INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD PÚBLICA

ESCUELA DE SALUD PÚBLICA DE MÉXICO

TESIS

Interacciones bióticas entre reservorios de *Trypanosoma cruzi* y *Triatoma dimidiata* en el paisaje de Zoh Laguna, Campeche

Requisito parcial para optar al grado de:
Maestro en Ciencias de la Salud con Área de Concentración en Enfermedades Transmitidas por Vector

Presenta:

MVZ. Sury Antonio López Cancino

Directora de Tesis:

Dra. Janine Madeleine Ramsey Willoquet

Asesores:

Dr. Carlos N. Ibarra Cerdeña

MC. H. Keynes de la Cruz Félix

Tapachula, Chiapas; México. Agosto de 2013

ARTÍCULO SOMETIDO DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SALUD CON ÁREA DE CONCENTRACIÓN EN ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTOR

A mis padres

Adán López Morales y Olga Cancino Jiménez

Agradecimientos

A Dios

A la Vida, por esta gran experiencia

A las otras formas de vida, manifestada en la fauna de Zoh Laguna por el sacrificio en favor del conocimiento.

A mi Hermano Adán por su apoyo desde que emprendí esta aventura.

A la Enorme Familia Mazariegos Hidalgo, (desde el más pequeño hasta el más grande) por el cobijo, cariño y apoyo mostrado durante todo este tiempo y aunque no lleve su sangre son mi Familia por elección. Rosario, Dari y Axelito los quiero mucho (puedo seguir siendo Jr?). Gracias Carlos, por compartirlos conmigo.

A mi directora de tesis Dra. Janine Ramsey que confió en mí, por su paciencia y empeño apoyándome incondicionalmente, por compartir sus conocimientos pero sobre todo su fortaleza y carácter.

A mis Asesores de Tesis Dr. Carlos Ibarra y Mtro Keynes dela Cruz, a mi revisor Dr. Guillermo Bond por sus aportaciones.

A mis amigos y compañeros de Posgrado: la Legión Yucateca (Angie, Belem, Gordo <Irving y Mariela> y Dave), Amaia, Jordán Corzo, Arturo Acero, Luis Cisneros, Paco Pinto, Carlos, Amilcar, Dae, Fabi, Roger, Abel, por su amistad y apoyo en distintos momentos (Formativos y Deformativos).

A Hernán Mandujano, Luz María Y, Mario Hidalgo, Angel y Deysi, Ili Malo, Gloria Rivera, entrañables amigos

A los Compañeros de laboratorio y de Campo (Keynes, Ezequiel, Toño <Negro>) por compartir sus experiencias y conocimientos invaluables.

A CONACyT por la beca otorgada de 2010 a 2012, para realizar el Posgrado y la Tesis, que estuvo financiada dentro del proyecto “Análisis de la importancia epidemiológica relativa de los genotipos de *Triatoma dimidiata* en la transmisión de la Enfermedad de Chagas en el Sur de México” (50-6353) CONACyT-SALUD

…

Lista de contenido

1. Introducción 8

2. Material y Métodos. 11

2.1 Área de estudio 11

2.2 Muestreo de comunidades de mamíferos y preservación de tejidos. 12

2.3 Colecta de triatominos 14

2.4 Identificación de *Trypanosoma cruzi* por PCR. 15

2.5 Linajes y DTUs de *Trypanosoma cruzi* de mamíferos 16

2.6 Identificación taxonómica de la fuente alimenticia 17

3. Resultados 19

3.1 Estructura de las comunidades de mamíferos en el paisaje 19

3.2 Triatominos en el paisaje 22

3.3 Infección por *Trypanosoma cruzi* en mamíferos silvestres 22

3.4 Infección por *Trypanosoma cruzi* en mamíferos domesticados 24

3.5 Colecta e infección de *Triatoma dimidiata* en el paisaje. 25

3.6 Fuente de alimentación de *Triatoma dimidiata.* 25

4. Discusión. 25

5. Referencias 35

Resumen

La conectividad ecológica entre hábitats y las interacciones de *Trypanosoma cruzi* (Tc) con *Triatoma dimidiata* (Td) en el paisaje, dependen de la presencia y abundancia relativa de hospederos y reservorios. En este estudio se analizó un paisaje colindante a la Reserva de la Biosfera de Calakmul, que está compuesto de una comunidad humana (Zoh Laguna) con casos de la Enfermedad de Chagas, áreas de cultivo y pastoreo de ganado, y áreas conservadas. Se colectaron mamíferos silvestres de los órdenes Chiróptera, Rodentia y Marsupialia y fueron muestreados mamíferos agropecuarios y mascotas. La infección por Tc fue analizada usando marcadores de mtDNA, y el mini-exon para analizar linaje. Se colectaron 303 ejemplares silvestres mediante muestreo a saturación con hábitats bien representados, correspondientes a 19 especies en temporada de lluvias, y 114 ejemplares de 18 especies en la temporada de seca. Cinco chirópteros *Artibeus jamaicensis, A. lituratus, Sturnira lilium, S. ludovici, Dermanura phaeotis* (Dp) y un roedor *Heteromys gaumeri* fueron colectados en los 3 hábitats. Todas más *Carollia brevicauda y Myotis keaysi* (solo silvestre) con excepción de Dp, fueron infectadas con TcI en el habitat silvestre principalmente y con TcII en ecotono. Las comunidades de quirópteros fueron altamente conectadas en espacio y tiempo. Las comunidades de roedores variaron, siendo las de los hábitats doméstico y ecotono más conectadas, y ambos significativamente diferentes del hábitat conservado. *Sigmodon hispidus* fue el roedor con mayor prevalencia de infección por *T. cruzi* I y II (OR: 3.2) en ecotono (E) y el hábitat doméstico (D); *Didelphis virginiana* fue infectado con TcII en los hábitats doméstico y silvestre. De 362 mamíferos domesticados, se encontró el 3.8%, 5.1% y 9.6% de prevalencia de infección en ovejas, perros y puercos, respectivamente, con infecciones por TcI, TcII y mixtas en los hábitats doméstico y ecotono. De 56 ejemplares de Td colectadas la infección fue de 85.7% en ecotono y en doméstico 70.5%, de estas 50.0% tuvo solo TcI, 10.0% solo TcII, y 25.0% infección mixta TcI/TcII. El paisaje

de Zoh laguna demuestra soportar una alta diversidad de mamíferos silvestres, con importantes tasas de infección y potencial para el movimiento de *T. cruzi*.

Palabras clave: *Trypanosoma cruzi*, *Triatoma dimidiata*, reservorios mamíferos, paisaje, interacciones

1. Introducción

La comprensión de la ecología de transmisión de *Trypanosoma cruzi* por las distintas especies del complejo dimidiata, permite analizar el papel de características fenotipicas y genéticas en la adaptación a fragmentos de paisajes modificados. Existen tres clados del complejo dimidiata en México, dos de ellos sin diferenciación fenotipicas completa (morfométrica o hidrocarburos), y un tercero que es considerado el genotipo ancestral del complejo, encontrado únicamente en la Península de Yucatán y la zona del Parque Nacional de Palenque en Chiapas (Lehman *et al.,* 2005, Marcilla *et al.,* 2001, Bargues *et al.,* 2008, Dorn *et al.,* 2009, Ramírez *et al.,* 2005).

La Península de Yucatán (PY) ha sido altamente modificada a través de la historia humana, principalmente en la región norte que comprende los estados de Yucatán y Quintana Roo (Carranza *et al.,* 1996). La zona más conservada se ubica en la región sureste del estado de Campeche y sur de la península, en Calakmul (Martínez & Galindo, 2002). Calakmul es una zona con una mezcla de selva baja caducifolia, mediana subcaducifolia y mediana subperennifolia (Flores & Espejel., 1994), donde existe una alta biodiversidad debido a numerosos factores entre los que destacan el clima, con un gradiente de precipitación del sureste al noroeste y de vientos provenientes del Caribe (White & Hood, 2004). Las especies arbóreas y herbáceas son abundantes y asociadas con una riqueza de mamíferos de hábitos arborícolas, cavernícolas, y anidadores (Hernández-Betancourt *et al.,* 2003; Flores & Espejel, 1994, White & Darwin, 1995). Hay entre 60 y 112 especies de mamíferos en la península (12 órdenes, 30 familias, 74 géneros y 89 especies), únicos en la gran mayoría, y que suman el 17% del total de especies del país. Por su parte, los insectos de la Península de Yucatán representan el 3.3% de la fauna nacional (Hernández-Betancourt *et al*., 2010; Delfín *et al*., 2010 a, b).

