



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



Fuentes alimenticias del vector de la Enfermedad de Chagas *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) en ambientes domiciliarios de la región oriental de El Salvador

Food sources of the vector of the Chagas disease *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) in home environments in the eastern region of El Salvador

Ana Karla Castillo-Ayala¹, Víctor D. Carmona-Galindo^{1,2}, Andrea Romero-Magaña¹, Jenny Amaya¹, Enrique Posada¹, Saúl Gámez¹, Guillermo Recinos¹, María Fernanda Marín¹

RESUMEN

La enfermedad de Chagas es una infección parasitaria causada por el protozoo flagelado *Trypanosoma cruzi*, transmitida por triatomíneos hematófagos, y parásito de varias especies de mamíferos reservorios. La enfermedad principalmente se encuentra en las áreas rurales de Latinoamérica y se considera como la infección parasitaria con mayor carga económica en dicha región. Uno de los retos para El Salvador es enriquecer las acciones de control y prevención de la enfermedad de Chagas mediante la identificación de aspectos biológicos y ecológicos de los vectores triatomíneos que facilitan la transmisión del parásito *T. cruzi*. Se analizó el ADN intestinal de chinches *T. dimidiata* mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) para identificar entre ratas, ratones, cerdos, aves, perros y humanos las posibles fuentes alimenticias del vector y para detectar infección del vector por el parásito *T. cruzi*. Se evaluó la distribución de fuentes alimenticias con respecto a la división política administrativa (DPA), sexo del vector, e infección del vector por *T. cruzi* a través de pruebas de Chi-Cuadrado de 2-factores. Se encontró que las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* cambiaron significativamente con respecto al sexo y la DPA del vector, pero no cambiaron con respecto a la infección del vector por *T. cruzi*. Se concluyó que la inclusión de variables ecológicas y elementos de biología poblacional en el desarrollo de acciones eficaces del control y prevención de la enfermedad de Chagas pueden aportar significativamente a la eliminación de la infestación domiciliar y la interrupción de la transmisión vectorial de *T. cruzi* en El Salvador.

Palabras Clave: Biología poblacional, ecosalud, ecología de vectores, tripanosomiasis americana

- 1 Universidad de El Salvador; Centro de Investigación y Desarrollo en Salud; Laboratorio de Entomología de Vectores; San Salvador, El Salvador.
- 2 University of Detroit Mercy; Biology Department; Detroit, Michigan, USA.

ABSTRACT

Chagas disease is a parasitic infection caused by the protozoan *Trypanosoma cruzi*, that is transmitted by hematophagous triatomine insects and maintained by means of several mammal-reservoir species. The disease is found throughout rural areas of Latin America and is considered the most costly parasitic infection of the region. One of the principal challenges for El Salvador is to enrich existing management plans and control systems for Chagas via the identification of biological and ecological factors associated with the *T. dimidiata* vector transmission of the *T. cruzi* parasite. We analyzed intestinal DNA of *T. dimidiata* dimidiata insects using Polymerase Chain Reaction (PCR) techniques to identify the possible feeding sources of the vector from among rat, mouse, pig, bird, dog and human reservoir-types as well as to detect infection of the vector by the *T. cruzi* parasite. We evaluated the distribution of feeding sources with respect to geo-political distribution of the vector, sex of the vector, and infection of the vector by *T. cruzi* using 2-factor Chi Squares analyses. We found that feeding sources of *T. dimidiata* insects changed significantly with respect to the sex of the vector as well as the geo-political distribution of the vector but did not change with respect to the infection of the vector by *T. cruzi*. We conclude that the addition of ecological variables and population biology parameters in the development of management and control systems for Chagas disease in El Salvador can significantly enhance the eradication of domiciliar infestations and interrupt the vector transmission of the *T. cruzi* parasite.

Keywords: Population biology, global health, tripanosomiasis americana, vector ecology

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas o tripanosomiasis americana es una infección parasitaria sistémica y crónica causada por el protozoo flagelado *Trypanosoma cruzi*, y se transmite principalmente por contacto con heces u orina infectadas de los insectos hematófagos de la subfamilia Triatominae (OMS 2016). El parásito se presenta en una gran variedad de cepas e infecta a más de 150 especies de animales domésticos y silvestres (Rassi *et al.* 2010). Actualmente, no existe una vacuna contra *T. cruzi* y los únicos fármacos disponibles para el tratamiento de la enfermedad son los compuestos nitro-heterocíclicos Nifurtimox y el Benznidazol, los cuales son parcialmente eficaces durante la etapa aguda de la infección (OMS 2005; Rassi y Marin-Neto 2010). Dentro de los esfuerzos realizados para mejorar los tratamientos se destacan los ensayos clínicos como *Clinical trial for the treatment of chronic Chagas disease with posaconazole and benznidazole* (CHAGASAZOL) y E1224 (evaluando el posaconazol y ravuconazol);

además, se esperan resultados favorables con el estudio de *Benznidazole Evaluation for Interrupting Trypanosomiasis* (BENEFIT) y *Tratamiento En pacientes Adultos* (TRAENA) (Belaunzarán 2015). A nivel mundial, se estima que hay ocho millones de personas infectadas con Chagas (OMS 2016) y se encuentra ampliamente difundida en zonas endémicas de 21 países de América Latina, considerándose como la infección parasitaria con mayor carga económica en esa región debido a su prolongada cronicidad (OMS 2005). Para el 2005, en El Salvador se estimó un total de 232,000 personas infectadas y el 39% de la población se encontraba en riesgo (Cedillos *et al.* 2011a; Rassi *et al.* 2010). En los últimos años, el control de la enfermedad ha mejorado en Centroamérica a través de iniciativas de intervención temprana en los pacientes infectados, monitoreo y vigilancia de la enfermedad de Chagas (Rassi *et al.* 2010).

