly, 1985). La morfometría aplicada a los insectos vectores de la EC ha sido empleada en estudios de estructuración geográfica de una especie, medición de la relación entre variación métrica y fenómenos de especiación, detección de cambios fenéticos asociados a la domesticación, estudio de la historia de las migraciones y dilucidación del origen de reinfestaciones (Dujardin *et al.* 2000).

En este trabajo se emplearon técnicas de morfometría tradicional para determinar diferencias existentes entre distintas poblaciones de *Triatoma dimidiata*.

### III. ANTECEDENTES

Debido al alto número de personas infectadas y en riesgo de contraer la enfermedad de Chagas se han desarrollado una serie de estudios con respecto a esta enfermedad, así como a sus insectos vectores. Sin embargo, es necesario continuar extendiendo y actualizando las investigaciones epidemiológicas realizadas para comprender mejor su dinámica. Algunos trabajos sobre la presencia de insectos y su infección en zonas endémica se muestran a continuación:

En 2003 Sandoval-Ruiz llevó a cabo un estudio sobre la existencia de triatomíneos intradomiciliarios, con el propósito de determinar el índice de infección natural de *Trypanosoma cruzi*, obteniendo como resultados que la especie *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) evidencia un importante índice de infestación y colonización domiciliaria.

Por otro lado, en 2005 Salazar-Schettino *et al.* abordaron los índices de infección natural con *Trypanosoma cruzi* en diferentes especies del género *Triatoma*, y obtuvieron como resultado que el índice más bajo pertenecía a *T. dimidiata*.

En 2012 Benítez-Alva *et al.* revisaron la distribución de los triatomíneos asociados con la vivienda humana, así como la infección natural con *T. cruzi*. Estos datos se utilizaron para producir mapas de distribución de los triatomíneos, así como la estratificación de posibles zonas de riesgo por colonización de triatomíneos. Se examinaron un total de siete especies de las cuales *Triatoma barberi*, *Meccus longipennis* y *M. pallidipennis* fueron las que presentaron un mayor índice de infección por *T. cruzi*, mientras que *M. pallidipennis* y *T. dimidiata* fueron las más ampliamente distribuidas.

A su vez, en 2021 Cruz-Alegría *et al.* llevó a cabo un estudio sobre la prevalencia y conocimiento de la Enfermedad de Chagas en comunidades del sureste de México, en donde se observó que menos de la mitad de la población encuestada mencionaron conocer al insecto vector de la enfermedad.

Por su parte, se han conducido algunos trabajos sobre variación morfológica de *T. dimidiata*, entre los cuales se mencionan los siguientes:

En cuanto estudios métricos Bustamante *et al.* (2002) comparó morfométricamente a poblaciones de época lluviosa y época seca de *Triatoma*

*dimidiata* en Guatemala para detectar posibles diferencias entre ellas, encontrando en los resultados que las poblaciones de esta especie presentan movimientos, y que en algunas áreas pueden existir al menos dos poblaciones que pueden diferenciarse morfométricamente. A su vez encontró que los factores climáticos como la temperatura y la lluvia tienen influencia en el inicio de estos movimientos poblacionales, que incluso pueden provocar que las poblaciones que no se encuentran en las viviendas humanas lleguen a invadirlas.

A su vez Menes-Hernández (2004) estudió la variación métrica intraespecie de poblaciones, domésticas y silvestres, de *T. dimidiata* de México, Centro América y Colombia; utilizando técnicas morfométricas que permitieran analizar la influencia de la procedencia geográfica y el ecotopo, así como la estabilidad del desarrollo de las alas como un medio de analizar la capacidad de dispersión de los individuos. En el trabajo se concluyó que la procedencia geográfica tiene una mayor importancia que el hábitat en la forma de las cabezas de esta especie. Por otro lado, se concluyó que, en los machos por presentar un mayor número de caracteres simétricos, este podría utilizarse como un indicador de movilidad.

A su vez Menes-Hernández *et al*; 2007 estudió la variación fenotípica de poblaciones silvestres de *Triatoma dimidiata* empleando técnicas de morfometría tradicional que permitieron analizar las relaciones intraespecíficas entre poblaciones colectadas en ecotopos naturales y poblaciones colectadas en el interior de viviendas de comunidades rurales asociadas a sitios silvestres. Los resultados mostraron que la región norte del país, presenta una amplia diversidad de poblaciones de *Triatoma dimidiata*, que deben ser estudiadas a fondo con diferentes marcadores moleculares y fenéticos, ya que pueden representar una fuente importante de reinfestación o de no ser vigiladas pueden llegar a colonizar viviendas y establecer ciclos de infección de la enfermedad.

En 2017 Santana-Cedillo realizó un trabajo con el objetivo de caracterizar y comparar poblaciones de *Triatoma dimidiata* de México, utilizando la cabeza y la genitalia externa de los machos como marcadores fenéticos. Esto con la finalidad de entender la estructura poblacional de esta especie en el territorio nacional. El análisis morfométrico mostró un aparente aislamiento ecológico de una población de Yucatán,

asociado a un hábitat selvático, mientras que el análisis morfológico de las estructuras genitales de los machos mostró variación intrapoblacional tal que no permite identificar agrupamiento de ningún tipo entre las poblaciones.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL

Evaluar algunos parámetros entomoepidemiológicos de los insectos triatominos en diferentes localidades de Chiapas y Oaxaca, México.

### 4.2 ESPECÍFICOS

1. Evaluar la presencia de insectospertenecientes a la subfamilia triatominae en diferentes localidades rurales.
2. Medir el índice de infección natural con *Trypanosoma cruzi* en poblaciones domiciliadas de *Triatoma dimidiata* y *Triatoma phyllosoma* de diferentes localidades rurales.
3. Identificar los posibles factores de riesgo asociados a la presencia de triatominos en diferentes localidades rurales.
4. Determinar los saberes sobre la enfermedad de Chagas e insectos vectores presentes en zonas rurales.
5. Comparar morfométricamente a distintas poblaciones de *Triatoma dimidiata*.
6. Comparar cualitativamente caracteres morfológicos de distintas poblaciones de *Triatoma dimidiata*.

## V. ZONA DE ESTUDIO

Los puntos de estudio se localizan en los estados de Chiapas y Oaxaca, en la zona suroeste de México. El estudio se llevó a cabo en el municipio de Tehuantepec y en las localidades de Leyes, El Manantial, Chinantilla, Loma Alta, Loma Bonita y El Azufre en el municipio de Tuxtepec, en Oaxaca, y las localidades de San José Cushipac en el municipio de Tecpatán, Rivera Morelos en el municipio de Motozintla, La Pimienta en Ocosingo, Campeche y División Norte en el municipio de Copainalá, en el estado de Chiapas.



Figura 3. Ubicación de los estados de Oaxaca y Chiapas en México.

### **5.1. COPAINALÁ**

El municipio de Copainalá se localiza a 431 metros de altitud, en la región de las Montañas del Norte del estado de Chiapas. Referente a su distribución territorial Copainalá presenta colindancias al norte con el municipio de Ocatepec, al este con los de Coapilla y Chicoásen, al sur con los municipios de San Fernando y Berriozábal y al oeste con Tecpatán (Municipios, 2020).

### **5.2. TECPATÁN**

Se encuentra a una altura de 320 metros sobre el nivel del mar, enclavado en las Montañas del Norte. Limita al norte con el Estado de Tabasco y el municipio de Ostuacán, al este con Francisco León, Copainalá y Ocatepec, al sur con Berriozábal, Ocozocoautla y Cintalapa, y al oeste el Estado de Veracruz. El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año en el norte y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur. La vegetación predominante es de selva mediana. (INAFED, s.f.).

### **5.3. OCOSINGO**

El municipio de Ocosingo se localiza en el estado de Chiapas, en las Montañas del Oriente. Se encuentra a una altura de 900 metros sobre el nivel del mar. Territorialmente Ocosingo colinda al norte con el municipio de Palenque, al este y al sur con Guatemala, en la zona suroeste con Las Margaritas y al noroeste colinda con los municipios de Chilón, Oxchuc, Altamirano y San Juan Cancuc.

El mapa de la República Mexicana indica que el municipio de Ocosingo se localiza entre las coordenadas geográficas 16° 54' latitud norte y entre 92° 06' longitud oeste. (Municipios, 2020).

### **5.4. MOTOZINTLA**

Este municipio de Chiapas colinda al norte con Siltepec, en la zona oeste con los municipios de Escuintla y Huixtla, al sur con Tuzantán y Tapachula, en la zona este con la República de Guatemala y al noreste con los municipios de Mazapa de Guerrero y con El Porvenir. La altitud general que presenta el municipio de Motozintla es 1,260 metros sobre el nivel del mar. (Municipios, 2020).

## **5.5. TEHUANTEPEC**

El municipio de Santo Domingo Tehuantepec en el estado de Oaxaca se ubica a una altura promedio de 40 metros sobre el nivel del mar, colinda al norte con los municipios de Santa María Jalapa del Marqués, Santa María Mixtequilla y Magdalena Tlacotepec; al sur con el Océano Pacífico; al oeste con San Pedro Huamelula, San Miguel Tenango y Magdalena Tequisistlán; al este con San Pedro Comitancillo, San Blas Atempa y Salina Cruz. (INAFED, s.f).

## **5.6. SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC**

El municipio de San Juan Bautista Tuxtepec está ubicado al norte en el estado de Oaxaca, a una altura de 20 msnm. Forma parte de la región del Papaloapam y del distrito Tuxtepec. Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas 18° 05' latitud norte y entre 96° 08' longitud oeste. Es preciso saber que, debido a su posición territorial, San Juan Bautista Tuxtepec limita al norte con el estado de Veracruz y con el municipio de San Miguel Soyaltepec, al sur con Santiago Jocotepec y Loma Bonita, en la zona poniente están Santa María Jacatepec, San Lucas Ojitlán y San José Chiltepec, finalmente al oriente limita nuevamente con el municipio de Loma Bonita. (Municipios, 2022)

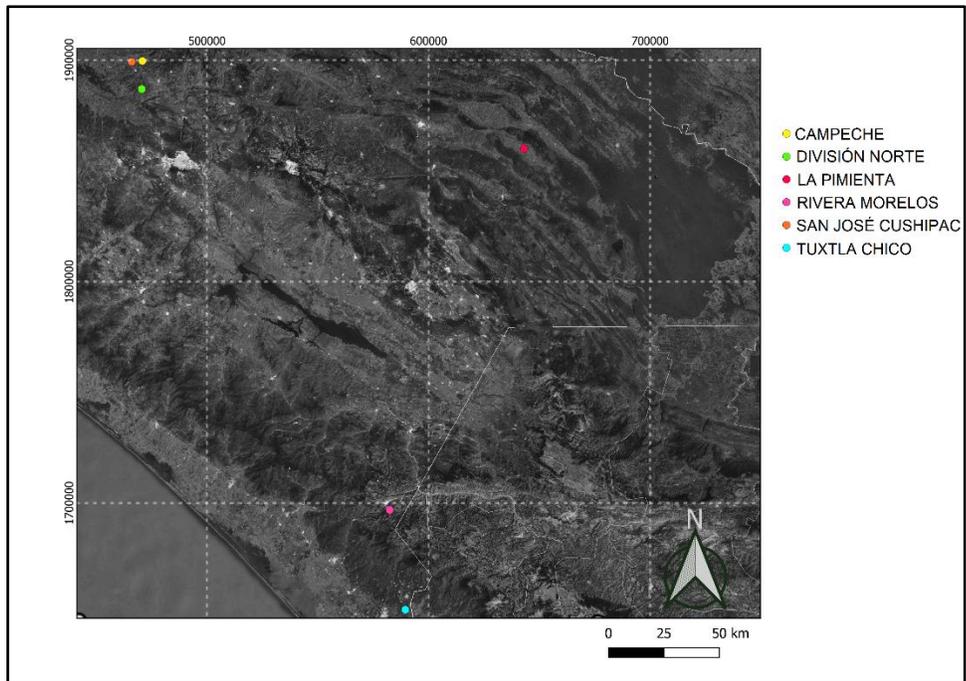


Figura 4. Puntos de muestreo establecidos en el estado de Chiapas, México

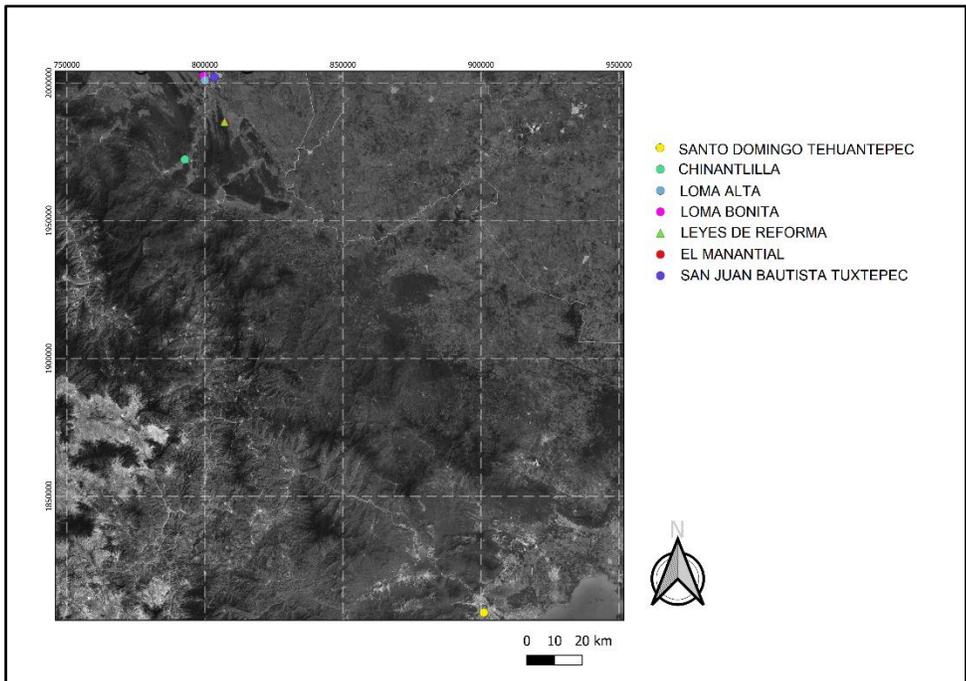


Figura 5. Puntos de muestreo establecidos en el estado de Oaxaca, México

## **VI. MÉTODOS**

### **6.1. CAPTURA DE EJEMPLARES**

La captura de los ejemplares estudiados se llevó a cabo mediante la técnica de colecta directa hora-hombre-casa, en la que el colector busca de manera activa a los insectos dentro de refugios potenciales dentro de la vivienda o en su periferia. Esta estrategia es utilizada ampliamente por la mayoría de los colectores, quienes se apoyan de herramientas e instrumentos que varían según el sustrato o sitio de búsqueda (Márquez. 2005). En este trabajo, se utilizaron con mayor frecuencia pinzas largas para poder extraer a los individuos de sus refugios.

