

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Identificación de fuentes alimenticias y de la presencia de *Trypanosoma cruzi* utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) del ADN en la ingesta de sangre de *Triatoma dimidiata* de colectas de las aldeas La Brea y El Tule del Municipio de Quesada, Jutiapa, Guatemala, antes y después de modificaciones en ecotopos domiciliarios y peridomiciliarios.

Mariele Johanna Pellecer Zehntner

Bióloga

Guatemala, Noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Identificación de fuentes alimenticias y de la presencia de *Trypanosoma cruzi* utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) del ADN en la ingesta de sangre de *Triatoma dimidiata* de colectas de las aldeas La Brea y El Tule del Municipio de Quesada, Jutiapa, Guatemala, antes y después de modificaciones en ecotopos domiciliarios y peridomiciliarios.

Informe de Tesis presentado por  
Mariele Johanna Pellecer Zehntner  
Para optar al título de Bióloga

Guatemala, Noviembre de 2011

## ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Antecedentes	4
3.1 <i>Trypanosoma cruzi</i>	4
3.2 Triatomíneos	5
3.2.1 <i>Triatoma dimidiata</i>	6
3.3 Fuentes Alimenticias	7
3.4 Intervenciones Ecosistémicas: La Brea, y El Tule, Quesada, Jutiapa	8
4. Justificación	10
5. Objetivos	13
5.1 General	13
5.2 Específicos	13
6. Hipótesis	14
7. Materiales y Métodos	15
7.1 Experimental	15
7.1.1 Población	15
7.1.2 Técnicas a Usar en el Proceso de Investigación	15
7.1.2.1 Especímenes	15
7.1.2.1.1 Selección de especímenes de la aldea La Brea	16
7.1.2.1.2 Selección de especímenes de la aldea El Tule	16
7.1.2.2 Métodos de Análisis de Genética Molecular	17
7.2 Intervenciones realizadas en La Brea y El Tule según años	18
7.2.1 Criterio utilizado para determinar casas ‘riesgo’ y ‘no riesgo’	19
7.2.2 Número de casas encuestadas, índices de infestación, número de triatomíneos colectados, índice de riesgo por pared para la aldea La Brea.	20
7.2.3 Número de casas encuestadas, índices de infestación, número de triatomíneos colectados, índice de riesgo por pared para la aldea El Tule.	20
7.3 Análisis Estadístico	21
9. Resultados y Discusión	22
9.1 La Brea	22
9.1.1 Situación de las fuentes alimenticias y el parásito en <i>Triatoma dimidiata</i> a lo largo del tiempo en La Brea.	22
9.1.2 Comparación de factores de riesgo y fuentes alimenticias por años en La Brea.	35

9.1.3 Relaciones entre fuentes alimenticias y presencia del parásito en <i>Triatoma dimidiata</i> según el factor riesgo de casas y el ecotopo en aldea La Brea.	39
9.1.4 Relación entre la frecuencia de alimentación, el ecotopo y las fuentes alimenticias y la presencia del parásito en <i>Triatoma dimidiata</i> de colectas de la aldea La Brea.	44
9.1.5 La presencia del parásito <i>Trypanosoma cruzi</i> en <i>Triatoma dimidiata</i> colectada en La Brea en relación con las fuentes alimenticias identificadas.	48
9.2 El Tule	49
9.2.1 Situación de las fuentes alimenticias y el parásito en <i>Triatoma dimidiata</i> a lo largo del tiempo en El Tule.	49
9.2.2 Comparación de factores de riesgo y fuentes alimenticias por años en El Tule.	58
9.2.3 Relaciones entre fuentes alimenticias y presencia del parásito en <i>Triatoma dimidiata</i> según el factor riesgo de casas y el ecotopo en aldea El Tule.	60
9.2.4 Relación entre la frecuencia de alimentación, el ecotopo y las fuentes alimenticias y la presencia del parásito en <i>Triatoma dimidiata</i> de colectas de la aldea El Tule.	63
9.2.5 La presencia del parásito <i>Trypanosoma cruzi</i> en <i>Triatoma dimidiata</i> colectada en El Tule en relación con las fuentes alimenticias identificadas.	67
9.3 Comparación entre las dos aldeas y análisis holístico.	68
10. Conclusiones	70
11. Recomendaciones	71
12. Referencias	72

## **JUNTA DIRECTIVA**

Óscar Cobar Pinto, Ph. D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. José Roy Morales Coronado	Vocal IV
Br. Cecilia Liska de León	Vocal V

## **Dedicatoria**

A mi Mamá y Papá, a mis hermanos y mis sobrinos.

Al Laboratorio de Entomología y Parasitología Aplicada (LENAP).

## **Agradecimientos**

A mi familia por apoyo y paciencia ilimitada.

A la Dra. Monroy por permitirme hacer mi trabajo de tesis en este tema, asesorarme, apoyarme y hacer presión para lograr graduarme.

A la Licenciada Rodas por su apoyo y paciencia.

A Marianela que sin su apoyo, ayuda y ánimos esto no hubiera sido posible.

A Dulce que sin su ayuda en estadística esto aun estaría en la parte de análisis de datos.

A Mabel, Mafer, Gabi A., Albina, y todas las que participaron en las risoterapias, ya que eran fuente de diversión y apoyo para que se logre la tesis.

A todos mis amigos que sin su compañía, amistad y ánimos, ni los años de colegio, ni los de la universidad hubieran sido tan enriquecedores como lo fueron.

A Sandrita, Normita, Alma, Mirla, Zoily, Jenny por su ayuda y paciencia para todos los pasos y trámites.

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, la Escuela de Biología, a todos los docentes.

A la Dra. Stevens y Dra. Dorn.

A todas las personas involucradas en este proyecto, ya que sin su esfuerzo no existirían los datos y los resultados que son esta tesis.

## 1. Resumen

Con el objetivo de establecer nuevos indicadores de efectividad en el control de vectores hematófagos se utilizó la técnica de detección por PCR, la cual nos permitió evaluar los cambios en el tiempo en cuanto a la fuente alimenticia de la chinche trasmisora de la enfermedad de Chagas en dos aldeas del municipio de Quesada, Jutiapa, Guatemala.

El presente estudio evalúa la identificación de fuentes alimenticias de *Triatoma dimidiata* y la presencia del parásito *Trypanosoma cruzi* por medio de PCR para observar patrones de alimentación en la chinche luego de varios años donde se realizó una combinación de intervenciones con insecticidas y ecosistémicas (mejora de paredes, mejora de pisos, reemplazo de gallineros y cochiqueras de adobe por estructuras de malla metálica y educación sobre la enfermedad de Chagas) en dos aldeas, La Brea (años analizados 2001, 2002, 2004, 2006, 2008 y 2009) y El Tule (años analizados 2004, 2006, 2008 y 2009). La Brea presenta una disminución estadísticamente significativa ( $p=0.007$ ) en la alimentación en humano del año 2004 al 2008. Las probabilidades que las chinches esten infectadas del parásito no cambiaron entre los años. Cochiqueras de adobe representaron focos de infestación que hicieron que aumentara la alimentación en cerdo en los años 2006 ( $p<0.007$ ) y 2008 ( $p<0.007$ ), pero la demolición de éstas estructuras y reemplazo por cochiqueras hechas de malla metálica supuso una disminución en la alimentación en cerdo para el año 2009 ( $p<0.007$ ). De igual manera estos focos de infestación representaron un aumento en la alimentación en roedores para el año 2006 ( $p=0.007$ ) en chinches encontradas dentro de una cochiquera de adobe y al ser demolida esta estructura la alimentación en roedor disminuyó en el año 2008 ( $p<0.007$ ). Luego de la construcción de gallineros de malla metálica en el año 2008 se observa un aumento en la alimentación en aves en el año 2009 ( $p<0.007$ ). En el año 2008 se observa una disminución en alimentación en perros ( $p<0.007$ ). La alimentación en tacuazín fue bastante baja en todos los años analizados y no hubo diferencias significativas.

En El Tule disminuyó la alimentación en humanos de los años 2004 y 2006 al 2009 de manera significativa ( $p<0.007$ ). La probabilidad que las chinches esten infectadas del parásito disminuyó del año 2004 al 2009 ( $p<0.007$ ). En el 2008 ( $p<0.007$ ) es menor la alimentación en roedores que la observada en el año 2006. La alimentación en cerdo es menor en los años 2008 y 2009 ( $p<0.007$ ) que en el año 2006. La alimentación en aves no varió significativamente entre años. La alimentación en perros disminuye en el año 2009 ante la observada en los años 2004 y 2006 ( $p<0.007$ ). Al igual que en la aldea La Brea la alimentación en tacuazín es baja y no varía entre los años.

## 2. Introducción

La enfermedad de Chagas es una infección causada por el parásito *Trypanosoma cruzi*. En América Latina hay entre 5 y 6 millones de personas infectadas y 25 millones corren el riesgo de contraer la infección. En esta área se transmite por insectos hematófagos de la subfamilia Triatominae como por ejemplo *Triatoma dimidiata*, *Rhodnius prolixus* y *R. pallenscens*. Otra forma de transmisión es por transfusión de sangre. Dada la eficacia limitada de tratamientos con medicinas y la ausencia de una vacuna, control de la enfermedad de Chagas se basa en el control del vector con insecticidas y mejoras en las viviendas. (OMS, 2002; Bustamante, *et al.*, 2009)

La forma tradicional de evaluar la efectividad de las intervenciones como el rociamiento con insecticidas es tradicionalmente el número y ubicación de los insectos vectores antes y después de la aplicación del insecticida (Monroy, *et al.*, 1998), sin embargo actualmente tras el desarrollo de nuevas formas de control se hace necesario la búsqueda de otros marcadores de efectividad de las intervenciones, como por ejemplo averiguar de que se alimenta la chinche antes y después de un evento de control. En este trabajo se usó cebadores específicos para la amplificación por PCR, para determinar si cambia a lo largo del tiempo la fuente alimenticia del vector.

Monroy, *et al.*, 2009 compararon dos formas de intervención, rociamiento con insecticida en dos aldeas y mejorías de viviendas (intervención ecosistémica) en dos aldeas de Jutiapa, Guatemala. Ambas intervenciones resultaron en una reducción de la infestación de *T. dimidiata*, pero solo la intervención ecosistémica produjo cambios en las viviendas (limpieza, revocado de paredes) que evitan la reinfestación a largo plazo.

Para comprender el movimiento del vector es importante identificar patrones alimenticios a escala local y regional. Las preferencias de hospedero han sido estudiados en diferentes ecotopos. La densidad del insecto y la ocurrencia espacial y temporal del vector y del hospedero contribuyen a la selección de hospedero. (Gürtler, *et al.*, 1997)

El número, identidad y proximidad de animales domésticos y peri-domésticos influyen los patrones alimenticios y la dispersión del vector. (Cecéré, *et al.*, 1997, 2002; Gürtler, *et al.*, 1995)

Patrones alimenticios de insectos hematófagos han sido estudiados por métodos serológicos (Vallvé, *et al.*, 1995; Calderón-Arguedas, *et al.*, 2001), que presentan limitaciones en términos de resolución taxonómica, cantidad y calidad de la ingesta de sangre.

Se han descrito ensayos basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para la identificación de ADN de chinchilla extraído de abdomen de *Triatoma infestans*, resultando en una identificación confiable en ingestas recientes y de hasta dos meses de anterioridad. (Pizarro, *et al.*, 2007) Pizarro y Stevens, 2008 analizaron los patrones alimenticios de *T. infestans* y la presencia de *Trypanosoma cruzi* con cebadores específicos de especie, los resultados indican un movimiento de las chinches hacia el interior de las casas.

En el presente estudio se analizó la ingesta de *T. dimidiata* usando ensayos de PCR con cebadores específicos para seis especies de vertebrados y del parásito *Trypanosoma cruzi* luego de intervenciones realizadas para disminuir la población de triatominos y reducir el riesgo de contagio del parásito con el ser humano. Los años analizados fueron 2001 y 2002 (solamente para La Brea) y 2004, 2006, 2008 y 2009 para La Brea y El Tule, Quesada, Jutiapa, Guatemala. En cada colecta se encuestó a una persona de cada casa, se registraron las condiciones de los factores de riesgo de reinfestación (Bustamante, *et al.*, 2009) y los cambios realizados durante el año. La información de las fuentes alimenticias, la presencia del parásito y los datos colectados se analizaron con Chi-cuadrado para ver si existen asociaciones significativas.

### 3. Antecedentes

#### 3.1 *Trypanosoma cruzi*

*Trypanosoma* (Schizotrypanum) *cruzi* es un protozoo que pertenece al phylum Sarcomastigophora, orden Kinetoplastida, que comprende organismos flagelados con kinetoplasto. El subgénero Schizotrypanum ha sido adoptado para los trypanosomas que se multiplican en los vertebrados con estadios intracelulares. El parásito es incluido en la sección Stercoraria, con otros trypanosomas que sus estadios infectivos se desarrollan en el tracto digestivo del vector y contaminan al hospedero mamífero por medio de las heces del vector. (OMS, 2002)

Las cepas de *T. cruzi* son muy diversas. El parásito infecta un amplio rango de hospederos vertebrados, y más de 100 especies mamíferas han sido infectadas naturalmente o experimentalmente. En ratones de experimentación, las formas tripomastigóticas sanguíneas pueden diferir en morfología (formas delgadas, anchas y robustas) y pueden producirse diferentes parasitemias. Se han descrito variaciones dependientes de las cepas en la distribución tisular de las formas amastigóticas intracelulares. Algunas cepas muestran preferencia por los macrófagos esplénicos, hepáticos y medulares, mientras que otras son muy escasas en esos órganos. Se han descrito variaciones en relación con la virulencia, el curso de la parasitemia y las tasas de mortalidad. (OMS, 2002) (Andrade, 1974) Además, la misma cepa del parásito puede actuar de forma distinta en diferentes linajes de ratones. Los trabajos experimentales con zarigüeyas indican que algunas cepas causan una infección ligera, mientras que otras son eliminadas mediante mecanismos inmunológicos que aún no están plenamente elucidados. Las técnicas de biología molecular han demostrado que cepas genéticamente diferentes de *T. cruzi* pueden parasitar órganos distintos en el ser humano. (OMS, 2002)

Estudios in vitro han mostrado diferencias en la capacidad de los tripomastigotes de determinadas cepas para invadir células cultivadas de mamíferos. Con técnicas bioquímicas se ha confirmado que en la penetración participan varias moléculas superficiales del parásito, como la transialidasa y glicoproteínas con diferentes masas moleculares. Las cepas de *T. cruzi* presentan diferentes grados de sensibilidad a los agentes quimioterapéuticos. Se ha descrito resistencia natural al beznidazol y al nifurtimox, los dos medicamentos más utilizados hasta ahora en el tratamiento de la

enfermedad de Chagas. (OMS, 2002)

Se ha estudiado la estructura genética de varias cepas (Zingales *et al.*, 1997), esto ha ayudado a dilucidar la relación entre los parásitos (relativamente ancestrales) y la evolución relativamente reciente de los triatominos chupadores de sangre (Schofield, 2000).

### 3.2 Triatominos

Los triatominos son insectos primitivamente silvestres, pero el proceso de radiación de los mismos hacia ecotopos artificiales es un fenómeno dinámico y actual que se refleja en la existencia de numerosas especies que invaden y colonizan la vivienda humana y sus anexos (Zeledón, 1983).

Cuando el hombre entró en contacto con los focos naturales de la Tripanosomiasis Americana y alteró su equilibrio ecológico, mediante la colonización ligada a diversas actividades (agrícolas, pecuarias, de industria extractiva o a la construcción de caminos), esta parasitosis se transformó en una infección que se transmite por mecanismos naturales de los animales al hombre y viceversa (Forattini, 1980).

Así algunas especies se aproximaron al hábitat artificial creado por el hombre, con mayor o menor éxito según la valencia ecológica de cada una de ellas. En algunos casos, entonces, esta asociación puede tener miles de años y en otras es más reciente, comprendiéndose de esta manera los diversos niveles de adaptación en que se encuentran los triatominos. Entre los exitosamente adaptados a la vivienda humana se hallan *Triatoma infestans* y *Rhodnius prolixus*. *Triatoma sordida* junto a *T. dimidiata*, *T. guasayana*, *T. patagonica*, entre otras, estaría ubicada en una segunda categoría, en la cual los insectos se han adaptado o aún están en un proceso de adaptación al domicilio, y en general cuentan con numerosos biotopos que les permiten vivir en condiciones totalmente silvestres, en algunos casos alejados del hombre. (Zeledón, 1983)

En términos generales, hay especies cuyo ciclo vital demora de 3 a 5 meses posibilitando que ocurran dos generaciones anuales. En esta categoría se encuentran *T. infestans* y *Rhodnius prolixus*.

Otro grupo requiere de 6 a 11 meses, por lo que solo se produciría una generación anual: en este grupo figura *T. sordida* y otras tales como *T. patagonica*, *T. guasayana*, *T. dimidiata*, etc. Finalmente algunas especies tienen un ciclo aún más prolongado, que puede extenderse hasta 2 años o más (Zeledón, 1983).

### 3.2.1 *Triatoma dimidiata*

Debido a la gran diversidad que exhibe *T. dimidiata* la especie ha sido separada y unida en diferentes grupos desde su primera descripción en 1811. Recientemente basándose en variaciones en coloración, características externas y tamaño taxónomos han concluido que *T. dimidiata* es mejor considerada un “complejo de especies”. (Jurberg, 2005)

Diferentes poblaciones de *T. dimidiata* exhiben variados comportamientos. Poblaciones específicas ocupan hábitats diversos, desde muy caluroso y húmedo a seco y frío y altitudes que van de 0 a 2000 metros sobre el nivel del mar. (Dorn, 2007)

Las tasas de infestación (porcentaje de casas que contienen el vector dentro de un poblado) difieren considerablemente. Desde altas tasas en Jutiapa, Guatemala, 35%, (Tabaru, *et al.*, 1999), similares a las encontradas en Sonsonate, El Salvador, y tasas bajas en Petén, Guatemala. Las tendencias de colonización de las diversas poblaciones en cada región difieren, de migraciones de remanente silvestres en Petén, a residencia continúa en estructuras domésticas y peridomésticas en Jutiapa. De igual forma varían los niveles de infección del vector por el parásito *T. cruzi*. (Monroy, *et al.*, 2003b)

Se cree que el comportamiento de alimentación de *T. dimidiata* es predominantemente oportunista, pero preferencias por hospederos se ha documentado. En Ecuador ha demostrado una preferencia por la alimentación en rata, (Arzube, 1966) y especímenes silvestres capturados no se alimentaron en voluntarios humanos, prefiriendo animales silvestres (Petana, 1971).