Los miembros de la subfamilia Triatominae (Hemíptera, Reduviidae) tienen una alta capacidad vectorial por su dieta hematófaga, coadaptación a los ambientes domiciliarios,

y por la adaptación del parásito *T. cruzi* en el intestino del insecto (Dujardin *et al.* 2002). Se reconocen más de 130 especies pertenecientes a cinco tribus y 16 géneros (WHO 2003), sin embargo, desde el punto de vista epidemiológico, los géneros de mayor importancia son *Triatoma*, *Rhodnius* y *Panstrongylus* (Dujardin *et al.* 2002; WHO 2003), los cuales se distribuyen desde México hasta Argentina y Chile. Dentro del género *Triatoma* se encuentran 72 especies, siendo *T. infestans* el principal vector para suramérica (Dujardin *et al.* 2002). No obstante, *T. dimidiata* es el vector activo desde México hasta Perú a lo largo de la costa pacífica (Dujardin *et al.* 2002) y parece estar adaptado a los ambientes modificados antropogénicamente (Zeledón 1983). Los triatominos son capaces de existir en ambientes domiciliarios que les permiten alimentarse y dar paso a la transmisión vectorial del parásito (Jurberg y Galvão 2006). En dichos ambientes, existen diversos factores que influyen en la probabilidad de infestación, tales como el nivel socioeconómico del hogar, materiales de construcción para la vivienda, y las condiciones de higiene que se mantienen (Bustamante *et al.* 2015).

La especie *T. dimidiata* presenta una alta dispersión, infestación e índices de colonización en El Salvador, con una transmisión vectorial activa (Ponce 2007). El Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL), junto con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), llevan a cabo actividades de vigilancia de la enfermedad de Chagas que han permitido controlar el vector mediante la fumigación de viviendas con insecticidas de acción residual. En El Salvador, no existen programas de intervención a nivel de mejora de vivienda (Cedillos *et al.* 2011a; OPS 2010), a pesar de que hay evidencia que el tipo de construcción de la vivienda y mala higiene crean condiciones

propicias para la domiciliación del vector (Bustamante *et al.* 2009).

En El Salvador, los estudios realizados sobre la enfermedad de Chagas se han enfocado principalmente en describir su prevalencia en el país (Sasagawa *et al.* 2014b). La prevalencia del parásito en donantes de sangre ha disminuido a nivel nacional, sin embargo, este patrón difiere entre los departamentos de El Salvador (Sasagawa *et al.* 2014b). Casos agudos de la enfermedad suceden con más frecuencia en los departamentos de occidente (Ahuachapán, Santa Ana y Sonsonate), en San Salvador y en San Miguel (Sasagawa *et al.* 2014a). A nivel de cantones, los índices de infestación y la prevalencia del parásito (en niños menores a 15 años) varían bastante entre las comunidades (Aiga *et al.* 2012). También se han documentado casos transmisión de madre a hijo de la enfermedad, así como sus factores de riesgo (Sasagawa *et al.* 2012; Sasagawa *et al.* 2015).

Uno de los principales retos para los estudios sobre la Enfermedad de Chagas es evaluar aspectos ecológicos de los Triatominos para interrumpir la transmisión vectorial de *T. cruzi* y desarrollar nuevas herramientas de control ecológico para a la eliminación de la infestación en ambientes antropogénicos (Bustamante *et al.* 2015). Modificaciones antropogénicas al medio ambiente frecuentemente contribuyen a nuevos patrones de transmisión de la enfermedad de Chagas (Briceño-León 2009). Aspectos importantes en las poblaciones de *T. dimidiata* incluyen la variación morfológica, uso de hábitat, capacidad de domiciliación, y la preferencia alimenticia entre localidades (Dorn *et al.* 2007). El objetivo de este estudio fue evaluar una colecta entomológica realizada por MINSAL en el oriente de El Salvador para explorar cómo las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* en ambientes domiciliarios cambiaban con respecto a la biología poblacional (distribución

y proporción de sexos). Hipotetizamos que las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* cambiarían con respecto a su sexo, la División Política Administrativa (DPA), y la infección por *T. cruzi*.