Los quirópteros (Chiroptera) pertenecen al orden más diverso de los mamíferos en la PY (37 especies), seguido del Rodentia, autóctonas (10 especies) y dos no-autóctonas en el hábitat doméstico humano (*Rattus rattus* y *Mus musculus*). Los demás mamíferos encontrados en la PY son marsupiales, lagomorfos, carnívoros, mustélidos, prociónidos, artiodáctilos, félidos y cánidos (Hernández-Betancourt *et al*., 2005; Galindo-Leal *et al.,* 1998). Los mamíferos silvestres con registro de infección por *Trypanosoma cruzi* en la península son: *Didelphis marsupialis, D. virginiana, Ototylomys phyllotis, Heteromys gaumeri, Peromyscus yucatanicus*, *Liomys irroratus, Neotoma mexicana, Paramelomys levipes, Sigmodon hispidus, Artibeus jamaicensis, Choeronycteris mexicana, Glossophaga soricina*, y *Sturnira lilium* (Zavala-Velázquez *et al*., 1996; Villegas-García & Santillan-Alarcón, 2001; Ruíz & Van-Wynsberghe 2002; Ramsey *et al*., 2012). Se ha registrado del 17% al 33% de especímenes infectados con *T. cruzi,* según la especie de reservorio, aunque estas cifras son representativas solo de ejemplares del hábitat doméstico y peridomestico (Zavala-Velazquez *et al*., 1996; Villegas-García & Santillan-Alarcón, 2001; Rebollar-Tellez *et al*., 2009). La infección por *T. cruzi* en mamíferos domesticados (agropecuarios y mascotas) ha sido reportada del 7.6% al 9.5%, con registro hasta la fecha solo del linaje TcI (Hernández *et al.,* 2010; Monteón *et al.,* 2013). Se ha reportado seroprevalencias puntuales a *T. cruzi* relativamente bajas en la población humana, que varía de 0.1% para Campeche a 18% en para la PY general (Balan *et al*., 2011; Barrera-Pérez 2003; Dumonteil, 1999). El único vector implicado en la transmisión de *T. cruzi* a población humana en la PY es *T. dimidiata* genotipo 1 (Marcilla *et al*., 2001; Lehman *et al*., 2005). La infestación de vivienda humana varía entre 8% y 61%, mientras la colonización de vivienda por triatominos ha sido registrado entre el 5% y 25% (Guzmán-Marín *et al.,* 1990, Monteón *et al.,* 2013, Hernández *et al*., 2010). Se han reportado colectas de *Triatoma hegneri* (también del complejo dimidiata), *Triatoma nítida* (autóctona de Centro América) y *Panstrongylus rufotuberculatus* en la Península, pero sus

abundancias en el hábitat humana son bajas y su importancia en la transmisión de *T. cruzi* no ha sido documentada (Salazar-Schettino *et al.,* 2010)

Calakmul, está ubicada en el sureste del Edo de Campeche y el sur-centro de la PY (Ibarra-Manríquez *et al.,* 2002). Calakmul fue declarada Reserva de la Biosfera (RBC) en 1989 por la UNESCO (Domínguez & Folan, 1996). La Reserva contiene afloramientos poblacionales Mayas del 2000 aC hasta el 250 dC (Lowe, 1995) que han tenido diferentes periodos de crecimiento y declive asociados con interacciones comerciales y luchas por dominio territorial con las culturas de la región sur (Palenque, Lagartero/Tabasco), el Petén en el postclásico tardío (Aimers, 2007), y finalmente con la conquista española en el s XVI (Culbert, 1973). La explotación chiclera y maderera intensa motivaron nuevos asentamientos humanos que sumaron o desplazaron a las poblaciones humanas autóctonas en colindancia con la Reserva. Estos asentamientos repercutieron en el aprovechamiento de recursos faunísticos, así como el inicio de la explotación de la tierra con fines agrícolas y ganaderos a pequeña escala, durante las décadas de 1890 a 1940 (Konrad, 1992). El resultado ha sido la modificación irreversible del paisaje por la deforestación masiva, así como por la apertura y ampliación de rutas para la explotación de maderera, henequén, y de fauna hacia el norte de la RBC, a finales del siglo XX (Braswell *et al.,* 2004; Rice., 1986; Culbert., 1973). El establecimiento de Calakmul como una Reserva de la Biosfera ha motivado una reducción importante al deterioro de los fragmentos conservados remanentes y el establecimiento de áreas amplias de rehabilitación (Martínez-Galindo., 2002; Folan *et al*., 1995).

La permanencia, ubicación y dispersión de triatominos en un paisaje depende de la composición y la dinámica dentro y entre las comunidades de mamíferos hospederos. La composición y las abundancias relativas de estas comunidades, a su vez varían según el

grado de modificación y antropización del paisaje. En el hábitat doméstico humano, *T. dimidiata* es más visto por la población de esta región entre marzo y julio, el periodo del final de la época seca, cuando hay una reducción de hospederos en madrigueras, por ciclos naturales, depredación, o carencia alimenticia (Lehane & Schofield, 1982; Hashimoto *et al*., 2006). Se infiere que este patrón puede ser similar para triatominos de fragmentos conservados o parcialmente modificados, ya que estas son afectadas aún más que las domesticas por los cambios estacionales de abundancias y la disponibilidad de recursos. El presente estudio caracteriza el grado de conectividad ecológica de comunidades de reservorios de *T. cruzi* y hospederos de *T. dimidiata* genotipo 1 entre hábitats y fragmentos de diferentes grados de modificación y antropización, de un paisaje de transmisión del parásito en el sur de la PY. El grado del traslape espacial y estacional entre las comunidades de reservorios y hospederos, y la capacidad de dispersión de estos afecta la adaptación sinantrópica y mantiene la presencia y quizás el flujo génico de *T. dimidiata* en el paisaje. La presencia y dispersión de *T. cruzi,* según la composición de las comunidades de reservorios y la dinámica de interacciones entre estos y el vector, influyen en la exposición de la población humana a la infección con *T. cruzi* (Dobson., 2004).

2. Material y Métodos.

2.1 Área de estudio.

Este estudio fue realizado en un paisaje del Municipio de Calakmul, Campeche al sur de la Península de Yucatán donde se ubica la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la comunidad de Zoh Laguna. Se localiza entre las coordenadas 18° 35´ 32´´ latitud N, - 89° 25´02´´ longitud W, a una altitud promedio de 190 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual es de 24.6°C (con rango de 24 a 30 °C) y precipitación promedio

anual de 1076.2 mm. Con lluvias de junio a noviembre (con un promedio de 190 mm mensuales durante temporada lluviosa y de 70.9mm mensuales para los meses de enero a marzo, considerados como temporada seca) (Servicio Meteorológico Nacional). El clima corresponde a tropical subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1 y Aw_2) (García & March, 1990). Las áreas silvestres están caracterizadas por vegetación tipo selva mediana entremezclada con vegetación tipo selva baja inundable y decidua, cercana a la zona de amortiguamiento (García & March., 1990). Las especies de plantas más comunes en los fragmentos de selva baja mixta son *Cameraria latifolia* (chechén blanco; sac cheechem) en las áreas bajas *Haematoxylum campechianum* ("tinto"), *Manilkara zapota* (chicle; sapote), *Lonchocarpus xuul* (xu'ul) y *Platymiscium yucatanum* (granadillo; "subin che") (Martínez & Galindo., 2002). Las áreas de ecotono son tierras predominantemente clareadas para alimentación ovina y ganado bovino, y siembras de maíz, frijol y calabaza. La comunidad de Zoh Laguna está inmersa entre las dos zonas principales norte y sur de la RBC, con área colindante a la Reserva relativamente conservada, y parches agropastoriles inmediatamente alrededor de la comunidad. Fue fundada en la década de 1940 (Martínez & Galindo., 2002) como un centro maderero (Erikson - Mass., 1998), en 1992 tomó importancia como sede regional de SEMARNAT para las actividades de la Reserva y para captación acuífera de la zona (pozo profundo). La población humana es de 1074 habitantes (INEGI, 2010). Los mamíferos silvestre, chinches, mamíferos agropecuarios y domésticos fueron colectados o muestreados durante la temporada de lluvias del año 2010 (Junio a Noviembre) y la estación seca de 2011 (Febrero a Marzo).