El periodo de captura se realizó en los periodos más calurosos que comprenden los meses de marzo a julio, considerando que Hernández *et al.* (2010) y Polonio *et al.* (2009) sugieren que las condiciones climáticas también inciden en el número de insectos capturados durante el año, el cual aumenta en las temporadas secas.

Para el traslado de los ejemplares a laboratorio se emplearon frascos de plástico como sugiere Ardila *et al.*, (2017), sin humedad, con la boca cubierta por un trozo de gasa doble, amarrado con dos bandas de caucho. Dentro de cada frasco se colocó una hoja de papel doblada en forma de abanico (acordeón), para que el insecto pudiera asirse y en caso dado ovopositar.

### **6.2. EVALUACIÓN DE SABERES Y FACTORES DE RIESGO**

Durante la captura de los insectos, se evaluaron los conocimientos y los factores de riesgo relacionados con la enfermedad de Chagas, aplicando encuestas (anexo 13) a los jefes de familia de las viviendas seleccionadas durante los muestreos en las comunidades de estudio. Asimismo, con ayuda del departamento de vectores también se evaluó la presencia de triatominos en las viviendas y se identificaron posibles factores de riesgo tales como el material de la vivienda, presencia de mascotas o animales de corral y desorden.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante una prueba de chi cuadrado, en el programa estadístico PAST.

### **6.3. DETERMINACIÓN DE LA INFECCIÓN CON *T. CRUZI***

Una vez que los insectos fueron transferidos al laboratorio y mantenidos en una incubadora a 24 °C y 70 % de humedad, se obtuvieron muestras del contenido rectal de cada triatomino colectado aplicando presión en el área abdominal. Las heces fueron diluidas en solución salina fisiológica y posteriormente observadas en el microscopio óptico empleando el objetivo 40x para determinar la presencia de tripomastigotes metacíclicos de *T. cruzi* en la materia fecal de los triatominos. Se consideró como positivo cuando se observó al menos a un flagelado.

Para los individuos que resultaron negativos, se realizó un segundo análisis a los 15 días posteriores y así confirmar el resultado.

### **5.4. MORFOMETRÍA LINEAL**

Para el análisis de morfometría se realizó el montaje de los ejemplares separándolos en partes clave (cuerpo, alas, patas y probóscide) sobre portaobjetos, empleando discos de silicón para su adhesión, para lograr una observación óptima al realizar cada medición. Tras su montaje se empleó una cámara Canon T4 con lente de 18x135mm para obtener las imágenes de cada parte a medir de los ejemplares, que posteriormente se procesaron con el programa para morfometría ImageJ en el que se marcaron las mediciones.

- Largo (L) de la probóscide
- Ancho (A) de la probóscide
- Largo (L) del pronoto
- Ancho (A) del pronoto
- Largo (L) de la cabeza
- Diámetro (D) del ojo
- Longitud (L) total del cuerpo
- Largo (L) primer par de alas
- Largo (L) segundo par de alas
- Largo (L) primer par de patas
- Largo (L) segundo par de patas
- Largo (L) tercer par de patas

Las medidas obtenidas fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.

También se realizó un análisis de Correlación de Pearson en el mismo programa estadístico, para determinar cuáles variables se encuentran correlacionadas. Posteriormente se realizó un análisis de discriminantes en el programa estadístico PAST 3.0, con este análisis se verifica la igualdad de las medias multivariadas de la conformación y se ordenan los grupos en gráficas de dispersión, de acuerdo con la mayor separación posible entre ellos. Tal magnificación de la variación inter-grupos se hace minimizando la variación intra-grupos (Jaramillo, 2014).



Figura 6. Montaje optimizado para medir estructuras de los individuos

## 6.5. COLORIMETRÍA

Las imágenes de los ejemplares fueron posteriormente procesadas mediante la herramienta ColorPick Eyedropper en su versión 0.0.2.37 para medir los valores hexadecimales y RGB de la coloración del conexivo y del primer par de alas de cada individuo seleccionado.

## **6.6. ANÁLISIS CUALITATIVO**

A su vez se realizó un análisis cualitativo de las poblaciones de *T. dimidiata* enfocado a variables observables que diferencian a estas entre sí: coloración de alas, coloración de conxivo, posición de las manchas, posición de los espiráculos, las cuales fueron analizadas con ayuda de un estereoscopio AmScope. Esto con el fin de conocer la variación morfológica de las poblaciones.

## VII. RESULTADOS

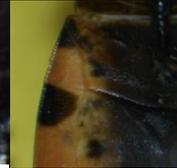
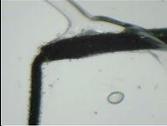
Los resultados generales muestran que se obtuvo un total de 63 individuos de triatomos colectados en los sitios de estudio, pertenecientes a las especies *Triatoma dimidiata* y *T. phyllosoma*. El análisis coproparasitológico evidenció que 21 ejemplares resultaron infectados con *Trypanosoma cruzi*, lo que equivale al 33.33% siendo *T. dimidiata* la especie con el porcentaje más alto de infección (71.42%). De las siete localidades infestadas con triatomos, únicamente en dos localidades no se observó infección con *T. cruzi* en los insectos, siendo ambas pertenecientes al estado de Chiapas (Cuadro 1).

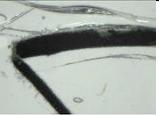
Cuadro 1. Porcentaje de infección natural de triatomos con *Trypanosoma cruzi* por localidad de colecta.

Localidad de colecta	Especie	No. De individuos	Infección con <i>Trypanosoma cruzi</i>	Porcentaje de individuos infectados
San José, Tecpatán, Chis.	<i>T. dimidiata</i>	17	0	0%
División Norte, Copainalá, Chis.	<i>T. dimidiata</i>	1	1	100%
La Pimienta Ocosingo, Chis.	<i>T. dimidiata</i>	3	0	0%
Rivera Morelos, Chis.	<i>T. dimidiata</i>	3	3	100%
Campeche, Copainalá	<i>T. dimidiata</i>	5	1	20%
Tuxtepec, Oax.	<i>T. dimidiata</i>	13	10	76.92%
Tehuantepec, Oax.	<i>T. phyllosoma</i>	21	6	28.57%
Total	2	63	21	33.33%

En cuanto a los estudios cualitativos para determinar diferencias fenotípicas sobre los individuos de *T. dimidiata* se logró observar contrastes intraespecíficos notables en cuanto a la presencia de manchas dorsales y manchas de los espiráculos en varios individuos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracteres cualitativos de los individuos colectados identificados como *Triatoma dimidiata*.

CÓDIGO	CABEZA	VELLOSIDADES (PRESENCIA /AUSENCIA)	PRESENCIA DE MUESCA (3er par de patas)	COLORACIÓN DE ESPIRÁCULOS	MANCHAS DORSALES (PRESENCIA/ AUSENCIA)	COLOR CONEXIVO (Código html)	COLOR ALAS (Código html)
T-Te-01-J						4F2D24 79 45 36	8F6533 143 101 51
T-Te-02-C						783C11 120 60 17	8D5E2E 141 94 46
T-Te-03-J						9C4C27 156 76 39	895535 137 85 53
T-Te-04-J						A3601D 163 96 29	8E6331 142 99 49

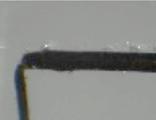
T-Te-05-C						945F36 148 95 54	916739 145 103 57
T-Te-06-J						7F431F 127 67 31	90663C 144 102 60
T-Te-07-C						8D5D21 141 93 33	92653A 146 101 58
T-Te-08-J						6E3720 110 55 32	8B683C 139 104 60
T-Te-09-C						784A21 120 74 33	945824 148 88 36

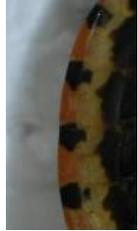
T-Te-10-J						97652A 151 101 42	836037 131 96 55
T-Te-11-J						85561F 133 86 31	956B3C 149 107 60
T-Te-12-C						A05422 160 84 34	87532C 135 83 44
T-Co-13-J						713B0E 113 59 14	925E2E 146 94 46
T-Pi-14-J						8B5212 139 82 18	85684A 133 104 74

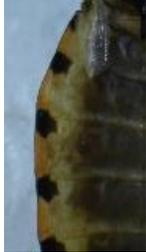
T-Pi-15-J						88430A 136 67 10	
T-Pi-16-J						72310A 114 49 10	87603D 135 96 61
T-Co-Ca-17						7E3712 126 55 18	815F41 129 95 65
T-Co-Ca-18						7A5425 122 84 37	94836E 148 131 110
T-Co-Ca-19						763910 118 57 16	755237 117 82 55

T-Tux-20						4E2A18 78 42 24	694B2F 105 75 47
T-Tux-21						4D2715 77 39 21	675032 103 80 50
T-Tux-22						472E2E 71 46 46	5D4434 93 68 52
T-Tux-23						75431E 117 67 30	857557 133 117 87
T-Tux-24						371D14 55 29 20	70563D 112 86 61

T-Tux-25						653B24 101 59 36	7A6546 122 101 70
T-TC-26						622910 98 41 16	8C6A4B 140 106 75
T-Tux-27						3C1E14 60 30 20	
T-Tux-28						442413 68 36 19	7F6349 127 99 73
T-Tux-29						532D18 83 45 24	65492F 101 73 47

T-Tux-30						A27438 162 116 56	73583B 115 88 59
T-Tux-31						D5852C 213 133 44	
T-Tux-32						C1924B 193 146 75	7A5B3C 122 91 60
T-Tux-33						9B6534 155 101 52	
T-Tux-34						DB9E47 219 158 71	7E5E41 126 94 65

T-Tux-35						96713A 150 113 58	65492F 101 73 47
T-Tux-36						C5995C 197 153 92	7C6144 124 97 68
T-Tux-37						C29037 194 144 55	715944 113 89 68
T-Tux-38						E09A4B 224 154 75	8C725B 140 114 91
T-Tux-39						DEB748 222 183 72	8F7E60 143 126 96

T-Tux-40						D5922F 213 146 47	7C6245 124 98 69
T-Tux-41						E8AD43 232 173 67	8D7B5E 141 123 94

Al analizar los resultados obtenidos y después de medir las variables cuantitativas por cada localidad, no se observaron características específicas por sitio de estudio (Anexo 1). Por ello se optó por realizar un análisis discriminante (Figura 4), el cual separó a los individuos en dos grupos. Los individuos de cada grupo coinciden a su vez con las diferencias cualitativas en cuanto a la presencia de manchas dorsales y coloración de los espiráculos observadas previamente, por lo que se propuso manejar estos grupos como morfotipos distintos: Mf1 y Mf2.

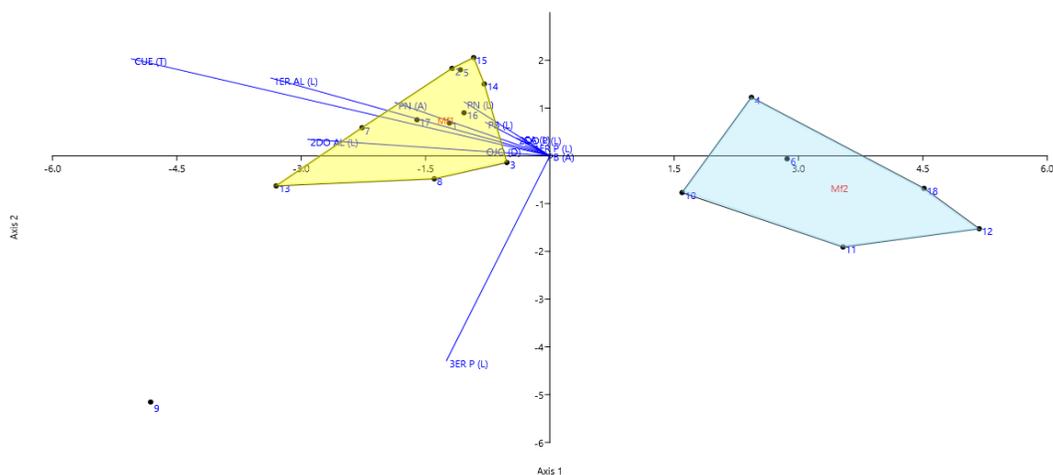


Figura. 7. Análisis de discriminantes comparando las dimensiones de los apéndices de los individuos

Al comparar morfométricamente a estos morfotipos sugeridos se encontraron que seis variables presentaron diferencias significativas, de las cuales se puede inferir que estructuras como las alas, probóscide, longitud del cuerpo, marcan la diferencia entre los grupos.