METODOLOGÍA

Metadatos

Los individuos de *T. dimidiata* analizados forman parte de la colección científica del Laboratorio de Entomología de Vectores (LEV) en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador (UES), que fueron donadas por el Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL), provenientes de la colecta entomológica realizada en el mes de febrero de 2013 con base en la norma de Chagas MINSAL (2011). Las variables registradas por MINSAL fueron: infección (presencia del parásito), sexo, estadio (etapa de desarrollo biológico), DPA (Departamento, Municipio, Cantón y Caserío) y Tipo de Vivienda (material de construcción y estado de las paredes y los pisos). En este estudio solamente se analizó los metadatos: sexo, infección y DPA. Este último se tomó en consideración como una forma de explorar si existían cambios de fuentes alimenticias a nivel departamental. Se seleccionaron 45 individuos de *T. dimidiata* de hábitat domiciliar, provenientes de la región oriental del país (Morazán, San Miguel, Usulután y La Unión). Nos enfocamos en la zona oriental (1) por ser un estudio preliminar y (2) por los datos disponibles de la zona de las encuestas entomológicas.

Fase de laboratorio

El análisis de laboratorio se llevó a cabo entre los meses de mayo a octubre de 2015. Se distribuyeron 12 individuos por departamento, a excepción de Usulután (9), siendo en total de 45 chinches, (21 hembras y 24 machos). Se realizaron dos pruebas para determinar si cada individuo se encontraba infectado con

el parásito *T. cruzi*. Una prueba parasitológica realizada por el Ministerio de Salud realizada después de su captura, según lo dicta la Norma Técnica para Prevención y Control de la Enfermedad de Chagas (MINSAL 2011). La segunda prueba se llevó a cabo en el 2015 gracias a que los individuos de *T. dimidiata* se preservaron en Alcohol- Glicerina al 5% (Menes 2007). Dicha prueba consistió en la evaluación mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) para corroborar los resultados de la anterior.

Para la prueba de PCR se extrajo el ADN intestinal de cada individuo utilizando el kit comercial Qiagen y se amplificó el ADN con la técnica de PCR forense para seis especies de vertebrados (ave, cerdo, rata, ratón, perro y humano) y *T. cruzi* (Pizarro y Stevens 2008; Moser *et al.* 1989; Walker *et al.* 2004; Walker *et al.* 2003) en reacciones de 30 μ l con las siguientes concentraciones: 1X de Buffer PCR, 1.5 mM de MgCl₂, 0.2 mM dNTPs y 1.25 unidades de AmpliTaq Gold DNA polimerasa, con excepción de *T. cruzi*, el cual se utilizó 1.5 unidades de AmpliTaq Gold DNA polimerasa. Las concentraciones de los cebadores fueron de 0.2 μ M para *T. cruzi*, ave, cerdo, perro y rata y 0.5 μ M para ratón y humano (Cuadro 1). Las amplificaciones se visualizaron por electroforesis en gel de agarosa al 2%.

Análisis Estadístico

La distribución observada de las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* con relación a su sexo, DPA y la infección por *T. cruzi* (MINSAL 2011; MARN 2010), se evaluaron usando una prueba Chi-Cuadrado de 2-factores, también conocida como Tabla de Contingencia (Sokal y Rohlf 1969; Pizarro 2008). En caso de que *T. dimidiata* se alimentara de más de un hospedero se categorizó como "mixta" y fueron independientes y mutuamente excluyentes del conteo de las categorías con una sola fuente alimenticia. Los conteos

Cuadro 1. Parámetro de PCR para cada cebador.

Especie	Inicialización	Desnaturalización, unión y extensión	Extensión final
Humano (<i>Homo sapiens sapiens</i>)	10 min. a 95° C	44 ciclos 30 seg. a 94° C 1 min. a 61° C 1 min. a 72° C	7 min. a 72° C
Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	10 min. a 95° C	30 ciclos 30 seg. a 94° C 1 min. a 55° C 1 min. a 72° C	7 min. a 72° C
Ave (spp.)	10 min. a 95° C	40 ciclos 30 seg. a 95° C 30 seg. a 55° C 45 seg. a 72° C	5 min. a 72° C
Ratón (<i>Mus musculus</i>)	10 min. a 95° C	30 ciclos 30 seg. a 94° C 30 seg. a 55° C 1 min. a 72° C	7 min. a 72° C
Rata (<i>Rattus norvegicus</i>)	10 min. a 95° C	40 ciclos 30 seg. a 95° C 30 seg. a 61° C 30 seg. a 72° C	(sin extensión final)
Cerdo (<i>Sus scrofa</i>)	10 min. a 95° C	30 ciclos 30 seg. a 95° C 1 min. a 63° C 1 min. a 63° C	(sin extensión final)
Parasito de Chagas (<i>Trypanosoma cruzi</i>)	10 min. a 94° C	30 ciclos 20 seg. a 94° C 10 seg. a 57° C 30 seg. a 72° C	7 min. a 72° C

categoricos se expresaron en porcentajes del total observado (n=45) para asegurar valores mayores a cinco en cada celda (Sokal y Rohlf 1969). La distribución esperada se expresó en términos de homogeneidad entre las fuentes alimenticias y las comparaciones respectivas (sexo e infección). Las pruebas estadísticas se realizaron usando una hoja de cálculo Microsoft

Excel (versión 2013).