Existe evidencia de una unión entre el ciclo silvestre de *T. cruzi*, que incluye al reservorio selvático *Didelphis* y el ciclo doméstico de *T. dimidiata* y los animales intradomiciliares. El insecto

puede ser transportado al interior de las viviendas por medio de los hospederos, material de construcción o los adultos vuelan al interior. (Zeledón, *et al.*, 1973, 1975) Por análisis serológicos se ha demostrado que el animal más frecuentemente picado dentro y fuera del domicilio es el perro. (Zeledón, *et al.*, 1973)

Gallinas y otras aves no son susceptibles a *T. cruzi* y la sangre aviar no ejerce un efecto deleterio o positivo a la infección establecida dentro de un vector. (Minter, 1976)

El efecto de gallinas en la transmisión de *T. cruzi* no está resuelto aún. Se ha observado que la densidad domiciliar de *T. infestans* aumenta con la proporción de triatominos que se alimentó en gallinas que viven dentro del domicilio. (Cecéré, *et al.*, 1997)

La prevalencia de la infección en la población de los vectores y los hábitos alimenticios de éstos están correlacionados al riesgo de la infección humana. (Gürtler, *et al.*, 1998)

### 3.3 Fuentes alimenticias

Las fuentes alimenticias de artrópodos hematófagos han sido tradicionalmente identificado por técnicas serológicas como las pruebas de precipitina, aglutinación de latex, y el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA). (Boorman, *et al.*, 1977; Beier, *et al.*, 1988; Washino y Tempelis, 1983; Gomes, *et al.*, 2001; Chow, *et al.*, 1993)

Estos métodos han proveído datos importantes, especialmente en la identificación de fuentes alimenticias de mosquitos. Pero se ha empezado a desarrollar métodos alternativos para laboratorios que no tienen el equipo y recursos para análisis inmunológicos o si las muestras se encuentran ya en forma de ADN extraído. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) ha sido usada en aplicaciones forenses, detección de tejido animal en alimentos para rumiantes, perfil de ADN en las alimentaciones de sangre de mosquitos, y la identificación de hospederos en artrópodos hematófagos. (Gokool, *et al.*, 1993; Lord, *et al.*, 1998; Bataille, *et al.*, 1999; Chow-Shaffer, *et al.*, 2000; Ansell, *et al.*, 2000; Bottero, *et al.*, 2003; deBenedictis, *et al.*, 2003)

La técnica de PCR permite el análisis de especímenes muertos y secos, que pueden ser preservados por largo tiempo y analizados en laboratorios distantes del punto de colecta.

Sasaki, *et al.* 2003 realizaron un perfil de hospederos en Zacapa y Santa Rosa, Guatemala, para *Rhodnius prolixus* y *Triatoma dimidiata* utilizando ELISA y antisera comerciales. Se identificaron 82 (52.2%) fuentes alimenticias en *T. dimidiata* siendo humano (30.6%), seguido por tacuazin (15.3%) y vaca (7%). Múltiples fuentes alimenticias se encontraron en 16 (19.5%) de *T. dimidiata* positivas para una fuente alimenticias.

Otros estudios con *T. dimidiata* en Costa Rica, Calderón-Arguedas, 2001, también encontraron que el humano constituye una fuente alimenticia importante (67%,  $p < 0.05$ ), seguido por perro (49.8%). Una alta tasa de alimentación en humano (63.7% en chinches colectadas en intradomicilio y 21.9% en las colectadas en peridomicilio) también fue observado por Zeledón *et al.* 1973 al describir la biología y etología de *T. dimidiata*. Este comportamiento antropofílico no es explicada como una predilección, sino por la disponibilidad de esta fuente y las condiciones dentro de las viviendas que propician un mayor contacto con el ser humano. Factores que propician el establecimiento de chinches dentro del domicilio son pisos de tierra y materiales acumulados dentro de las casas, ya que la eliminación de estos factores significó una reducción en la infestación de *T. dimidiata* en el estudio de Zeledón y Vargas en 1984, y en el 2006 Zeledón y Rojas.

En este trabajo se documentó el aumento o la disminución en el contacto humano-vector por medio de la probabilidad de encontrar sangre humana en el triatomino y si investigó si existe alguna asociación en la presencia de *Trypanosoma cruzi* y alguna fuente alimenticia particular del vector.

### 3.4 Intervenciones Ecosistémicas: La Brea, y El Tule, Quesada, Jutiapa

Bustamante *et al.* 2009 evidenciaron que condiciones precarias de las viviendas y poca higiene están asociadas con mayores probabilidades de infestación intradomiciliar de *T. dimidiata*. Estos factores de riesgo se obtuvieron por la asociación de las condiciones de vida en las casas de cuatro aldeas de Jutiapa, Guatemala, y la presencia de chinches dentro de éstas. Para probar de manera más

directa la asociación de un factor de riesgo identificado en este estudio, como por ejemplo el repello de las paredes, se realizaron intervenciones ecosistémicas en dos aldeas y en las otras dos se siguió con la intervención tradicional. Análisis de Chi-cuadrado determinó una asociación significativa entre 8 de 17 variables y la presencia del vector en las casas. La mayoría de estas variables están relacionadas a la higiene del domicilio y condiciones de construcción del mismo. Muchas de las variables, estudiadas independientemente, están correlacionadas, por ejemplo, pisos de tierra son más comunes en casas con paredes de adobe sin repello.

Las intervenciones ecosistémicas consisten en la promoción por un grupo de investigadores de la participación comunitaria, conocimiento básico de los vectores de la enfermedad de Chagas y factores de riesgo, revocado de paredes con materiales locales (realizado por dueños de las viviendas), promoción de reforestación de terrenos adjuntos a la vivienda con árboles frutales y la tecnificación de abejas nativas. Ambas intervenciones obtuvieron un descenso en la infestación de *T. dimidiata*. La intervención ecosistémica permitió un mejoramiento de las viviendas, disminuyendo las características propicias para la re-infestación que pueden evitar a largo plazo poblaciones de chinches intradomiciliares. (Monroy, *et al.*, 2009)

La forma de evaluación tradicional de efectividad de las intervenciones como sería la cantidad y ubicación de las chinches no es suficiente para evaluar intervenciones ecosistémicas en donde lo que se busca es disminuir el contacto humano-vector, por lo que se quiere estudiar el uso de la identificación de fuentes alimenticias por PCR como otra alternativa de evaluación de intervenciones.

#### 4. Justificación

La enfermedad de Chagas es una enfermedad debilitante y mortal, atacando el corazón o el tracto gastrointestinal. Se estima que tanto en Centroamérica como en Sur América hay entre 5 y 6 millones de personas infectadas y 25 millones corren el riesgo de contraer la infección. (OMS, 2002)

La infección ocurre cuando un triatomino chupador de sangre (Hemiptera: Reduviidae) deposita sus heces, contaminada con los parásitos, en el hospedero durante su alimentación. El parásito entra al hospedero por medio de la herida de la picadura o por las membranas mucosas. La transmisión puede ser resultado de transfusiones de sangre, transplantes de órganos e infección congénita, pero el factor con más de 80% de causa de infección es la transmisión por el vector triatomino. (OMS, 2002)

*Triatoma dimidiata* es un vector que a diferencia de *Rhodnius prolixus* no puede ser eliminado por tener reservorios silvestres que vuelven a colonizar las casas luego de un rociamiento con insecticida. (Tabaru, *et al.*, 1999; Monroy, *et al.*, 2003b) Individuos de las poblaciones silvestres recolonizan las casas tratadas con insecticidas. En Jutiapa, Guatemala la recolonización se presentaba seis meses luego del tratamiento de insecticida. (Nakagawa, 2003) Por lo que las estrategias de control se han concentrado en reducir el contacto de *T. dimidiata* y humanos, evitando así la infección. (Ramírez, 2005) El desarrollo de estrategias de control efectivas necesitan de un conocimiento de la epidemiología de Chagas, y el comportamiento del vector, dentro de esto sus patrones alimenticios.

Mejorías de viviendas y participación comunitaria (intervención ecosistémica) para el control de la re-infestación de *T. dimidiata* han sido evaluados para las dos aldeas del estudio. (Monroy, *et al.*, 2009) El acercamiento del estudio fue un “control ecológico” (Zeledón y Rojas, 2006) que retira de las casas los objetos y materiales que podrían servir como resguardos de la chinche. El revocado o repello de las paredes ha sido efectivo en la reducción de la infestación. (Monroy, *et al.*, 1998) En la comparación de intervenciones tradicionales (rociamiento con insecticida) y ecosistémica, ambas se encontraron asociadas a la reducción de la infestación de *T. dimidiata*, pero solamente la ecosistémica produjo mejorías de vivienda importantes capaces de prevenir la re-infestación a largo plazo. Además se observaron cambios en la distribución de las chinches colectadas en el domicilio y peri-domicilio luego de estas intervenciones ecosistémicas, lo cual puede deberse a la reducción del hábitat doméstico

y las posibilidades de hábitat adecuado para la chinche que representan gallineros y corrales. (Monroy, *et al.*, 2009) Esto puede indicar un beneficio en la reducción de la infestación domiciliar de la chinche por medio de medidas zooprofilácticas como retirar estos recintos para los animales domésticos de las paredes de la casa y evitar materiales de construcción como el adobe que representa un hábitat propicio para la chinche, cambiándolo por malla de alambre.

Ante el costo económico y en salud, que representan los rociamientos con insecticidas se desea establecer otras formas del control del vector. El laboratorio de Entomología y Parasitología (LENAP) ha trabajado con la aldea La Brea desde el año 2001, realizando colectas entomológicas y encuestas en todas las casas de la aldea. De la toma de datos Bustamante *et al.*, 2009, realizó un análisis para establecer los factores de riesgo que propician la infestación y colonización. En base a los factores de riesgo se realizaron intervenciones ecosistémicas en las aldeas La Brea y El Tule, donde se promovió la mejora de las viviendas y la participación comunitaria para el control de *T. dimidiata* sin uso de insecticidas.

La Organización Mundial para la Salud (OMS) recomienda el uso de indicadores entomológicos para los propósitos de control y evaluación. El índice de infestación (número de casas infestadas por triatominos/número de casas examinadas\*100). El índice de densidad (número de triatominos capturados/número de casas examinadas\*100). El índice de hacinamiento (número de triatominos capturados/número de casa con triatominos). El índice de colonización (número de casas con ninfas/número de casas positivas\*100). El índice de dispersión (número de localidades infestadas con triatominos /número de localidades examinadas\*100). El índice de infección natural (número de triatominos con *Trypanosoma cruzi*/número de triatominos examinados\*100). (Monroy, 2003) Por lo que en estudios pre y post intervenciones para la eliminación de los triatominos (insecticidas) mejoras de viviendas para evitar el contacto humano-vector, se han utilizado estos índices. (Monroy, *et al.*, 2003b; Zeledón, 2008) Para el presente estudio se usó la identificación de las fuentes alimenticias utilizadas por el vector y su infección con el parásito.

La evaluación de la ingesta de los triatominos colectados permite tener datos sobre los cambios en el uso que las chinches dan a los hospederos como resultado de estas intervenciones. Los hábitos alimenticios de *Triatoma dimidiata* pueden estar influenciados por varios factores, disponibilidad de

hospederos, temperaturas, humedad, precipitación. En el presente estudio se analizó si existe correlación entre las fuentes alimenticias y la presencia del parásito *Trypanosoma cruzi* con el estado de las casas, determinando que casas riesgo son aquellas que por falta de repello o repello agrietado facilitan la presencia de chinches dentro del domicilio. Información sobre los gallineros y cochiqueras y su estado también se incluyeron en los análisis ya que son lugares en donde la población de chinches peridomiciliares pueden crecer y llevar a la infestación intradomiciliar.

## 5. Objetivos

### 5.1 General

Identificar siete especies de vertebrados y la presencia de *Trypanosoma cruzi* en la chinches *Triatoma dimidiata* colectadas en dos aldeas del Municipio de Quesada, antes y después de modificaciones en ambientes domiciliarios y peri-domiciliarios.

### 5.2 Específicos

5.2.1 Determinar diferencias en fuentes alimenticias y en presencia de *T. cruzi* a lo largo de varios años (2001, 2008 y 2009) en chinches colectadas en la aldea La Brea de Quesada, Jutiapa.

5.2.2 Comparar las fuentes alimenticias y los factores de riesgo (repello de las casas, material de construcción de gallineros y cochiqueras) en la toma de datos de los años 2008 y 2009.

5.2.3 Comparar las fuentes alimenticias, la infección con *T. cruzi*, de las chinches colectadas en estructuras domiciliar y peri-domiciliar en las aldeas del Tule y la Brea del Municipio de Jutiapa en los años 2008 y 2009.

5.2.4 Comparar las fuentes alimenticias únicas o múltiples en chinches hembras, machos o ninfas colectadas en estructuras domesticas y peri-domesticas en ambas aldeas.

5.2.5 Buscar patrones de asociación de fuente alimenticias y presencia de *T. cruzi*.

## 6. Hipótesis

La selección de fuentes alimenticias por *Triatoma dimidiata* está influenciada por las mejoras realizadas en los domicilios y peridomicilios de las aldeas La Brea y El Tule.

## 7. Materiales y Métodos

### 7.1 Experimental

#### 7.1.1 Población

Especímenes de *Triatoma dimidiata* de lugares de colecta de las aldeas La Brea y El Tule, Quesada, Jutiapa, Guatemala.

#### 7.1.2 Técnicas a Usar en el Proceso de Investigación

##### 7.1.2.1 Especímenes

Se usaron especímenes de *Triatoma dimidiata* colectados en la aldea La Brea en los años 2001, 2002, 2004, 2006, 2008 y 2009 y en El Tule en los años 2004, 2006, 2008 y 2009. El método de colecta utilizado fue el tradicional, de hombre-hora, en el cual se realiza búsqueda activa durante una hora si es solo una persona o media hora por dos personas, en cada casa. (Monroy *et al.*, 1998)

Los especímenes colectados en el 2008 y 2009 para ambas aldeas se llevaron al laboratorio en donde se ingresaron al congelador de -20°C, adjudicándoles previamente un número de la colección. Los especímenes de los años anteriores se obtuvieron de la colección del Laboratorio de Entomología y Parasitología Aplicada-LENAP, donde se encuentran preservados con alcohol-glicerina.

Los criterios de selección de triatominos para el uso en los análisis de PCR fueron:

1. Estado del espécimen, solamente especímenes con el abdomen intacto y con la ampolla rectal presente se utilizaron, ya que en el análisis para la detección de *Trypanosoma cruzi* por microscopia en algunos casos la ampolla rectal era dañada, lo cual podría llevar a un resultado inconcluso para la detección del parásito por medio de la técnica de PCR.

2. Los estadios ninfales 1ero y 2do no se utilizaron por el riesgo de insuficiente material para la extracción de AND.

## 7.1.2.1.1 Selección de especímenes de la aldea La Brea

Número de *Triatoma dimidiata* colectadas por año y ecotopo

Año	Colecta Intradomiciliar n (%)	Colecta Peridomiciliar n (%)
2001	105(41)	150(59)
2002	91(52)	83(48)
2004	10(83)	2(17)
2006	2(5)	42(95)
2008	15(21)	57(79)
2009	23(46)	27(54)

Número de *Triatoma dimidiata* usadas para el análisis por PCR

Año	PCR Intradomiciliar n (%)	PCR Peridomiciliar n (%)
2001	11(31)	24(69)
2002	13(39)	20(61)
2004	6(75)	2(25)
2006	2(8)	22(92)
2008	9(17)	45(83)
2009	20(48)	22(52)

## 7.1.2.1.2 Selección de especímenes de la aldea El Tule

Número de *Triatoma dimidiata* colectadas por año y ecotopo

Año	Colecta Intradomiciliar n (%)	Colecta Peridomiciliar n (%)
2004	46(51)	44(49)
2006	28(22)	99(78)
2008	16(44)	20(56)
2009	16(27)	49(73)

Número de *Triatoma dimidiata* usadas para el análisis por PCR

Año	PCR Intradomiciliar n (%)	PCR Peridomiciliar n (%)
2004	14(38)	23(62)
2006	4(9)	40(91)
2008	16(44)	20(56)
2009	15(27)	40(73)

### 7.1.2.2 Métodos de análisis de genética molecular

Se extrajo ADN de aproximadamente 25 mg de tejido, cortando los tres últimos segmentos del abdomen, en donde se ubica la ampolla rectal, usando el equipo de extracción DNeasy (Qiagen, Inc., Valencia, CA).

ADN control se extrajo con el mismo equipo para cerdo y gallina de carne comprada. Para perro se obtuvo una muestra de tejido de perro del Hospital Veterinario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para rata, ratón, y tacuazín se utilizó ADN control extraído de tejido de especímenes atrapados en el lugar de las colectas de los vectores. Para ADN control de humano se realizó una extracción de sangre de un voluntario. Para control positivo de *Trypanosoma cruzi* se usó una muestra de un vector que al analizar las heces resultó positivo para el parásito.

El ADN extraído se amplificó en reacciones de 12uL, usando 0.5uL ADN, 0.5uL de cada cebador (Forward y Reverse), 6uL REDTaq, y 4.5uL de agua.

Los parámetros para PCR para cada cebador se encuentran en el siguiente cuadro.

Especie		Inicialización	Desnaturalización Unión Extensión	Extensión final
Humano	<i>Homo sapiens</i>	2min a 94°C	40 ciclos	5min a 72°C
	5'GAGATCGAGACCACGGTGAAA'3	12min a	15s a 95°C	
	5'TTTGAGACGGAGTCTCGTT'3	95°C	1min a 61°C 1min a 61°C	
Perro	<i>Canis lupus familiaris</i>	2min a 94°C	30 ciclos	
	5'AGGGCGCGATCCTGGAGAC'3		30s a 95°C	
	5'AGACACAGGCAGAGGGAGAA'3		30s a 60°C 20s a 72°C	
Ratón	<i>Mus musculus</i>	2min a 94°C	30 ciclos	5min a 72°C
	5'AGATGGCTCAGTGGGTAAAGG'3	12min a	30s a 95°C	
	5'GTGGAGGTCAGAGGACAACTT'3	95°C	30s a 50°C 45s a 72°C	
Rata	<i>Rattus norvegicus</i>	2min a 94°C	30 ciclos	5min a 72°C
	5'CAAGACGGATGATCAAAATGTG'3	12min a	30s a 95°C	
	5'ATTGGGTGGCTGTATATGTATGG'3	95°C	30s a 50°C 45s a 72°C	

Tacuazín	<i>Didelphis virginiana</i> 5'TCCCAATTGACATGTCCCA3' 5'TGCTGCCATATTGGCCAGTCT3'	2min a 94°C 12min a 95°C	30 ciclos 30s a 95°C 30s a 50°C 45s a 72°C	5min a 72°C
Aves	5'ATAGAATGGCCTGGGTTGAAAAG'3 5'AAGTTTTTCACACAGAGGGTGGT'3	2min a 94°C	30 ciclos 30s a 95°C 30s a 55°C 45s a 72°C	5min a 72°C
Cerdo	<i>Sus scrofa</i> 5'GACTAGGAACCATGAGGTTGCG'3 5'AGCCTACACCACAGCCACAG'3	2min a 94°C	30 ciclos 30s a 95°C 30s a 61°C 45s a 72°C	5min a 72°C
Parásito	<i>Trypanosoma cruzi</i> 5'CGAGCTCTTGCCCACACGGGTGCT'3 5'CCTCCAAGCAGCGGATAGTTCAGG'3	2min a 94°C	30 ciclos 20s a 94°C 10s a 55°C 30s a 72°C	7min a 72°C

(Walker, *et al.*, 2003a; Walker, *et al.*, 2003b; Walker, *et al.*, 2004; Moser, *et al.*, 1989; Pizarro y Stevens, 2008)

Los amplicones se visualizarán por electroforesis en gel de agarosa al 1% con tinción con bromuro de etidio y luz UV.

## 7.2 Intervenciones realizadas en La Brea y El Tule según años

Año	La Brea	El Tule
2001	Rociamiento con insecticida en casas positivas	Ningun tipo de intervención.
2003	Dos rociamientos con insecticida en el 100% de las casas.	Ningun tipo de intervención.
2004	Un rociamiento con insecticida en el 100% de las casas. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.	Un rociamiento con insecticida en el 100% de las casas. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.
2005	Mejora de paredes, repello con materiales del lugar. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.	Mejora de paredes, repello con materiales del lugar. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.