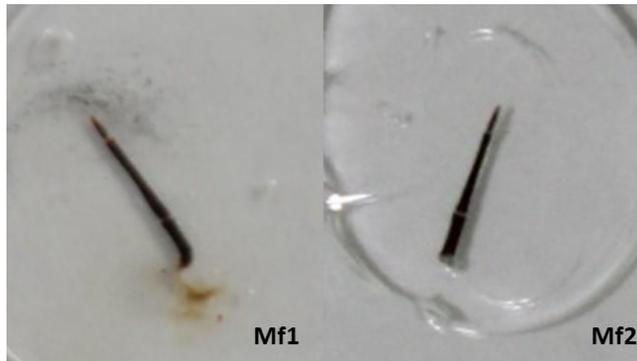


Figura 8. Comparación de probóscides entre los morfotipos propuestos

Los resultados obtenidos para la variable Largo de la probóscide marcaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los morfotipos, tanto en hembras como en machos. (Figura 9)

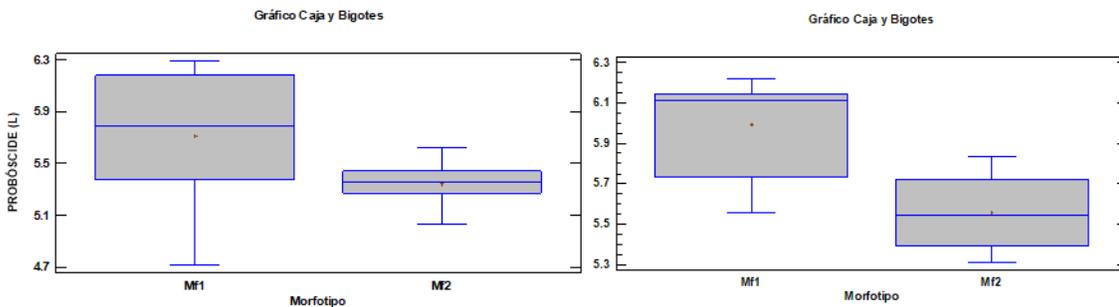


Figura 9. Comparación del largo de la probóscide por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $P = 0.0077$ , machos (Der.) ANOVA  $P = 0.0558$ , con un nivel de confianza de 95%

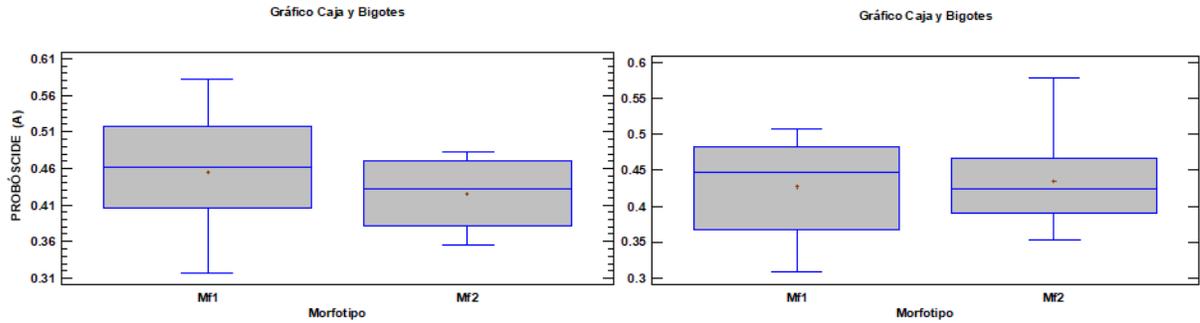


Figura 10. Comparación del ancho de la probóscide por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $P= 0.5137$ , machos (Der.) ANOVA  $P=0.7861$ , con un nivel de confianza de 95%

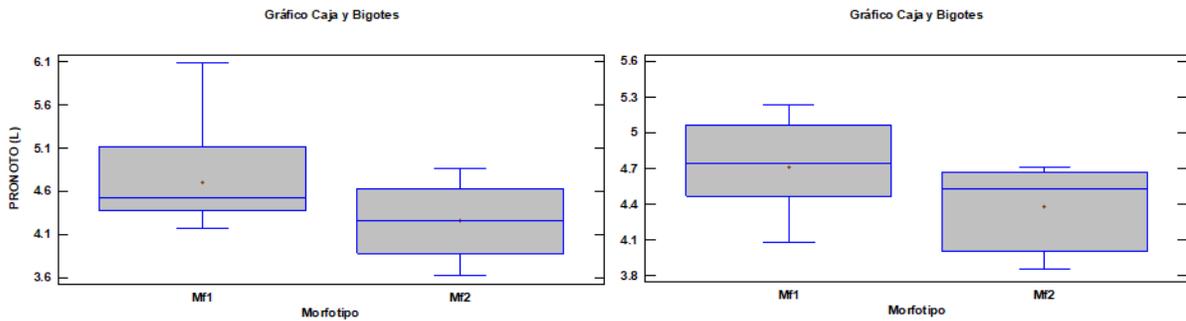


Figura 11. Comparación del largo del pronoto por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $P= 0.1047$ , machos (Der.) ANOVA  $P=0.0705$ , con un nivel de confianza de 95%

Los resultados obtenidos para la variable Ancho del pronoto marcaron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre los morfotipos, tanto en hembras como en machos (Figura 12).

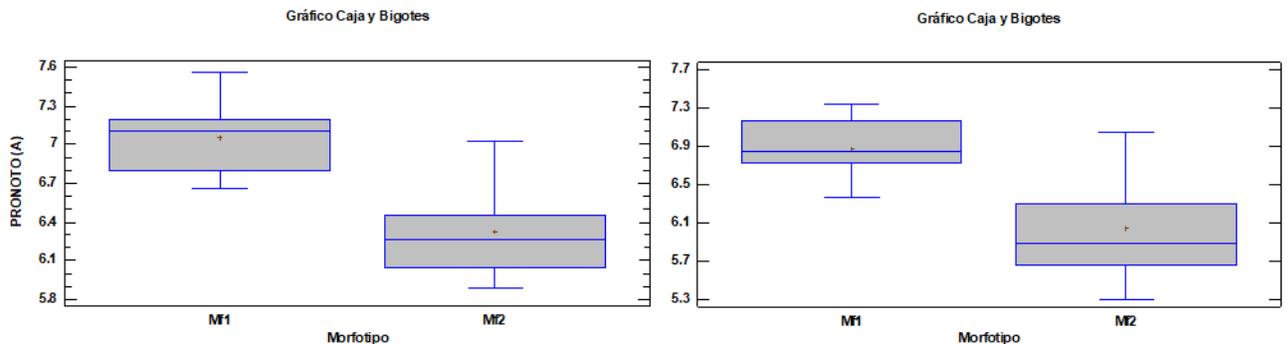


Figura 12. Comparación del ancho del pronoto por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $P= 0.0004$ , machos (Der.) ANOVA  $P=0.0008$ , con un nivel de confianza de 95%

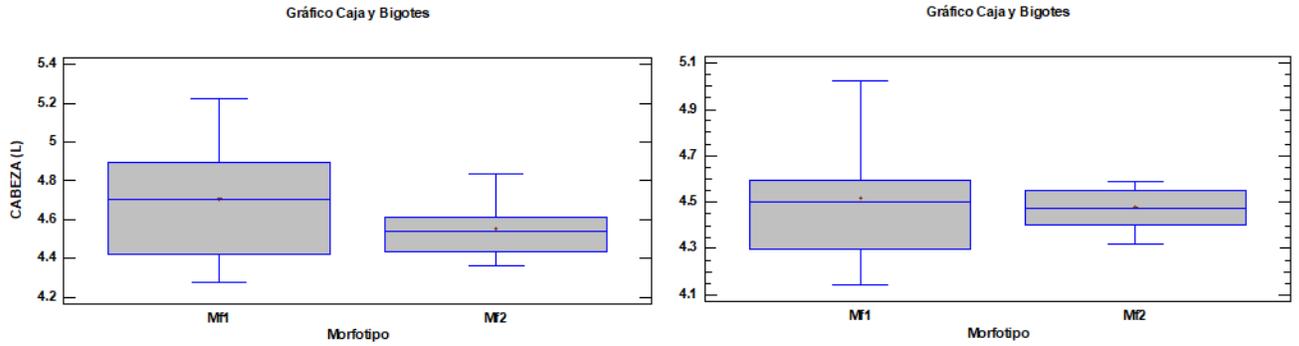


Figura 13. Comparación del largo de la probóscide por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.2592, machos (Der.) ANOVA P=0.7432, con un nivel de confianza de 95%

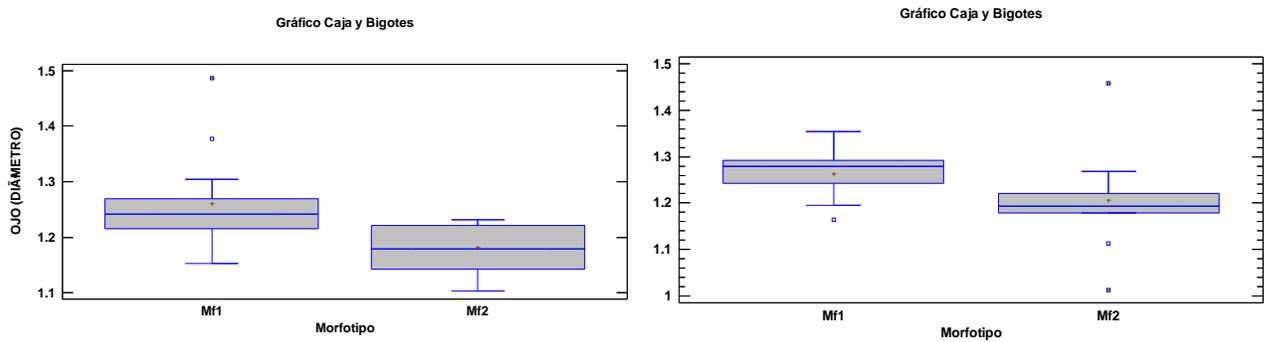


Figura 14. Comparación del diámetro del ojo por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA p= 0.0397, machos (Der.) ANOVA P=0.2193, con un nivel de confianza de 95%



Figura. 15. Comparación general del cuerpo entre los morfotipos propuestos

Los resultados obtenidos para la variable Largo total del cuerpo marcaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los morfotipos, tanto en hembras como en machos (Figura 16).

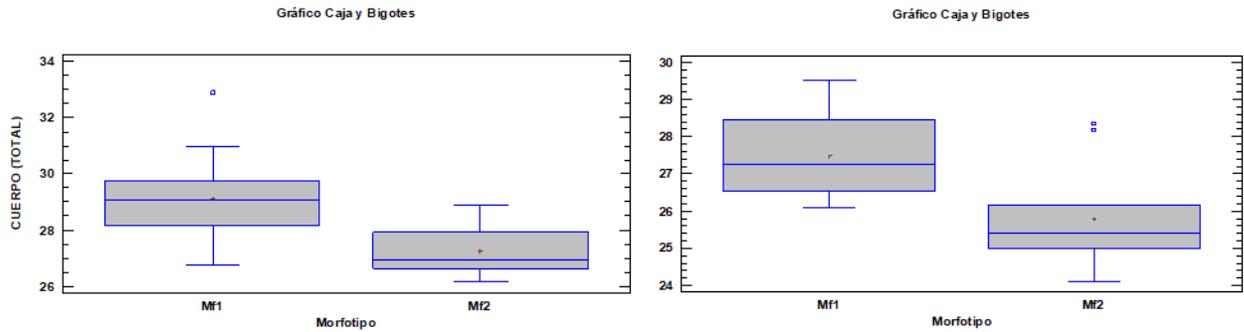


Figura 16. Comparación del largo total del cuerpo por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $p=0.0240$ , machos (Der.) ANOVA  $=0.0120$ , con un nivel de confianza de 95%

Los resultados obtenidos para la variable Largo del primer par de alas marcaron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre los morfotipos, tanto en hembras como en machos (Figura 17).