RESULTADOS

Fuentes Alimenticias del Vector

De los 45 individuos examinados, 16 se alimentaron de sangre de ave (35.6%), cinco

de sangre de perro (11.1%), dos de sangre de rata (4.4%) y 12 se alimentaron de más de un hospedero (26.7%). De estas últimas 12, 11 se alimentaron de una dieta mixta de dos fuentes alimenticias (perro-ave y rata-ave) (24.4%) y solamente uno se alimentó de tres fuentes (ave-perro-humano) (2.2%). En los 10 individuos restantes (22.2%) los cebadores utilizados no detectaron ninguna fuente alimenticia.

Sexo del Vector

La distribución observada de las fuentes alimenticias de los individuos con relación a su sexo fue diferente a lo esperado ($X^2=17.04$, g.l.=2, $p=1.992E-04$). De las hembras *T. dimidiata*, cuatro se alimentaron de perros más de lo esperado (26.67%), siete se alimentaron de aves (46.67%) y cuatro de fuentes mixtas (26.67%) menos de lo esperado (Cuadro 2). Por otra parte, nueve de los machos de *T. dimidiata* se alimentaron de aves (45.0%) y ocho de fuentes mixtas (40.0%) más de lo esperado, y uno se alimentó de perro (5.0%) con menos frecuencia de lo esperado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de las fuentes alimenticias (F.A.) de *T. dimidiata* con respecto a sexo del vector (n=45).

F.A.	Hembra		Macho	
	Observada	Esperada	Observada	Esperada
Ave	46.67%	48.25%	45.00%	43.42%
Mixto	26.67%	35.09%	40.00%	31.58%
Perro	26.67%	16.67%	5.00%	15.00%

Distribución DPA del vector.

La distribución de las fuentes alimenticias con relación al nivel sociopolítico fue diferente a lo esperado ($X^2=7.862$, g.l.=3, $p=0.0489$). En el Departamento de La Unión, *T. dimidiata* se alimentó de perro menos de lo esperado y se alimentó de ave más de lo esperado. En el Departamento de Morazán, *T. dimidiata* se

alimentó de perro más de lo esperado y de ave menos de lo esperado. En el departamento de San Miguel, *T. dimidiata* se alimentó de perro menos de lo esperado y de ave más de lo esperado. En el departamento de Usulután, *T. dimidiata* se alimentó de perro más de lo esperado y de ave menos de lo esperado (Cuadro 3).

Infección por *T. cruzi*

El análisis parasitológico de los individuos coincidió con el análisis por la técnica de PCR. Así la distribución de las fuentes alimenticias con respecto a la infección por *T. cruzi* no fue diferente a lo esperado ($X^2=2.203$, g.l.=2, $p=0.3324$). El número de *T. dimidiata* (n=45) que resultaron negativos o positivos a la infección por *T. cruzi* se alimentaron con una distribución similar a lo esperado de ave, perro y fuentes mixtas. De las 33 *T. dimidiata* que dieron negativo a la presencia del parásito, 11 se alimentaron de ave (42.3%), nueve se alimentaron de fuentes mixtas (34.6%) y cuatro se alimentaron de perro (15.4%). Por otra parte, de las 12 *T. dimidiata* que dieron positivo a la presencia del parásito, cinco se alimentaron de ave (55.6%), tres se alimentaron de fuentes mixtas (33.3%) y una se alimentó de perro (11.1%) (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

Nuestro estudio demuestra que las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* cambian con respecto al sexo y la DPA, pero no cambian con respecto a la infección por *T. cruzi*.

Fuentes alimenticias de *T. dimidiata*

La principal fuente alimenticia de *T. dimidiata* en ambientes domiciliarios de la región oriental de El Salvador fue la sangre de ave, seguido por la de perro y fuentes mixtas (es decir, dos o más fuentes alimenticias), y solamente en fuentes mixtas está incluida la sangre humana.

Cuadro 3. Distribución de las fuentes alimenticias (F.A.) de *T. dimidiata* con respecto a DPA (n=45).

F.A.	La Unión		Morazán		San Miguel		Usulután	
	Observado	Esperado	Observado	Esperado	Observado	Esperado	Observado	Esperado
Perro	31.25%	33.48%	37.50%	33.04%	12.50%	18.75%	18.75%	14.73%
Ave	35.71%	33.48%	28.57%	33.04%	25.00%	18.75%	10.71%	14.73%

Cuadro 4. Distribución de las fuentes alimenticias (F.A.) de *T. dimidiata* con respecto a la infección del vector por *T. cruzi* (n=45).

F.A.	Negativo		Positivo	
	Observada	Esperada	Observada	Esperada
Ave	42.31%	46.97%	55.56%	50.89%
Mixto	34.62%	32.62%	33.33%	35.33%
Perro	15.38%	12.72%	11.11%	13.78%

Similarmente, Farfán-García y Angulo-Silva (2011) en los ambientes domiciliarios de Colombia detectaron una ingesta de sangre de animales domésticos en el 100% de los *T. dimidiata* analizados, con preferencia por gallinas (43.1%). Sin embargo, Calderón *et al.* (2001) en Costa Rica y Torres-Montero *et al.* (2012) en México encontraron una alta predilección por la sangre humana (67% y 87.5% respectivamente) en ambientes domiciliarios. El carácter eurífago de *T. dimidiata* le permite aprovechar cualquier tipo de huésped (silvestre, doméstico) y prosperar en diferentes hábitats (Zeledon 2001; Angulo 2005a, b; Reyes y Angulo 2009).