2006	Mejora de paredes, repello con materiales del lugar. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.	Mejora de paredes, repello con materiales del lugar. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.
2008	Mejora de pisos. Reemplazo de gallineros y/o cochiqueras de materiales riesgo por gallineros y/o cochiqueras con malla. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.	Mejora de pisos. Reemplazo de gallineros y/o cochiqueras de materiales riesgo por gallineros y/o cochiqueras con malla. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.
2009	Mejora de pisos. Reemplazo de gallineros y/o cochiqueras de materiales riesgo por gallineros y/o cochiqueras con malla. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.	Mejora de pisos. Reemplazo de gallineros y/o cochiqueras de materiales riesgo por gallineros y/o cochiqueras con malla. Educación de la comunidad sobre la enfermedad de Chagas, y su vector.

### 7.2.1 Criterio utilizado para determinar casas ‘riesgo’ y ‘no riesgo’

Una casa ‘riesgo’ será para fines de este estudio una casa con pared de adobe sin repello o con repello incompleto. Las casas ‘no riesgo’ son aquellas que tienen pared de block o de adobe con repello completo.

Los gallineros y cochiqueras ‘riesgo’ son aquellos construidos con adobe, gallineros y cochiqueras ‘no riesgo’ son construcciones de malla metálica.

7.2.2 Número de casas encuestadas, índices de infestación, número de triatominos colectados, índice de casas en riesgo por pared para la aldea La Brea.

Año	Número de casas encuestadas	Índice de infestación <sup>1</sup>	Número de triatominos colectados <sup>2</sup>	Índice de casas en riesgo por pared <sup>3</sup>
2001	119	38 (31.9)	255 (6.7)	79 (66.4)
2002	124	29 (23.4)	174 (6)	79 (66.4)
2004	138	9 (6.5)	12 (1.3)	73 (52.9)
2006	138	4 (2.9)	44 (11)	41 (29.7)
2008	145	6 (4.1)	72 (12)	40 (27.6)
2009	143	8 (5.6)	50 (6.3)	36 (25.2)

<sup>1</sup> Número de casas positivas (casas positivas/total casas\*100)

<sup>2</sup> Número de triatominos colectados (Número de triatominos colectados/número de casas infestadas)

<sup>3</sup> Número de casas riesgo (Número de Casas riesgo/total casas)\*100

7.2.3 Número de casas encuestadas, índices de infestación, número de triatominos colectados, índice de casas en riesgo por pared para la aldea El Tule.

Año	Número de casas encuestadas	Índice de infestación <sup>1</sup>	Número de triatominos colectados <sup>2</sup>	Índice de casas en riesgo por pared <sup>3</sup>
2004	214	20 (9.3)	90 (4.5)	83 (38.8)
2006	197	10 (5.1)	127 (12.7)	45 (22.8)
2008	223	15 (6.7)	36 (2.4)	40 (17.9)
2009	231	16 (6.9)	65 (4.1)	41 (17.8)

<sup>1</sup> Número de casas positivas (casas positivas/total casas\*100)

<sup>2</sup> Número de triatominos colectados (Número de triatominos colectados/número de casas infestadas)

<sup>3</sup> Número de casas riesgo (Número de Casas riesgo/total casas)\*100

### 7.3 Análisis Estadístico

En la comparación entre años para cada una de las fuentes alimenticias y el parásito se realizó un modelo lineal generalizado utilizando el comando glm en R (R Development Core Team., 2010). El modelo de regresión logística se usó con una variable explicatoria y como variable de respuesta una proporción. Se evaluó el supuesto de sobredispersión y al encontrarlo, se utilizó una distribución quasibinomial.

Como se utilizó la base de datos para siete comparaciones (*Trypanosoma cruzi* y las seis fuentes alimenticias analizadas), se realizó la corrección de Bonferroni (Bland, M., 2004) para obtener un valor de  $p=0.007$  para el rechazo de la hipótesis nula.

Para los años 2008 y 2009 se realizaron pruebas de proporciones para determinar si hubo diferencia significativa en las proporciones de casas riesgo, número de gallineros, material de riesgo de gallineros, número de cochiqueras (sólo para La Brea), material riesgo de cochiqueras (sólo para La Brea), alimentación en aves y en cerdos (sólo para La Brea).

La comparación entre las chinches positivas para el parásito y las fuentes alimenticias dependiendo de su colecta en casas riesgo y no riesgo y el ecotopo (intradomicilio y peridomicilio) se realizó con una prueba de Chi-cuadrado usando el paquete estadístico JMP (JMP, Version 7. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007).

De igual manera se realizaron pruebas de Chi-cuadrado para determinar si existe asociación significativa entre las alimentaciones múltiples y el estadio adulto o ninfal del vector, el parásito, y las fuentes alimenticias. En el análisis alimentaciones múltiples y simples contra el parásito y las fuentes alimenticias se usaron solamente los triatominos positivos. Lo mismo se realizó para la comparación entre el parámetro  $T. cruzi=0$  y  $T. cruzi=1$  y la fuente alimenticia.

## 9. Resultados y Discusión

En este estudio se pretende documentar los cambios ocurridos a lo largo del tiempo en cuanto a las fuentes alimenticias usadas por *T. dimidiata*, esto cambios pueden ser atribuidos a las diferentes intervenciones para el control del insecto, en dos aldeas de Jutiapa. Las intervenciones incluyen desde la aplicación de insecticidas, mejora de pared para evitar grietas, sacar a las aves y animales fuera de la vivienda, y mejorar el piso de tierra para que simule uno de cemento. Las intervenciones en los primeros años 2001-2004 en La Brea estuvieron basadas en tres aplicaciones de insecticidas, la primera en las casas positivas con chinches, la segunda y la tercera en todas las viviendas de la aldea. A partir del año 2004 se iniciaron intervenciones en base a los factores de riesgo de la vivienda (Bustamante, *et al.*, 2009). Esto incluyó otro rociamiento con insecticidas en todas las casas, mejora de repello de paredes y de los pisos, reemplazo de gallineros y cochiqueras de adobe por estructuras de malla metálica y educación sobre la enfermedad de Chagas. (Monroy comunicación personal; Monroy *et al.*, 2009)

### 9.1 La Brea

9.1.1 Situación de las fuentes alimenticias y el parásito en *Triatoma dimidiata* a lo largo del tiempo en La Brea.

Tabla 1: Fuentes alimenticias en *Triatoma dimidiata* y presencia del parásito *Trypanosoma cruzi* por años de colectas en aldea La Brea.

<b>Año</b>	<b>n</b>	<b>Humano n (%)</b>	<b>Cerdo n (%)</b>	<b>Aves n (%)</b>	<b>Rata- Raton n (%)</b>	<b>Perro n (%)</b>	<b>Tacuazin n (%)</b>	<b><i>T. cruzi</i> n (%)</b>
<b>2001</b>	35	5 (14)	1 (3)	8 (23)	4 (11)	5 (14)	0 (0)	5 (14)
<b>2002</b>	33	2 (6)	0 (0)	9 (27)	3 (9)	7 (21)	0 (0)	12 (36)
<b>2004</b>	8	3 (38)	1 (13)	3 (38)	2 (25)	5 (63)	1 (13)	2 (25)
<b>2006</b>	24	2 (8)	13 (54)	6 (25)	10 (42)	6 (25)	0 (0)	1 (4)
<b>2008</b>	54	2 (4)	37 (69)	26 (48)	1 (2)	7 (13)	0 (0)	20 (37)
<b>2009</b>	42	3 (7)	3 (7)	27 (64)	0 (0)	8 (19)	0 (0)	6 (14)

Tabla 2: Probabilidad de alimentación en humano de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	2001	2002	2004	2006	2008
2002	0.278060				
2004	0.143487	0.030750			
2006	0.492179	0.741136	0.06924		
2008	0.090972	0.613957	<b>0.00741</b>	0.40447	
2009	0.315068	0.852198	0.02966	0.86056	0.45951

Modelo lineal generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-2.75}$ ) de que una chinche se alimentara de humano fue 16 veces menor en 2008 que en 2004.

La pregunta de por qué disminuyó la probabilidad que las chinches de la Brea se alimenten de humanos, puede estar en las intervenciones realizadas de 2004 al 2008. El año 2004 la colecta se realizó luego de dos aplicaciones de insecticida en el 100% de las casas en el mismo año 2003. Colectándose solamente 12 triatominos y a diferencia de los otros años en mayor proporción del intradomicilio. Mientras que para el 2008 la colecta fue en su mayoría en los peridomicilios. Ya que el análisis se hizo en base a proporciones, se puede inferir que cuando un rociamiento con insecticida elimina las chinches domiciliarias, las que sobreviven suelen moverse fuera del alcance residual del insecticida, lo que hace que las chinches busquen refugio en el peri-domicilio o en sitios no rociados. Al disminuir el efecto residual del insecticida y si la casa permanece en un estado que favorezca la colonización de las chinches, o sea con materiales de riesgo, se va a producir una nueva migración y colonización hacia el interior en donde el riesgo de alimentarse de humano es mayor. Este efecto de las aplicaciones de insecticida, sin mejoras del domicilio (2001-2002) y con mejoras (2004-2009) también se puede observar en los índices de infestación. En el 2001 hubo un rociamiento de las casas positivas (índice de infestación 31.9). El 2002 presenta una disminución en la infestación (23.4), que es menor aún en el 2004 (6.5), luego de dos rociamientos del 100% de las casas en el 2003. A partir de finales 2004 ya no se realizaron rociamientos con insecticidas, solamente las mejoras de paredes, pisos y construcción de gallineros y cochiqueras de malla. En el 2009 el índice de infestación es de 5.6.

La tendencia natural de las chichas que sobreviven a un rociamiento es de aumentar su población de forma acelerada, ya que tiene suficientes fuentes alimenticias y las condiciones que favorecen su presencia no han cambiado. La población de chichas sobrevivientes luego del rociamiento crecerá hasta llegar a su capacidad de carga normal o sea la el índice de infestación original antes que se iniciara el rociamiento, esto toma aproximadamente tres años (Schofield, 1985). La movilidad de chichas colectadas en el peridomicilio se ha visto en otros estudios por ejemplo Zeledon *et al.*, 2005, de insectos que contenían sangre humana, pero fueron colectadas afuera de las casas.

Tabla 3: Probabilidad de alimentación en cerdo de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

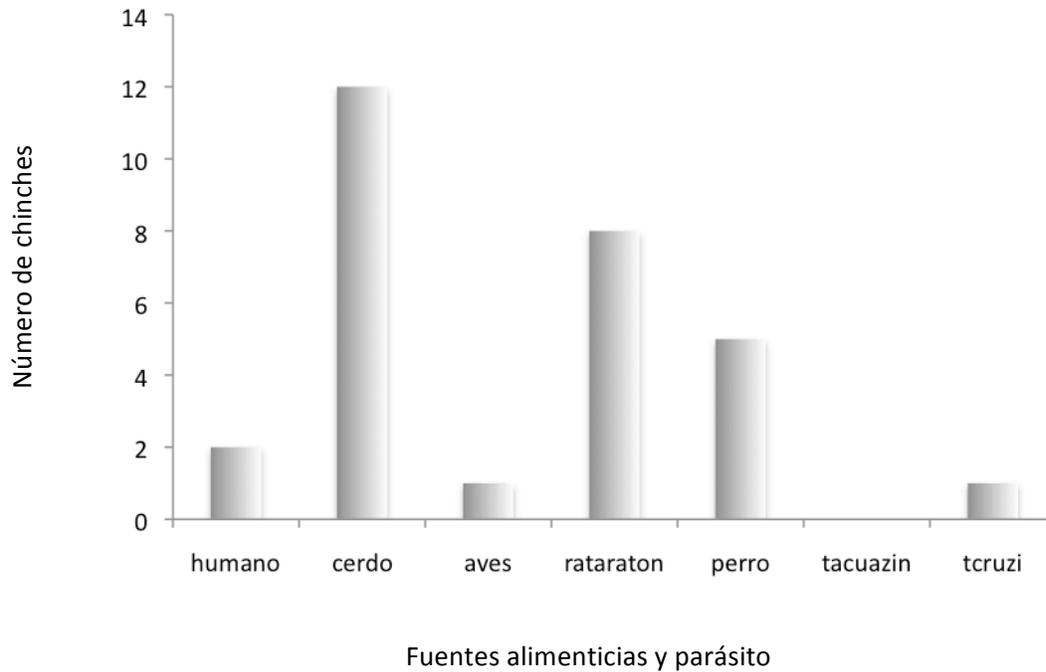
	2001	2002	2004	2006	2008
2002	0.988605				
2004	0.248428	0.987			
2006	<b>0.000346</b>	0.986	0.04773		
2008	<b>0.000018</b>	0.985	0.00866	0.192125	
2009	0.379473	0.988	0.58614	<b>0.0000706</b>	<b>0.00000018</b>

Modelo lineal generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

Las diferencias en los años 2001 al 2006 y 2008, como del 2006 al 2009 y 2008 al 2009 se deben a focos de infestación, o sea cochiqueras que mantienen grandes poblaciones de triatominos y que al llegar a su capacidad de carga, los vectores empiezan a invadir peridomicilios e intradomicilios de casas circundantes. Para las siguientes gráficas se seleccionaron sólo los resultados de las fuentes alimenticias y del parásito de las chichas colectadas específicamente en los peridomicilios donde se encuentran estos focos de infestación.

La probabilidad ( $e^{3.69}$ ) de que una chinche se alimentara de cerdo fué 40 veces mayor en 2006 que en 2001.

Gráfica 1: Fuentes alimenticias y presencia del parásito en chinches colectadas en una cochiguera de adobe.



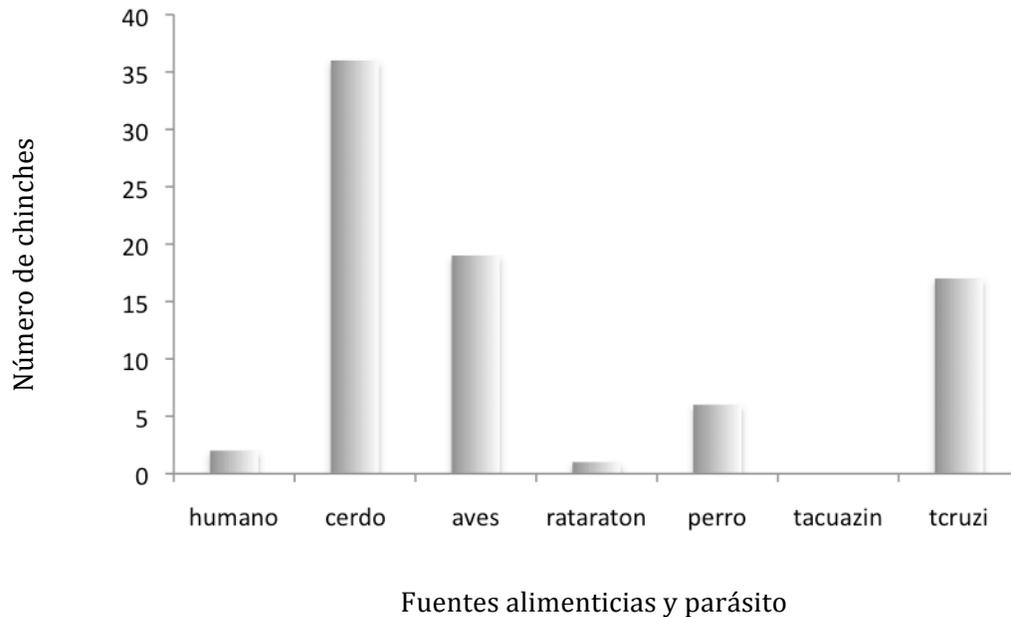
Submuestra del año 2006, 17 triatominos procedientes del peridomicilio de la casa número 148 de la aldea La Brea que tenía una cochiguera de adobe. La cochiguera fue demolida en el 2008 y reemplazada por una de construcción hecha de malla.

El aumento en alimentación en cerdo en el año 2006 se debe a una alta colecta de chinches provenientes de una cochiguera de adobe que se encontraban colonizada por triatominos (Gráfica 1). Esta cochiguera de adobe sin repello fue demolida durante el año 2008 y reemplazada por una cochiguera de malla. En esta casa se encuentra también un gallinero hecho de adobe, es una estructura separada a la cochiguera. En el 2006 se colectó la mayoría de triatominos en la cochiguera y no en el gallinero. Pero el gallinero no siendo reemplazado, como la cochiguera, por un gallinero de malla, empieza a tener incidencia en la cantidad de chinches colectadas en esta casa tanto para el peridomicilio como para el intradomicilio en el año 2009 (Gráfica 3).

La probabilidad ( $e^{-2.73}$ ) de que una chinche se alimentara de cerdo fué 15 veces menor en 2008 que en el 2006.

La probabilidad ( $e^{4.30}$ ) de que una chinche se alimentara de cerdo fué 74 veces mayor en 2008 que en 2001.

Gráfica 2: Fuentes alimenticias y presencia del parásito en chinches de una cochiguera/gallinero de adobe.



Submuestra del año 2008, 45 triatomos procedentes del peridomicilio de la casa número 113 de la aldea La Brea que tenía una cochiguera/gallinero de adobe. Esta estructura fue demolida luego de la encuesta en el 2008 y reemplazada por una de construcción hecha de malla.

La probabilidad ( $e^{-3.34}$ ) de que una chinche se alimentara de cerdo fué 28 veces menor en 2009 que en el 2008.

En el 2008 el aumento en la alimentación en cerdos se debe a la colecta de un buen numero de chinches provenientes una cochiguera/gallinero de adobe (una sola estructura dividida por una pared) de la casa 113, que fue demolida durante el 2008 (Gráfica 2).

Ambos casos demuestran la importancia de las fuentes de re-infestación vista por Cecere *et al.*, 2004 y 2006), donde cochigueras resultaron ser lugares de colonización más ‘eficientes’ que los gallineros y corrales de cabras, para *T. infestans*. Demostrando la necesidad de controlar estructuras peridomiciliarias que por su material de construcción y disponibilidad de alimento se convierten en lugares de producción de chinches que luego vuelven a invadir los domicilios.

En ambas casas de la Brea el dismantelar la cochiguera y sustituirla por una construcción de malla eliminó una fuente de constante re-infestación y explica la disminución de cerdo como fuente de alimentación en las chinches colectadas para el 2009.

Tabla 4: Probabilidad de alimentación en aves de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	2001	2002	2004	2006	2008
2002	0.67981				
2004	0.40585	0.57705			
2006	0.85180	0.85000	0.506		
2008	0.02173	0.06247	0.582	0.06546	
2009	<b>0.00070</b>	<b>0.00262</b>	0.177	<b>0.00407</b>	0.1240

Modelo linear generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

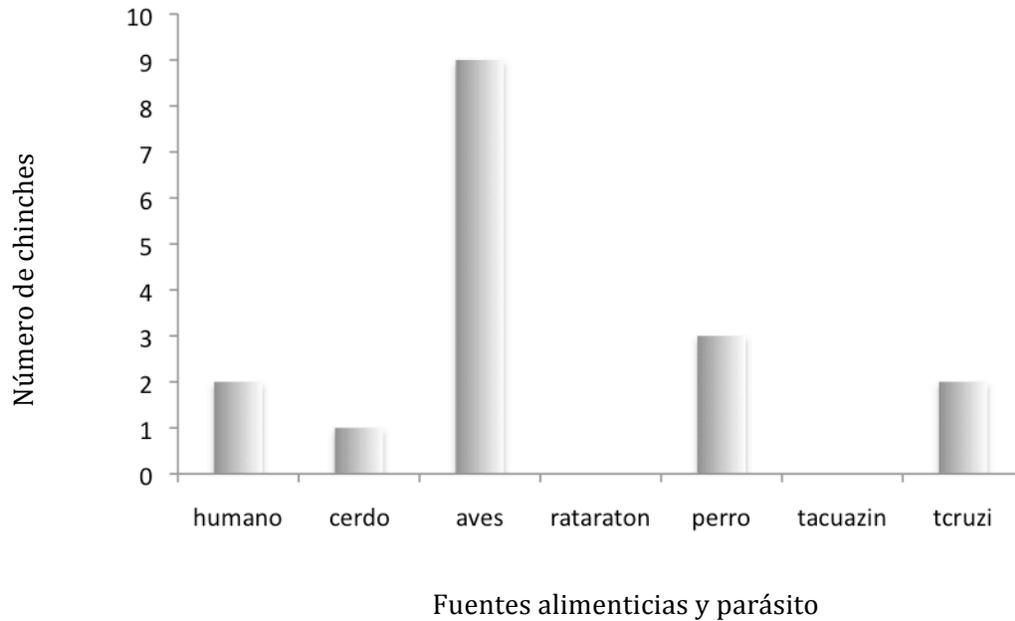
La probabilidad ( $e^{1.80}$ ) de que una chinche se alimentara de ave fué 6 veces mayor en 2009 que en 2001.