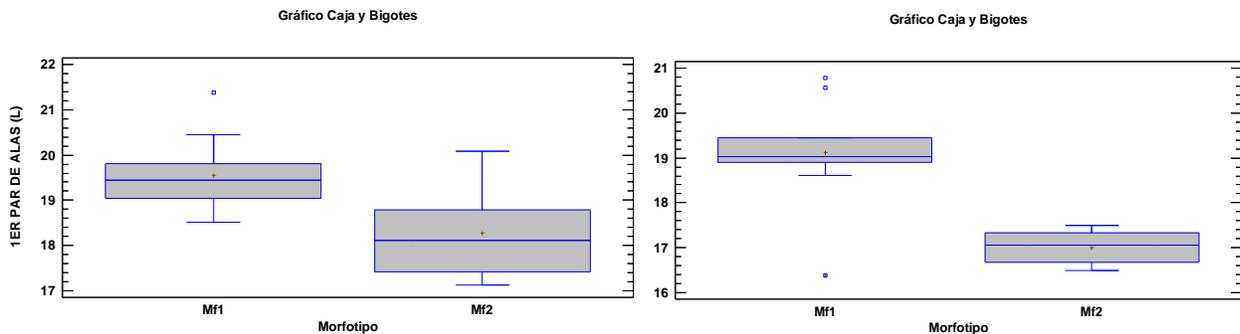


Figura 17. Comparación del largo del primer par de alas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $P=0.0149$ , machos (Der.) ANOVA  $P=0.0008$ , con un nivel de confianza de 95%

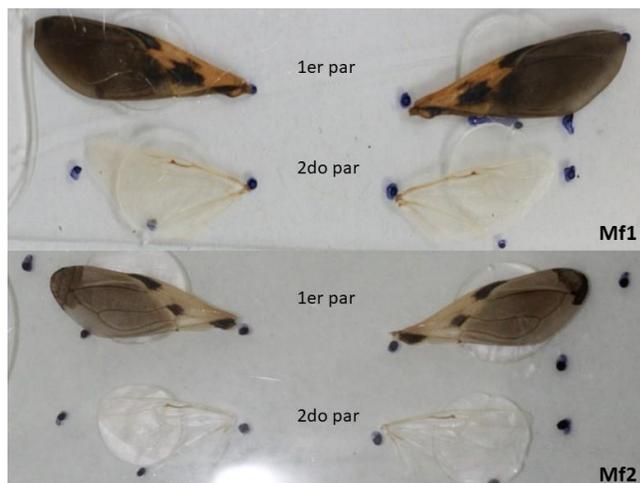


Figura 18. Comparación de las alas entre los morfotipos sugeridos

Los resultados obtenidos para la variable Largo del segundo par de alas marcaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los morfotipos, tanto en hembras como en machos (Figura 19).

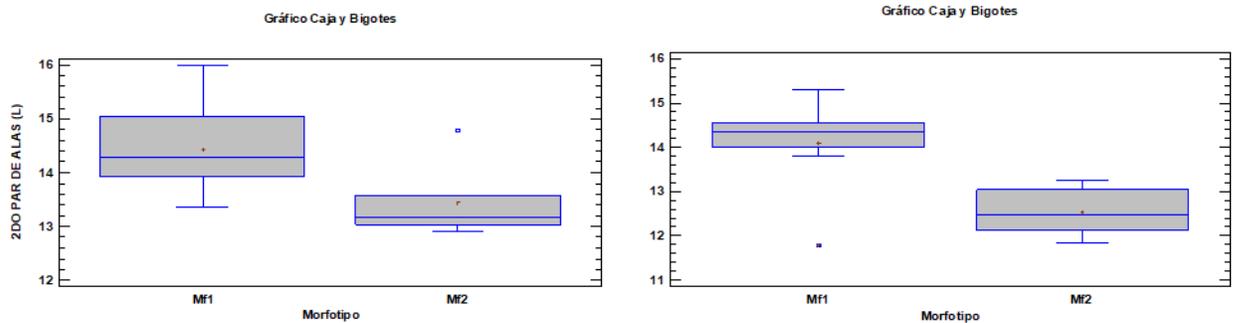


Figura 19. Comparación del largo del segundo par de alas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $p = 0.0181$ , machos (Der.) ANOVA  $p = 0.0055$ , con un nivel de confianza de 95%

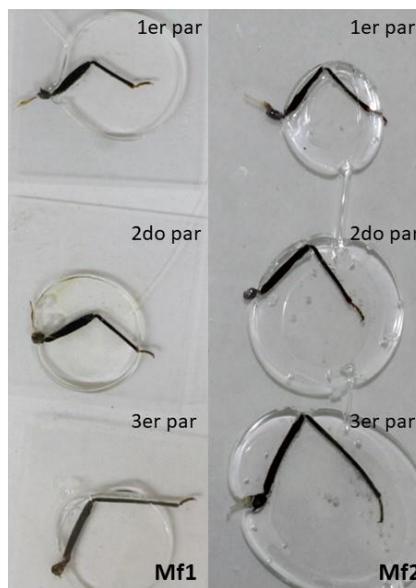


Figura 20. Comparación de patas entre los morfotipos propuestos

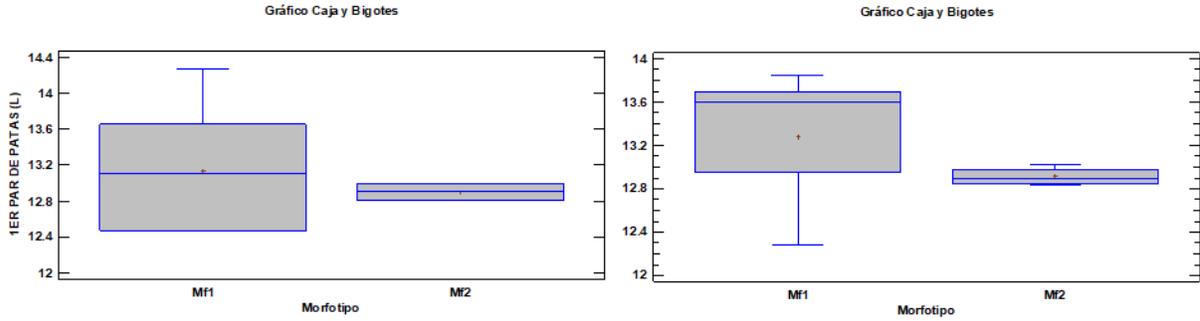


Figura 21. Comparación del largo del primer par de patas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $p= 0.6423$ , machos (Der.) ANOVA  $p=0.3080$ , con un nivel de confianza de 95%

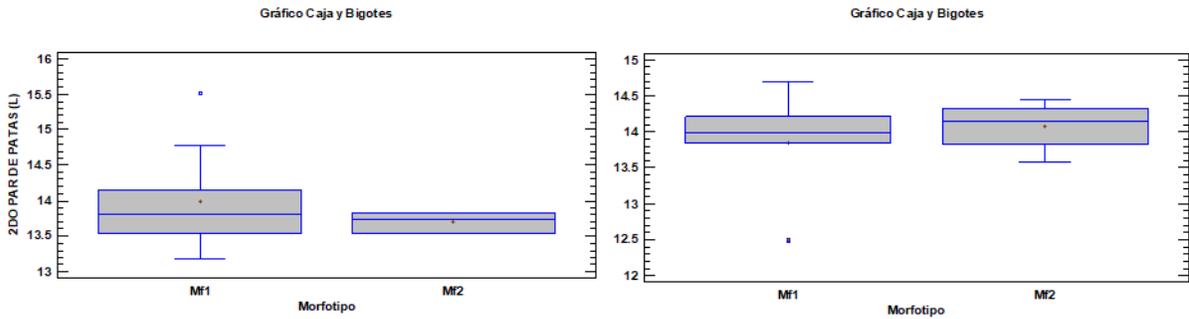


Figura 22. Comparación del largo del segundo par de patas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $p= 0.5324$ , machos (Der.) ANOVA  $p=0.6167$ , con un nivel de confianza de 95%

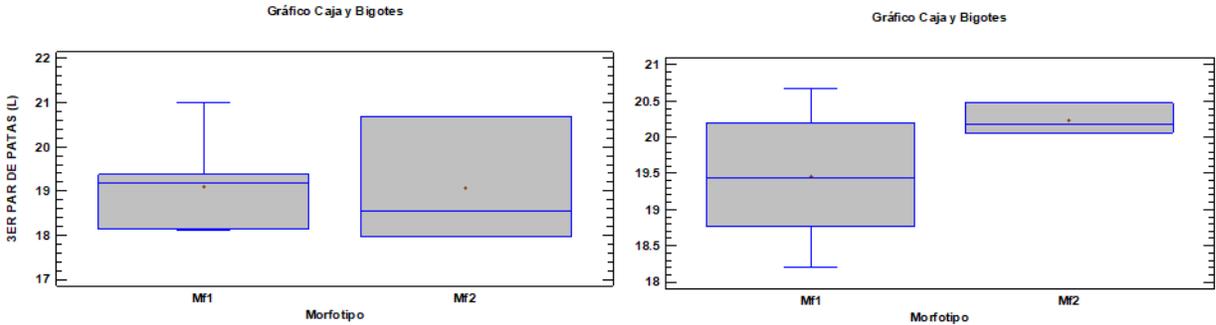


Figura 23. Comparación del largo del tercer par de patas por morfotipo. Hembras (Izq). ANOVA  $p= 0.9765$ , machos (Der.) ANOVA  $p=0.2016$ , con un nivel de confianza de 95%

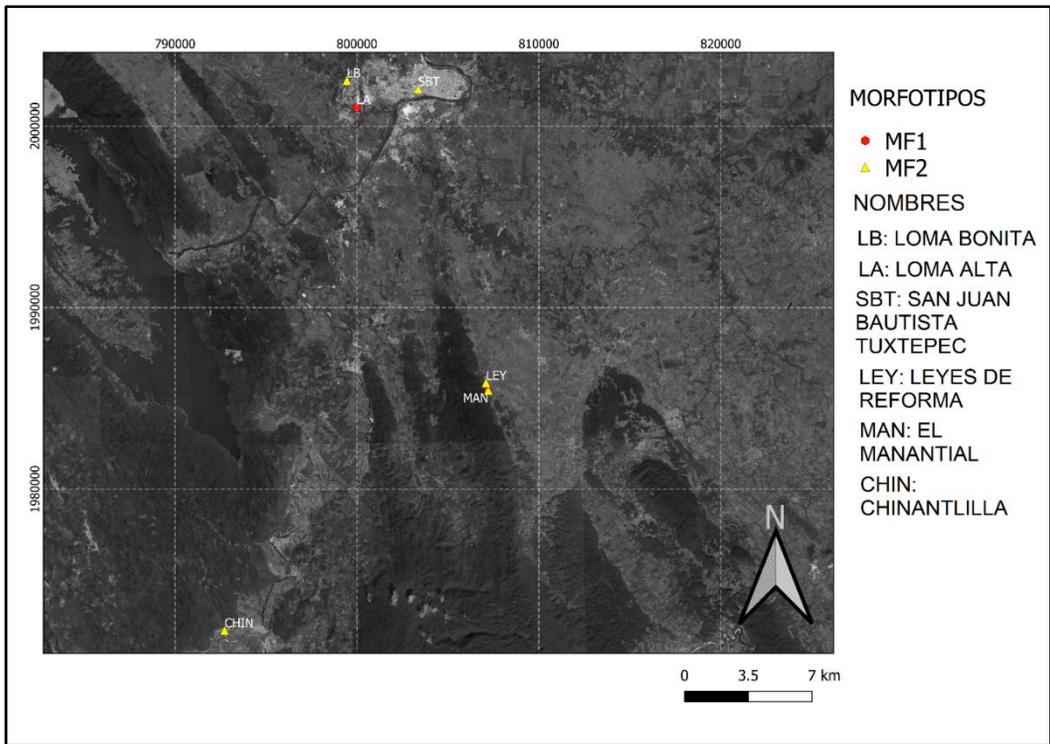


Figura 24. Distribución de los morfotipos sugeridos en el estado de Oaxaca, México

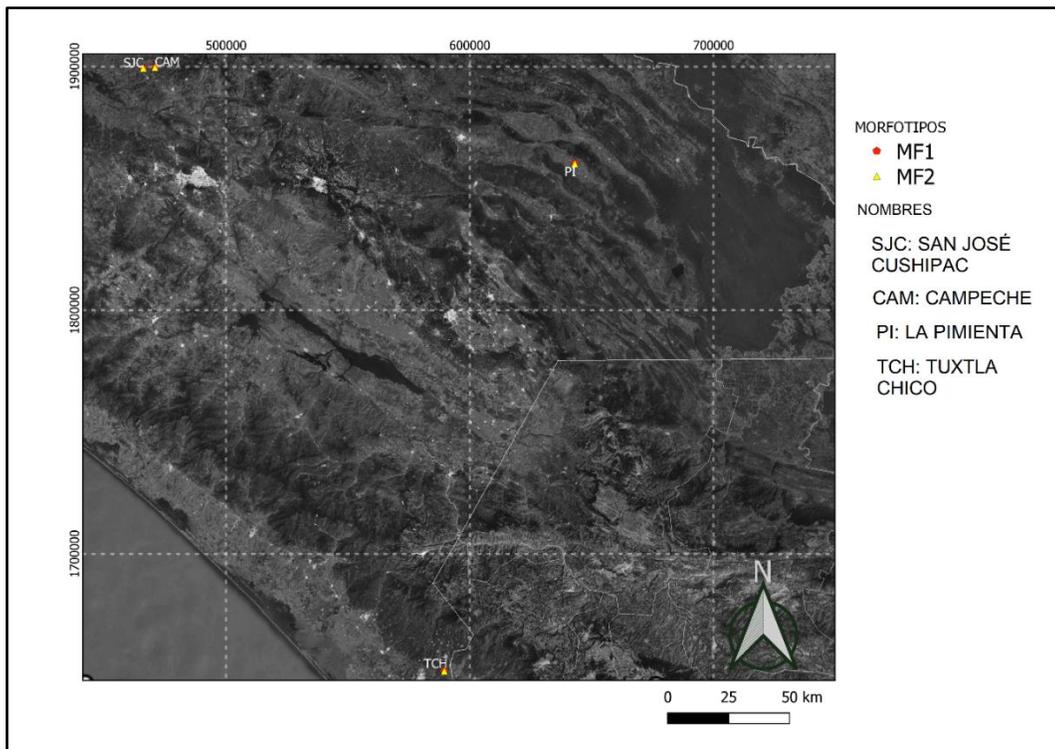


Figura 25. Distribución de los morfotipos sugeridos en el estado de Chiapas, México

De manera general, en los sitios de estudio se encontró que en la población únicamente el 36.67% asocia a la EC con su vector, a pesar de que la mayoría conoce o ha visto al insecto (93.33%). Dentro de los nombres coloquiales asociados a los triatominos se destacan “chinche” y “talaje” en estas comunidades.