2.2 Muestreo de comunidades de mamíferos y preservación de tejidos.

Los mamíferos pequeños y medianos (quirópteros, roedores y didélfidos) fueron colectados usando trampas colocadas en transectos o mediante un muestreo de réplicas de micrositios en cada uno de los tres tipos de hábitats. Los quirópteros fueron

capturados entre las 1900 y 2400 h usando tres redes niebla (12m ancho por 2 m de alto, con un total de 72m/5h de esfuerzo de muestreo. Las redes fueron colocadas atravesando caminos o corredores naturales y cuases de agua en un rango de 100m a 200m entre ellas, por cinco noches consecutivas en los hábitats doméstico y ecotono, y por 11 noches en el hábitat silvestres (Kunz & Kurta. 1989). Los roedores fueron capturados usando 80 trampas tipo Sherman®/noche (H. B. Sherman Traps, Tallahassee, FL, USA) colocadas a lo largo de transectos lineales en cada hábitat, por 5 días consecutivos haciendo un esfuerzo de muestreo total de 400 trampas/noche/hábitat. Las trampas fueron cebadas con una mezcla de hojuelas de avena y esencia de vainilla (Ramsey *et al*., 2012). Los mamíferos medianos fueron capturados usando 15 trampas/noche Tomahawk® (Tomahawk Live Traps, Tomahawk, WI, USA), las trampas fueron cebadas con sardina entomatada y colocadas en transectos paralelos a las de Sherman, cerca de madrigueras, por cinco noches consecutivas, haciendo un esfuerzo de muestreo total de 75 trampas/noche/hábitat. Todos los mamíferos fueron colectados de acuerdo a las normas de la Secretaría de Medio Ambiente, Recurso Naturales y Pesca (SEMARNAT, 2001), y con un permiso de colector científico otorgado a JMRW (FAUT-0234).

Todos los especímenes colectados fueron identificados a nivel de especie, usando las claves de Reid (1997) y Medellin *et al*., (2008), se les tomó el peso, las medidas somatométricas estándar, fueron sexados y su edad estimada. Posteriormente os ejemplares fueron anestesiados y se les extrajo el tejido cardiaco, así como una muestra de musculo estriado profundo disecada e inmediatamente preservados en etanol al 95%. El cuerpo completo de todos los animales fue preservado en etanol al 70%. Los especímenes preservados fueron depositados como respaldo en la colección de mamíferos del Centro Regional de Investigación en Salud Pública/INSP o o donados a la

Colección Mastozooloógica de El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

En conjunto con actividades comunitarias sobre la enfermedad de Chagas, se realizó un censo de los animales domesticados (agropecuarios y mascotas) de cada familia y durante la temporada de lluvias (TL) y mediante consentimiento de los dueños, una muestra de sangre periférica fue extraída por punción yugular, e inmediatamente preservada en guanidina a una proporción 1:1 (Britto *et al*., 1995). Todas las muestras fueron transportadas en frio a 4°C al laboratorio para su posterior diagnóstico molecular de *T. cruzi*.

2.3 Colecta de triatominos

Triatoma dimidiata y *Panstrongylus rufotuberculatus* son las únicas especies de triatominos colectadas en la zona de Calakmul, aunque el último se encuentra solamente en hábitat silvestre (Hernández *et al*., 2010; Rebollar-Tellez *et al*., 2009; Tamay *et al*., 2008). Los triatominos fueron colectados del hábitat silvestre y ecotono usando cuatro trampas luz (2m x3m) por 4 h por 5 noches, sumando un total de 120 m^2/hábitat/estación de trampeo de luz. En el hábitat doméstico, se realizó búsqueda intencionada al interior de todas las casas y patios durante 40 min en ambas temporadas y adicionalmente los habitantes de las viviendas colectaron triatominos que encontraron en revisiones periódicas. Todas las chinches fueron preservadas en 70% etanol y transportadas al laboratorio para su identificación taxonómica (Lent & Wygodzinsky, 1979) y diagnóstico molecular de *T. cruzi.*

2.4 Identificación de *Trypanosoma cruzi* por PCR.

Se realizó la disección de tejido cardiaco de quirópteros, roedores y didélfidos de acuerdo a procedimientos estandarizados (Ramsey *et al*., 2012); los tejidos fueron cortados en bloques finos de 2x2 mm^2, y preservados en etanol al 70%. El intestino medio de las chinches fue disecado y el contenido intestinal fue preservado por separado del tejido intestinal, ambos en 70% etanol. El ADN genómico (ADNg) de todas las muestras de tejidos y contenido intestinal de chinches fue extraído usando DNAzol y las instrucciones del fabricante (Invitrogen, San Diego, California, USA). El botón de ADNg extraído fue resuspendido en 80 µl de agua libre de nucleasas, y conservada a 20°C hasta su uso para el diagnóstico molecular de *T. cruzi,* linaje de *T. cruzi* o identificación de fuente alimenticia.

La presencia de *T. cruzi* en tejidos de mamíferos e intestinos de chinches, fue identificada mediante la amplificación de regiones conservadas de ADN del minicirculo de kinetoplasto, usando los oligonucleótidos S34 59- ACA CCA ACC CCA ATC GAA CC-39 and S67 59-TGG TTT TGG GAG GGG SSK TC-39 que amplifican un fragmento de 120 pb (Sturm *et al*., 1989, Ramsey *et al.,* 2012). La reacción final de PCR fue de 25ul, conteniendo Buffer 5X pH 8.5, $MgCl_2$ a 1.5 mM, desoxinucleotidos trifosfatos (dNTP´s) 10mM , 1 U de Taq polimerasa (Promega Corporation, Madison,Wisconsin, USA), agua grado molecular libre de nucleasas, 1µl de ADNg y 20 pM y 160pM de cada oligonucleótido. Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: un periodo de desnaturalización inicial de 94°C por 4 min, seguido de 35 ciclos de 94°C por 30 seg (desnaturalización), 60°C por 30 seg (alineamiento de los oligos) y 72°C por 30 seg (elongación de la cadena), y un periodo de elongación final a 72°C por 10 min (Mota *et al.,* 2007). Los productos de PCR fueron separados y visualizados en geles de 3% agarosa, teñidos con bromuro de etídio y observados bajo luz UV en un transiluminador. En todas

las reacciones de PCR, se utilizó como control positivo una muestra de ADNg de *T. cruzi,* cepa Cari06 (Breniere *et al* 2003). Se realizó una segunda PCR para la mayoría de las muestras con los mismos oligonucleótidos y condiciones, debido a la baja tasa parasitaria en los tejidos, y la competición por amplicones no-específicos de origen del reservorio. Todos los productos de PCR fueron purificados con Qiaquick Gel Extraction Kit® (Quigen, Valencia, CA) siguiendo las instrucciones del fabricante. Debido a amplicones no específicos de un tamaño similar a la banda esperada de *T. cruzi* (aproximadamente 120pb), todas las bandas entre 110 y 130 pb fueron purificadas y secuenciadas para verificar su identidad, usando secuencias registradas en Genbank.

2.5 Linajes y DTUs de *Trypanosoma cruzi* de mamíferos

Las muestras de tejidos o contenidos intestinales positivos para *T. cruzi* con los oligos S34/S67 fueron analizados para linaje/sublinaje mediante amplificación de la región intergénica del gen de miniexon utilizando tres oligonucleótidos (Fernandes *et al.,* 1998). Dos oligonucleotidos rio arriba (upstream), derivados la región hipervariable del gen miniexon fueron: (TC1 - 5'- GTG TCC GCC ACC TCC TTC GGG CC-3' y TC2 - 5'-CCT GCA GGC ACA CGT GTG TGT G-3') y un oligonucleotido rio abajo (downstream) común, que corresponde a las secuencias presentes en ambos linajes principales de *T. cruzi*, TcI y TcII, fue: (TC - 5'-CCC CCC TCC CAG GCC ACA CTG-3'). Se utilizó la reacción de PCR modificada por Botero *et al*., (2007), usando un volumen de 1.5 µl ADNg molde de las muestras de mamíferos y triatominos positivas a *T. cruzi* (S34/S67) en un volumen final de 25 µl conteniendo: 1U Taq Polimerasa (Promega Corporation, Madison, Wisconsin, USA), buffer 5XpH 8.5, MgCl2 a 1mM, dNTP´s a 10 mM, y agua libre de nucleasas y 10 pM de cada oligo. Los amplicones fueron aislados para su verificación por secuenciación (Sanger, HT Sequencing, Washington). Las condiciones de amplificación consistió en una temperatura inicial de desnaturalización a 94°C por 3 min, seguido de 27

ciclos de desnaturalización del ADN a 94°C por 30 seg, alineamiento de los oligos a 55°C por 30 seg, y elongación de la cadena a 72°C por 30 seg, y un periodo de elongación final a 72°C por 10 min. Los productos de PCR de 350 pb están esperados para TcI, y 300 pb para TcII. Los amplicones fueron separados por electroforesis en geles de agarosa al 3%, teñidos con bromuro de etidio y observados en luz UV. Para optimizar la amplificación del gen del Miniexon de las muestras positivas, se realizó una PCR secundaria, bajo las mismas condiciones, utilizando bandas de los tamaños esperados, evidentes o no en UV. Todos los productos de PCR fueron purificados y secuenciados para verificar su identidad.