La probabilidad ( $e^{1.57}$ ) de que una chinche se alimentara de ave fué 5 veces mayor en 2009 que en 2002.

La probabilidad ( $e^{1.69}$ ) de que una chinche se alimentara de ave fué 5 veces mayor en 2009 que en 2006.

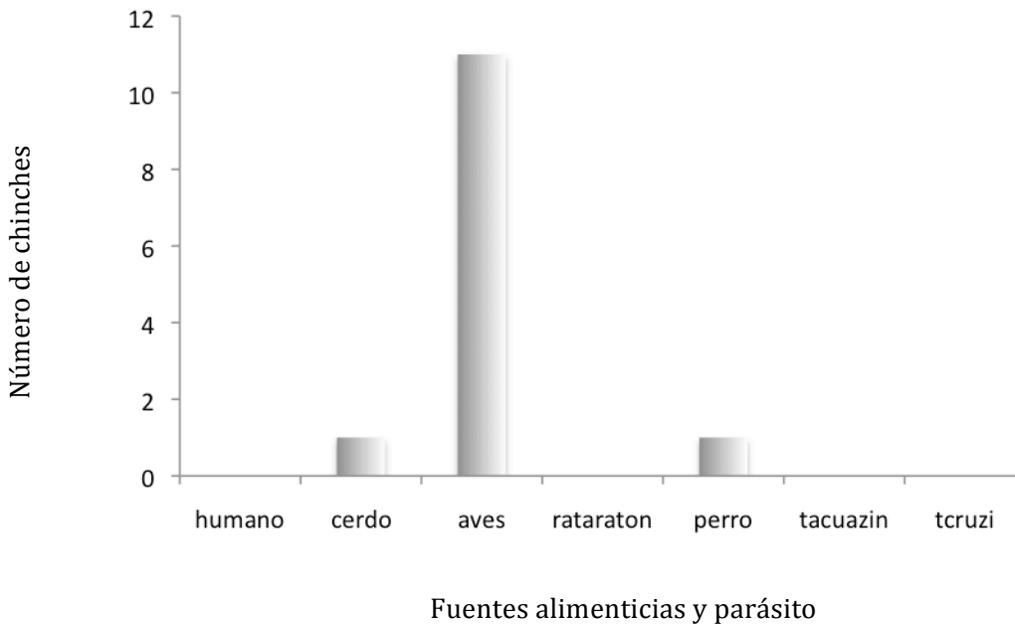
Siendo el año 2009 en donde se observa el incremento en la alimentación en aves, al igual que con los peridomicilios con cochiguera, se seleccionaron submuestras de los peridomicilios con gallineros, para describir las fuentes alimenticias y la presencia del parásito de las chinches colectadas en peridomicilios con gallineros de diferentes tipos de construcción (adobe y malla).

Gráfica 3: Fuentes alimenticias y presencia del parásito en chinches de un gallinero de adobe.



Submuestra del año 2009, 12 triatominos procedientes del peridomicilio de la casa número 148 de aldea La Brea que tiene un gallinero de adobe.

Gráfica 4: Fuentes alimenticias y presencia del parásito en chinches de un gallinero de malla.



Submuestra del año 2009, 11 triatominos procedientes del peridomicilio de la casa número 153 de la aldea La Brea que tiene un gallinero de malla.

El aumento en la alimentación en aves se evidenció en la comparación entre los años 2001, 2002 y 2006 con el año 2009. Durante el año 2008 se implementó el cambio de gallineros y cochiqueras de adobe y otros materiales riesgo, con malla, pero no hubo diferencia significativa entre el año 2008 y el 2009. Debemos recordar que el ciclo vital del *Triatoma dimidiata* toma un año de huevo a adulto (Zeledón, 1970b) por lo que para poder ver diferencias significativas deberíamos necesitar más de un año para evaluar las nuevas generaciones de chinches. Creemos que al igual de lo que sucedió con el incremento en la alimentación con cerdo, depende el aumento de la disponibilidad del hospedero y las estructuras peridomiciliares. Los lugares de colecta de chinches en el año 2008 son la cochiquera/gallinero (casa 113) y una casa con gallinero de malla (casa 153), ambas casas no riesgo para el intradomicilio. Para el año 2009 ha desaparecido la cochiquera/gallinero, pero en la casa no riesgo con gallinero de malla se siguieron encontrando chinches positivas para ADN de aves (Gráfica 4). Además otra casa no riesgo, que tenía la cochiquera de adobe en el 2006 (casa 148), mantiene un gallinero del mismo material en el año 2009, convirtiéndose en otro centro de producción de chinches, pero esta vez con mayor alimentación en gallinas (Gráfica 3).

En el año 2008 la mayor parte de las chinches provienen de una cochiquera/gallinero, la proporción de chinches infectadas con el parásito es de 35%. mientras que en el año 2009 donde provienen de dos gallineros, uno siendo de adobe también, pero no es compartido con cerdos, la proporción es menor, 9% y en el segundo gallinero de malla las chinches fueron todas negativas. Viendo estos datos y sabiendo que *Trypanosoma cruzi* no puede replicarse en sangre aviar (OMS, 2002), puede ser un argumento a favor de tener gallineros como barrera zoonótica, pero tomando en cuenta que no sea compartido el gallinero por mamíferos donde el parásito sí puede replicarse. Minter 1976, citado por Gürtler *et al.*, 1998, discute la ambivalencia sobre si las gallinas son un depredador de las chinches o soportan y aumentan la población de éstas. Cecere *et al.*, 1997 realizaron un estudio sobre el efecto de las gallinas en la prevalencia de la infestación de chinches (*Triatoma infestans*) y concluyeron que gallinas dentro del domicilio aumentaban la densidad poblacional de la chinche dentro de la casa, pero también en el peridomicilio aumentaba la población de chinches con tener aves como fuente alimenticia. Además a estas chinches del peridomicilio se le detectó sangre humana, con lo que se demuestra la movilidad de los triatominos y la invasión del intradomicilio por chinches del peridomicilio.

Gallineros de malla en vez de adobe podrían ser mejores en mantener un balance de ser una barrera zoonótica, pero no convertirse en un centro de crianza de chinches que luego al llegar a la capacidad máxima de carga del gallinero se desborda y empieza a haber invasión al domicilio de la propia casa o de las circundantes. Zeledón, 1970 propuso que depredadores naturales de los triatominos en ambientes limpios puede limitar la propagación, cosa que en gallineros de malla al no haber muchos refugios para la chinche, podría ocurrir.

Como parte de las intervenciones a partir del año 2008 se facilitó y fomentó la vacunación preventiva aviar en la aldea La Brea, esto permitió una mayor sobrevivencia de aves en los años 2008 y 2009, también permitió que las familias incrementaron su consumo de carne aviar en su dieta diaria. Al aumentar la población aviar, aumenta la probabilidad de la alimentación por parte de los triatominos en aves.

Tabla 5: Probabilidad de alimentación en rata-ratón de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	2001	2002	2004	2006	2008
2002	0.751686				
2004	0.329914	0.236257			
2006	0.011068	<b>0.007356</b>	0.4051		
2008	0.091892	0.156539	0.0270	<b>0.000866</b>	
2009	0.991577	0.991699	0.9911	0.990754	0.992501

Modelo lineal generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para <0.007, según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{1.97}$ ) de que una chinche se alimentara de rata o ratón fue 7 veces mayor en 2006 que en 2002. La alimentación en roedor del año 2006 fue detectada en triatominos colectados del peridomicilio de la casa 148 donde se mantenía una cochiguera de adobe.

La probabilidad ( $e^{-3.63}$ ) de que una chinche se alimentara de rata o ratón fue 38 veces menor en 2008 que en 2006.

Los roedores más frecuentes en las vivienda son *Mus musculus* y *Rattus rattus*. El ciclo vital de éstos animales esta asociado al almacenamiento de granos como maíz y frijol y a los silos o lugares de almacenamiento de estos cereales, el *Mus* vive en agujeros en el piso de tierra y es el que frecuentemente se encuentra debajo de los silos de almacenamiento de maíz. *Rattus* en cambio prefiere vivir en los techos y su alimentación es más variada, por su tamaño es mucho más temido por la población que el pequeño *Mus*. Explosiones poblacionales de roedores pueden darse en años de cosechas abundantes de maíz o frijol.

Para el 2006 las casas mas pobres tenias piso de tierra pero ya tenían la pared mejorada. La mejora del piso fue realizada a mediados o finales del 2008, ya que este trabajo de mejora toma bastante tiempo y requiere el traslado de muchos material.

Una de las intervenciones ecosistémicas realizadas fue la mejora de pisos, ya que los ratones hacen sus madrigueras en los pisos de tierra, pero no pueden hacer esto en pisos macizos con cemento. Esto elimina el riesgo de nidos de ratas o ratones dentro del domicilio especialmente del genero *Mus* y de roedores selváticos que visitan la vivienda en busca de cereales almacenados y en general lleva a menos ambientes para la colonización de chinches

La alimentación de rata o ratón fue mayor en el 2006 y disminuyó significativamente para el 2008. En el 2008 hay 1 chinche (2%) de alimentación de rata-ratón en la colecta hombre/hora del peridomicilio. Mientras que en el 2006 10 chinches (42%) resultaron positivas para roedor. La diferencia entre estos años en colectas de cochiqueras hechas de adobe no se puede adjudicar a un fenómeno en especial, igual que con todas las alimentaciones *Triatoma dimidiata* es una oportunista, que conforme a la disponibilidad del recurso hará uso de este. La higiene dentro de la cochiquera puede ser un aspecto a considerarse, si existe la oportunidad para que se establezca un nido de ratas y si la colecta se realizó en época de reproducción de los roedores, ya que en el nido las chinches pueden tener las crías como recurso, mientras que las ratas o ratones adultos son nocturnos al igual que las chinches. El único año en donde se colectaron chinches en el intradomicilio que resultaran positivas para ADN de roedor fue el 2004, 2 chinches (25%). Esto también puede ser el resultado del efecto del insecticida, y de la permanencia de las casas en estado de riesgo de una re-infestación, al igual que lo observado en la alimentación en humano de este año.

Tabla 6: Probabilidad de alimentación en perro de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	2001	2002	2004	2006	2008
2002	0.456420				
2004	0.008545	0.03105			
2006	0.304438	0.73672	0.06409		
2008	0.858402	0.31378	<b>0.00383</b>	0.1949	
2009	0.579723	0.81613	0.01824	0.5703	0.41778

Modelo linear generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-2.42}$ ) de que una chinche se alimentara de perro fué 11 veces menor en 2008 que en 2004.

Para el año 2008 se inició una campaña de esterilización de perros en la aldea la Brea, esta campaña se debió a la gran abundancia de perros en la localidad y al mal estado de salud de los mismos. Las personas explican la necesidad de tener muchos perros (4 por casa en promedio) por la alta tasa de mortandad de los caninos y por lo que prefieren mantener más de dos perros de ‘repuesto’. La alimentación de estos perros está basada en el maíz y en gallinas o aves muertas que también a partir de ese año (2008) disminuyeron debido a la vacunación.

Los perros son muy apreciados en la vivienda como guardianes, ya que avisan la llegada de extraños, por regla general el animal pasa la noche afuera de la vivienda, y en el día duerme en diferentes lugares. (Monroy, comunicación personal)

Existe una disminución significativa del año 2004 al 2008 en la alimentación de perro. La disponibilidad de perros como recurso alimenticio en la aldea La Brea se mantiene alta, un promedio de 4 ó 5 perros por casa, ya que las personas cuentan con el que uno o dos perros perezcan y mantienen más para que no falten (Castro, comunicación personal). A partir del 2008 como parte de la intervención ecosistémica se realizó una jornada de esterilización para perros, con el objetivo de disminuir la población de perros en la aldea. Y de igual manera que con las aves de corral las

oscilaciones en la población canina pueden deberse a enfermedades que disminuyan en ciertas temporadas la cantidad de perros disponibles como hospederos de la chinche. Gürtler *et al.*, 2009 realizó estudios de preferencia alimenticia con *Triatoma infestans* donde el perro era un hospedero seleccionado por la chinche entre gallina y gato. En el estudio se proponen collares piretroides pero el costo podría ser bastante alto para una intervención de este tipo.

Este estudio no puede concluir sobre preferencia, pero si se observa que el perro es una fuente alimenticia importante para *T. dimidiata* y con el riesgo de infección no sólo de las defecaciones de las chinches, sino que también por medio de la ingesta de los insectos, es un hospedero de riesgo. Para limitar la interacción chinches-perros sería necesario proseguir con programas de esterilización para mantener baja la población canina. Al haber menos perros por casa también los perros que quedan pueden tener una mejor salud al recibir la misma comida pero compartida entre menos individuos. Perros más saludables podrían también ejercer más resistencia al momento de que una chinche intente alimentarse de ellos, que perros demacrados y débiles. Otro beneficio de la esterilización sería el de evitar nidos de perros, ya que al igual que con los roedores el momento de alimentación puede ocurrir con mayor probabilidad en los cachorros que no pueden escapar que en el adulto que probablemente también tiene actividad nocturna que coincide con el período activo del triatomino.

Tabla 7: Probabilidad de alimentación en tacuazín de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	2001	2002	2004	2006	2008
2002	1.000				
2004	0.999	0.999			
2006	1.000	1.000	0.9989		
2008	1.000	1.000	0.9984	1.000	
2009	1.000	1.000	0.9986	1.000	1.000

Modelo linear generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de que una chinche se alimente de tacuazín no cambio a lo largo de los años.

El deterioro ambiental de la región de Jutiapa es muy notorio, este es el departamento más deforestado del país, y esto se demuestra en la baja proporción de insectos que se alimentan de tacuazín, un animal que es considerado como la unión entre el ciclo selvático y el domésticos de Chagas. Lo que nos indica la baja alimentación con tacuazín es que las chinches tienen poco disponible a este animal como una fuente de alimentación.

La alimentación en tacuazín del 2004 fue la única detectada y puede dar una vez más apoyo al argumento, que la colecta del 2004 ejemplifica una re-infestación de chinches en el intradomicilio luego de uno o varios rociamientos con insecticida, pero sin mejoras domiciliarias. El tacuazín es cazado por su carne, por lo que dentro de los domicilios o peridomicilios es poco probable que se encuentre, pero si en los guamiles y remanentes de bosque en los alrededores, donde es una fuente utilizada por las chinches que se encuentran en ese lugar.

Tabla 8: Probabilidad de presencia de *Trypanosoma cruzi* en *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	2001	2002	2004	2006	2008
2002	0.045854				
2004	0.472807	0.5531			
2006	0.243062	0.0203	0.127		
2008	0.027584	0.9504	0.518	0.01643	
2009	1.000000	0.0347	0.463	0.23582	0.0187

Modelo lineal generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

Las probabilidades que las chinches estén infectadas del parásito no cambiaron entre los años.

Actualmente en Guatemala no hay tratamiento anti-parasitario (anti *Trypanosoma cruzi*) para pacientes crónicos de edad superior a los 15 años, esto implica que la fuente de parásito no ha cambiado a lo largo de los años, a pesar que el insecto pueda alimentarse de varias fuentes incluyendo aves, la disponibilidad de parásito no ha cambiado entre los mamíferos reservorios.

La presencia del parásito no cambio de forma significativa entre años. La disponibilidad de mamíferos como fuente alimenticia mantiene constante la tasa de infección de los triatominos con *T. cruzi*. Las chinches colectadas en el 2008 del peridomicilio de la casa 113 donde se encuentra la cochiguera/gallinero (Gráfica 2) ejemplifican como la presencia del parásito aumenta al estar un mamífero (cerdo) disponible.

### 9.1.2 Comparación de factores de riesgo y fuentes alimenticias por años en La Brea.

Los factores de riesgo son diferentes para cada especie, lugar y estacionalidad. Por ejemplo Walter *et al.*, 2007 obtuvo un listado de factores de riesgo de infestación del peridomicilio, para *Triatoma longipennis* en una comunidad rural de México, que involucra bodegas o cobertizos, número de ladrillos y tejas, pero no vieron relación entre los animales domésticos o silvestres en el peridomicilio y la cantidad de insectos encontrados. En otros estudios para *T. pallidipennis* (Enger *et al.*, 2004; Ramsey *et al.*, 2004) se identificaron como factores de riesgo en el peridomicilio los cúmulos de materiales y el número de animales (conejos, perros, gatos).

Los factores de riesgo identificados por Bustamante *et al.*, 2009 para las aldeas La Brea y El Tule son el material de construcción adobe no repellido o con repello incompleto o dañado y pisos de tierra. La mejora de repello empezó en ambas aldeas en año 2005 y la mejora de pisos se realizó en el 2008, donde también se reemplazaron los gallineros de adobe por malla (Monroy, *et al.*, 2009).

Tabla 9: Comparación de proporciones de casas riesgo, alimentación en humano y presencia del parásito para los años 2004 y 2008 en *Triatoma dimidiata* colectada en aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	Casas riesgo n (%)	Humano n (%)	<i>Trypanosoma cruzi</i> n (%)
2004	73 (52.9)	3 (38)	2 (25)
2008	40 (27.6)	2 (4)	20 (37)
Valor de p	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.0098</b>	0.7886

Alfa=0.05

Existe una diferencia significativa en la proporción de casas riesgo, mayor cantidad de casas riesgo en el 2004 y menor número de casas riesgo en el 2008. La alimentación en humano es significativamente menor en el 2008 que en el 2004. No hubo cambio significativo en la presencia del parásito entre el año 2004 y 2008.

La alimentación en humano disminuyó significativamente del año 2004 al 2008 como se había visto en Tabla 1. Un factor de riesgo que está ligado a la posibilidad de la chinche de alimentarse de humano son las paredes de adobe sin repello o con repello incompleto, que provee de rendijas en donde los triatominos pueden esconderse y en la noche alimentarse de los humanos que duermen en camas pegadas a las paredes. En los años 2004 y 2005 se realizó la mejora de paredes y la disminución de casas consideradas como riesgo en su intradomicilio por el factor pared-repello disminuyó significativamente. La alimentación en humano se observa en chinches colectadas en el peridomicilio para los años 2008 y 2009, lo cual indica la movilidad de los triatominos de los peridomicilios hacia el interior de la casa, pero al no encontrar un hábitat adecuado dentro del domicilio regresan a los peridomicilios, con lo que disminuye la probabilidad de estar en contacto con humanos y alimentarse de ellos.