Se reporta que uno de los principales factores de riesgo para la infestación de triatominos en las viviendas es el material de construcción; encontrándose diferencias significativas en las comunidades visitadas ( $p < 0.05$ ) entre las viviendas elaboradas con diferentes materiales (Figura 25 y 26). Así mismo, al ser la presencia de animales domésticos y de corral un factor para la presencia en este estudio se encontró que el 84% de las viviendas infestadas con triatominos contaban con animales domésticos o de corral (Figura 24).

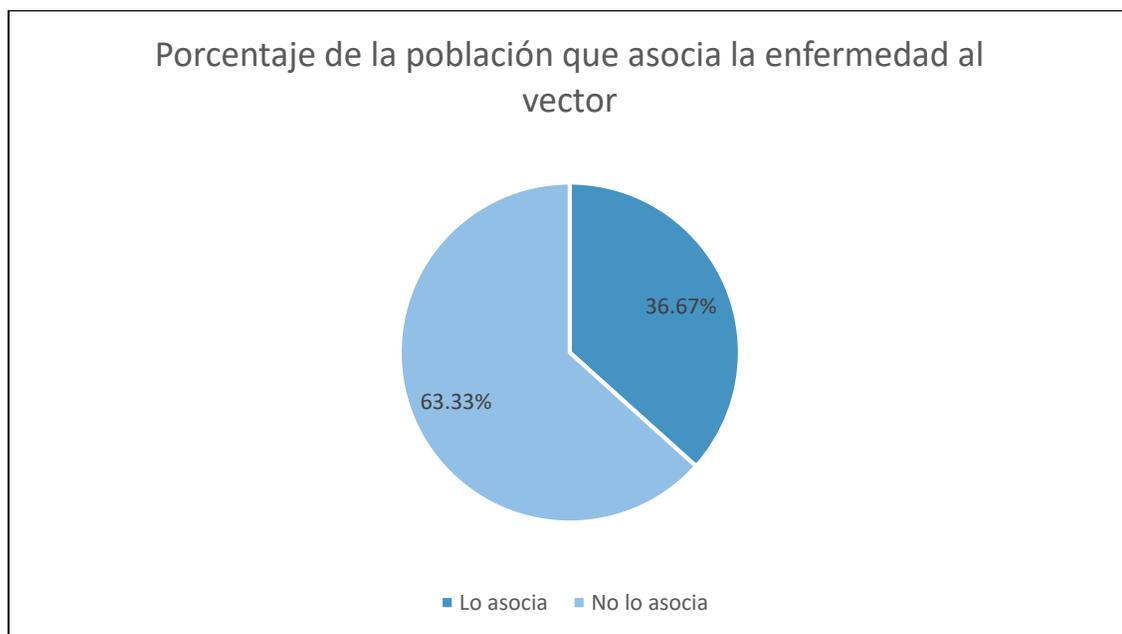


Figura 26. Porcentaje de la población encuestada que asocia la enfermedad de Chagas a los insectos vectores



Figura 27. Porcentaje de viviendas infestadas de triatominos con presencia o ausencia de animales domésticos y de corral

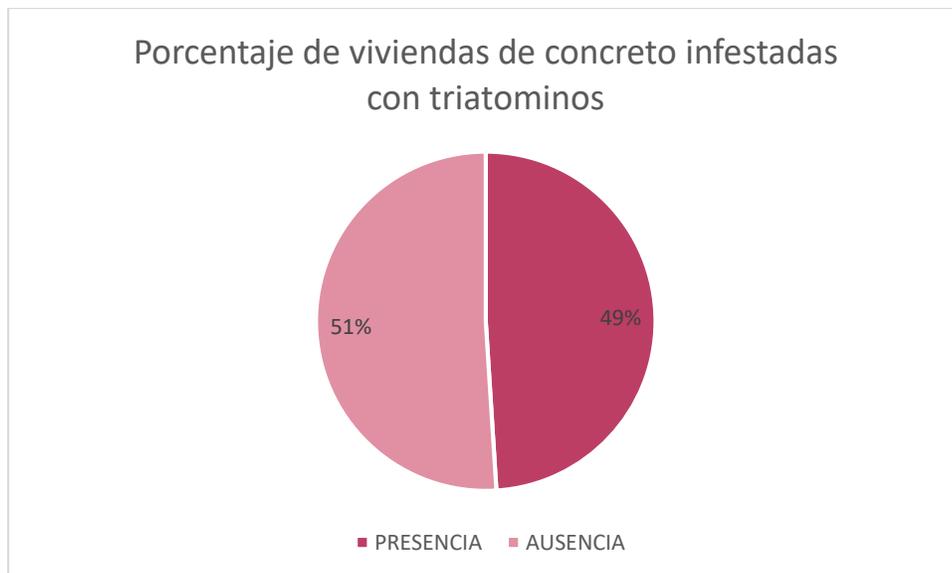


Figura 28. Porcentaje de viviendas elaboradas con concreto con presencia o ausencia de triatominos.

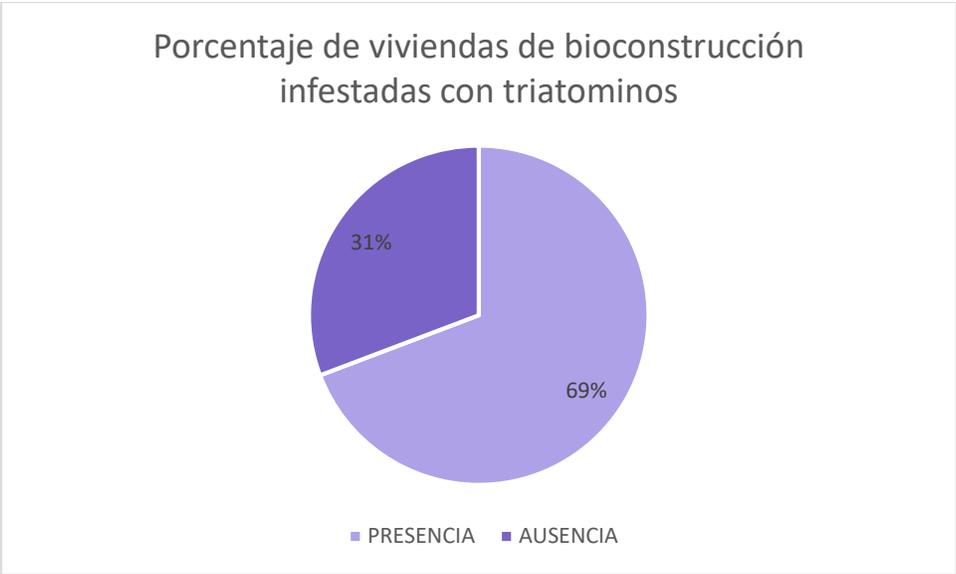


Figura 29. Porcentaje de viviendas elaboradas con materiales de bioconstrucción con presencia o ausencia de triatominos.

## VIII. DISCUSIÓN

Debido a que en México existe una gran problemática referente a la enfermedad de Chagas, sobre todo en el sur-sureste del país, es necesario aumentar los estudios enfocados a los triatominos, ya que la transmisión vectorial sigue siendo el principal mecanismo de contagio. (Vidal-Acosta, 2000). De hecho, gracias al control vectorial en programas conducidos a finales de los años 90, la prevalencia de la enfermedad se redujo de manera considerable (Noireau *et al.* 2009). En este sentido, este estudio se enfocó en la relación entre las infecciones y la diversidad fenotípica de *T. dimidiata* en el medio doméstico de zonas con reporte de triatominos.

En el presente trabajo se encontró presencia de las especies *T. dimidiata* y *T. phyllosoma* en el estado de Oaxaca, mientras que en el estado de Chiapas únicamente se registró la especie *T. dimidiata*, la cual de acuerdo a autores como Sandoval-Ruiz *et al.* (2004), se caracteriza por su gran distribución geográfica y gran plasticidad biológica. Esta plasticidad le permite acceder a una gran variedad de habitáculos y fuentes de alimento, entre los que se encuentran mamíferos silvestres y sinántropicos. La confirmación de la presencia de estas especies en las zonas de estudio, nos permite corroborar que las condiciones climáticas y socioeconómicas en estos estados favorecen la infestación de triatominos.

En estudios de laboratorio se ha demostrado que la temperatura y la humedad afectan el tiempo de desarrollo (Hack, 1955; Perlowagora-Szumlewicz, 1969). Por lo tanto, la capacidad del vector para colonizar ambientes domiciliarios y peridomiciliarios dependería de las características microclimáticas que ofrecen estos ambientes. Estudios comparativos mostraron diferencias entre los parámetros macroclimáticos y los microclimáticos que ofrece una vivienda y sus distintos estratos (techo, pared, piso etc.) (Rabinovich, 1985). Así mismo, Cecere (1999) sugiere que el microclima que ofrece una vivienda resulta de la capacidad de ésta para amortiguar los cambios externos de temperatura y humedad, la cual dependería de los materiales y características de construcción de la vivienda.

Los individuos domiciliados colectados fueron hallados principalmente en viviendas con condiciones poco óptimas, lo que concuerda con lo sugerido por Zeledón (1995) sobre la etología de la especie para colonizar casas de madera con piso de

tierra. Estos resultados además concuerdan con los reportados por Sosa-Jurado *et al.* (2004) y Velasco-Castrejón *et al.* (1991) para los estados de Puebla y Veracruz, en donde se menciona que habitar viviendas construidas con materiales rústicos, es un factor determinante para la transmisión de la enfermedad de Chagas. Asimismo, en Guatemala se ha demostrado que la mejora en las condiciones de la vivienda reduce la presencia de la especie *T. dimidiata* (Monroy *et al* 2009). Sin embargo, una gran problemática asociada a la mejora de la vivienda, es que la mayoría de las regiones afectadas por la enfermedad de Chagas están catalogadas con alto índice de marginación y pobreza. Es por ello que quizá otras acciones preventivas deban ser consideradas en estas regiones.

Por otro lado, se ha señalado que la densidad de insectos habitando el domicilio dependerá de otros factores como el uso de insecticidas, tipo de techo y número de animales y personas compartiendo el área (Gürtler *et al.* 1992), lo que coincide con los resultados encontrados durante la búsqueda de triatominos en viviendas con presencia o ausencia de animales domésticos o de corral (Figura 24). Según los estudios de este mismo autor se ha encontrado que animales domésticos, además de servir como fuente de alimento para las chinches invasoras, cuando son infectados por *T. cruzi* mantienen una parasitemia a lo largo de toda su vida, siendo un reservorio potencial muy importante. El papel de los animales domésticos como vía de posibles infecciones también ha sido discutido por Guzmán-Bracho (2001), quién afirma que los animales infectados incrementan la probabilidad de infección de otros animales domésticos y aumentan el riesgo de contagio en los humanos debido a su estrecha convivencia en el domicilio.

En los insectos hallados durante este estudio se encontraron porcentajes de infección natural con *T. cruzi* elevados (Cuadro 1) comparados a índices de infección natural observados anteriormente en esta especie, como los porcentajes de infección mencionados por Salazar Schettino *et. al* en 2005, donde se observó un porcentaje de infección con *T. cruzi* del 15.7%. Esto aunado a que estos insectos se encontraron en hábitats domiciliados, representa una estrecha relación epidemiológica entre la población y el parásito. Así mismo, la falta de conocimientos observados en la población (Figura 23) representan un alto riesgo para posibles infecciones con el

parásito, por lo que se requiere aumentar la vigilancia vectorial en la zona, así como establecer campañas de educación ambiental que ayuden a la población rural a prevenir posibles infestaciones de los insectos vectores e infecciones con el agente causal de la enfermedad de Chagas.

Por otra parte, las variables cualitativas analizadas demostraron diferencias notables entre los ejemplares de *Triatoma dimidiata*, de las que se pueden destacar la presencia de manchas dorsales y manchas de los espiráculos en varios individuos (Cuadro 2). En los individuos provenientes de Chiapas se encontró que todos presentan manchas oscuras en cada espiráculo (Cuadro 2) con excepción de un individuo colectado en el municipio de Copainalá. Este caso aislado puede deberse a que en triatomíneos la dispersión puede realizarse también de manera pasiva, la cual ocurre cuando estos insectos son transportados hacia las viviendas por personas o animales domésticos (Gigena, 2021) lo que sugeriría una posible introducción de individuos provenientes de otras zonas.