La elección de fuentes alimenticias de los triatomos está influenciada más por su disponibilidad en el ambiente que han colonizado, que por las preferencias alimenticias del vector (Rabinovich *et al.* 2015). Las altas frecuencias de fuentes mixtas de alimentación detectadas (26.7%) sugieren que *T. dimidiata* no posee una preferencia para un hospedero específico y simplemente aprovecha las fuentes alimenticias disponibles en el hábitat (Torres-Montero *et al.* 2012). Reyes

et al. (2011) señala que *T. dimidiata* es una especie generalista en sus hábitos alimenticios, utiliza un amplio rango de hospederos y que el desarrollo y la biología de esta especie no depende de una fuente alimenticia específica.

Sexo de *T. dimidiata*

Las hembras *T. dimidiata* prefirieron alimentarse de perros, mientras que los machos prefirieron aves y dieta mixta (más de dos fuentes alimenticias). Debido a inversiones reproductivas diferenciales entre los sexos, las hembras *T. dimidiata* durante la etapa adulta se alimentan con más frecuencia que los machos (Reyes *et al.* 2011). Sin embargo, un estudio realizado en Guatemala no encontró diferencias significativas en las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* machos y hembras (Pellecer 2011). Aunque, también se ha registrado en Guatemala una alta movilidad de *T. dimidiata* entre domicilio y peridomicilio (Dumonteil *et al.* 2007).

División Política Administrativa

La principal fuente alimenticia de *T. dimidiata* en los departamentos de La Unión y San Miguel fueron aves, mientras que en los departamentos de Morazán y Usulután fueron perros. Farfán-García y Angulo-Silva (2011) en Colombia y Quintal y Polanco (1977) en México reportaron que las principales fuentes alimenticias para *T. dimidiata* fueron los perros y aves. Sin embargo, Sasaki *et al.* (2003) en Guatemala detectaron que las fuentes alimenticias más importantes para *T. dimidiata* fueron los humanos y los tacuazines (*Didelphis marsupialis*). Mientras

que Torres-Montero *et al.* (2012) en México encontraron que fueron los humanos y los ratones (*Mus musculus*). La variación de fuentes alimenticias entre diferentes países latinoamericanos e inclusive dentro de un respectivo país, sugiere que la proximidad del hospedero es un factor importante (Zeledón 2001, Rabinovich *et al.* 2015). Cabe destacar que en las zonas rurales de la zona oriental de El Salvador los patrones culturales (costumbre de introducir animales domésticos a la vivienda, entre otros) y la estructura de la vivienda (paredes de bajareque o adobe con grietas y piso de tierra) favorecen que los animales domésticos (pericos, palomas, gallinas, perros, etc.) duerman en domicilios o en cuartos anexos (como bodegas) a la vivienda (Velis *et al.* 2011, Cedillos *et al.* 2011b, Bustamante *et al.* 2015).

Infección por *T. cruzi*

La infección por *T. cruzi* en la población de *T. dimidiata* de la zona oriental del país no influyó en la elección de su fuente de alimento. Las fuentes alimenticias detectadas fueron: perros, aves, y fuentes mixtas. De igual manera, Zeledón *et al.* (1970) determinaron que no existe un cambio en el comportamiento alimenticio de *T. dimidiata* cuando es infectado por *T. cruzi*. Sin embargo, las diferencias de infección por *T. cruzi* en *T. dimidiata* puede deberse a cambios en la disponibilidad de fuentes alimenticias efímeras disponibles (Zeledón *et al.* 2005). Por ejemplo, un estudio realizado en Bolivia, los *T. infestans* intradomiciliarios que se alimentaron de humanos, perros, y cobayas (*Cavia porcellus*) tuvieron mayor probabilidad de ser infectados por *T. cruzi* (Pizarro *et al.* 2008).

Los *T. dimidiata* seleccionados de la colección entomológica de CENSALUD para el análisis molecular de fuentes alimenticias no nos permitió evaluar niveles de infección con respecto al sexo del vector. Sin embargo, en México reportaron que la tasa de infección

no cambiaba significativamente con el sexo del vector (Torres-Montero *et al.* 2012). En contraste con Guatemala, donde se encontró que los *T. dimidiata* machos presentaban tasas más altas de infección por *T. cruzi* que las hembras (Monroy *et al.* 2013). Por otra parte, consideramos que los *T. dimidiata* positivas a *T. cruzi* que se alimentaron de aves utilizaron otras fuentes no detectadas en el estudio, debido a que las aves son especies refractarias al parásito (Herrera 2010).

Los aspectos ecológicos en la toma de datos son importantes para mejorar el control y prevención de la enfermedad de Chagas en El Salvador. Nuestro estudio apoya una estrategia comprensiva que toma en cuenta: (1) *T. dimidiata* es un hematófago oportunista en ambientes domiciliarios y sus fuentes alimenticias cambian por departamento, y (2) el control del vector *T. dimidiata* y la mitigación de reservorios domiciliarios de *T. cruzi* cumplen con los mismos objetivos, ya que la infección por *T. cruzi* no cambia el comportamiento de *T. dimidiata*.