Tabla 10: Comparación de proporciones de casas riesgo, gallineros, material de riesgo de gallineros, cochiqueras, material de riesgo de cochiqueras, alimentaciones en aves y en cerdo para los años 2008 y 2009 en *Triatoma dimidiata* colectada en aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

	Casas riesgo n (%)	Gallineros n (%)	Material riesgo gallineros n (%)	Aves n (%)	Cochiqueras n (%)	Material riesgo cochiqueras n (%)	Cerdo n (%)
2008	40(27.6)	64(44.1)	34(53)	26(48)	27(18.6)	11(40.7)	37(69)
2009	36(25.2)	118(82.5)	21(17.8)	27(64)	18(12.6)	5(27.8)	3(7)
Valor de p	0.741	<0.0001	<0.0001	0.1705	0.2122	0.5672	<0.0001

Alfa=0.05

No existe diferencia significativa en la proporción de casas riesgo del año 2008 y el 2009.

Existe una diferencia significativa en la cantidad de gallineros presentes en el 2008 (menos gallineros) y en el 2009 (mas gallineros).

Existe una diferencia significativa en el material de riesgo de los gallineros del 2008 (mayor cantidad de gallineros con material de riesgo) y en el 2009 (menor cantidad de gallineros con material de riesgo).

No existe diferencia significativa en la proporción de alimentación en aves del año 2008 y el 2009.

No existe diferencia significativa en la proporción de cochiqueras del año 2008 y el 2009.

No existe diferencia significativa en la proporción del material de riesgo de las cochiqueras del año 2008 y el 2009.

La alimentación en cerdo disminuyo significativamente del 2008 al 2009.

En el año 2005 comenzó la promoción de mejoras de paredes en las viviendas, anteriormente a esto el 65% de las chinches colectadas dentro de la vivienda fueron colectadas en las paredes agrietadas y en mal estado, este revocado o repello liso disminuyo significativamente los sitios adecuados para que la chinche se pudiera esconder y esto repercutió directamente en la presencia de chinches dentro de la vivienda. Los cambios introducidos en la vivienda a partir del 2008 fueron piso imitación cemento en el dormitorios y gallineros o cochiqueras de malla para sacar las aves y otros animales de dentro o cerca de la vivienda. Nótese que en este trabajo se toma como casa riesgo: una casa con pared de adobe sin repello o con repello incompleto. Las casas 'no riesgo' son aquellas que tienen pared de block o de de adobe con repello completo.

Se ve una disminución en el criterio de casa riesgo a partir del año 2004, quedando estable entre

el año 2008 y 2009, por lo que no se observa diferencia significativa entre esos años. Mientras que la diferencia entre gallineros con material de riesgo (adobe) a no riesgo (malla) si es significativa para la comparación entre 2008 y 2009. Aunque existe un incremento (gradual) en la alimentación en aves para La Brea, no resultó significativo, indicando que el aumento no se encuentra relacionado solo con un factor como el material del gallinero. Por ejemplo mayor poder adquisitivo que signifique mayor cantidad de aves de corral. La disminución de la alimentación en cerdo que es significativa entre el 2008 y 2009 para La Brea se explica con la demolición de las cochiqueras de adobe, que permite las condiciones para grandes poblaciones de triatominos y reemplazarlas con malla.

Los datos anteriores nos hacen pensar que las primeras intervenciones de pared pueden tener mayor efecto que las de mejora de piso y que la remoción de focos de infestación peri-domiciliar es una estrategia importante.

Al hacer una comparación entre 2008 y 2009 se observa que las alimentaciones de aves (incremento gradual) y cerdo (disminución estadísticamente significativa) no se correlacionan directamente con solo una sola intervención (reemplazo de cochiqueras y gallineros de adobe por estructuras de malla), en lo que respecta a dos años. Son cambios que pueden deberse a dinámicas poblacionales con parámetros no registrados en este estudio, y con las mejoras graduales realizadas en la aldea durante las dos fases de intervención (2004-2006 y 2008-2009) y la remoción de focos de infestación.

9.1.3 Relaciones entre fuentes alimenticias y presencia del parásito en *Triatoma dimidiata* según el factor riesgo de casas y el ecotopo en aldea La Brea.

Tabla 11: Comparación de fuentes alimenticias y parásito según colecta en casas riesgo o no riesgo a lo largo del tiempo en aldea La Brea.

		2001	2002	2004	2006	2008	2009	Total	Chi cuadrado	Valor p
<b>Humano</b>	<b>nr</b>	2(6)	2(6)	2(25)	2(8)	2(4)	2(5)	12(6)	0.006	0.9360
	<b>n (%)</b>	3(9)	0(0)	1(13)	0(0)	0(0)	1(2)	5(3)		
<b>Cerdo</b>	<b>nr</b>	1(3)	0(0)	1(13)	13(54)	37(69)	2(5)	54(28)	26.813	<0.0001
	<b>n (%)</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(2)	1(1)		
<b>Aves</b>	<b>nr</b>	7(20)	4(12)	2(25)	3(13)	24(44)	20(48)	60(31)	1.325	0.2496
	<b>n (%)</b>	1(3)	5(15)	1(13)	3(13)	2(4)	7(17)	19(10)		
<b>Rata-Raton</b>	<b>nr</b>	3(9)	1(3)	0(0)	10(42)	1(2)	0(0)	15(8)	0.139	0.7091
	<b>n (%)</b>	1(3)	2(6)	2(25)	0(0)	0(0)	0(0)	5(3)		
<b>Perro</b>	<b>nr</b>	1(3)	4(12)	3(38)	6(25)	6(11)	4(10)	24(12)	1.580	0.2088
	<b>n (%)</b>	4(12)	3(9)	2(25)	0(0)	1(2)	4(10)	14(7)		
<b>Tacuazin</b>	<b>nr</b>	0(0)	0(0)	1(13)	0(0)	0(0)	0(0)	1(1)	0.402	0.5260
	<b>n (%)</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)		
<b>T.cruzi</b>	<b>nr</b>	2(6)	3(9)	2(25)	1(4)	18(33)	2(5)	28(14)	3.284	0.0700
	<b>n (%)</b>	3(9)	9(27)	0(0)	0(0)	2(4)	4(10)	18(9)		

(nr) = chinches colectadas en casas no riesgo, casas con repello completo; (r) = chinches colectadas en casas riesgo, casas sin repello o con repello incompleto

Valor de p significativo para <0.007, según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de alimentación en cerdo es mayor en chinches de casas no riesgo ( $p < 0.0001$ , Fisher's Exact Test).

Los cerdos generalmente son mantenidos en cochiqueras cercanas a las calles en los patios de las viviendas, ya que esto permite a los cerdos caminar por las calles y vuelvan a su sitio de dormir sin tener contacto con la vivienda, a los cerdos se les deja sueltos para que puedan comer cualquier desperdicio que encuentren en la calle o en los patios de los vecinos. Las casas con mayores cosechas de maíz, y que generalmente son las casas no riesgo, tiene más cerdos ya que esta es su principal fuente de alimentación. (Monroy, comunicación personal)

Tabla 12: Comparación de fuentes alimenticias y parásito según ecotopo (intradomicilio y peridomicilio) a lo largo del tiempo en aldea La Brea.

		2001	2002	2004	2006	2008	2009	Total	Chi cuadrado	Valor p
<b>Humano</b>	<b>i</b>	4(12)	1(3)	2(25)	0(0)	0(0)	1(2)	8(4)	2.205	0.1375
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	1(3)	1(3)	1(13)	2(8)	2(4)	2(5)	9(5)		
<b>Cerdo</b>	<b>i</b>	0(0)	0(0)	1(13)	1(4)	1(2)	1(2)	4(2)	20.287	<0.0001
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	1(3)	0(0)	0(0)	12(50)	36(67)	2(5)	51(26)		
<b>Aves</b>	<b>i</b>	1(13)	1(11)	2(67)	0(0)	7(27)	7(26)	18(23)	4.292	0.0383
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	7(87)	8(89)	1(33)	6(100)	19(73)	20(74)	61(77)		
<b>Rata-Raton</b>	<b>i</b>	1(25)	1(33)	2(100)	0(0)	0(0)	0(0)	4(20)	1.285	0.2569
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	3(75)	2(67)	0(0)	10(100)	1(100)	0(0)	16(80)		
<b>Perro</b>	<b>i</b>	4(80)	5(71)	5(100)	1(17)	1(14)	6(75)	22(58)	15.762	<0.0001
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	1(20)	2(29)	0(0)	5(83)	6(86)	2(25)	16(42)		
<b>Tacuazin</b>	<b>i</b>	0(0)	0(0)	1(100)	0(0)	0(0)	0(0)	1(100)	2.224	0.1358
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)		
<b>T.cruzi</b>	<b>i</b>	4(11)	7(21)	2(25)	0(0)	3(6)	5(12)	21(11)	5.920	0.0150
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	1(3)	5(15)	0(0)	1(4)	17(31)	1(2)	25(13)		

(i) = chinches colectadas en el intradomicilio (i); (p) = chinches colectadas en el peridomicilio

Valor de p significativo para <0.007, según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de alimentación en cerdo es mayor en chinches del peridomicilio ( $p < 0.0001$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en perro es mayor en chinches del intradomicilio ( $p = 0.0001$ , Fisher's Exact Test).

Los cerdos son mantenidos en cochiqueras en el peridomicilio y como parte de las intervenciones se les explico a las personas la importancia de mantener los animales fuera de la casa. La construcción de cochiqueras de malla metálica, llevó a que los cerdos se encuentren con mayor probabilidad en el exterior y por lo tanto las chinches que se encuentran positivas para sangre de cerdo sean las encontradas en el peridomicilio.

Los perros acostumbran estar afuera de la vivienda durante la noche, es frecuente encontrarlos en el corredor de la vivienda, lo que permite a las chinches de la vivienda o las que llegan volando atraídas por la luz alimentarse del perro que esta en el corredor de entrada a la vivienda. (Monroy,

comunicación personal)

Tabla 13: Comparación del ecotopo y casa riesgo/no riesgo por fuente alimenticia y parásito en aldea La Brea.

		<b>i</b>	<b>p</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>valor de p</b>
<b>Humano</b>	<b>nr</b>	3(18)	9(53)	7.969	<b>0.0048</b>
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	5(29)	0(0)		
<b>Cerdo</b>	<b>nr</b>	3(5)	51(93)	12.986	<b>0.0003</b>
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	1(2)	0(0)		
<b>Aves</b>	<b>nr</b>	6(8)	54(68)	23.177	<b>&lt;0.0001</b>
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	12(15)	7(9)		
<b>Rata-Raton</b>	<b>nr</b>	0(0)	15(75)	15.000	<b>0.0001</b>
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	4(20)	1(5)		
<b>Perro</b>	<b>nr</b>	8(21)	16(42)	16.121	<b>&lt;0.0001</b>
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	14(37)	0(0)		
<b>Tacuazin</b>	<b>nr</b>	1(100)	0(0)	----	----
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	0(0)	0(0)		
<b>T.cruzi</b>	<b>nr</b>	6(13)	22(48)	16.923	<b>&lt;0.0001</b>
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	15(33)	3(6)		

(nr) = chinches colectadas en casas no riesgo, casas con repello completo; (r) = chinches colectadas en casas riesgo, casas sin repello o con repello incompleto

(i) = chinches colectadas en el intradomicilio (i); (p) = chinches colectadas en el peridomicilio

Valor de p significativo para <0.007, según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de alimentación en cerdo es mayor en chinches de casas riesgo en el intradomicilio (p=0.0727, Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en aves es mayor en chinches de casas riesgo en el intradomicilio (p=<0.0001, Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en rata-ratón es mayor en chinches de casas riesgo en el intradomicilio (p=0.001, Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en perro es mayor en chinches de casas riesgo en el intradomicilio (p=<0.0001, Fisher's Exact Test).

La probabilidad de la presencia del parásito es mayor en chinches de casas riesgo en el intradomicilio (p=<0.0001, Fisher's Exact Test).

Generalmente el intradomicilio en casas sin repello o con paredes muy deterioradas (casas riesgo) puede alcanzar densidades de población relativamente altas para esta especie (Monroy, *et al.*, 1997), como en los casos presentados en esta tesis lo mismo sucede en ecotopos peri-domiciliares en donde se puedan encontrar grietas o lugares oscuros donde la chinche se esconda (cochiqueras o gallineros de adobe). Cuando dentro del ecotopo se llega a la capacidad de carga o de soporte en cuanto a la población de chinches en relación a sus fuentes alimenticias comienza el proceso de movimientos poblacionales, generalmente es el macho de la chinche el primero que busca otras fuentes de alimentación y otros ecotopos (Monroy, *et al.*, 2003c) por lo que comienza una nueva colonización de ecotopos.

Al ver la infección con el parásito y la alimentación en los seis hospederos para La Brea para los lugares de su colecta en casas riesgo o no riesgo se observa mayor proporción de chinches infectadas con *T. cruzi* y con ADN detectado de los hospederos en casas no riesgo. Al observar cómo se distribuye según el ecotopo de la colecta el sesgo es a mayor infección y mayor alimentación en chinches que se colectaron en el peridomicilio. La interacción entre el factor 'riesgo' y el ecotopo se analizó para las chinches positivas para el parásito y para cada fuente. Observándose que la mayoría se encuentra en casas no riesgo en chinches colectadas en el peridomicilio. Lo cual lleva a un mayor riesgo en el intradomicilio en casas riesgo.

La capacidad migratoria de *T. dimidiata* fue estudiado por Melgar *et al.*, 2007 donde el parentesco de las chinches colectadas dentro de una casa, encontrando varias familias conviviendo en un mismo lugar, sugiere altos niveles de migración del vector, poliandria y una capacidad significativa de dispersión de la enfermedad y la alta similitud genética entre población colectadas en poblados cercanos Dorn *et al.*, 2003 apoya esto.

Lo cual indica que no solo migra del peridomicilio hacia el interior de la casa donde se ubica este peridomicilio, también se mueve hacia casas circundantes y hasta a poblados cercanos. Por lo que casas no riesgo con peridomicilios complejos pueden llegar a mantener grandes poblaciones de triatomíneos y casas riesgo son un ambiente ideal para la colonización de las chinches que migran de fuentes de infestación como cochiqueras y/o gallineros que llegan a su capacidad de carga máxima.

Zeledón, *et al.*, 2005 habían observado la importancia de gallineros como posible barrera zoonótica para evitar la infestación intradomiciliar, pero al estar asociados a refugios para los perros el riesgo de una invasión domiciliar aumentaba. Los peridomicilios de las casas no riesgo pueden estar actuando como barrera zoonótica para los domicilios de esas mismas casas, ya que el interior de la casa no es adecuado para la colonización, pero pueden ser las fuentes de infestación para domicilios con repellos ausentes o incompletos, casas riesgo. De esta manera se puede inferir que se necesita un control sobre los peridomicilios que mantienen las poblaciones de chinches, por medio de eliminación de cochiqueras y gallineros de adobe y su reemplazo por las mismas estructuras de malla y un control sobre la población canina, pero esto debe ir en conjunto con la mejoría de las viviendas para que la colonización intradomiciliar se vea obstaculizada.

Zeledon *et al.* 2008 realizaron un estudio con casas control y modificadas. En las casas modificadas se retiraron los objetos del peridomicilio que permitan una re-infestacion. En las casas control se observó un aumento de la infestación mientras que en las modificadas una disminución. En una casa las personas usaron un cobertizo para gallinero y almacenaje de madera, lo cual permitió que en este lugar se estableciera la chinche. Un análisis del contenido estomacal de la chinches demostró alimentación en aves y rata, pero no humano, de manera que se concluyo que ecotopos artificiales como este gallinero con fuentes alimenticias abundantes los insectos no se ven obligados a ingresar a los domicilios en búsqueda de comida.

En este estudio se observó que en La Brea las chinches que se han alimentado de humano fueron colectadas en el peridomicilio en casas no riesgo y en el intradomicilio en casa riesgo. Lo cual puede proponer que casas no riesgo son refractarias a las chinches ya que no tienen las condiciones indicadas para que el insecto colonice. Pero sus peridomicilios son más complejos, de manera que los insectos se mantienen en estos siempre y cuando encuentren fuentes alimenticias. Casas denominadas riesgo por tener paredes de adobe y tener repello incompleto o ausente, también son casas con peridomicilios más simples, por lo que las chinches que llegan a este peridomicilio migran hacia el interior en búsqueda de alimento.

Otros estudios (Zeledon *et al.*, 2005) en colectas donde las casas son de block y tienen buenas condiciones de higiene, pero tienen muchos materiales y animales domésticos en su peridomicilio se

observo una alta incidencia de chinches afuera de las casas, pero no adentro.

9.1.4 Relación entre la frecuencia de alimentación, el ecotopo y las fuentes alimenticias y la presencia del parásito en *Triatoma dimidiata* de colectas de la aldea La Brea.

Tabla 14: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea la Brea.

	2001	2002	2004	2006	2008	2009	Total
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<b>Sin alimentación</b>	18(52)	15(45)	1(12)	2(8)	3(6)	10(24)	49(25)
<b>Simple</b>	13(37)	15(45)	2(25)	9(38)	31(57)	25(60)	95(48)
<b>Múltiples</b>	4(11)	3(10)	5(63)	13(54)	20(37)	7(16)	52(27)

La proporción de chinches sin fuente alimenticia, en total de los años detectada, fue de 25% para La Brea. La técnica utilizada para el análisis por PCR tiene la ventaja sobre la técnica de inmunoblot que se puede usar en especímenes de colección (los años 2001, 2002 para La Brea y 2004 y 2006 para ambas aldeas ya se encontraban en alcohol con glicerina) y no sólo especímenes frescos. Pero no se han hecho estudios para *Triatoma dimidiata* y los hospederos usados para ver hasta que tiempo luego de la ingesta de sangre es aún detectable el ADN de la fuente alimenticia. Pizarro *et al.*, 2007 obtuvieron amplificación exitosa de ADN de conejillo de indias hasta dos meses luego que *T. infestans* se haya alimentado. Por lo que la cantidad de chinches sin identificación de fuente alimenticia no se puede deber solamente a que una chinche se haya alimentado hace mucho tiempo y ya no se extraiga ADN del hospedero de su sistema digestivo para obtener una buena amplificación. El número de chinches sin fuente identificada podría reducirse evaluando que otros hospederos podría estar utilizando *T. dimidiata* en estas aldeas y correr las muestras con los cebadores diseñados para esas especies.

Tomando el total de triatomos analizados para todos los años se observa mayor alimentaciones simples (48%) que múltiples (27%). Del año 2004 al 2008 hay mayor proporción de

alimentaciones múltiples que simples. El efecto del rociamiento de insecticida durante el 2003 y luego en el 2004 sobre el movimiento de las chinches hacia el exterior y luego que el efecto residual haya pasado, hacia el interior de nuevo, puede explicar una mayor incidencia de alimentaciones múltiples. De igual manera los focos de infestación como la cochiguera/gallinero de adobe del 2008 aumentó la proporción de alimentaciones múltiples, ya que tenían disponibilidad tanto de cerdos como de gallinas.

Tabla 15: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea la Brea, en relación al estadio (adulto o ninfa) de la chinche.

	<b>Adultos n (%)</b>	<b>Ninfas n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simple</b>	54(37)	41(43)	0.634	0.4258
<b>Múltiples</b>	26(18)	26(18)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el estadio adulto o ninfa.

Tabla 16: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea la Brea, en relación al estadio (adulto o ninfa) de la chinche, colectadas en el intradomicilio.

	<b>Adultos n (%)</b>	<b>Ninfas n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simple</b>	24(57)	8(19)	0.840	0.3594
<b>Múltiples</b>	6(14)	4(10)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el estadio adulto o ninfa en ecotopo intradomicilio.