Por otro lado, en las poblaciones de Oaxaca se observa la existencia de individuos que presentan manchas en los espiráculos, al mismo tiempo que se registraron múltiples individuos sin estas (Cuadro 2). Esta ausencia de manchas es una característica que ha sido observada previamente en triatomíneos provenientes de cuevas, tal es el caso de *T. mopan* N.S. descrita en 2018 por Dorn *et al.* sin embargo, los especímenes sin manchas de Oaxaca comparten a su vez caracteres similares con *T. dimidiata*, tal es el caso de la forma de la cabeza, impidiendo que los individuos analizados en este trabajo puedan ser clasificados como una u otra especie basándose únicamente en su fenotipo, por lo que en base a estas características observadas se propone clasificar a los individuos de estudio en dos morfotipos: Mf1 y Mf2

La morfometría lineal demostró que existe diferenciación en ciertas variables entre los morfotipos sugeridos, siendo los individuos pertenecientes al Mf1 los que presentan probóscides significativamente más largas (Figura 10), lo que podría estar asociado al tipo de presas disponibles para alimentarse, pues el elongamiento de esta estructura podría darse debido a la necesidad de atravesar pieles más gruesas (Bello-Bedoy *et al.* 2019).

Así mismo, el morfotipo 1 difiere significativamente del morfotipo 2 teniendo dimensiones mayores como el ancho del pronoto (Figura 9), estructura asociada a los músculos alares, lo que indica que este morfotipo tiene un mayor desarrollo de los músculos de vuelo, de igual manera en este mismo morfotipo se observaron alas más largas (Figura 14, Figura 16) por lo que ambos caracteres podrían estar relacionados a su necesidad de desplazarse en búsqueda de alimento o individuos para aparearse. (Lehane y Schofield, 1982; Galvão *et al.*, 2001). Por otro lado, el tamaño de estos caracteres podría estar relacionado al hecho de que los individuos del Mf1 presentan cuerpos más largos en ambos sexos (Figura 13). Generalmente se ha considerado a este tipo de variaciones fenotípicas como una alternativa equivalente a la variación genética para vivir en ambientes cambiantes, cuando se carece de variabilidad genética una alternativa para persistir en un ambiente variable es poseer plasticidad fenotípica. Sin embargo, en el caso de la especie *T. dimidiata* se ha observado alta variabilidad genética, por lo que se requiere continuar con el estudio para determinar la causa real de esas variaciones morfológicas registradas.

Bargues *et al* (2008), realizó un estudio sobre la filogeografía y variación genética de *Triatoma dimidiata* señaló la existencia de 31 haplotipos para esta especie, lo que indica una amplia diversidad genética intraespecífica, posiblemente derivada de las condiciones geográficas en las que ampliamente se distribuye. La existencia y distribución de estos haplotipos podría explicar las variaciones fenotípicas observadas en los individuos estudiados en el presente trabajo, además, podría coincidir con los haplotipos albergados en el estado de Chiapas (haplotipos 1, 3 y 24), y los que presenta el estado de Oaxaca (haplotipo 21 y 23) (Bargues *et al.*, 2008).

Posteriormente Monteiro (2013) evaluó patrones filogeográficos de *Triatoma dimidiata*, encontrando resultados que respaldan la existencia de grupos genéticos reconocibles dentro de *T. dimidiata*, sumándose de esta manera a los múltiples estudios fenotípicos y genéticos que indican que *T. dimidiata* es un complejo de taxones emparentados, aunque el número preciso de especies y subespecies así como su relación se mantienen inciertas.

Se considera además que la alta variabilidad de *T. dimidiata* se relaciona también a los diferentes ecotopos en que puede encontrarse, tal como indican los

resultados obtenidos por Menes-Hernández *et al.* (2007), donde se encontró que a pesar de que las poblaciones de *T. dimidiata* provengan de un mismo rango geográfico, no presentan una misma forma de crecer, lo cual puede deberse a que provienen de diferentes ecotopos con características particulares (palmeras, cuevas, madrigueras, etc.), a las cuales pueden estar adaptadas y que pueden estar aportando una importante diferenciación a pesar de su cercanía en cuanto a su ubicación geográfica. Esto podría ser una explicación a la distribución observada en los morfotipos sugeridos, puesto que a pesar de encontrarse en las mismas zonas geográficas (Dorn *et al.* 2007) se observan diferencias muy claras entre ambos grupos.

## IX. CONCLUSIONES

- Se encontró un total de 63 triatominos distribuidos en ambos estados, de los cuales 42 fueron identificados como *Triatoma dimidiata*, mientras que los 21 individuos restantes pertenecían a la especie *T. phyllosoma*.
- Se encontró que el 33.33% de los triatominos colectados resultaron positivos para la infección natural con *Trypanosoma cruzi*, siendo *T. dimidiata* la especie con el índice de infección natural más elevado (71.42%).
- Se observaron diferencias cualitativas entre los individuos de *T. dimidiata* estudiados, como la presencia de manchas dorsales y la coloración de los espiráculos.
- El análisis de discriminantes separó a los individuos de *T. dimidiata* en dos grupos según el tamaño de sus apéndices, por lo que se propone manejarlos como dos morfotipos distintos.
- Se encontró que variaciones métricas en estructuras como el largo de la probóscide, ancho del pronoto, largo de las alas y longitud del cuerpo marcan la diferencia entre los morfotipos propuestos, y esta separación a su vez coincide con las diferencias cualitativas mencionadas previamente.
- Los análisis estadísticos indicaron que no existen diferencias métricas significativas en variables como el ancho de la probóscide, largo del pronoto, diámetro del ojo, largo del primer, segundo y tercer par de patas entre los dos morfotipos propuestos.
- Se halló que los materiales de construcción de las viviendas son un factor determinante en la infestación de triatominos.
- Se encontró que en las viviendas infestadas con triatominos la presencia de animales domésticos juega un papel importante.

## **X. RECOMENDACIONES**

En base a lo revisado se recomienda recurrir a pruebas moleculares que nos permitan determinar si las poblaciones estudiadas presentan los niveles de variación encontrados por causas de adaptación, o si son resultado de un proceso diferente, sea hibridación, plasticidad o una variedad de la especie, así como continuar con estudios enfocados al entendimiento de la estructura de los distintos hábitats en los que estos insectos se desarrollan.

Se recomienda también extender las medidas de control ecológico a las localidades en situación de riesgo ante la EC, ofreciendo charlas comunales que ayuden a la población a reducir y prevenir posibles infecciones.

## XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Acero-Sandoval, M. A., 2014. Mecanismos potenciales de resistencia a insecticidas (organofosforados y piretroides) en *Triatoma dimidiata* genotipo Costa Pacífico de México. Tesis de Maestría. Instituto de Salud Pública de México. Escuela de Salud Pública de México. Chiapas, México.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J. y Slice, D. E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the "revolution". *Italian Journal of Zoology*. 71: 5-16.
- Argüello-Sáenz, M., 2018. Epidemiología de la infestación de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae), vector de la enfermedad de Chagas, en la comunidad de Getsemaní de Heredia. Tesis de Maestría. Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Costa Rica, Costa Rica.
- Bargues M.D., Klisiowicz D.R., Gonzalez-Candelas F., Ramsey J.M., Monroy C., et al. (2008) Phylogeography and Genetic Variation of *Triatoma dimidiata*, the Main Chagas Disease Vector in Central America, and Its Position within the Genus *Triatoma*. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2(5): e233.
- Bello-Bedoy R., Peiro-Nuño, H., Córdoba-Aguilar, A., Flores-López, C. A., Romero-Figueroa, G., Arteaga, M.C, Gutiérrez-Cabrera, A. E, De la Rosa-Conroy L. 2019. Ontogenetic changes in wild chagasic bugs (*Dipetalogaster maxima*): exploring morphological adaptations in pre-adult and adult stages. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90: e902664
- Benítez-Alva, J. I., Huerta, H. y Téllez-Rendón, J. L. 2012. Distribución de triatominos (Heteroptera: Reduviidae) asociados a la vivienda humana y posibles zonas de riesgo en seis estados de la República Mexicana. *BIOCYT: biología, ciencia y tecnología*. 5 (17): 327-340.
- Bookstein, F. L. 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 435 pp.
- Bustamante, D. M., Escobar, M. C. M., Retana, A. R., Menes, M., Rosales, R. y Enríquez, E. 2002. Diferenciación morfométrica de pobladores de época lluviosa y de época seca de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triataminae), en dos áreas de Guatemala. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*. 15 (2): 18-24.

- Cecere, M. C., 1999. Dinámica poblacional de *Triatoma infestans* en comunidades rurales y en un modelo experimental bajo condiciones naturales. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- 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. 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.
- Daly, H. V. 1985. Insect morphometrics. *Annual review of entomology*. 30: 415-438.
- De Fuentes-Vicente, J. A. & Gutiérrez-Cabrera, A. E., 2020. Kissing Bugs (Triatominae). Elsevier: 2-12.
- De Fuentes-Vicente, J. A., Gutiérrez-Cabrera, A. E., Flores-Villegas, A. L., Lowenberger, C., Benelli, G., Salazar-Schettino, P. M., Córdoba-Aguilar, A. 2018. What makes an effective Chagas disease vector? Factors underlying *Trypanosoma cruzi*-triatomine interactions. *Acta Tropica*. (183): 23–31.
- De Fuentes-Vicente, J., Hernández-Reyes, N, Santos-Hernández, N., Ruiz Castillejos, C., Bermúdez-Urbina, F., 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*. 2(8): 76-81
- De Fuentes-Vicente, J. A., Vidal-López, D. G., Gutiérrez-Jiménez, J. y Schlie-Guzmán, M. A. 2016. Tasa de infección y tiempo de defecación de los estadios ninfales de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) después de la infección experimental con *Trypanosoma cruzi*. *Revista biomédica*. 27(3): 111-117.
- 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. Primer reporte de un triatomo infectado en un área urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *BIOCYT: Biología, Ciencia y Tecnología*. 14: 1009-1020.

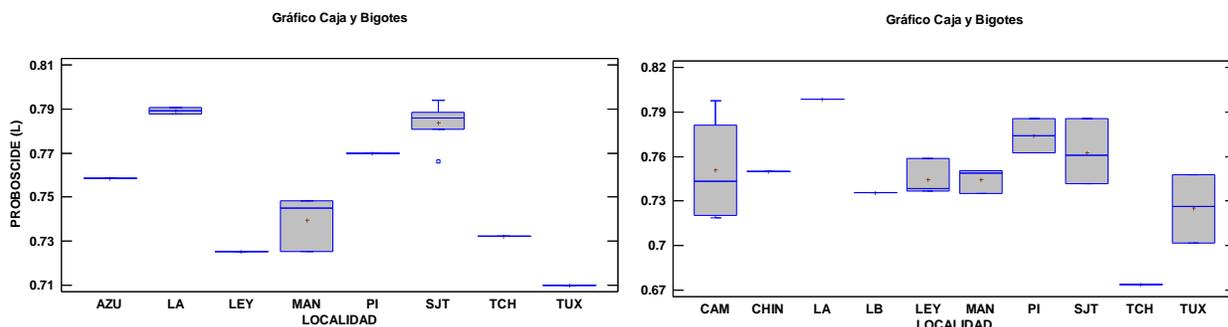
- Dorn, P.L., Justi, S.A., Dale, C. Stevens, L., Galvão, C., Lima-Cordón, R., Monroy, C. 2018. Description of *Triatoma mopan* sp. n. from a cave in Belize (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *ZooKeys* 775: 69–95
- Dujardin, J.P., LePont, F. 2000. Morphometrics of a neotropical sandfly subspecies, *Lutzomyia carrerai thula*. *Life Sciences*. 323: 273-279.
- Galvão, C., Rocha, D. da S., Jurberg, J. y Carcavallo, R. U. 2001. Ampliação da distribuição geográfica de *Triatoma deaneorum* Galvão, Souza & Lima 1967, nova denominação para *Triatoma deanei* (Hemiptera, Reduviidae). *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 34 (6): 587–589.
- Gigena, G. V. 2021. Variabilidad morfológica de *Triatoma guasayana* en rasgos relacionados con la dispersión por vuelo a lo largo de su rango de distribución. Tesina. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Gürtler, R. E., Cecere, M. C., Rubel, D. N. y Schweigmann, N. J. 1992. Determinants of the domiciliary density of *Triatoma infestans*, vector of Chagas disease. *Medical and Veterinary Entomology*. 6: 75-83.
- Guzmán-Bracho, C. 2001. Epidemiology of Chagas disease in Mexico: an update. *TRENDS in Parasitology*. 17 (8): 372-376.
- Hack, W. H. 1955. Estudios sobre biología de *Triatoma infestans* (Klug, 1834) (Hemiptera, Reduviidae). *Anales del Instituto de Medicina Regional*. 4: 125-147.
- Hernández, V. 2017. Estudios epidemiológicos: tipos, diseño e interpretación. *Enfermedad Inflamatoria Intestinal Al Día*. 16 (3): 98–105.
- Hernández, J. L., Rebollar-Téllez, E. A., Infante, F., Morón, A. y Castillo, A. 2010. Indicadores de infestación, colonización e infección de *Triatoma dimidiata* (Latreille)(Hemiptera: Reduviidae) en Campeche, México. *Neotropical Entomology*. 39 (6): 1024-1031.
- Hernández-Ávila, M., Garrido-Latorre, F. & López-Moreno, S., 2000. Diseño de estudios epidemiológicos. *Salud Pública de México*, 42(2): 144-154.
- INAFED (s.f.) Tecpatán. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Chiapas. Consultado en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07092a.html>