Una estrategia comprensiva para El Salvador de mitigar los reservorios en ambientes domiciliarios necesita también incorporar un elemento cultural, como los programas de Casa Saludable existentes en Latinoamérica (Zeledón 2008). Los programas de Casa Saludable se enfocan en eliminar la acumulación de desechos en las viviendas y el hospedaje de animales domésticos dentro de éstas y su traslado a lugares asignados. Los animales que habitan en el interior de las viviendas representan un factor de riesgo en la infestación y transmisión de la enfermedad de Chagas (Bustamante *et al.* 2014). Un estudio hecho en México demostró que la densidad domiciliaria de *Triatoma infestans* estaba relacionada positivamente con la presencia de gallinas anidadas en el interior de las casas (Cecere *et al.* 1997). Por lo tanto, las

modificaciones ambientales de los ecotopos artificiales del peridomicilio de *T. dimidiata* es un método de control ecológico que elimina la anidación por animales salvajes o sinantrópicos, disminuyendo el acceso a fuentes de sangre y, por consiguiente, la sobrevivencia de *T. dimidiata*, dificultando así la evasión de enemigos naturales (Zeledón 2001).

Pellecer *et al.* (2013) han demostrado que la evaluación de las fuentes alimenticias de *T. dimidiata* puede usarse junto con los índices entomológicos para medir el riesgo de infección en las comunidades. Otros países latinoamericanos toman variables relacionadas con la ecología del vector dentro de los domicilios, como, infestación por roedores, tipos de vivienda, presencia de animales domésticos (perros, aves, etc.), condición del techo, paredes y piso, etc., esto en el marco del enfoque ecosalud (Gürtler y Yadon 2015). A pesar de que en El Salvador se hacen vigilancias entomológicas, muchas veces datos sobre los materiales de construcción de las casas, tipos de techo y otras características de la vivienda no poseen información suficiente para las investigaciones enfocadas en dicha área. Por lo tanto, uno de los principales retos para El Salvador en el estudio de la ecología de enfermedades vectorizadas es mejorar la riqueza y disponibilidad de datos que se producen en las encuestas entomológicas del país.

Debido a las diferencias encontradas en los patrones alimenticios de *T. dimidiata* con respecto a la DPA, sugerimos realizar futuros estudios de microclima de la zona (temperatura, humedad, precipitación, etc.) con relación a la distribución de *T. dimidiata* y el riesgo de infestación. Por ejemplo, Badel-Mogollón *et al.* (2017) evidenciaron que las temperaturas medidas en dos departamentos de Colombia a nivel de superficie y a dos metros del suelo fueron determinantes en la distribución

espacio-temporal de una población de *T. dimidiata*, por lo tanto, los triatominos al responder a variaciones ambientales bien localizadas podrían favorecer la domiciliación. Dichos autores sugieren que las estrategias de control vectorial empleadas actualmente deben ser diseñadas y ejecutadas de manera local y ajustadas a las características biológicas de las especies y a las condiciones epidemiológicas en cada caso. También, es importante a futuro seguir evaluando la heterogeneidad de las poblaciones de *T. dimidiata* en El Salvador. Por ejemplo, estudios que integran la biología poblacional y la ecología de los vectores de Chagas con respecto a los paisajes agrícolas y la resultante fragmentación de hábitats naturales en el país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a LEV CENSALUD en la UES por el apoyo logístico, al Departamento de Vectores de la Región Oriental del Ministerio de Salud de El Salvador por proporcionar los especímenes, al proyecto “*Modeling disease transmission using spatial mapping of vector-parasite genetics and vector feeding patterns*” patrocinado por “*National Science Foundation*” por apoyo financiero y a la Universidad de Loyola Marymount (California, EEUU) por la donación de equipos de investigación. Víctor D. Carmona-Galindo agradece a la beca “*Core Fulbright U.S. Scholar Program*” por el apoyo financiero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiga H, Sasagawa E, Hashimoto K, Nakamura J, Zúniga C, Romero JE, Ramos HM, Nakagawa J, Tabaru Y. 2012. Chagas disease: assessing the existence of a threshold for bug infestation rate. *Am J Trop Med Hyg.* 86(6): 972-979.
- Angulo V. 2005a. Ensayo de estrategias de