2.6 Identificación taxonómica de la fuente alimenticia

Las fuentes de alimentación de los triatominos fueron identificadas por PCR siguiendo la metodología desarrollada por Mota *et al.,* (2007). Brevemente, se emplearon tres oligonicleotidos a un volumen final de 25 µl, usando 1 µl de ADNg molde, los oligos se utilizaron a una concentración de 50, 15 y 36 pM, respectivamente. La reacción de amplificación, fue como sigue: un ciclo de desnaturalización inicial de 94°C por 4 min, seguido de 35 ciclos de desnaturalización a 94°C por 30 s, alineamiento a 51°C por 30 s, y una temperatura de extensión a 72°C por 30 s, y un periodo de extensión final a 72°C durante 10 min, que produjo un producto amplificado de 420 pb para mamíferos no humanos y 315 pb para humanos, que fueron separados en geles de agarosa al 2% y visualizados con luz UV.

2.7 Análisis de datos

La curva de acumulación de especies fue usada para determinar la eficiencia del muestreo y estimar la cantidad de especies presentes en la zona (Jiménez & Hortal,

2003). La abundancia absoluta de las especies capturadas por temporada (seca y lluvia) fueron usadas para calcular la diversidad de especies usando la ecuación de Clench (S (t) = a * t / (1 + b *t)) con una aleatorización de 100 repeticiones (Moreno & Halffter 2001). Este análisis se realizó con los programas EstimateS v. 8.2 (Colwell 2012) y Statistica v. 10 (StatSoft. 2011).

Para caracterizar y estimar la conectividad ecológica de comunidades de mamíferos potenciales reservorios de *T. cruzi* y hospederos de *T. dimidiata* entre hábitats del paisaje, utilizamos la riqueza de especies en las comunidades de mamíferos pequeños y medianos terrestres y voladores de cada hábitat, y según la estación. El estimador de diversidad alfa (α) de Fisher fue usado para analizar las comunidades dentro de cada hábitat (S=aLn(1+N/a) (Moreno & Halffter, 2001; Magurran 2004). La diversidad beta (β) entre las comunidades de hábitats adyacentes está calculada usando el índice de similitud de Jaccard definido por Chao (Magurran., 2004; Cadotte., 2006). Los índices de diversidad y similitud fueron calculados usando EstimateS v. 8.00 (Colwell 2012). Las diferencias entre índices fueron analizadas para significancia usando una prueba Kruskal Wallis

Se llevaron a cabo análisis estadísticos para medir la asociación de la prevalencia de *T. cruzi* y la condición corporal de los reservorios (quirópteros, roedores y marsupiales), sobre la base de una prueba de la mediana del índice de masa corporal (IMC; residuos de la regresión lineal de la masa corporal y la longitud del cuerpo). Se realizaron análisis de frecuencia para probar la prevalencia de *T. cruzi* sesgos relacionados con el sexo o la edad de los reservorios, y los Odds Ratio fueron utilizados para determinar si cualquier hábitat, la estación o especies tuvieron una mayor prevalencia de *T. cruzi* de lo esperado por el azar. Se midió también la asociación entre la abundancia relativa de especies de

mamíferos y su prevalencia de infección con *T. cruzi* usando el coeficiente de correlación de Pearson. Se estimó la frecuencia de uso de fuente animal o humano en la alimentación de *T. dimidiata*.

3. Resultados.

3.1 Estructura de las comunidades de mamíferos en el paisaje

La representatividad de las especies colectadas en el paisaje de Zoh Laguna fue estimada de acuerdo al esfuerzo de muestreo. Para las redes de niebla, se colectó 0.1 individuos por m/hr en la TL, y para la TS fue de 0.083 individuos por m/hr. Para los pequeños mamíferos capturados con trampas Sherman, la colecta fue de 0.029 trampa/noche en la TL y de 0.04 en la TS. La probabilidad de captura de mamíferos medianos con trampas Tomahawk fue de 0.018 en TL y de 0.011 en TS. El esfuerzo de muestreo en ambas temporadas represento a las comunidades de mamíferos presentes (R^2=0.99 en los tres hábitats) (S1).

Se colectaron un total 417 individuos de mamíferos silvestres pertenecientes a 3 órdenes, 7 familias y 23 especies. Para la TL se colectaron un total de 303 individuos correspondientes a 19 especies mientras que en la TS se registraron 114 de 18 especies (Tabla 1). El orden más abundante para ambas temporadas fue el Rodentia, seguido del Chiróptera y Marsupialia.

Se colectaron 11 especies de quirópteros pertenecientes a las familias Phyllostomidae, Mormoopidae y Vespertilionidae en todo el paisaje. Nueve especies fueron colectadas en la TL, de las cuales seis también fueron colectadas en la TS (Figura 2 A y B). La abundancia relativa de cinco de las nueve especies colectadas en TL fue más alta que en TS (Aj, Cb, Dr, Sl, Gs), mientras para las cuatro especies restantes, fue más

alta en TS. Asimismo, dos especies de la familia Mormoopidae, *Pteronotus parnellii* (Pp) y *Mormoops megallophylla* (Mm), fueron colectadas solamente en TS, en los hábitats silvestre y el ecotono, respectivamente. *Artibeus jamaicensis* (Aj), *Artibeus lituratus* (Al), *Sturnira lilium* (Sl), *Sturnira ludovici* (Slu) y *Dermanura phaeotis* (Dp), fueron colectados en ambas temporadas y en los tres hábitats, por lo menos en la TL. *Carollia brevicauda* (silvestre)*, Desmodus rotondus* (silvestre) y *Glossophaga soricina* (ecotono y doméstico) fueron colectados solamente en la TL. *Artibeus jamaicensis* y *Sturnira lilium* representan el 60% del total de los quirópteros colectados. La diversidad alfa anual de quirópteros (S=2.67, E= 2.71 y D= 1.61) es constante y sin una diferencia significativa entre los tres hábitats, (P>0.05; Tabla 2, S2). La diversidad beta mediante el índice de similitud de Jaccard con ajuste de Chao (Chao et al. 2005), indica una similitud alta entre las comunidades de quirópteros de los tres hábitats (Tabla 3).

Para el orden Rodentia, se colectó un total de 209 individuos pertenecientes a ocho especies de las familias Cricetidae, Muridae y Heteromidae (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Heteromys gaumeri,* Sh y Py, representando el 83% del total de los roedores colectados (Figura 3 a yb). En la TL, Hg y Sh fueron las especies más abundantes en todos los hábitats (Figura 3). *Heteromys gaumeri* fue el roedor más abundante de la TL, asi como para el ecotono y el doméstico en la TS. Otras dos especies fueron las más abundantes en el hábitat doméstico para la TS (Hg y Sh), mientras que otras especies tuvieron abundancia similar en ambas temporadas (Sh, Rr). La única especie que fue colectada en los tres hábitats fue *H. gaumeri*, mientras Oc y Op, fueron colectadas solamente en el hábitat silvestre y con muy baja abundancia. La diversidad αF anual de los roedores fue similar en los hábitats Sy E, aunque insignificativamente más alta en el hábitat doméstico (Tabla 2; S=0.82, E=1.18 y D=1.29, p>0.05). La similitud de la diversidad beta entre hábitats de comunidades de roedores fue mayor para el ecotono y

el doméstico (0.578), y hubo poca similitud entre las comunidades del silvestre y el doméstico (0.101) (Tabla 3).

Se capturaron 19 individuos de cuatro especies de la familia Didelphidae en este paisaje: *Didelphis marsupialis* (Dm)*, Didelphis virginiana* (Dv)*, Philander opossum* (Po) y *Marmosa mexicana* (Mom) (Figuras 4 A y B). Las colectas de este orden representan el 4.5% del total de mamíferos silvestres en los tres hábitats, en ambas temporadas y *D. virginiana* representa 22% de la abundancia total de los marsupiales. En el ecotono, solo fue colectada Po y Mom fue colectada solamente en el hábitat silvestre. En la TL, Dm fue la especie más abundante, en el hábitat doméstico, y en la TS, fue la más abundante en el silvestre. *Didelphis virginiana* fue la más abundante en el silvestre en la TL con baja colecta en doméstico. La diversidad alfa más baja para esta taxa se registró en el ecotono (0.79) y el más alto en el hábitat doméstico (S2). La diversidad beta no fue calculada por la baja colecta y la falta de más de dos especies en dos de los hábitats.