- Lehane, M. J. y Schofield, C. J. 1982. Flight initiation in *Triatoma infestans* (Klug) (hemiptera: reduviidae). *Bulletin of Entomological Research*. 72 (3): 497-510.
- Márquez, L. J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 37: 385-408.
- May-Concha, I. J., Cruz-López, L. C., Rojas, J. C. y Ramsey, J. M. 2018. "Sweeter than a rose", at least to *Triatoma phyllosoma* complex males (Triatominae: Reduviidae). *Parasites & vectors*. 11: 1-12.
- Mendoza-Vázquez, A., 2013. Efecto biológico del bloqueo del gen de la Catepsina L, en *Triatoma dimidiata*, (genotipo-costa-pacífico). Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Salud Pública. Chiapas, México.
- Menes-Hernández M. 2004. Diferencias métricas entre poblaciones de *Triatoma dimidiata* Latreille (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) de México, Centro América y Colombia: Efecto de la procedencia geográfica y el ecotopo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Monteiro F.A., Peretolchina T., Lazoski C., Harris K., Dotson E.M., et al. (2013) Phylogeographic Pattern and Extensive Mitochondrial DNA Divergence Disclose a Species Complex within the Chagas Disease Vector *Triatoma dimidiata*. *PLoS ONE* 8(8): e70974
- Monroy, C., Bustamante, D. M., Pineda, S., Rodas, A., Castro, X., Ayala, V., Quiñones, J. y Moguel, B. 2009. House improvements and community participation in the control of *Triatoma dimidiata* re-infestation in Jutiapa, Guatemala. *Cadernos de Saúde Pública*. 25: S168-S178.
- Municipios (2020). Copainala, información. Información sobre Copainalá. <http://www.municipios.mx/chiapas/copainala/>. Consultado el 15 de agosto de 2022
- Municipios. 2020. Información sobre Ocosingo. <http://www.municipios.mx/chiapas/ocosingo/>. Consultado el 15 de agosto de 2022

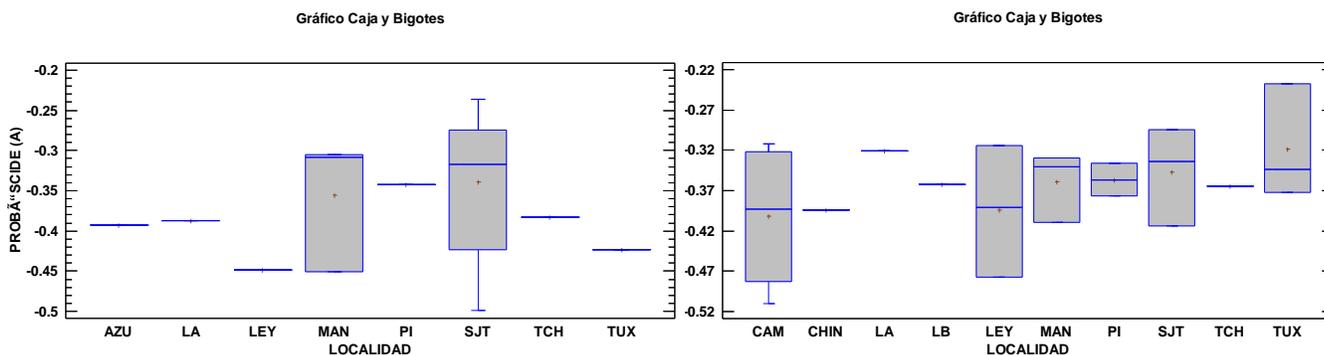
- Municipios. 2020. Información sobre Motozintla. <http://www.municipios.mx/chiapas/motozintla/>. Consultado el 15 de agosto de 2022.
- Municipios. 2022. Información sobre San Juan Bautista Tuxtepec. <http://www.municipios.mx/oaxaca/san-juan-bautista-tuxtepec/>. Consultado el 12 de agosto de 2022.
- Noireau, F., Diosque, P. y Jansen, A. M. 2009. Trypanosoma cruzi: adaptation to its vectors and its hosts. *Veterinary research*. 40 (2): 1-23.
- Perlowagora-Szumlewicz, A. 1969. T. infestans biology, principal vector of Chagas' disease in Brazil (importance of various of its biological characteristics in planning the campaign against this vector). *Revista brasileira de malariologia e doencas tropicais*. 21 (1): 117-159.
- Polonio, R., Ramirez-Sierra, M. J. y Dumonteil, E. 2009. Dynamics and distribution of house infestation by Triatoma dimidiata in central and southern Belize. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 9 (1): 19-24.
- Rabinovich, J. E. 1985. Ecología poblacional de los triatominos. En: Carcavallo, R. U., Rabinovich, J. E. y Tonn, R. J. (Editores). *Factores biológicos y ecológicos en la Enfermedad de Chagas*. Ministerio de Salud y Acción Social. Argentina. Pp. 121-147.
- Ramsey, J. M., Ordóñez, R., Tello-López, A., Pohls, J. L., Sánchez-Cordero, V. y Peterson, A. T. 2003. Actualidades sobre la epidemiología de la enfermedad de Chagas en México. En: Ramsey, J. M., Tello-López, A. y Pohls, J. L. (Editores). *Iniciativa para la Vigilancia y el Control de la Enfermedad de Chagas en la República Mexicana*. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México. Pp. 85–103.
- 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*, 1(18):11-16.
- Rodríguez-Bataz, E. y otros, 2011. Triatominos (Hemiptera: Reduviidae) vectores de Trypanosoma cruzi Chagas 1909, en el estado de Guerrero, México. *Revista Biomédica*, 22(1):31-40.

- Rojo-Medina, J., Ruiz-Matus, C., Salazar-Schettino, P. M. y González-Roldán, J. F. 2018. Enfermedad de Chagas en México. *Gaceta Médica de México*. 154 (5): 605-612.
- Ruiz-Lander, F., 2015. Epidemiología de la enfermedad de Chagas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. España.
- Salazar-Schettino, P. M., Haro-Arteaga, I. D., Cabrera-Bravo, M., 2005. Tres especies de triatomíneos y su importancia como vectores de *Trypanosoma Cruzi* en México. *Medicina*, 65(1): 63-69.
- Sandoval-Ruiz, C. A., Zumaquero-Ríos, J. L., Linares, G., Aguilar, R. A., Ramírez, M. L. C. y Olguin, J. F. L. 2004. Infección natural con *Trypanosoma cruzi* en triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), vectores de la enfermedad de Chagas en San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla, México. *Tecnociencia*. 6 (1): 39-47.
- Sosa-Jurado, F., Zumaquero-Ríos, J. L., Reyes, P. A., Cruz-García, A., Guzmán-Bracho, C. y Monteón, V. M. 2004. Factores bióticos y abióticos que determinan la seroprevalencia de anticuerpos contra *Trypanosoma cruzi* en el municipio de Palmar
- Velasco-Castrejon, O., Valdespino, J. L., Tapia-Conyer, R., Salvatierra, B., Guzman-Bracho, C., Magos, C., Llausás, A., Gutiérrez, G. y Sepulveda, J. 1991. Seroepidemiología de la enfermedad de Chagas en México. *Salud Pública de México*. 34 (2): 186-196.
- Vidal-Acosta, V., Ibáñez-Bernal, S. y Martínez-Campos, C. 2000. Infección natural de chinches Triatominae con *Trypanosoma cruzi* asociadas a la vivienda humana en México. *Salud Pública de México*. 42 (6): 496-503.
- Villalobos, G., Martínez-Hernández, F., De la Torre, P., Laclette, J. P. y Espinoza, B. 2011. Entomological indices, feeding sources, and molecular identification of *Triatoma phyllosoma* (Hemiptera: Reduviidae) one of the main vectors of Chagas disease in the Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 85 (3): 490-497.

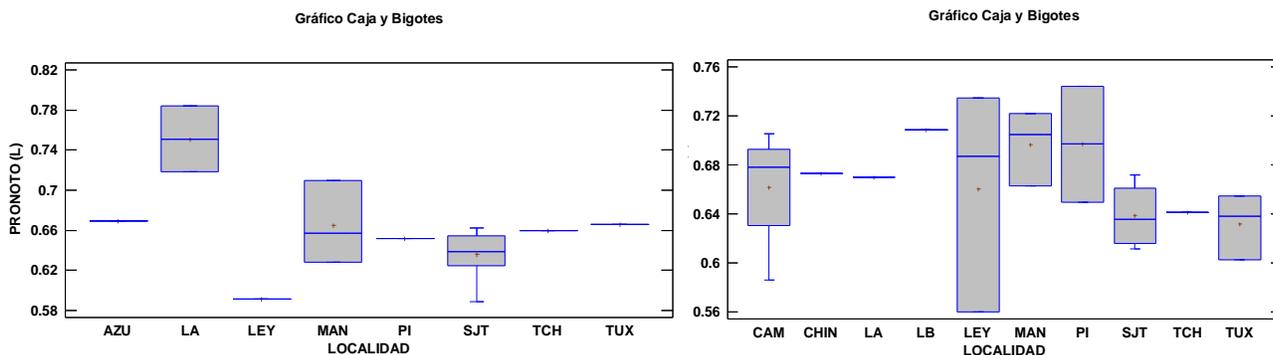
## XII. ANEXOS



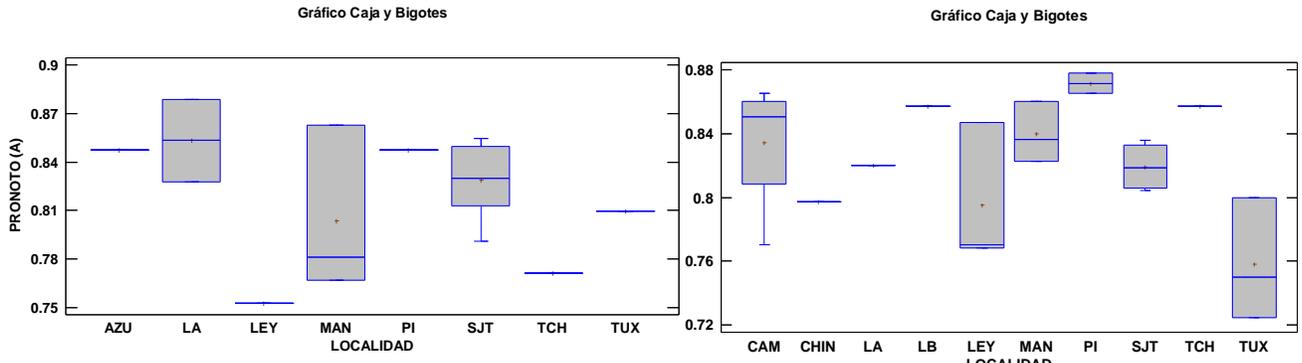
Anexo 1. Comparación del largo de la probóscide por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0001, machos (Der.) ANOVA P=0.0920, con un nivel de confianza de 95%



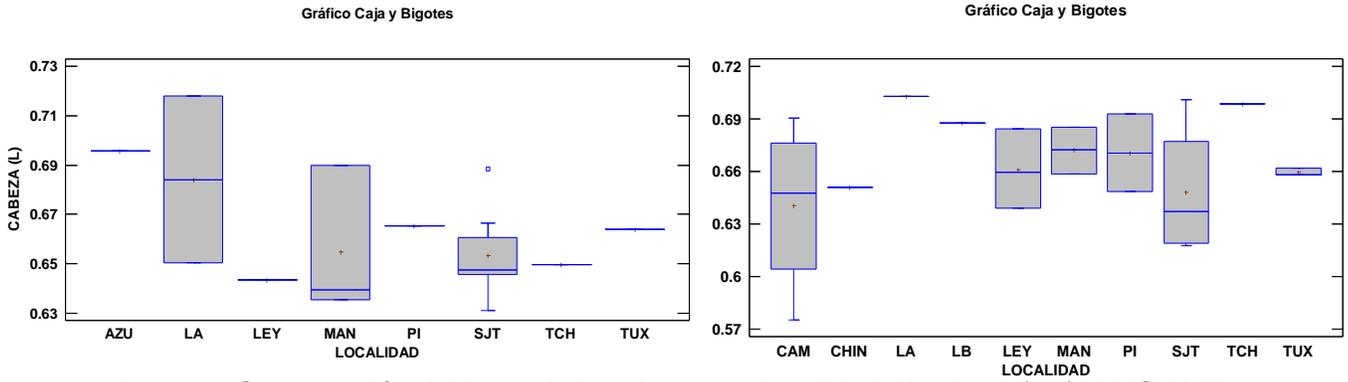
Anexo 2. Comparación del ancho de la probóscide por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.9043, machos (Der.) ANOVA P=0.9158, con un nivel de confianza de 95%