- control y vigilancia de *Triatoma dimidiata* en Colombia. En: Guhl F, editor. Primer Taller Internacional sobre Control de la Enfermedad de Chagas; Curso de Diagnóstico. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes. p. 91-102.
- Angulo V. 2005b. Comportamiento de *Triatoma dimidiata*: Un reto para su control. *Biomédica* 25(1): 80-82.
- Badel-Mogollón J, Rodríguez-Figueroa L, Parra-Henao G. 2017. Spatio-temporal analysis of the biophysical and ecological conditions of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in the northeast region of Colombia. *Biomédica* 37:106–123.
- Belaunzarán, M.L. 2015 Enfermedad de Chagas: globalización y nuevas esperanza para su cura. *Rev Argent Microbiol.* 2015; 47(2): 85 - 87.
- Bustamante DM, De Urioste-Stone SM, Juárez JG, Pennington PM. 2014. Ecological, Social and Biological Risk Factors for Continued *Trypanosoma cruzi* Transmission by *Triatoma dimidiata* in Guatemala. Lazzari CR, editor. *PLoS ONE* 9:e104599.
- Bustamante D, Menes M, Torres N, Zúniga C, Sosa W, Abrego V, Monroy CM. 2015. Information to Act: Household characteristics are predictors of domestic infestation with the Chagas vector *Triatoma dimidiata* in Central America. *Am J Trop Med Hyg.* 93 (1): 97-107.
- Bustamante D, Monroy C, Pineda S, Rodas A, Castro X, Ayala V, Quiñones J, Moguel B, Trampe R. 2009. Risk factors for intradomiciliary infestation by the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* in Jutiapa, Guatemala. *Cad Saúde Pública.* 25: S83-S92.
- Briceño-León R. 2009. La enfermedad de Chagas en las Américas: una perspectiva de ecosalud. *Cad. saúde pública.* 25(1): 71-82.
- Cecere MC, Gürtler RE, Chuit R, Cohen JE. 1997. Effects of chickens on the prevalence of infestation and population density of *Triatoma infestans* in rural houses of north-west Argentina. *Medical and Veterinary Entomology* 11(4): 383-388.
- Calderón O, Chinchilla M, García F, Vargas M. 2001. Preferencias alimentarias de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) procedente de la meseta central de Costa Rica a finales del siglo XX. *Parasitología al día* 25: 3-4.
- Cedillos R, Romero J, Ramos HM, Sasagawa E. 2011a. La enfermedad de Chagas en El Salvador, evolución histórica y desafíos para el control. Organización Panamericana de la Salud.
- Cedillos RA, Francia H, Soundy-Call J, Ascencio G, Valcarcel-Novo M. 2011b. Estudio epidemiológico de la infección por *Trypanosoma cruzi* en El Salvador, Centro América. *Revista Minerva en Línea, Universidad de El Salvador* 2(2): 39-45.
- Dorn P, Monroy C, Curtis A. 2007. *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811): A review of its diversity across its geographic range and the relationship among populations. *Infect Genet Evol.* 7(2): 343-352.
- Dujardin JP, Schofield CJ, Panzera F. 2002. Los vectores de la enfermedad de Chagas. Koninklijke Academie Voor Overzeese Wetenschappen. Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen. Verhandeling in-8, Nieuwereeks, boek 26, afl. 3, Brussel.
- Dumonteil E, Tripet F, Ramírez-Sierra MJ, Payet V, Lanzaro G, Menu F. 2007. Assessment of *Triatoma dimidiata* dispersal in the Yucatan Peninsula of Mexico by morphometry and microsatellite markers. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 76(5):930–937.
- Farfán-García AE, Angulo-Silva VM. 2011.

- Triatoma dimidiata* populations' (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) feeding behaviour in an endemic zone and related epidemiological implications. *Rev. Salud Pública* 13(1):163-172.
- Gürtler RE, Yadon ZE. 2015. Eco-bio-social research on community-based approaches for Chagas disease vector control in Latin America. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 109:91-98.
- Herrera L. 2010. Una revisión sobre reservorios de *Trypanosoma* (*Schizotrypanum*) *cruzi* (Chagas, 1909), agente etiológico de la Enfermedad de Chagas. *Bol Mal Salud Amb.* 50(1): 3-15.
- Jurberg J, Galvão C. 2006. Biology, ecology, and systematics of Triatominae (Heteroptera, Reduviidae), vectors of Chagas disease and implications for human health. *Denisia.* 19: 1095-1116.
- MARN. 2010. Cuarto informe al convenio sobre diversidad biológica El Salvador.
- Menes Hernández M. 2007. Estudio genético y fenético de las poblaciones de *Triatoma dimidiata* (Latreille) de Centro América utilizando las técnicas de espaciadores internos transcritos del ADN ribosomal y morfometría. Proyecto FODECYT No. 008-2006. Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- MINSAL. 2011. Norma técnica para la prevención y el control de la enfermedad de Chagas. Ministerio de Salud, Dirección de Regulación y Legislación en Salud, Unidad de Salud Ambiental. San Salvador, El Salvador.
- Monroy C, Rodas A, Mejía M, Rosales R, Tabaru Y 2003. Epidemiology of Chagas disease in Guatemala: Infection rate of *Triatoma dimidiata*, *Triatoma nitida* and *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae) with *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98: 305-310.
- Moser DR., Kirchhoff LV, Donelson JE. 1989. Detection of *Trypanosoma cruzi* by DNA amplification using the polymerase chain reaction. *Journal of clinical microbiology* 27(7):1477-1482.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2016. Enfermedad de Chagas (Triponosomiasis americana). Nota descriptiva N°340.
- Organización Panamericana de la Salud. 2010. XII Reunión de la Comisión Intergubernamental de la Iniciativa de los Países de Centroamérica (IPCA) para la Interrupción de la Transmisión Vectorial, Transfusional y Atención Médica de la Enfermedad de Chagas. p. 9.
- Organización Mundial de la Salud. 2005 (actualizado 2007). Reporte del grupo de trabajo científico sobre la enfermedad de Chagas. p. 5.
- Pellecer M, Dorn P, Bustamante D, Rodas A, Monroy C. 2013. Vector blood meals are an early indicator of the effectiveness of the ecohealth approach in halting Chagas transmission in Guatemala. *Am J Trop Med Hyg.* 88(4): 638-644.
- Pellecer ZM. 2011. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (Título de Bióloga). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3219.pdf
- Pizarro JC, Stevens L. 2008. A New Method for Forensic DNA Analysis of the Blood Meal in Chagas Disease Vectors Demonstrated Using *Triatoma infestans* from Chuquisaca Bolivia. *PloS ONE* 3: 10.
- Ponce C. 2007. Current situation of Chagas disease in Central America. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102(1): 41-44.
- Quintal RE, Polanco GG. 1977. Feeding preferences of *Triatoma dimidiata*