Se registró unn total de 388 ejemplares de 7 especies de mamíferos domesticados (de uso agropecuario y mascotas): *Ovis aries* (Oa), *Bos taurus* (Bt), *Sus domesticus* (Sd), *Capra hircus* (Ch), *Equus caballus* (Ec), *Felis catus* (Fc) y *Canis familiaris* (Cf) fueron muestreados en el paisaje (Tabla 4). El censo original de mamíferos domesticados incluyó dos especies que no fue posible muestrear por sus hábitos de forrajeo libre (*E. asinus*) o por negativa del dueño (Orc). Hubo alta variabilidad en la proporción de mamíferos domesticados muestreados, desde 92.8% de Oa hasta 15.2% de Fc. Las especies más abundantes fueron Oa (39.9%) y Cf (45.4%). El grupo según tamaño más abundante fue el de las especies medianas, Oa, Sd, y Cf (47.9%) y el menos abundante fueron las especies grandes (Bt, Ec, Ea; 3.6%). Aproximadamente 50% de todos los mamíferos

domesticados pastorean en el ecotono o visitan frecuentemente ese hábitat durante la cacería/actividades del amo, y el resto permanece en el hábitat doméstico.

3.2 Triatominos en el paisaje

Un total de 56 especímenes de *T. dimidiata* (Td) fueron colectados en los tres hábitats (Tabla 5). La mayor abundancia de Td fue en el hábitat doméstico 32/56 (57.1 %) con un éxito de colecta de 1.92 chinches/hora/casa, tras un barrido del total de las viviendas durante la TL y una abundancia de 12.5% para la TS, con el mismo esfuerzo de colecta. En contraste, en el hábitat silvestre se obtuvo la colecta más baja del estudio (3.6%) durante la TS, y sin éxito de captura de chinches en la TL. El 89% del total de chinches colectadas fueron adultas y el 11% fueron ninfas de estadio I a V en área doméstica.

3.3 Infección por *Trypanosoma cruzi* en mamíferos silvestres.

Cinco especies de quirópteros presentes en los tres hábitats, Aj, Al, Dp, Sl y Slu, más *Carollia brevicauda* y *Myotis keaysi* dos especies únicas del silvestre, fueron infectadas con *T. cruzi*, con tasas de infección que varían del 3.4% al 66.6% (Tabla 6). Solo Cb tuvo una infección significativamente más alta a lo esperado para toda la taxa (OR 420.88; IC 10.30-17197.87) (Tabla 7). Las tasas de infección con *T. cruzi* en especies individuales no fue equivalente entre hábitats. Sin embargo, la baja colecta en la mayoría de hábitats para las especies, no permite analizar el efecto de hábitat sobre infección a nivel de especies individuales, excepto para *A. jamaicensis*. La tasa de infección de Aj en el hábitat doméstico fue más baja a la del ecotono o del silvestre, aunque no fue significativo. Para Aj y Sl, la infección de *T. cruzi* en el ecotono fue similar a la del hábitat silvestre. La prevalencia de *T. cruzi* no tuvo una asociación con la abundancia relativa de las especies

y la infección en Aj, Al, Sl, y Slu (S3). Tampoco estuvo asociada con la masa corporal (R^2= 0.07), sexo (Ji2= 0.001, gl=2, P=0.99) o edad (Ji2=1.04, gl= 6, P=0.984).

Los dos linajes principales de *T. cruzi* fueron encontradas en los quirópteros de Zoh Laguna, en todos los hábitats, aunque con una distribución diferencial (Tabla 8). Cinco de las ocho especies infectadas, tuvieron infección individual con TcI, (Aj, Cb, Dp, Slu y Sl) y dos (Mk y Sl) con TcII. Solo *A. lituratus* tuvo infección mixta con ambos linajes en el hábitat doméstico.

Cuatro de ocho especies de roedores Hg, Py, Sh, y Mm fueron infectadas con *T. cruzi*, con prevalencias del 6.5% al 22% (Tabla 6). *Sigmodon hispidus* tuvo una infección significativamente más alta que las demás especies del grupo (OR 3.24, IC 1.21-8.46) (Tabla 7). *Heteromys gaumeri* capturada en todo el paisaje fue positiva a *T. cruzi* en el hábitat silvestre y el ecotono, Py con el doble infección que Hg (P=0.057). Por el contrario la población del ecotono de Hg tuvo casi el doble la infección que la del silvestre aunque no fue significativa. En contraste, *P. yucatanicus* tuvo doble la infección en el hábitat silvestre que el ecotono, aunque tampoco fue significativa. No hubo una asociación entre la infección con *T. cruzi* en Hg, Py y Sh con masa corporal (R^2=0.013), sexo (Ji2 =0.176, gl=5 P=0.99) o edad (Ji2= 0.27, gl=9, P=1.0). Tres de las cuatro especies de roedor tuvieron infección con TcI (Hg, Py, y Sh) y tres con TcII (Hg, Mm, y Sh) (Tabla 8). *Sigmodon hispidus* fue la única especie con infecciones mixtas además de infecciones sencillas, de ambos linajes. Infecciones con TcII en roedores fueron identificadas solamente en el ecotono.

De las cuatro especies de didélfidos colectados, solo *D. virginiana* fue positiva con *T. cruzi,* tanto en el hábitat silvestre como en el doméstico (Tabla 6). La prevalencia de infección en Dv fue significativamente más alta en la TL, ya que ningún ejemplar fue

encontrado positivo en la temporada seca. En contraste con los quirópteros y consistente con las de los roedores, la infección con *T. cruzi* fue más alta en el hábitat doméstico que el silvestre, aunque esta no fue significativa. Solo fue identificado el linaje TcII en una muestra de Dv (Tabla 8).

La infección global con *T. cruzi* fue significativamente más alta en la TL que la TS (OR 11.894, IC 5.6757-24.9287; Tabla 7). En el ecotono en la TL, la infección de mamíferos es tres veces más alta que en el doméstico y silvestre (OR 3.409, IC 1.5002-7.7499). La infección en *C. brevicauda* y *M. keaysi*, ambos restringidos al hábitat silvestre, fue 40 veces más alta en el mismo hábitat que las especies que fueron encontradas en todo el paisaje (Aj + Al + Sl + Slu; OR 40.36, IC 3.24-501.94). De la misma forma, la infección global de los roedores que fueron encontrados en solo dos hábitats (Sh + Mm + Py) fue tres veces más alta que la de *H. gaumeri* que fue colectada en todos los hábitats (OR 3.00, IC 1.03-8.75).

3.4 Infección por *Trypanosoma cruzi* en mamíferos domesticados.

De las siete especies de mamíferos domesticados muestreados, tres se encontraron infectados con *T. cruzi*, todas con tasas similares (Oa, Cf y Sd; 4.6%); no hubo una colecta suficiente de las dos especies adicionales (Bt y Fc) para analizar con las tres anteriores (Tabla 9). La infección con *T. cruzi* en Oa y Cf fue más del doble en el ecotono que en el doméstico. No hubo asociación de la infección con *T. cruzi* y el sexo o edad en Oa, Cf y Sd puesto que los individuos muestreados que resultaron positivos fueron juveniles. Las tres especies tuvieron infección por TcI y TcII, en ambos hábitats (Tabla 10). Las infecciones mixtas fueron todas encontradas en el hábitat doméstico, en las tres especies.

3.5 Colecta e infección de *Triatoma dimidiata* en el paisaje.

Un total de 56 especímenes de *T. dimidiata* fueron colectados en los tres hábitats (Tabla 5). El mayor éxito de colecta fue en el hábitat doméstico y durante la TL, aunque la diferencia en método de colecta no permite una comparación adecuada entre hábitats. Hubo una colecta muy baja en el hábitat silvestre, y a menor grado en el ecotono. De 56 chinches colectadas, solo 38 fueron diagnosticadas por PCR positivas a *T. cruzi* usando los primers S34 y S67. La infección por *T. cruzi* en *T. dimidiata* de Zoh Laguna fue constante en ambas temporadas, pero fue más alta en el ecotono (85.7%) que el doméstico (70.5%). Una proporción de 26.3% no amplificaron usando el miniexon (33.3%). Todas las chinches infectadas encontradas en los hábitats doméstico y silvestre tuvieron una infección con TcI, aunque en el ecotono, 50.0% tuvo solo TcI, 10.0% solo TcII, y 25.0% infección mixta TcI/TcII (Tabla 11).