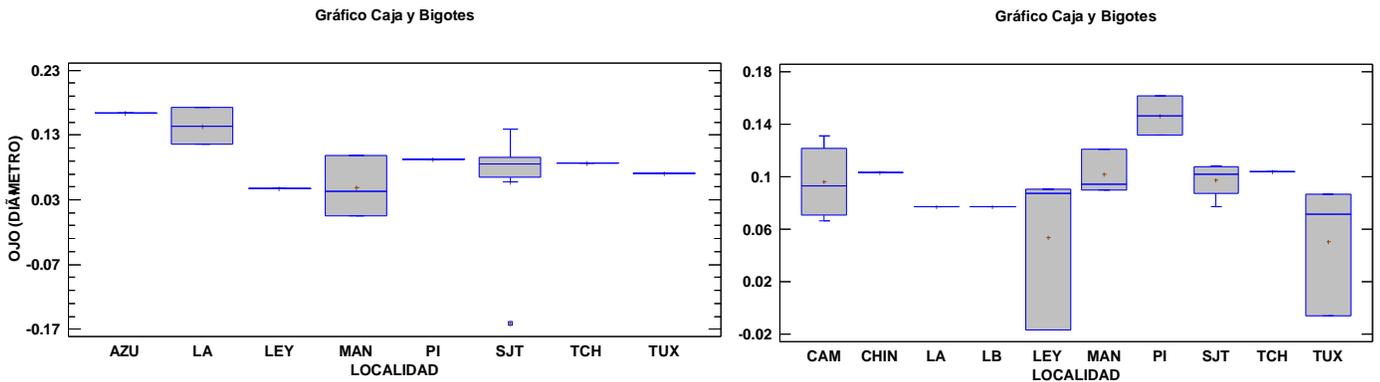
Anexo 3. Comparación del largo del pronoto por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0266, machos (Der.) ANOVA P=0.7963, con un nivel de confianza de 95%



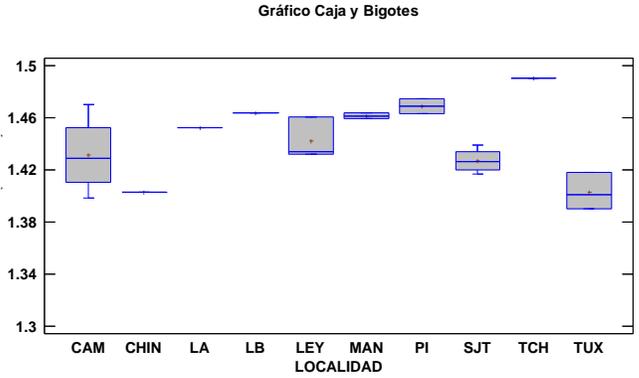
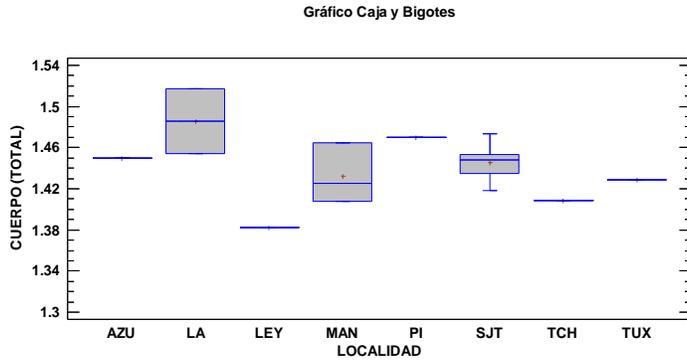
Anexo 4. Comparación del ancho del pronoto por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.2230, machos (Der.) ANOVA P=0.0699, con un nivel de confianza de 95%



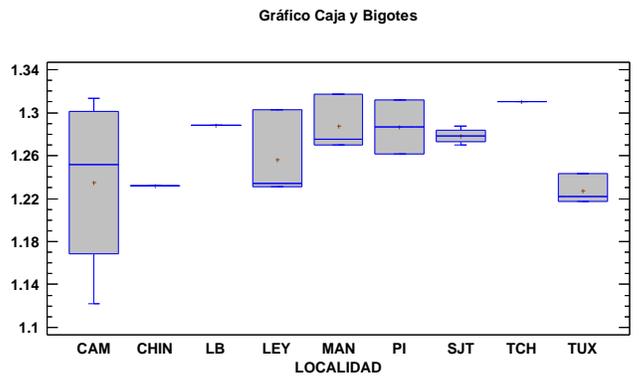
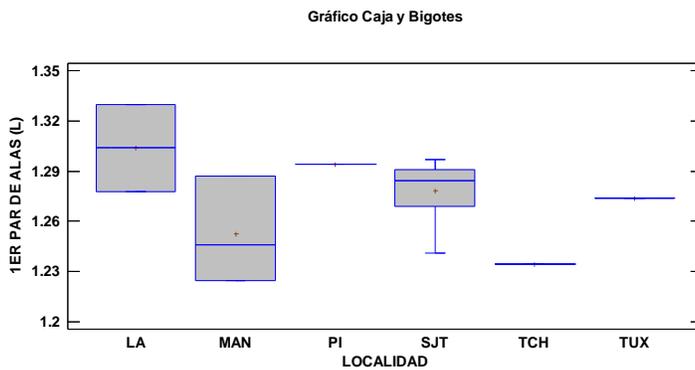
Anexo 5. Comparación del largo de la cabeza por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.6354, machos (Der.) ANOVA P=0.6948, con un nivel de confianza de 95%



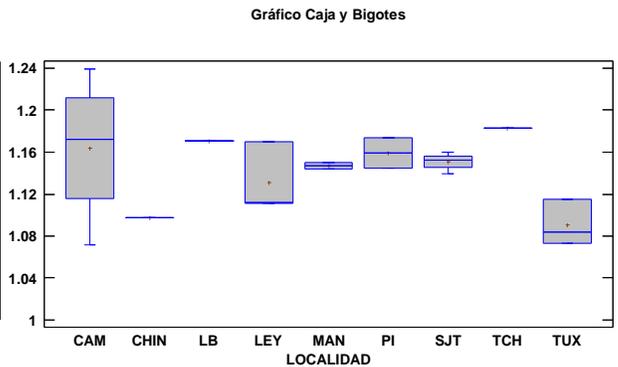
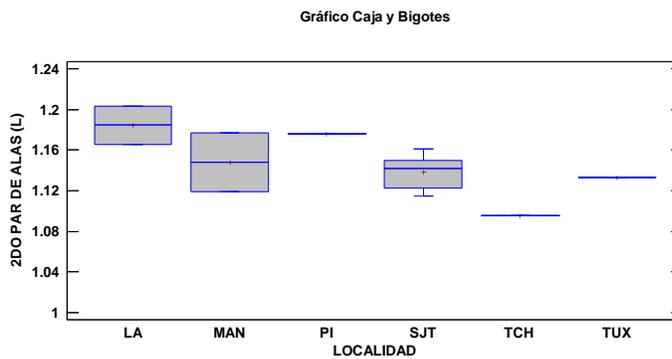
Anexo 6. Comparación del diámetro del ojo por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.8142, machos (Der.) ANOVA P=0.2760, con un nivel de confianza de 95%



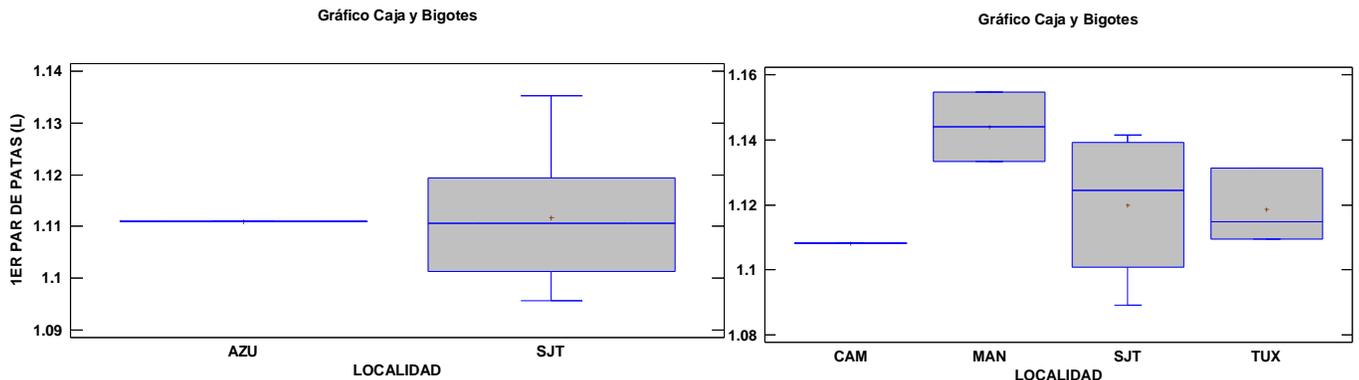
Anexo 7. Comparación del largo total del cuerpo por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0970, machos (Der.) ANOVA P=0.0120, con un nivel de confianza de 95%



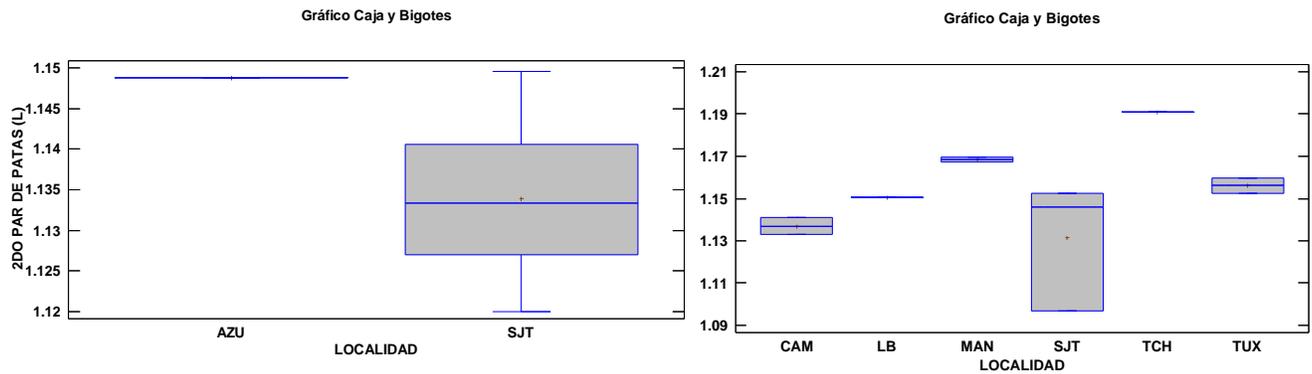
Anexo 8. Comparación del largo del primer par de alas por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.1908, machos (Der.) ANOVA P=0.5826, con un nivel de confianza de 95%



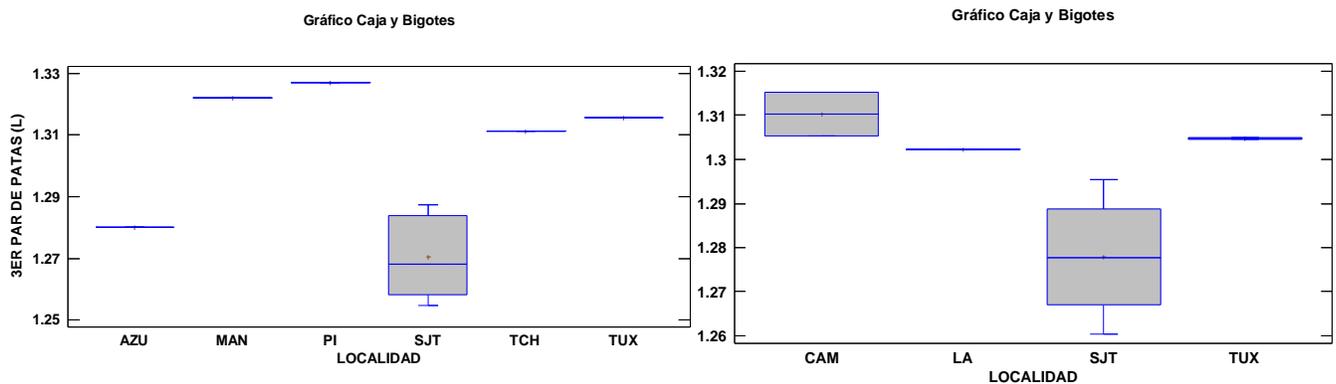
Anexo 9. Comparación del largo del segundo par de alas por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0746, machos (Der.) ANOVA P=0.3452, con un nivel de confianza de 95%



Anexo 10. Comparación del largo del primer par de patas por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.9584, machos (Der.) ANOVA P=0.4271, con un nivel de confianza de 95%



Anexo 11. Comparación del largo del segundo par de patas por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.1955, machos (Der.) ANOVA P=0.2380, con un nivel de confianza de 95%



Anexo 12. Comparación del largo del tercer par de patas por localidad. Hembras (Izq). ANOVA P= 0.0098, machos (Der.) ANOVA P=0.0704, con un nivel de confianza de 95%



## CUESTIONARIO

**Localidad donde vives:**

**Edad:**

**Sexo:**

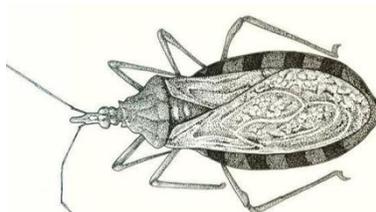
**1. ¿Sabes qué es la enfermedad de Chagas? Descríbela**

a) Si      b) No

**2. ¿Sabes cómo se transmite?**

**3. ¿Conoces a este insecto?**

a) Si      b) No



**4. ¿Cómo se llama en tu localidad?**

**5. ¿Lo has visto en tu hogar?**

a) Si      ¿En qué parte?

b) No

**6. ¿Sabes como se alimenta? Describe**

a) Si      b) No

**7. En caso de haberla visto ¿qué hiciste?**

**8. ¿Alguna vez te ha picado? Sí tu respuesta fue “sí”, ¿cuándo?**

a) Si      b) No