Como las chinche adultas necesita mayor cantidad de sangre sobre todo las hembras (Zeledón, 1970c) es interesante el resultado que no hay diferencia en la alimentación simple o múltiple, esto significa posiblemente que si una sola fuente es suficiente para mantener la población esta no necesita buscar otra fuente o sea que no ha llegado a su máximo de población.

Tabla 17: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea la Brea, en relación al estadio (adulto o ninfa) de la chinche, colectadas en el peridomicilio.

	<b>Adultos n (%)</b>	<b>Ninfas n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simples</b>	30(29)	33(32)	0.000	1.000
<b>Múltiples</b>	20(19)	22(21)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el estadio adulto o ninfa en ecotopo peridomicilio.

No hubo diferencia significativa para las alimentaciones múltiples o simples según estadio de la chinche, y tampoco según el ecotopo. Esto indica el movimiento que tienen los triatominos desde estadios tempranos del interior de los domicilios hacia fuera y viceversa.

Tabla 18: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea la Brea, en relación al sexo (hembras o macho) de la chinche.

	<b>Hembras n (%)</b>	<b>Machos n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simples</b>	21 (26)	33 (41)	0.137	0.7115
<b>Múltiples</b>	9 (11)	17 (21)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

Hay más machos con alimentaciones simples y múltiples, pero no es una diferencia significativa de las hembras. Los machos tienen mayor movimiento por la búsqueda de hembras, lo cual puede llevar a más alimentaciones, tanto por oportunidad como para cubrir las necesidades energéticas.

Tabla 19: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea la Brea, en relación a la fuente alimenticia y presencia del parásito *Trypanosoma cruzi*.

	<b>Humano</b> <b>n (%)</b>	<b>Cerdo</b> <b>n (%)</b>	<b>Aves</b> <b>n (%)</b>	<b>Rata- Raton</b> <b>n (%)</b>	<b>Perro</b> <b>n (%)</b>	<b>Tacuazin</b> <b>n (%)</b>	<b>T. cruzi</b> <b>n (%)</b>
<b>Simples</b>	5(3)	21(14)	48(33)	5(3)	16(11)	0(0)	28(19)
<b>Múltiples</b>	12(8)	34(23)	31(21)	15(10)	22(15)	1(1)	8(5)
<b>Chi</b>	10.427	26.882	1.117	15.900	11.370	1.839	3.607
<b>cuadrado</b>							
<b>Valor de p</b>	<b>0.0012</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.2906	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.0007</b>	0.1750	0.0575

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de alimentación en humano es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en cerdo es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en rata-raton es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en perro es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

Cuando la chinche se alimenta de múltiples fuentes sobre todo mamíferos es más probable que se alimente de humanos. Esto es importante tomar esto en cuenta como una forma de control, una sola fuente alimenticia como aves podría disminuir la alimentación con humanos. Las alimentaciones múltiples pueden ser el resultado de alimentaciones interrumpidas (Gürtler *et al.*, 2009). Si estas alimentaciones múltiples se realizan en mamíferos aumenta el riesgo de que ocurra una infección tanto del hospedero como de la chinche.

9.1.5 La presencia del parásito *Trypanosoma cruzi* en *Triatoma dimidiata* colectada en La Brea en relación con las fuentes alimenticias identificadas.

Tabla 20: *Trypanosoma cruzi* en relación con las fuentes alimenticias.

	<b>Humano</b> <b>n (%)</b>	<b>Cerdo</b> <b>n (%)</b>	<b>Aves</b> <b>n (%)</b>	<b>Rata- Raton</b> <b>n (%)</b>	<b>Perro</b> <b>n (%)</b>	<b>Tacuazin</b> <b>n (%)</b>
<b><i>T. cruzi</i> 0</b>	14(7)	41(21)	62(32)	17(9)	31(16)	0(0)
<b><i>T. cruzi</i> 1</b>	3(2)	14(7)	17(9)	3(2)	7(4)	1(1)
<b>Chi</b>	0.351	0.168	0.280	0.889	0.669	3.278
<b>cuadrado</b>						
<b>Valor de p</b>	0.5534	0.6821	0.5965	0.3456	0.4134	0.0702

No hay diferencia significativa entre chinches positivas para la presencia o ausencia del parásito para las fuentes alimenticias.

Para la detección de *T. cruzi* en este estudio se observó una concordancia entre los resultados del análisis microscópico realizado en los especímenes de la colección (2001, 2002 La Brea y 2004 y 2006 en ambas aldeas) y los resultados por el método de PCR. En algunos casos se obtuvo positivos que habían sido establecidos como negativos previamente, demostrando la sensibilidad mayor de éste método ya observado por Dorn *et al.*, 1999 y Pizarro *et al.*, 2007.

No se encontró asociación entre la infección con el parásito y una fuente alimenticia. Ya que las chinches se pueden haber alimentado con otro hospedero que el que fue detectado en este momento, no se puede hacer ningún tipo de conclusión sobre cual hospedero corre mayor riesgo de ser infectado o si los triatominos tiene preferencia por un hospedero previamente infectado, esto sólo se puede establecer en estudios controlados y no por medio de las observaciones de este estudio.

## 9.2 El Tule

9.2.1 Situación de las fuentes alimenticias y el parásito en *Triatoma dimidiata* a lo largo del tiempo en El Tule.

La aldea El Tule no tuvo intervenciones de insecticidas antes del 2003, donde se realizaron dos de éstas en el 100% de las casa. La primera colecta y encuesta se realiza a finales del 2004 y principios del 2005 se terminó el rociamiento con insecticida y se empezó con las mejoras del repello de las paredes, al igual que La Brea.

Tabla 21: Fuentes alimenticias en *Triatoma dimidiata* y presencia del parásito *Trypanosoma cruzi* a lo largo del tiempo.

Año	n	Humano n (%)	Cerdo n (%)	Aves n (%)	Rata- Raton n (%)	Perro n (%)	Tacuazin n (%)	<i>T. cruzi</i> n (%)
2004	37	14(38)	13(35)	12(32)	11(30)	23(62)	1(3)	18(49)
2006	44	16(36)	18(41)	26(59)	23(52)	28(64)	0(0)	6(14)
2008	36	1(3)	4(11)	13(36)	1(3)	14(39)	1(3)	7(19)
2009	55	4(7)	6(11)	23(42)	0(0)	14(25)	1(2)	9(16)

Tabla 22: Probabilidad de alimentación en humano de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	0.891146		
2008	<b>0.004229</b>		
2009	<b>0.000951</b>	<b>0.00106</b>	0.375460

Modelo linear generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para <0.007, según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-3.06}$ ) de que una chinche se alimentara de humano fué 21 veces menor en 2008 que

en 2004.

La probabilidad ( $e^{-2.05}$ ) de que una chinche se alimentara de humano fué 8 veces menor en 2009 que en 2004.

La probabilidad ( $e^{-1.99}$ ) de que una chinche se alimentara de humano fué 7 veces menor en 2009 que en 2006.

La alimentación en humano disminuyó significativamente de los años 2004 y 2006 a los años 2008 y 2009. Los años 2004 y 2006 las chinches que resultaron positivas para ADN de humano provenían tanto del intra- como del peridomicilio, mientras que las positivas para humano de los años 2008 y 2009, además de ser en menor proporción, provenían sólo del peridomicilio. La cantidad de casas no riesgo aumentan a lo largo de los años, y pueden tener un papel en que las chinches permanezcan en el peridomicilio y se disminuya el contacto con el humano, aunque debido a la alta movilidad de las chinches siempre puede haber migración al interior. Este resultado demuestra que una aplicación con insecticida en todas la viviendas seguida de mejoras en las mismas pueden tener resultados muy valiosos en cuanto a control de vectores.

Tabla 23: Probabilidad de alimentación en cerdo de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	0.59963		
2008	0.02316	<b>0.00639</b>	
2009	0.00862	<b>0.00149</b>	0.976279

Modelo linear generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-1.71}$ ) de que una chinche se alimentara de cerdo fué 6 veces menor en 2008 que en 2006.

La probabilidad ( $e^{-1.73}$ ) de que una chinche se alimentara de cerdo fué 6 veces menor en 2009 que en 2006.

La aldea El Tule tiene muchos mas cerdos que la aldea La Brea esto se debe al poder adquisitivo mayor de la gente de esta aldea, ya que tiene parientes en USA y reciben remesas periódicas, lo que les permite tener más animales domésticos y de mayor variedad

La población de cerdos en las aldeas no es constante en el tiempo, según el poder adquisitivo de las personas y las festividades que requieren de comidas con carne de cerdo, pueden haber temporadas con pocos cerdos y luego otras con muchos cerdos en los peridomicilios del lugar. (Castro, comunicación personal).

Los cambios en el material de gallineros y cochiqueras también podría tener una influencia en la facilidad que una chinche pueda alimentarse en cerdo. Estos cambios al igual que en La Brea se realizaron durante el 2008. En cochiqueras de adobe las poblaciones de triatomos llegan a altos niveles, mientras que en estructuras de malla metálica la colonización y alimentación en los cerdos no es tan fácil.

Tabla 24: Probabilidad de alimentación en aves de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de lo años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	0.0207		
2008	0.7440	0.0468	
2009	0.3712	0.0950	0.5915

Modelo linear generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

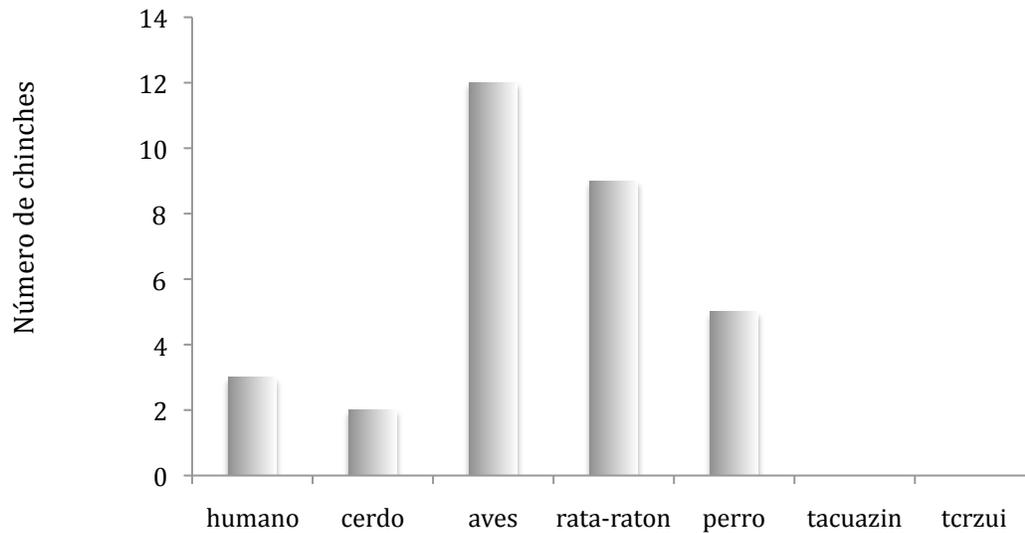
La probabilidad de que una chinche se alimente de aves no cambio a lo largo de los años.

La remoción de animales dentro de la vivienda se hizo en el año 2008, los gallineros y cochiqueras fueron contruidos en ese año. El ciclo vital de la chinche lleva una año de huevo a adulto (Zeledón, 1970b) lo que significa que cambios en nuevas poblaciones se verán después de varios años.

En el año 2006 se observa un alto porcentaje en alimentación en aves, esto fue antes que se

iniciara la intervención respectiva .

Gráfica 5: Fuentes alimenticias y presencia del parásito en chinches colectadas en un gallinero.

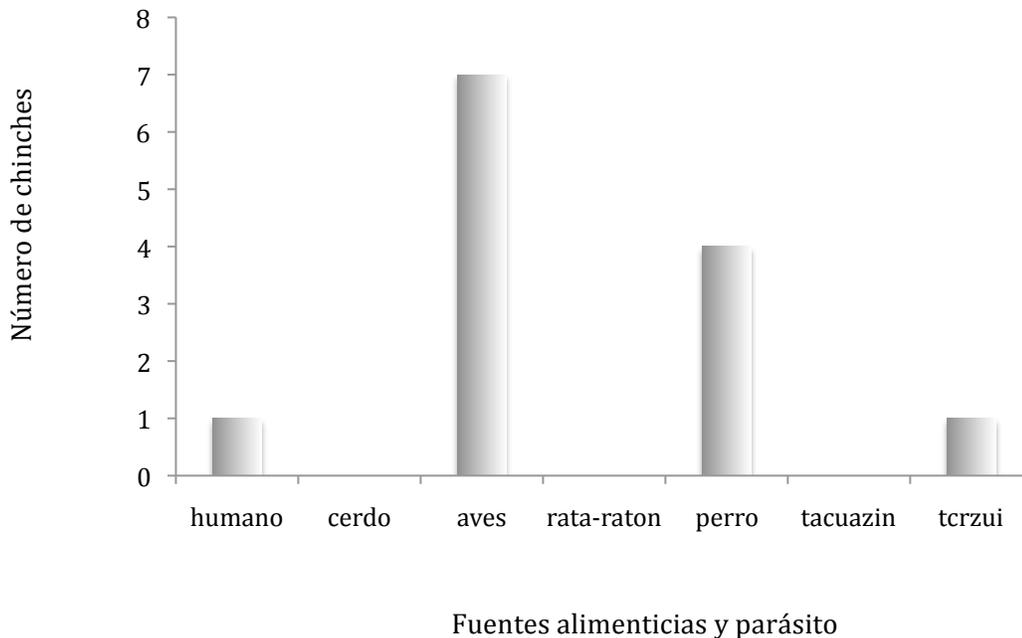


Fuentes alimenticias y parásito

Submuestra del año 2006, 12 triatominos procedientes del peridomicilio de la casa número 251 de la alde El Tule que tiene un gallinero.

En el peridomicilio de esta casa (251) se siguen encontrando chinches en el peridomicilio debido a la presencia del gallinero que no fue mejorado en sus paredes. El número de triatominos colectados (20, de los cuales se analizaron 14) en el 2009 es menor que los colectados en el 2006 (52, de los cuales se analizaron 12).

Gráfica 6: Fuentes alimenticias y presencia del parásito en chinches colectadas en un gallinero.



Submuestra del año 2009, 14 triatominos procedientes del peridomicilio de la casa número 251 de la aldea El Tule que tiene un gallinero.

A diferencia de La Brea no hubo diferencia significativa en la alimentación en aves a lo largo de los años. El año 2006 es donde se registró mayor alimentación en aves, 59% (sin diferencia significativa). En este caso si se puede suponer que este aumento en alimentación en aves se debe a un foco, en este caso un gallinero (Gráfica 5).

En el 2009 vuelve a ser la misma casa el lugar de mayor colecta, 20 chinches, de las que se analizaron 14 (Gráfica 6).

Estos datos son muy similares a los datos de las submuestras de las chinches que se obtienen solo de gallineros (adobe y malla) del 2009 de La Brea, por lo que se puede argumentar que aunque los gallineros son un lugar de colonización de chinches, y aunque esta población es un riesgo por su migración al interior del domicilio, la infección con el parásito podría ser baja siempre y cuando la alimentación en mamíferos sea limitada.

Tabla 25: Probabilidad de alimentación en rata-ratón de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	0.0428		
2008	0.0123	<b>0.000569</b>	
2009	0.9897	0.989184	0.991190

Modelo linear generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-3.65}$ ) de que una chinche se alimentara de rata-ratón fué 38 veces menor en 2008 que en 2006.

Los pisos imitación cemento en los dormitorios donde el piso anteriormente fue de tierra (2006) fueron introducidos en el año 2008. *Mus musculus* es la especie de ratón que hace nidos en el suelo de tierra en el sitio de unión entre la pared (también de tierra) y en el piso. La construcción de gallinero implica limpiar el patio esto también se realizo en el años 2008 y pudo tener efecto en la escogencia de fuente alimenticia de la chinche.

La alimentación en roedor es alta en el año 2006 en triatominos colectados del peridomicilio con gallinero de la casa 251 (Gráfica 5). La limpieza de los gallineros, como su material de construcción y los objetos almacenados alrededor influyen en la probabilidad de la presencia de roedores y por ello la probabilidad de alimentación de una chinche en una rata o ratón. Zeledón y Rojas, 2006, realizaron un proyecto en donde observaron una disminución en la infestación de *Triatoma dimidiata* al remover materiales del domicilio y peridomicilio donde los triatominos puedan colonizarse, y además que han servido como lugar de anidamiento para roedores y didélfidos. La diferencia entre la colecta del año 2006 y 2008/09 dónde disminuye la alimentación en roedor puede deberse a la remoción de gallineros de adobe y su reemplazo con estructuras de malla metálica. Aún siendo un gallinero o cochiquera de malla la presencia de materiales de construcción como adobes, blocks, tejas presentan un refugio para roedores y así proveen a las chinches de una fuente alimenticia mamífera.

Tabla 26: Probabilidad de alimentación en perro de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	0.892573		
2008	0.053214	0.03253	
2009	<b>0.000895</b>	<b>0.00033</b>	0.1840

Modelo linear generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-1.57}$ ) de que una chinche se alimentara de perro fué 5 veces menor en 2009 que en 2004.

La probabilidad ( $e^{-1.63}$ ) de que una chinche se alimentara de perro fué 5 veces menor en 2009 que en 2006.

De igual manera que en La Brea la población canina es alta, y si se observa en las submuestras realizadas para las colectadas asociadas a gallineros y la cochiguera/gallinero, en estas áreas se encuentran chinches que se han alimentado en perro. Esto puede indicar que el perro por poder ingresar a varios recintos dentro y fuera de las casas tiene altas probabilidades de entrar en contacto con las chinches. Los perros pueden tener un papel en la migración de las chinches hacia el interior de la casa. Y a diferencia del efecto depredador sobre las chinches que se puede desear con las aves, la infección de los perros por *Trypanosoma cruzi* puede ocurrir al agarrar las chinches con la boca (Montenegro *et al.*, 2002). Lo cual lleva a mayor riesgo de infección con el humano.

La alimentación en perro disminuyó de los años 2004 y 2006 al 2009. La esterilización de perros realizada en el 2008 puede haber llevado a una menor población y por lo tanto menos alimentación en ellos por parte de las chinches.

Tabla 27: Probabilidad de alimentación en tacuazín de *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	0.994931		
2008	0.984327	0.995	
2009	0.776836	0.995	0.761829

Modelo lineal generalizado, distribución binomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La alimentación en tacuazín no varió significativamente entre los años. Pero si hubo alimentación en tacuazín en el 2004, 2008 y 2009, a diferencia de La Brea que sólo en el 2004 se detectó en una chinche. Menes, *et al.*, al estudiar las preferencias de hábitat no domiciliar de *T. dimidiata* observaron que solamente en el gallinero experimental en las afueras de El Tule se colectó un triatomino. Esto indica una migración de los bosques secundarios hacia la aldea. Y que sean adultos que son positivos para ADN de didelphidae podría indicar que existen reservorios silvestres que luego colonizan los peridomicilios.

A diferencia de La Brea, en El Tule los tacuasines llegan a las viviendas de la aldea más seguido, esto posiblemente atraídos por alimentación como gallinas, huevos, cereales y sobras de comida humana. El poder adquisitivo en El Tule es muy superior al de La Brea, por lo que se encuentran mas animales domésticos y peridomicilios complejos, aún en casas riesgo.