3.6 Fuente de alimentación de *Triatoma dimidiata.*

De 56 chinches colectadas, solo 35 amplificaron con cyt b para la identificación de hospederos. En el hábitat doméstico, el 8.3% de las chinches consumió unicamente sangre humana solo, el 87.5% sangre de origen animal no-humano, y 4.1% consumieron humana y no-humana. En el ecotono, el 90.0% consumió sangre no-humano y en 10.0% hubo presencia de sangre humana y no-humana. La única muestra *T. cruzi* de una chinche del área silvestre, tuvo sangre no-humano solamente.

4. Discusión.

El paisaje de Calakmul representa la mayor Reserva Mexicana de Bosque Tropical con una mezcla de selvas altas, medianas, y selvas bajas temporalmente inundables, en buen estado de conservación y diversidad faunística (Flores & Espejel 1994). A pesar de

ello, las actividades antropogénicas históricas han impactado sobre la RBC, principalmente por la explotación maderera y chiclera, razón por la que la migración humana con fines laborales que intensificó desde la segunda década del siglo pasado (Martínez & Galindo, 2002). Estos fenómenos antrópicos han sido determinantes en la modificación de la estructura y composición del paisaje de Calakmul. El presente estudio fue realizado en el paisaje de Zoh Laguna, comunidad humana localizada en la zona centro, limitando con RBC (INE 1999), que tiene características de modificación contemporánea del área silvestre, que datan de los años 20, con el establecimiento de un aserradero para la explotación de maderas preciosas (Ponce, 1990). El poblado fue fundado en tiempos modernos por la incorporación de campamentos chicleros, lo que permitió el flujo de personas de diversas procedencias por fines laborales, procedentes de diferentes partes de la República, principalmente de Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y Norte de Guatemala, que establecieron viviendas construidas de madera (Konrad, 1999). En años más recientes, la actividad económica cambió para dar lugar a la explotación de la recursos vegetales como la producción de carbón, así como el uso de la tierra con fines agrícolas, con prácticas de roza, tumba y quema próximas a la zona de la comunidad, así como ganadería incipiente con prácticas de pastoreo ovina y bovino a baja escala, cacería de subsistencia, así como la apertura de nuevas vías de comunicación como la carretera transpeninsular Escárcega-Chetumal. La región ha estado bajo una presión antrópica importante para los recursos forestales y faunísticos dado el impacto de las modificaciones sobre el paisaje (Palacio *et al*., 2002). Zoh Laguna tiene datos importantes de infección por *Trypanosoma cruzi* en población humana, y donde la dispersión sustancial del vector *Triatoma dimidiata* hacia el hábitat doméstico es marcada, y la presencia de fauna silvestre con la entremezcla reciente de fauna agropecuaria en por lo menos dos hábitats. Este trabajo provee información sobre estimaciones ecológicas de la conectividad entre las comunidades de mamíferos, potenciales hospederos del vector y

reservorios que dispersan el parásito a través del paisaje en función a las temporadas pluviales y disponibilidad de recursos alimenticios.

La riqueza de especies de mamíferos silvestres terrestres y voladores en este estudio fue representativo de registros anteriores de la región y para la Reserva de la Biosfera de Calakmul con el 53.3% de las especies de Rodentia colectada, el 23.4% de Chiroptera (INE, 1999), y el 66.6% de Marsupialia (Galindo-Leal, 1998). Muchos mamíferos actúan como reservorios de *T. cruzi* (Ryckman & Ryckman, 1967, Herrera *et al*., 2010), incluyendo los anteriores mencionados, mustélidos y cánidos, entre otros. En México existe poca información sobre reservorios y transmisión de *T. cruzi* de áreas de ecotono (Magallón-Gastélum *et al*., 2004; Ramsey *et al*., 2012; Ruiz-Pina & Cruz-Reyes, 2002; Zavala-Velásquez *et al*., 1996; Peterson *et al*., 2002) o domésticos (Montenegro *et al*., 2002), y hay una notable ausencia de información de lo que ocurre en áreas conservadas (Ramsey *et al*., 2012).

La riqueza de quirópteros encontrada con el esfuerzo de captura en Zoh Laguna, es equivalente con lo esperado para la zona según Ortega *et al* (1998), existiendo poca variación estacional de abundancias, en contraste con lo encontrado por Cime (2006), en la Reserva de la Biosfera de Celestum, en la zona norte del estado. La conectividad entre los tres hábitats con cinco especies presentes en todo el paisaje de Zoh Laguna fue alta por lo menos en época de abundancia alimenticia (TL), y en la TS hubo menos dispersión de la mayoría de las especies, aunque cuatro de ellas favorecidas por la producción agrícola en el ecotono en esa temporada. La tolerancia que exhiben los quirópteros ante las modificaciones del paisaje, está relacionada con la capacidad de volar y su habilidad para cruzar áreas abiertas (Castro-Luna *et al*., 2007; Gaisler *et al*., 1998). Estas características les permite alcanzar otros fragmentos de bosque o tipos de vegetación, lo

cual para otros grupos faunísticos representa un serio obstáculo por capacidad de dispersión limitada (Medellin *et al*., 2000, Kalko & Handley 2001). A la vez, los quirópteros tienen acceso a una variedad de hábitats adicionales para satisfacer sus requerimientos alimentarios y de refugio, aunque en Zoh Laguna al parecer no están limitados en ninguno de los hábitats individuales.

Las dos especies menos tolerantes a modificación ambiental tuvieron las tasas de infección más altas de los quirópteros, tanto de TcI (*C. brevicauda* y *M. keaysi*) y de TcII (*M. keaysi*). Este reporte representa la primera para identificar ambas especies infectadas con *T. cruzi*. Las cinco especies que están presentes en todo el paisaje, tuvieron infecciones consistentes entre hábitats, y por lo menos en el silvestre y el ecotono, fueron infectadas solo con TcI. *Artibeus jamaicensis,* la especie más abundante en el paisaje de Zoh Laguna, e infectada en los hábitat silvestre y ecotono con TcI, ha sido reportada con este linaje en Panamá y Colombia (Pinto *et al*., 2012, Marinkelle., 1982), y recientemente fueron identificados ejemplares con *T. cruzi* en esta especie en Morelos (Villegas- García & Santillan-Alarcón, 2001). Sin embargo, los registros anteriores solo referían a ejemplares colectados en áreas domésticas o peridomésticas, y en el último caso, solo se usó serología para el diagnóstico, un método insensible para detección del parásito en fauna silvestre. Solo *S. lilium* y *A. lituratus* tuvieron además de TcI, con TcII. Junto con *M. keaysi,* las tres especies con TcII son sin duda una fuente importante para la dispersión de corto (100-300m) y largo alcance en el paisaje.

En la Península de Yucatán, *H. gaumeri* tiene un marcado crecimiento poblacional en la TL, ligado al crecimiento de la vegetación en esa temporada (Hernández, 2010). *Heteromys gaumeri* es la especie de roedor encontrada con abundancia uniforme en los tres hábitats de estudio en la TS, con una notable disminución de su abundancia relativa

en el ecotono y el doméstico, pero incrementado en el silvestre en la TL. Este patrón es el contrario a lo que se había reportado para la zona norte de la PY donde la especie demuestra sensibilidad a la perturbación (Hernández-Betancourt *et al*., 2005; Cime-Pool, 2006). Por lo menos el presente estudio, no parece ser la perturbación que la limita; en otras regiones, podría haber una competencia con otra especie que afecta su abundancia relativa. *Sigmodon hispidus* y *P. yucatanicus*, ambas especies invasoras de cultivos de maíz, ya han sido reportadas como especies dominantes del ecotono en el norte de la PY (Hernandez-Betancourt *et al*., 2010). El impacto de la época pluvial sobre la comunidad de roedores fue importante, y afectó más a las especies de baja abundancia, y a menor grado a las plagas agrícolas (Cimé-Pool *et al*., 2007).

La infección por *T. cruzi* en quirópteros y en roedores en este estudio fue similar. De las ocho especies de roedor colectadas, solo cuatro estuvieron infectados, aunque con prevalencias más bajas respecto a los quirópteros. El presente estudio, confirma la presencia de *T. cruzi* en dos roedores previamente reportados de la Península de Yucatán, *H. gaumeri* y *P. yucatanicus* en la región de Calakmul. *Sigmodon hispidus* y *M. musculus*, ambos encontrados solo en los hábitats antropizados, fueron los roedores con mayor prevalencia de infección en Zoh Laguna. En *S. hispidus*, la infección alta en el ecotono en TL fue con ambos linajes de TcI y TcII y en *M. musculus*, solo se identificó TcII. En términos de la dispersión limitada de esta taxa y el flujo potencial de *T. cruzi*, es altamente relevante el comportamiento de uso o de elaboración de nidos entre especies de esta taxa, y la conectividad entre poblaciones de una misma especie. No hubo una presencia importante de *R. rattus* en Zoh Laguna, y no se encontró infección con *T. cruzi* como previamente encontrada en un área rural de Colombia o de Morelos, México (Diosque *et al*., 2004; Ramsey *et al*., 2012).