- maculipennis in Yucatan, Mexico. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 26(1):176-178.
- Rabinovich J, Kitron U, Obed Y, Yoshioka M, Gottdenker N, Chávez L. 2011. Ecological patterns of blood-feeding by kissing-bugs (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 106(4): 479-494.
- Rassi A, Marin J. 2010. Chagas disease. *Lancet.* 375(9723): 1388-1402.
- Reyes E, Ruiz H, Escobedo J, Barrera M. 2011. *Biología y ecología de Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811), algunos aspectos de estudio. *Dugesiana* 18(1): 11-16.
- Reyes M, Angulo A. 2009. Ciclo de vida de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) (Hemiptera, Reduviidae) en condiciones de laboratorio: producción de ninfas para ensayos biológicos. *Biomédica* 29(1): 119-126.
- Sasagawa E, Aiga H, Corado E, Cuyuch B, Hernández M, Guevara A, Romero J, Ramos H, Cedillos R, et al. 2015a. Risk factors for Chagas disease among pregnant women in El Salvador. *Trop Med Int Health.* 20(3): 268-276.
- Sasagawa E, Aiga H, Corado E, Cuyuch B, Hernández M, Guevara A, Romero J, Ramos H, Cedillos R, et al. 2015b. Mother-to-Child Transmission of Chagas Disease in El Salvador. *Am J Trop Med Hyg.* 93(2): 326-333.
- Sasagawa E, Guevara A, Hernández M, Romero J, Nakagawa J, Cedillos R, & Kita K. 2014a. Acute Chagas disease in El Salvador 2000-2012-Need for surveillance and control. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 109(2): 256-258.
- Sasagawa E, Guevara A, Hernández M, Romero J, Nakagawa J, Cedillos R, Misago C, Kita K. 2014b. Prevalence of *Trypanosoma cruzi* infection in blood donors in El Salvador between 2001 and 2011. *J Infect Dev Ctries.* 8(8): 1029-1036.
- Sasaki H, Rosales R, Tabaru Y. 2003. Host feeding profiles of *Rhodnius prolixus* and *Triatoma dimidiata* in Guatemala (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Med. Entomol. Zool.* 54(3):283-289.
- Sokal R, Rohlf F. 1969. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research.* New York (NY). WH Freeman and Company. 915p.
- Torres-Montero J, López-Monteon A, Dumonteil E, Ramos-Ligonio A. 2012. House infestation dynamics and feeding sources of *Triatoma dimidiata* in Central Veracruz, Mexico. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 86(4):677-682.
- Velis DL, Flores MA, Cedillos RA, Guevara OA. 2011. Transmisión de la Enfermedad de Chagas en tres municipios del Departamento de Usulután, El Salvador, Centro América. *Revista Minerva en Línea, Universidad de El Salvador* 2(2): 1-12.
- Walker JA, Hughes DA, Hedges DJ, Anders BA, Laborde ME, Shewale J, Batzer MA. 2004. Quantitative PCR for DNA identification based on genome-specific interspersed repetitive elements. *Genomics* 83(3): 518-527.
- Walker JA, Kilroy GE, Xing J, Shewale J, Sinha SK, Batzer MA. 2003. Human DNA quantitation using Alu element-based polymerase chain reaction. *Analytical biochemistry* 315(1): 122-128.
- World Health Organization. 2003. Control de la enfermedad de Chagas: segundo informe del comité de expertos de la OMS.
- Zeledón R, Rojas JC, Urbina A, Cordero M, Gamboa S, Lorosa E, Alfaro S. 2008. Ecological control of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811): five years after a Costa Rican pilot project. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 103(6): 619-621.
- Zeledón R, Calvo N, Montenegro V, Seixas-Lorosa E, Arévalo C. 2005. A survey on

Triatoma dimidiata in an urban area of the province of Heredia, Costa Rica. Mem Inst Oswaldo Cruz 100(6):507-512.

Zeledón R. 2001. *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811). Factores biológicos y ecológicos en la enfermedad de Chagas. El Salvador.

Zeledón R. 1983. Vectores de la enfermedad de Chagas y sus características ecofisiológicas. Interciencia: revista de ciencia y tecnología para el desarrollo 8(6): 95-348.

Zeledón R, Guardia V, Zúñiga A, Swartzwelder C. 1970. Biology and ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) II. Life span of adults and fecundity and fertility of females. Journal of Medical Entomology 7: 462-469.