Tabla 28: Probabilidad de presencia de *Trypanosoma cruzi* en *Triatoma dimidiata* colectada a lo largo de los años en la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	2004	2006	2008
2006	<b>0.00151</b>		
2008	0.01236	0.49158	
2009	<b>0.00178</b>	0.71094	0.70984

Modelo linear generalizado, distribución quasibinomial, valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad ( $e^{-1.79}$ ) de que una chinche este infectada del parasito fué 6 veces menor en 2006 que en 2004.

La probabilidad ( $e^{-1.58}$ ) de que una chinche este infectada del parasito fué 5 veces menor en 2009 que en 2004.

El Tule es una aldea que no había sido intervenida anteriormente en relación al control del *Tritoma dimidiata*, el efecto que tuvo las intervenciones del 2004 al 2008 fueron significativos en cuanto a la reducción del parásito, esto es muy interesante ya no que sucedió lo mismo en la aldea La Brea, que tenía una larga historia de intervenciones con insecticidas antes del 2004.

El porcentaje de chinches infectadas con el parásito disminuyó significativamente del año 2004 al 2006, y del 2004 al 2009. En el 2004 el porcentaje de chinches infectadas es de 49%, proporción no observada en los años analizados para La Brea. En La Brea se encontraron 37% de las chinches infectadas con el parásito, en gran parte por las colectadas en el peridomicilio de la cochiguera/gallinero de adobe del 2008. Pero las chinches de El Tule para el 2004 no provienen de un solo peridomicilio o recinto para cría de animales, sino que de diversas casas, predominantemente del peridomicilio. Por lo que a diferencia de La Brea no se puede establecer un foco de infestación de los triatomíneos para el año 2004 que esté afectando globalmente a la aldea durante ese año. Aquí la disminución de chinches positivas ya se hace evidente en el año 2006 inmediatamente luego de las mejoras de pared dentro de las casas. Esto apoya lo observado en La Brea, al aumento de casas no riesgo, disminuye el contacto con el humano dentro de los domicilios y al haber un fuente alimenticia mamífera menos al alcance, disminuye la infección con *T. cruzi*. La disminución en alimentación en cerdo y perro también deben influir en la población del parásito, por lo que se ve una diferencia con el año 2009 donde se han hecho las reformas en los peridomicilios (gallineros/cochigueras) y se ha realizado una campaña de esterilización de perros.

### 9.2.2 Comparación de factores de riesgo y fuentes alimenticias por años en El Tule.

Tabla 29: Comparación de proporciones de casas riesgo, alimentación en humano y presencia de *Trypanosoma cruzi* para los años 2004 y 2009 en *Triatoma dimidiata* colectada en aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	<b>Casas Riesgo n (%)</b>	<b>Humano n (%)</b>	<b>Trypanosoma cruzi n (%)</b>
<b>2004</b>	83 (38.8)	14(38)	18(49)
<b>2009</b>	41 (17.8)	4(7)	9(16)
<b>Valor de p</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0.0007</b>	<b>0.0019</b>

Alfa=0.05

Existe una diferencia significativa en la proporción de casas riesgo: mayor cantidad de casas riesgo en 2004 y menor número de casas riesgo en el 2009.

La disminución en alimentación en humanos del año 2004 al 2009 es significativa, al igual que la disminución de triatominos infectados con el parásito.

En El Tule se puede observar de igual manera que en La Brea el impacto de las intervenciones químicas con las ecosistémicas a partir del año 2004. A diferencia de La Brea, El Tule no había tenido intervenciones de rociamiento con insecticidas previo al 2004. El control químico aplicado a finales del 2004 llevó en ambas aldeas a una disminución en la infestación, que luego aumento, pero no a los niveles previos a la intervención. La estabilidad de una infestación relativamente baja y la disminución en la alimentación en humanos y la presencia del parásito se ven asociados a las mejoras de pared, gallineros y cochiqueras y la educación sobre la enfermedad de Chagas.

Tabla 30: Comparación de proporciones de casas riesgo, gallineros, material de riesgo de gallineros, y alimentaciones en aves para los años 2008 y 2009 en *Triatoma dimidiata* colectada en aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

	<b>Casas Riesgo</b>	<b>Gallineros</b>	<b>Material riesgo gallineros</b>	<b>Aves</b>
	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>
<b>2008</b>	40(17.9)	60(26.9)	10(16.7)	13(36)
<b>2009</b>	41(17.8)	164(71)	6(3.7)	23(42)
<b>valor p</b>	1.000	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0.002252</b>	0.745

Alfa=0.05

No existe diferencia significativa entre el año 2008 y 2009 en la proporción de casas riesgo.

Existe una diferencia significativa en la cantidad de gallineros presentes en el 2008 (menos gallineros) y en el 2009 (mas gallineros).

Existe una diferencia significativa en el material de riesgo de los gallineros del 2008 (mayor cantidad de gallineros con material de riesgo) y en el 2009 (menor cantidad de gallineros con material de riesgo).

La alimentación en aves no incrementó de manera significativa del año 2008 al 2009.

Se ve una disminución en el criterio de casa riesgo a partir del año 2004, quedando estable entre el año 2008 y 2009, por lo que no se observa diferencia significativa entre esos años. Mientras que la diferencia entre gallineros con material de riesgo (adobe) a no riesgo (malla) si es significativa para la comparación entre 2008 y 2009. Aunque existe un incremento (gradual) en la alimentación en aves, no resultó significativa, indicando que el aumento no se encuentra relacionado solo con un factor como el material del gallinero.

Al hacer una comparación entre 2008 y 2009 se observa que los cambios en alimentaciones de aves no se correlacionan directamente con solo un cambio y en lo que respecta a dos años. Son cambios que pueden deberse a dinámicas poblacionales con parámetros no registrados en este estudio, con las

mejoras graduales realizadas en la aldea durante seis años y con la remoción de focos de infestación.

9.2.3 Relaciones entre fuentes alimenticias y presencia del parásito en *Triatoma dimidiata* según el factor riesgo de casas y el ecotopo en aldea El Tule.

Tabla 31: Comparación de fuentes alimentaciones y parásito según colecta en casas riesgo o no riesgo de *Triatoma dimidiata* de la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

		2004	2006	2008	2009	Total	Chi cuadrado	Valor p
<b>Humano</b>	<b>nr</b>	7(50)	9(56)	1(100)	4(100)	21(60)	9.656	<b>0.0019</b>
	<b>n (%)</b>	7(50)	7(44)	0(0)	0(0)	14(40)		
<b>Cerdo</b>	<b>nr</b>	8(62)	11(61)	3(75)	6(100)	28(68)	3.778	0.0519
	<b>n (%)</b>	5(38)	7(39)	1(25)	0(0)	13(32)		
<b>Aves</b>	<b>nr</b>	10(83)	21(81)	13(100)	22(96)	66(89)	8.036	<b>0.0046</b>
	<b>n (%)</b>	2(17)	5(19)	0(0)	1(4)	8(11)		
<b>Rata-Raton</b>	<b>nr</b>	5(45)	18(78)	1(100)	0(0)	24(69)	2.926	0.0871
	<b>n (%)</b>	6(55)	5(22)	0(0)	0(0)	11(31)		
<b>Perro</b>	<b>nr</b>	17(74)	21(75)	10(71)	13(93)	61(77)	0.304	0.5816
	<b>n (%)</b>	6(26)	7(25)	4(29)	1(7)	18(23)		
<b>Tacuazin</b>	<b>nr</b>	1(100)	0(0)	1(100)	1(100)	3(100)	0.808	0.3686
	<b>n (%)</b>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)		
<b>T.cruzi</b>	<b>nr</b>	10(56)	3(50)	6(86)	7(78)	26(65)	6.235	0.0125
	<b>n (%)</b>	8(44)	3(50)	1(14)	2(22)	14(35)		

(nr) = chinches colectadas en casas no riesgo, casas con repello completo; (r) = chinches colectadas en casas riesgo, casas sin repello o con repello incompleto

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de alimentación en humano es mayor en chinches de casas riesgo ( $p=0.003$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en aves es menor en chinches de casas riesgo ( $p=0.0034$ , Fisher's Exact Test).

Tabla 32: Comparación de fuentes alimentaciones y parásito según ecotopo (intradomicilio y peridomicilio) en *Triatoma dimidiata* de la aldea El Tule, Quesada, Jutiapa.

		2004	2006	2008	2009	Total	Chi cuadrado	Valor p
<b>Humano</b>	<b>i</b>	5(36)	2(13)	0(0)	0(0)	7(20)	1.554	0.2125
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	9(64)	14(87)	1(100)	4(100)	28(80)		
<b>Cerdo</b>	<b>i</b>	5(38)	1(6)	1(25)	1(17)	8(20)	2.129	0.1445
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	8(62)	17(94)	3(75)	5(83)	33(80)		
<b>Aves</b>	<b>i</b>	2(17)	0(0)	8(62)	4(17)	14(19)	5.838	0.0157
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	17(83)	26(100)	5(38)	19(83)	60(81)		
<b>Rata-Raton</b>	<b>i</b>	3(28)	1(4)	0(0)	0(0)	4(11)	6.277	0.0122
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	8(72)	22(96)	1(100)	0(0)	31(89)		
<b>Perro</b>	<b>i</b>	8(35)	1(4)	5(36)	3(21)	17(22)	3.484	0.0620
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	15(65)	27(96)	9(64)	11(79)	62(78)		
<b>Tacuazin</b>	<b>i</b>	0(0)	0(0)	0(0)	1(100)	1(33)	0.035	0.8512
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	1(100)	0(0)	0(0)	0(0)	2(67)		
<b>T.cruzi</b>	<b>i</b>	4(22)	3(50)	3(43)	5(56)	15(38)	2.078	0.1495
<b>n (%)</b>	<b>p</b>	14(78)	3(50)	4(57)	4(44)	25(62)		

(i) = chinches colectadas en el intradomicilio (i); (p) = chinches colectadas en el peridomicilio

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de *Trypanosoma cruzi* y de la alimentación en humano, cerdo, aves, rata-ratón, perro o tacuazín no varía según el ecotopo (intradomicilio o peridomicilio).

Tabla 33: Comparación del ecotopo y casa riesgo/no riesgo por fuente alimenticia y parásito.

		<b>i</b>	<b>p</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>valor de p</b>
<b>Humano</b>	<b>nr</b>	4(11)	17(49)	0.030	0.8630
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	3(9)	11(31)		
<b>Cerdo</b>	<b>nr</b>	5(12)	23(56)	0.154	0.6947
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	3(7)	10(24)		
<b>Aves</b>	<b>nr</b>	13(18)	53(72)	0.241	0.6235
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	1(1)	7(9)		
<b>Rata-Raton</b>	<b>nr</b>	2(6)	22(63)	0.723	0.3952
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	2(6)	9(26)		
<b>Perro</b>	<b>nr</b>	11(14)	50(63)	1.927	0.1651
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	6(8)	12(15)		
<b>Tacuazin</b>	<b>nr</b>	1(33)	2(67)	---	---
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	0(0)	0(0)		
<b>T.cruzi</b>	<b>nr</b>	9(23)	17(43)	0.264	0.6076
<b>n (%)</b>	<b>r</b>	6(15)	8(20)		

(nr) = chinches colectadas en casas no riesgo, casas con repello completo; (r) = chinches colectadas en casas riesgo, casas sin repello o con repello incompleto

(i) = chinches colectadas en el intradomicilio (i); (p) = chinches colectadas en el peridomicilio

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de *Trypanosoma cruzi* y de la alimentación en humano, cerdo, aves, rata-ratón, perro o tacuazín no varía según la relación del ecotopo (intradomicilio o peridomicilio) con el factor riesgo o no riesgo.

El Tule presenta otra distribución de la alimentación e infección del parásito en sus chinches. Se observa que el riesgo de alimentación en humano existe en casas no riesgo pero no se correlaciona al ecotopo. El Tule es una aldea con habitantes con más recursos económicos que La Brea (Castro, comunicación personal), por lo que al empezar el estudio en el 2004 La Brea contaba con 53% de las casas siendo clasificadas como de riesgo y El Tule solamente 39%. Al finalizar el proyecto en el 2009 La Brea tiene 25% de sus casas como riesgo y El Tule 18%. En El Tule aunque no sea significativo, también existe cierto sesgo a casas no riesgo y peridomicilio, pero también en casas no riesgo se

encuentran chinches positivas dentro de las casas y de igual manera para las casas riesgo. Según las proporciones de casas riesgo entre las dos aldeas, El Tule ya tenía menor cantidad de casas riesgo al empezar el proyecto, por lo que la dinámica de peridomicilios que mantienen grandes poblaciones de chinches que luego desbordan ya había llegado a un equilibrio en la colonización de los intradomicilios tanto en casas riesgo como no riesgo. En ambas aldeas se logró una disminución de materiales de riesgo en la construcción de gallineros, en El Tule se obtuvo un 3.7% de gallineros con material de riesgo, lo cual es bajo. Por lo que aunque la alimentación en aves no aumenta drásticamente como en La Brea, ya sea porque durante esa época por razones económicas o de enfermedades aviares no hay muchas gallinas, se mantiene estable. Podría ser entonces que la disminución de la infección de las chinches con el parásito y la alimentación en humanos en El Tule esta relacionada tanto con la mejora de casas riesgo a no riesgo, sino que también con que los peridomicilios con gallineros o cochiqueras de malla tanto en casas riesgo como no riesgo son una barrera zoonótica que mantiene una población de triatominos estable que no llega a rebasar la capacidad de carga y provoque la invasión del domicilio.

#### 9.2.4 Relación entre la frecuencia de alimentación, el ecotopo y las fuentes alimenticias y la presencia del parásito en *Triatoma dimidiata* de colectas de la aldea El Tule.

Tabla 34: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea El Tule.

	2004 n (%)	2006 n (%)	2008 n (%)	2009 n (%)	Total n (%)
<b>Sin alimentación</b>	5(13)	2(5)	10(28)	20(36)	37(22)
<b>Simple</b>	7(19)	8(18)	19(53)	25(46)	59(34)
<b>Múltiples</b>	25(68)	34(77)	7(19)	10(18)	76(44)

La proporción de chinches sin fuente alimenticia, en total de los años detectada, fue de 22%

para El Tule.

Tomando el total de triatomíneos analizados para todos los años se observa menor alimentaciones simples (34%) que múltiples (44%). Los años 2004 y 2006 son los que tienen mayor proporción de alimentaciones múltiples, mientras que los años 2008 y 2009 las alimentaciones simples se encuentran en mayor proporción. El efecto del rociamiento de insecticida durante el 2003 y luego en el 2004 sobre el movimiento de las chinches hacia el exterior y luego que el efecto residual haya pasado, hacia el interior de nuevo, puede explicar una mayor incidencia de alimentaciones múltiples.

Tabla 35: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea El Tule, en relación al estadio (adulto o ninfa) de la chinche.

	<b>Adultos n (%)</b>	<b>Ninfas n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simple</b>	28(21)	31(23)	0.6000	0.4385
<b>Múltiples</b>	31(23)	45(33)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el estadio adulto o ninfa.

Tabla 36: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea El Tule, en relación al estadio (adulto o ninfa) de la chinche, colectadas en el intradomicilio.

	<b>Adultos n (%)</b>	<b>Ninfas n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simple</b>	12(38)	6(19)	1.814	0.1780
<b>Múltiples</b>	6(19)	8(25)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el estadio adulto o ninfa en ecotopo intradomicilio.

Tabla 37: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea El Tule, en relación al estadio (adulto o ninfa) de la chinche, colectadas en el peridomicilio.

	<b>Adultos n (%)</b>	<b>Ninfas n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simples</b>	16(16)	25(24)	0.017	0.8953
<b>Múltiples</b>	25(24)	37(36)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el estadio adulto o ninfa en ecotopo peridomicilio.

No hubo diferencia significativa para las alimentaciones múltiples o simples según estadio de la chinche, y tampoco según el ecotopo. Esto indica el movimiento que tienen los triatominos desde estadios tempranos del interior de los domicilios hacia fuera y viceversa.

Tabla 38: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea El Tule, en relación al sexo (hembra o macho) de la chinche.

	<b>Hembras n (%)</b>	<b>Machos n (%)</b>	<b>Chi cuadrado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Simples</b>	14 (27)	13 (25)	0.017	0.849
<b>Múltiples</b>	12 (24)	12 (24)		

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

No hay diferencia significativa entre las alimentaciones simples o múltiples y el sexo (hembra o macho).

Tabla 39: Número de chinches que se alimentaron de una sola fuente o de múltiples fuentes a lo largo del tiempo en la aldea El Tule, en relación a la fuente alimenticia y presencia del parásito *Trypanosoma cruzi*.

	<b>Humano</b> <b>n (%)</b>	<b>Cerdo</b> <b>n (%)</b>	<b>Aves</b> <b>n (%)</b>	<b>Rata- Raton</b> <b>n(%)</b>	<b>Perro</b> <b>n (%)</b>	<b>Tacuazin</b> <b>n (%)</b>	<b><i>T. cruzi</i></b> <b>n (%)</b>
<b>Simples</b>	4(11)	3(7)	30(41)	1(3)	20(25)	1(33)	10(32)
<b>Múltiples</b>	31(89)	38(28)	44(59)	34(97)	59(75)	2(67)	21(68)
<b>Chi cuadrado</b>	20.005	31.687	0.666	32.042	26.170	0.134	2.143
<b>Valor de p</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.4144	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.7142	0.1433

Valor de p significativo para  $<0.007$ , según corrección de Bonferroni.

La probabilidad de alimentación en humano es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en cerdo es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en rata-raton es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

La probabilidad de alimentación en perro es mayor en alimentaciones múltiples que en simples ( $p=0.0019$ , Fisher's Exact Test).

9.2.5 La presencia del parásito *Trypanosoma cruzi* en *Triatoma dimidiata* colectada en El Tule en relación con las fuentes alimenticias identificadas.

Tabla 40: *Trypanosoma cruzi* en relación con las fuentes alimenticias.

	<b>Humano</b> <b>n (%)</b>	<b>Cerdo</b> <b>n (%)</b>	<b>Aves</b> <b>n (%)</b>	<b>Rata- Raton</b> <b>n (%)</b>	<b>Perro</b> <b>n (%)</b>	<b>Tacuazin</b> <b>n (%)</b>
<b><i>T. cruzi</i> 0</b>	21(12)	33(19)	61(35)	23(13)	59(34)	2(1)
<b><i>T. cruzi</i> 1</b>	14(8)	8(5)	13(8)	12(7)	20(12)	1(1)
<b>Chi</b>	6.903	0.423	2.355	2.995	0.348	0.174
<b>cuadrado</b>						
<b>Valor de p</b>	0.0086	0.5156	0.1249	0.0835	0.555	0.6768

No hay diferencia significativa entre chinches positivas para las fuentes alimenticias y la presencia o ausencia del parásito.

Las probabilidades que ADN de los mamíferos analizados humano, cerdo, perro y roedores se encuentren en una chinche que tiene alimentaciones múltiples es mayor que en una que se alimentó sólo una vez. Esto es para ambas aldeas. Esto al igual que el hecho que haya alimentaciones múltiples tiene implicaciones en la transmisión de la enfermedad. Las alimentaciones múltiples pueden ser el resultado de alimentaciones interrumpidas (Gürtler *et al.*, 2009). Si estas alimentaciones múltiples se realizan en mamíferos aumenta el riesgo de que ocurra una infección tanto del hospedero como de la chinche.