Otra taxa importante para la dispersión a mediana escala de *T. cruzi*, señalada por algunos autores como la primaria para la dispersión macro-ambiental del parásito (TcI), es el orden didielphimorphia, particularmente los Didelphidae (Deane *et al*., 1986, Schofield *et al*., 2000). Este orden no tiene una alta diversidad en la PY, y Weber & Guerrero (2012) encontraron buen éxito de colecta y abundancia de *D. virginiana* en comparación con la registrada en este estudio en una localidad adyacente a Zoh Laguna, con las mismas características, y se encuentra localizado en la zona norte, aledaña a la RBC. Se encontró el 66.6% de las especies esperadas para la zona de la RBC en el presente estudio (Galindo-Leal *et al*., 1998). Es notable que *D. marsupialis* y *D. virginiana* fueron colectadas en hábitats domésticos y silvestres, y no en el ecotono de Zoh Laguna. En ese último hábitat, la zona de cultivo peri-comunitario, solo se colectaron *P. opossum*, y fue significativa la falta de infección en ella. *Didelphis virginiana* es un mamífero sinantrópico, predominante de la zona norte de la PY (Jones *et al*. 1974) que puede aprovechar los espacios fuertemente modificados (domésticos). En el presente estudio y consistente con registros anteriores, se encontraron ejemplares de *D. virginiana* infectados (Ruiz-Piña & Cruz-Reyes 2002), pero este es el primer registro del linaje de TcII en esta especie, y en ambos hábitats modificados y conservados. Los resultados presentes difieren con lo indicado en Llewelly *et al.,* (2009) y otros autores, que sugieren que TcI es de origen de didelfidos, como la presencia de este linaje en *D. marsupialis* en Sur América, pero son acordes con reportes de TcII en didelfidos estrictamente silvestres (Herrera *et al*. 2005, Yeo *et al*. 2005, Pinho *et al*. 2000). Confirmamos que no se ha encontrado *D. marsupialis* infectada con *T. cruzi* en Zoh Laguna.

Amplia evidencia demuestra que la fragmentación de paisajes puede incrementar o disminuir la prevalencia de enfermedades dentro de las especies de hospederos, según la interacción entre hospedero y parásito (Allan *et al.,* 2003). Williams *et al*. (2002) sugieren

que las actividades antropogénicas cerca de las áreas naturales son algunos de los factores que producen brotes epizoóticos. Los diferentes sistemas productivos rurales favorecen el acercamiento entre las poblaciones humanas y los animales domesticados con las poblaciones de animales silvestres, y así la transmisión en ambos sentidos, de patógenos comunes puede efectuarse. Un estudio reciente en zonas aledañas a la RBC (Nvo. Becal y Pachuitz; Weber & Guerrero, 2012), señala que las especies animales domésticas dominantes en los solares son los perros, los pavos y los cerdos. Los resultados presentes agrega a esta lista los borregos como especies domesticadas dominantes del hábitat antropizado, tanto doméstico como el ecotono. En acorde con Zavala-Velazquez *et al*. (1996) y Hernández *et al*. (2010), se ha confirmado la infección de *T. cruzi* en *O. aries, C. familiaris* y *S. domesticus*. Este es el primer registro de linajes de *T. cruzi* en mamíferos domésticados para México, y la PY. Las tres especies tuvieron infecciones mixtas de TcI y TcII en el hábitat doméstico, así como infecciones individuales de linaje en los animales que forajean en hábitat ecotono.

El complejo *dimidiata* de Triatominae es un conjunto de especies vectoras generalistas, con un amplio espectro de hospederos que habitan nidos de mamíferos terrestres o arbóreas en paisajes conservados y modificados (Zeledon, 1982; Angulo, 2006). Estas especies ocupan tanto ecotopos naturales, como artificiales, y a pesar de que su rango de vuelo es reducido, y según la velocidad del viento y otros variables abioticos, se dispersan en busca de recursos alimenticios o para la reproducción. Si las condiciones del refugio son adecuados, permanecen en el sitio (Zeledon *et al*., 2001). En estudios del nicho ecológico de las especies del complejo, se ha observado que la mayor presencia de insectos y la infección con *T. cruzi* se asocia con vegetación perturbada y el hábitat sinantrópico (agricultura y pastizales; Ibarra-Cerdeña *et al*. 2009), lo que sugiere que la desforestación y la degradación del paisaje son factores que contribuyen a la infestación

de las casas humanas por *T. dimidiata*. *Triatoma dimidiata* infesta y establece colonias en el hábitat doméstico, donde las condiciones ambientales son constantes y cambios estacionales minimizados, donde hay poca diversidad de fauna silvestre, pero una abundancia alta de hospederos alternativos, incluyendo al humano (Blandón-Naranjo *et al* 2010, Ramírez-Sierra *et al.,* 2010, Dumonteil *et al*, 2002). En el presente estudio, la colecta de chinches domesticas fue más exitosa que en los demás hábitats, y estas no fueron dependientes de la temporada. A pesar de no existir ninguna evidencia específica o sensible para analizar cambios en abundancias de *T. dimidiata* durante el año, varios autores mencionan disponibilidad según estación y su asociación con la disponibilidad de recursos (Dumonteil *et al*. 2004, Hernandez *et al*., 2010, May-Concha., 2008), siendo la época tardía de seca el óptimo para colectar las chinches en el hábitat doméstico. Sin embargo, no ha sido comparado el esfuerzo y éxito de colecta en áreas de ecotono o silvestres-conservados en la PY. En el presente estudio la mayor abundancia e infección con TC fue al inicio de la TL, aunque no hubo diferencia significativa entre las abundancias de las dos temporadas. Los muestreos domésticos incluyeron ninfas y adultos de *T. dimidiata* G1, lo cual indica que esta especie se encuentra establecida a nivel intradomiciliar en la localidad de Zoh Laguna. Los pocos métodos disponibles para la colecta de triatominos en espacios naturales son importantes barreras para la investigación sobre la ecología de esta taxa. Si bien las trampas de luz, particularmente de UV, son las más eficaces para este grupo de insectos, solo colectan adultos que tienen una capacidad de vuelo, que por definición, están sin contenido intestinal, y en búsqueda de recurso. Si el insecto tiene una fuente continua de alimento (hospedero cercano), el insecto no tiene necesidad de forrajear y exponerse a la trampa. La colecta de triatominos en el hábitat silvestre en Zoh Laguna fue solo en la TS y fue muy baja, lo que deja entender que los nidos de chinches tienen suficiente recurso casi todo el año. El éxito de colecta fue mayor en el ecotono, no en la TS, sino en la TL. En Zoh Laguna, la

siembra de cultivos ocurre solo en la TS, motivo por el cual los hospederos, y entonces los insectos, tienen suficiente recurso en esa temporada. El aumento de éxito en el ecotono durante la TL, se debe a la ausencia de hospederos por actividades de forrajeo en esa temporada, lo que deja nidos vaciados. Las condiciones estacionales, lunares y particulares del sitio mismo (vegetación/uso de suelo) todos afectan la eficacia de la trampa de luz (Rebollar-Téllez *et al*., 2009; Hernández *et al*., 2010). Hasta contar con métodos de colecta para hábitats silvestres más eficaces, la ecología del vector y de la transmisión de *T. cruzi* en el paisaje estará con serias limitaciones (Rolón *et al*. 2011). El análisis de fuente sanguínea de las chinches colectadas en los tres hábitats de Zoh Laguna indica que aún en el espacio doméstico, poco más que una décima de las chinches tenían una fuente humana de sangre. Esto indica que existe una amplia variedad de fuente alternativa y preferente en ese hábitat, ya que una tercera de esas también tuvieron una fuente no-humana. Solo un poco menos de lo anterior, una décima parte de las chinches del hábitat ecotono, también tuvieron una fuente humana de sangre, conjuntamente con una fuente no-humana. La infección de *T. dimidiata* de Zoh Laguna fue más alta en el ecotono, seguido por la del doméstico. Ambas prevalencias son similares a lo reportado por Rebollar-Tellez *et al* (2009) y May-Concha (2008), pero el doble de lo reportado en el norte del estado de Campeche por Hernandez *et al*. 2010 y Monteón *et al*. 2013. En el presente estudio, la infección en *T. dimidiata* g1 fue de ambos linajes, TcI y TcII. TcI fue presente en todos los hábitats, proporcionalmente más en silvestre, seguido por el ecotono, y finalmente el doméstico. En el ecotono, se encontraron las infecciones de TcII sencillos, y mixtas con TcI; más de una tercera de estos insectos tuvieron este linaje. Monteón *et al* (2013) reportó la presencia solo de TcI en una región al norte de Calakmul, de *T. dimidiata* doméstico.