### 9.3 Comparación entre las dos aldeas y análisis holístico.

El objetivo de las intervenciones realizadas en ambas aldeas era de disminuir el contacto entre el triatomino y los humanos. En ambas aldeas se observó una disminución significativa de casas consideradas riesgo por ser de adobe sin repello o con repello agrietado. El porcentaje de casas consideradas riesgo era menor en El Tule al comenzar la intervención en el año 2004, esto se debe a que la población de El Tule tiene más recursos económicos que en La Brea, por lo que menos casas necesitaban mejora de paredes. En La Brea la mitad de las casas eran consideradas casas riesgo al iniciar el proyecto en el año 2004, y en el 2008 se logró reducir este porcentaje a 28%. En ambas aldeas se observó una aceptación a las mejoras en la vivienda.

La Brea había sido intervenida anterior al proyecto por el Ministerio de Salud con rociamientos de insecticidas sin ningún otro tipo de intervención. De esta manera se pueden observar las colectas durante las intervenciones puramente de rociamiento de los años 2001 y 2002 como un control ante las intervenciones ecosistémicas. Luego de un rociamiento los índices de infestación bajan, pero al no haber diferencia en las condiciones de las casas, éstas son re-infestadas y re-colonizadas. La selección de fuentes alimenticias no cambia, ya que el humano sigue siendo una fuente alimenticia utilizada dentro del domicilio porque las casas permiten la colonización de los triatominos y no ha habido cambio con los peridomicilios.

En ambas aldeas se explicó la importancia de mantener los animales domésticos fuera del domicilio y cómo mantenerlos en condiciones que no permitan grandes poblaciones de chinches. La Brea se diferencia de El Tule en este aspecto, ya que aunque en ambas aldeas se logró un aumento de gallineros con material no riesgo, malla metálica en vez de adobe, La Brea tiene problemas de focos de infestación todos los años.

Los animales domésticos van a tener siempre un impacto en la alimentación de la chinche y en la transmisión de *Trypanosoma cruzi* (Gürtler *et al.*, 1998). Estudios como el de Zeledón *et al.*, 2008 demuestran el efecto de disminución de colonización luego de cambios ecosistémicos como los realizados en estas aldeas. Y la importancia de los factores de riesgo intradomiciliares (Bustamante *et*

*al.*, 2009) como de la preferencia de hábitat peridomiciliar (Menes *et al.*) indican que el control de las chinches y por lo tanto la disminución del riesgo de contraer la enfermedad de Chagas por los humanos, se encuentra en un conjunto complejo de factores que varían según el lugar y el tiempo. Las fuentes alimenticias utilizadas por *Triatoma dimidiata* están sujetas a la disponibilidad de hospederos. Esta disponibilidad se ve influenciada por costumbres, recursos económicos, enfermedades que aumentan o disminuyen la población del hospedero. Pero aunque la importancia de las aves de corral como barrera zoonótica esta aún en discusión por ser una fuente alimenticia que promueve grandes poblaciones de *Triatoma dimidiata* pero puede ser un sumidero para el parásito, no se puede evitar que existan como fuente alimenticia, de igual manera los cerdos y los perros (y otros animales domésticos no evaluados en este estudio). Por lo que los esfuerzos deben concentrarse en utilizar estos animales como barrera zoonótica, cuidando que no produzcan poblaciones de chinches que superen la capacidad de carga del corral en que se encuentren. Los peridomicilios al igual que los intradomicilios empiezan a tener explosiones poblacionales de triatominos al mantener condiciones de riesgo que permitan no sólo que la chinche se alimente de sus hospederos, sino que puedan escapar a la depredación o remoción por medidas de limpieza. La eliminación completa del triatomino no va a ser posible por su invasión desde áreas selváticas (Monroy *et al.*, 2003c) y otros poblados (Dorn *et al.*, 2003). El presente estudio apoya la idea que se puede disminuir el contacto con el ser humano al mantener condiciones intradomiciliares que eviten la colonización de las chinches, usar los animales domésticos como barrera zoonótica, cuidando que ningún peridomicilio se convierta en una fuente de infestación para todo el poblado. Esto es uno de muchos factores que pueden estar influenciando la población de triatominos y su eficacia a largo plazo sólo puede verse en el monitoreo de estas aldeas en los subsecuentes años.

## 10. Conclusiones

10.1 Los rociamiento con insecticidas en combinación con intervenciones ecosistémicas (repello de paredes, reemplazo de gallineros y cochiqueras de adobe por estructuras de malla metálica, educación sobre la enfermedad de Chagas) tienen efecto sobre la alimentación de *Triatoma dimidiata* y su infección con *Trypanosoma cruzi*.

10.2 Casas no riesgo, con repello completo no presentan un hábitat adecuado para la colonización de las chinches, con lo que disminuye la probabilidad de alimentación con humano.

10.3 Gallineros y cochiqueras hechas de materiales riesgo (adobe) mantienen grandes poblaciones de triatominos que ponen en riesgo casas circundantes.

10.4 Cochiqueras de adobe y gallineros con materiales de construcción acumulados alrededor donde pueden refugiarse roedores tienen chinches con mayores índices de infección que en gallineros hechos de malla.

10.5 El perro siendo un recurso alimenticio utilizado por el triatomino y al poderse desplazar del peridomicilio hacia el interior del domicilio juega un papel importante en la colonización del vector y en la transmisión de la enfermedad.

10.6 En La Brea peridomicilios complejos (materiales y animales domésticos) pueden ser barreras zoonóticas para casas no riesgo, ya que el intradomicilio de éstas son refractarias a la invasión de la chinche, pero son focos de infestaciones para casas riesgo de los alrededores que no mantienen peridomicilios con gallineros.

10.7 En El Tule casas riesgo mantienen peridomicilios complejos que pueden actuar como barrera zoonótica, pero al rebasar la capacidad de carga de éstos, los triatominos invaden el domicilio.

10.8 No hay diferencia en alimentaciones simples o múltiples por sexo y estadio de la chinche, por ecotopo y por fuente alimenticia ( $p > 0.007$ ).

10.9 No hay asociación entre la presencia del parásito y las fuentes alimenticias ( $p>0.007$ ).

## **11. Recomendaciones**

Para mayor estandarización y validación de la técnica utilizada para la detección de las fuentes alimenticias: Alimentar las chinches en varios hospederos (mamíferos, aves), para poder comprobar la eficacia del método de PCR en chinches con diferentes tiempos desde su ingurgitación, hasta que tiempo luego de transcurrida la ingesta de sangre es aún capaz de amplificarse ADN del hospedero en el método utilizado. Y también para poder observar cambios en la biología del insecto según su hospedero, mayor cantidad de alimentaciones interrumpidas, preferencia por algún hospedero.

Para las intervenciones ecosistémicas: Evaluar las diferencias de cada aldea o comunidad en donde se desea implementar las intervenciones y aplicar los cambios según las necesidades, costumbres y factores ambientales del lugar. Ver las aldeas como un todo en donde una casa con un foco de infestación puede estar poniendo en peligro a toda la aldea. El intradomicilio y peridomicilio están interconectados y la chinche migra según las condiciones que cada ambiente provee. Por lo que las reformas intradomiciliare deben ser seguidas por un acondicionamiento del peridomicilio.

Para la relación triatomino-parásito-hospedero: Alimentar chinches no infectadas e infectadas con hospederos infectados/no infectados para ver eficacia de infección del triatomino, preferencia por hospedero infectado ante otro no infectado.

## 12. Referencias

- Andrade, S.G. 1974. Caracterização cepas de *Trypanosoma cruzi* isoladas do Recôncavo Baiano. *Revista de Patologia Tropical*. 3:65-121.
- Ansell J, Hu JT, Gilbert SC, Hamilton KA, Hill AV, Lindsay SW, 2000. Improved method for distinguishing the human source of mosquito blood meals between close family members. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 94: 572–574.
- Bataille M, Crainic K, Leterreux M, Durigon M, deMazancourt P, 1999. Multiplex amplification of mitochondrial DNA for human and species identification in forensic evaluation. *Forensic Sci Int* 99: 165–170.
- Beier JC, Perkins PV, Wirtz RA, Koros J, Diggs D, Gargan TP II, Koech DK, 1988. Bloodmeal identification by direct enzymelinked immunosorbent assay (ELISA), tested on *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Kenya. *J Med Entomol* 25: 9–16.
- Bland, M. 2004. *An Introduction to Medical Statistics*, Third Edition. Consultado en: <http://www-users.york.ac.uk/~mb55/intro/bonf.htm>.
- Bottero MT, Dalmaso IA, Nucera D, Turi RM, Rosati S, Squadrone S, Gorla M, Civera T, 2003. Development of a PCR assay for the detection of animal tissues in ruminant feeds. *J Food Prot* 66: 2307–2321.
- Boorman J, Mellor PS, Boreham PFL, Hewett RS, 1977. A latex agglutination test for the identification of blood-meals of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *Bull Entomol Res* 67: 305–311.
- Bustamante, D. M., Monroy, C., Pineda, S., Rodas, A., Castro, X., Ayala, V., Quiñones, J., Moguel, B. y Trampe, R. 2009. Risk Factors for Intradomiciliary Infestation by the Chagas Disease Vector *Triatoma dimidiata* in Jutiapa, Guatemala. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 25(1): 83-92.

- Calderón-Arguedas, O. Chinchilla, M., García, F. y Vargas, M. 2001. Preferencias alimentarias de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) procedente de la meseta central de Costa Rica a finales del siglo XX. *Parasitol. Día*, 25: 3-4.
- Cecere, M. C., Gürtler, R. C., Chuit, R., y Cohen, J.E. 1997. Effects of chickens on the prevalence of infestation and population density of *Triatoma infestans* in rural houses of north-west Argentina. *Blackwell Science Ltd, Medical and Veterinary Entomology*, 11: 383-388.
- Ceceré, M.C., Gürtler, R.E., Canale, D.M., Chuit, R., y Cohen, J.E. 2002. Effects of partial housing improvement and insecticide spraying on the reinfestation dynamics of *Triatoma infestans* in rural northwestern Argentina. *Acta Trop* 84: 101-116.
- Cecere, M.C., Vazquez-Prokopec, G., Gürtler, R.E. y Kitron, U. 2006. Reinfestation Sources for Chagas Disease Vector, *Triatoma infestans*, Argentina. *Emerging Infectious Diseases* 12(7): 1096-1102.
- Chow-Shaffer E, Sina B, Hawley WA, deBenedictis J, Scott TW, 2000. Laboratory and field evaluation of polymerase chain reaction-based forensic DNA profiling for use in identification of human blood meal sources of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 37: 492–502.
- deBenedictis J, Chow-Shaffer E, Costero A, Clark GA, Edman JD, Scott TW, 2003. Identification of the people from whom engorged *Aedes aegypti* took blood meals in Florida, Puerto Rico, using polymerase chain reaction-based DNA profiling. *Am J Trop Med Hyg* 68: 4437–4446.
- Dorn PL, Melgar S, Rouzier V, Gutierrez A, Combe C, Rosales R, Rodas A, Kott S, Salvia D, Monroy CM 2003. The Chagas vector, *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae), is panmictic within and among adjacent villages in Guatemala. *J Med Entomol* 40: 436-440.
- Dorn PL, Monroy C, Curtis A 2007. *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811): A review of its diversity across its geographic range and the relationship among populations. *Inf Gen Evol* 7: 343-352.

- Dumontiel, E., 1999. Update on Chagas disease in Mexico. *Salud Publica Mex* 41: 322–327.
- Forattini, O.P. 1980. Biogeografia, origem e distribuição da domiciliação de triatomíneos no Brasil. *Rev Saúde Públ* 14: 265-299.
- Gomes LAM, Duarte R, Lima DC, Diniz BS, Serrão ML, Labarthe N, 2001. Comparison between precipitin and ELISA tests in the bloodmeal detection of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes fluviatilis* (Lutz) mosquitoes experimentally fed on feline, canine, and human hosts. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 96: 693–695.
- Gokool S, Curtis CF, Smith DF, 1993. Analysis of mosquito bloodmeals by DNA profiling. *Med Vet Entomol* 7: 208–215.
- Gürtler, R.E., Chuit, R., Ceceré, M.C., y Castañeda, M.B. 1995. Detecting domestic vectors of Chagas disease: a comparative trial of six methods in north-west Argentina. *Bull World Health Organ*, 73: 487-494.
- Gürtler, R.E., Ceceré, M.C., Castanera, M.B., Canale, D., Lauricella, M.A., Chuit, R., Cohen, J.E., Segura, E.L. 1996. Probability of infection with *Trypanosoma cruzi* of the vector *Triatoma infestans* fed on infected humans and dogs in northwest Argentina. *Am J Trop Med Hyg* 55: 24–31.
- Gürtler, R.E., Cohen, J.E., Ceceré, M.C., y Chuit, R. 1997. Shifting host choices of the vector of Chagas disease, *Triatoma infestans*, in relation to the availability of hosts in Houses in North-West Argentina. *Journal of Applied Ecology*, 34: 699-715.
- Gürtler, R.E., Cohen, J.E., Ceceré, M.C., Lauricella, M.A., Chuit, R., y Segura, E.L. 1998. Influence Of Humans And Domestic Animals On The Household Prevalence Of *Trypanosoma Cruzi* In *Triatoma Infestans* Populations In Northwest Argentina. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 58(6): 748–758.
- JMP, Version 7. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007.

- Lord WD, DiZinno JA, Wilson MR, Budowle B, Tapalin D, Meinking TL, 1998. Isolation, amplification, and sequencing of human mitochondrial DNA obtained from human crab louse, *Pthirus pubis* (L.), blood meals. *J Forensic Sci* 43: 1097–1100.
- Melgar, S. , Chávez, J.J., Landaverde, P., Herrera, F., Rodas, A., Enríquez, E., Dorn, P., y Monroy, C. 2007. The number of families of *Triatoma dimidiata* in a Guatemalan house. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 102(2): 221-223.
- Minter, D.M. 1976. Feeding patterns of some triatomine vector species. *New Approaches in American Trypanosomiasis Research*. Washington, DC: Pan American Health Organization. Scientific Publication No. 318, 33–47.
- Monroy, C., Mejía, M., Rodas, A., Rosales, R., Horio, M., y Tabaru, Y. 1998a. Comparison of indoor searches with whole house demolition collections of the vectors of Chagas disease and their indoor distribution. *Med. Entomol. Zool.* 49: 195-200.
- Monroy, C., Rodas, A., Mejía, M., y Tabaru, Y. 1998b. Wall plastering and paints as methods to control vectors of Chagas disease in Guatemala. *Medical Entomology and Zoology*, 49: 93-187.
- Monroy, M. C. 2003a. Ecology and Control of Triatomine (Hemiptera: Reduviidae) Vectors of Chagas Disease in Guatemala, Central America. *Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 895. 22 pp. Uppsala. ISBN 91-554-5756-8.
- Monroy C, Rodas A, Mejia M, Rosales R, Tabaru Y 2003b. 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.
- Monroy MC, Bustamante DM, Rodas AG, Enriquez ME, Rosales RG 2003c. Habitats, dispersion and invasion of sylvatic *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Peten,

Guatemala. J Med Entomol 40: 800-806.

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 Saúde Pública, Rio de Janeiro, 25 Sup 1: S168-S178.

Moser, D.R., Kirchoff, L.V., Donelson, J.E. 1989. Detection of *Trypanosoma cruzi* by DNA amplification using the polymerase chain reaction. J Clin Microbiol, 27: 1477-1482.

OMS, Comité de Expertos de la OMS sobre la enfermedad de Chagas, 2002. Segundo informe del comité de expertos de la OMS: Control de la enfermedad de Chagas. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. OMS, Series de informes técnicos, 905, 124 pp.

Pizarro, J.C., Lucero, D., Stevens, L. 2007. A method for the identification of the blood meal in the Chagas disease vector *Triatoma infestans*. Kinetoplastid Biology and Disease, 6: 1.

Pizarro, J.C., 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.

R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Schofield, C. J. 1985. Control of Chagas Disease Vectors. British Medical Bulletin, Vol. 41 (2): 187-194.

Schofield, C. J. 2000. *Trypanosoma cruzi*: The Vector-Parasite Paradox. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 95(4): 535-544.

Tabaru, Y., Monroy, M., Rodas, A., Mejia, M., Rosales, R., 1999. The geographical distribution of vectors of Chagas disease and populations at risk of infection in Guatemala. Med Entomol Zool 50,

9-17.

- Teixeira, A.R.L. 1987. The Stercorarian trypanosomes. In *Immune Responses in Parasitic Infections: Immunology, Immunopathology, and Immunoprophylaxis*, E.S.L. Soulsby, ed. (Boca Raton, FL: CRC Press, LLC), pp. 125–145.
- Walker, J.A., Hughes, D.A., Anders, B.A., Shewale, J., Sinha, S.K., Batzer, M.A. 2003a. Quantitative intrashort interspersed element PCR for species-specific DNA identification. *Anal Biochem*, 316: 259–269.
- Walker, J.A., Kilroy, G.E., Xing, J., Shewale, J., Sinha, S.K., Batzer, M.A. 2003b. Human DNA quantitation using Alu element based polymerase chain reaction. *Anal Biochem*, 315: 122–128.
- Walker, J.A., Hughes, D.A., Hedges, D.J., Anders, B.A., Laborde, M.E., Shewale, J., Sinha, S.K., Batzer, M.A. 2004. Quantitative PCR for DNA identification based on genome-specific interspersed repetitive elements. *Genomics*, 83: 518–527.
- Washino RK, Tempelis CH, 1983. Mosquito host bloodmeal identification: methodology and data analysis. *Annu Rev Entomol* 28: 179–201.
- WHO. 1996. Chagas disease. Progress towards elimination of transmission. *Wkly Epidemiol Rec* 71: 12–15.
- Vallvé, S.L., Rojo, H., y Wisnivesky-Colli, C. 1995. Ecología urbana de *Triatoma infestans* en Argentina. Asociación entre *Triatoma infestans* y palomares. *Rev Saúde Pública*, 29: 3.
- Zeledón, R. 1970a. Enemies of *Triatoma dimidiata* Latreille, 1811, in an endemic area of Chagas disease in Costa Rica (Hemiptera, Reduviidae). *J Med Entomol* 7: 722-724.
- Zeledón, R., Guardia, V.M., Zúñiga, A. y Swartzwelder, J.C. 1970b. Biology and Ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811): I. Life Cycle, amount of blood ingested, resistance to starvation and size of adults. *J. Med. Ent.* 7(3): 313-319.

- Zeledón, R., Guardia, V.M., Zúñiga, A. y Swartzwelder, J.C. 1970c. Biology and Ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811): II. Life Span of Adults and Fecundity and Fertility of Females. J. Med. Ent. 7(4): 462-469.
- Zeledón, R., Solano, G., Zúñiga, A. y Swartzwelder, J.C. 1973. Biology and Ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811): III. Habitat and Blood Sources. J. Med. Ent. 10(4): 363-370.
- Zeledón, R. 1983. Vectores de la enfermedad de Chagas y sus características ecofisiológicas. Interciencia 86: 384-395.
- Zeledón, R. y Vargas, L. 1984. The Role of Dirt Floors and of Firewood in Rural Dwellings in the Epidemiology of Chagas Disease in Costa Rica. Am. J. Trop. Med. Hyg., 33(2): 232-235.
- Zeledón, R., Montenegro, V.M., Zeledón, O. 2001. Evidence of colonization of man-made ecotopes by *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) in Costa Rica. Mem Inst Oswaldo Cruz 96: 659-660.
- Zeledón, R., Calvo, N., Montenegro, V., Seixas Lorosa, E. y 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. y Rojas, J.C. 2006. Environmental management for the control of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) in Costa Rica: a pilot project. Mem Inst Oswaldo Cruz, 101: 86-379.
- Zeledón, R., Rojas, J.C., Urbina, A., Cordero, M., Gamboa, S., Lorosa, E. y 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.