El análisis de la interacciones bióticas entre mamíferos silvestres y domesticados y *Trypanosoma cruzi* por un lado, y los mismos y *Triatoma dimidiata* en el paisaje de Zoh Laguna, Campeche, es complejo y dependiente de las comunidades de reservorios, que son a la vez hospederos. Tres taxa principales forman las comunidades de los mamíferos más abundantes y potenciales como reservorios de *T. cruzi*: los marsupiales medianos y roedores pequeños silvestres o arbóreos, y los quirópteros. Cada taxa tiene rango de dispersión distinto, comportamiento de anidación distinta, y dinámicas poblacionales que les permite o no movilidad dentro de un hábitat, en un paisaje o entre paisajes. La dinámica global de estas interacciones permite a *T. cruzi* fluir entre fragmentos conservados y modificados, eventualmente llegando en contacto con el humano. Lejos de representar un hábitat empobrecido, el hábitat antropizado humano ofrece óptima calidad de protección contra el ambiente y depredadores, y entonces un fitness positivo para el vector, y el parásito. La tasa de infección TcII/TcI fue del 0.5 en quirópteros, 1.0 en los roedores, y 1 en los domesticados, indicando que con excepción de los quirópteros que tuvieron doble la prevalencia de TcI que TcII, la infección de TcI/TcII fue en proporciones iguales en roedores, didelfido, y domesticados. La tasa TcII/TcI en chinches, fue del 0.35 en el ecotono, y todas las del área domestico fueron de TcI. Se reporta en este estudio registros únicos de infección de quirópteros y roedores con *T. cruzi*, y en todas las especies de mamíferos reportados, los registros de linajes de *T. cruzi* son los primeros reportados en la República Mexicana. Es notable la presencia mucho más amplia de TcII por lo menos en esta región de México de lo que se había reportado anteriormente, y se espera a futuro esclarecer los DTUs de estas muestras, para identificar la presencia amplia de diversidad del parásito en los reservorios, en las poblaciones del vector, y en los hábitats del paisaje de transmisión en una de la pocas regiones remanentes de bosque tropical en México.

5. Referencias

Aimers JJ (2007) What Maya collapse? Terminal classic variation in the Maya lowlands. Journal of Archeological Research. 15:329-377

Allan BF, Keesing F and Ostfeld RS (2003) Effect of forest fragmentation on Lyme Disease Risk. Cons Biol.; 17: 267-272.

Angulo VM (2006) *Triatoma dimidiata* en Colombia, aspectos biológicos y ecoepidemiológicos. En Memorias el uso de de sistemas de información geográfica y sensores remotos (SR) en salud pública. Bogotá. Colombia 27-30 marzo.

Balan LU, Yerbes IM, Piña MA, Balmes J, Pascual A (2011) Higher seroprevalence of *Trypanosoma cruzi* infection in dogs than in humans in an urban area of Campeche, Mexico. Vector Borne Zoonotic Dis; 11(7):843-4.

Bargues MD, Klisiowicz DR, Gonzalez-Candelas F, Ramsey JM, Monroy C, et al. (2008) Phylogeography and Genetic Variation of *Triatoma dimidiata*, the Main Chagas Disease Vector in Central America, and Its Position within the Genus Triatoma. PLoS Negl Trop Dis 2: e233. doi:10.1371/journal.pntd.0000233.

Barrera-Pérez MA, Rodríguez-Félix ME, Guzmán-MarínE, Zavala-Velásquez J (2003) La enfermedad de Chagas en el Estado de Yucatán. Revisión de casos clínicos en fase aguda de 1970 a 1980. Rev Biomed 1: 185-195

Blandón-Naranjo M, Zuriaga MA, Azofeifa G, Zeledón R, Bargues MD (2010) Molecular evidence of intraspecific variability in different habitat-related populations of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) from Costa Rica. Parasitol Res. 106:895-905.

Botero LA, Mejía AM, Triana, O(2007) Caracterización biológica y genética de dos clones pertenecientes a los grupos I y II de Trypanosoma cruzi de Colombia. Biomédica [online]. Vol.27, suppl.1, pp. 64-74. ISSN 0120-4157

Braswell GE, Gunn JD, Domínguez CM, Folan WJ, Fletcher LA (2004) Defining the Terminal Classic at Calakmul, Campeche. In: Demarest A, Rice PM, and Rice DS editors. The Terminal Classic in the Maya Lowlands: Collapse, Transition, and Transformation. University Press of Colorado, Boulder. Pp. 162–194.

Brenière SF, Taveira B, Bosseno MF, Ordoñez R, Lozano-Kasten F (2003)Preliminary Results of Random Amplification of Polymorphic DNA among Triatominae of the phyllosoma Complex (Hemiptera, Reduviidae) Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 98(8): 1033-1038

Britto C, Cardoso MA, Vanni CMM, Hasslocher-Moreno A, Xavier S et al (1995). Polymerase chain reaction detection of *Trypanosoma cruzi* in human blood samples as a tool for diagnosis and treatment evolution. Parasitology 110: 241-247

Cadotte M (2006) Dispersal and species diversity: a meta-analysis. Am Naturalist 167: 913–924.

Carranza JC, Barreto C, Molina JB, Loreto A (1996) Análisis cartográfico del cambio de uso del suelo en la península de Yucatán, México. Amigos de Sian Ka'an

Castro-Luna, A.A., V. J. Sosa & G. Castillo-Campos. 2007. Bat diversity and abundance associated with the degree of secondary succession in a tropical forest mosaic in Southeastern Mexico. Animal Conservation. 10: 219-228.

Chao A, Chazdon RL, Colwell RK, Shen TJ (2005) Un Nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. Monografías tercer milenio. Zaragoza. España. Vol. 4. Pp 85-96.

Cimé-Pool, J.A. 2006. Ecología de comunidades de pequeños roedores en un gradiente de perturbación de selva baja caducifolia espinosa de la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México. Tesis de Maestría. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

Cimé-Pool, J.A., J. Chablé-Santos, J.E. Sosa-Escalante y S.F. Hernández-Betancourt. 2006. Quirópteros y pequeños roedores de la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 22:127-131.

Cimé-Pool, J. A., S. F. Hernández-Betancourt y J. B. Chablé-Santos. 2007. Comunidad de pequeños roedores en dos agroecosistemas del estado de Yucatán, México. Revista Mexicana deMastozoología 11:57-68.

Colwell R (2012) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 8.2. Department of Ecology and Evolutionary Biology. University of Connecticut, USA.<http://www.viceroy.ee.b.uconn.edu.estimates>.

Colwell, R.K. 1997. “EstimateS”. Statistical estimation of species richness and shared species from samples.En: Http://veceroy.eeb.uconn.edu/estimates.

Culbert TP (1973). The Classic Maya Collapse. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Deane M, Lenzi H, Jansen A. (1986). Double development cycle of *Trypanosoma cruzi* in the opossum. Parasitol. Today. 2: 146-147.

Delfín GH, Melendez RV, Marrique SP, Chay HD, Reyes NE. (2010a). Arácnidos y ácaros. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Eds. (R. Durán y M. Méndez) CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496. Pp. 218 – 219

Delfín GH, Melendez RV, Marrique SP, Reyes NE, Chay HD. 2010b. Insectos. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Eds. Editores Durán D, Méndez M. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496. Pp. 226- 228.

Diosque P, Padilla AM, Cimino RO, Cardozo RM, Sa´nchez OS, et al. (2004) Chagas disease in rural areas of Chaco Province, Argentina: epidemiology survey in humans, reservoirs and vectors. Am J Trop Med Hyg 71: 590–593.

Dumonteil E (1999) Update on Chagas' disease in Mexico. Salud Publica Mex; 41:322-7.

Dobson A (2004) Population dynamics of pathogens with multiple host species. Am Nat 164: 64–S78

Domínguez CM, Folan WJ (1996) Calakmul, Mexico: Aguadas, bajos, precipitación y asentamiento en el Petén Campechano. In Proceedings of the IX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, edited by J. Laporteand H. Escobedo, pp. 171–193. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala

Dorn P, Calderon C, Melgar S, Moguel B, Solorzano E, et al (2009) Two Distinct *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) Taxa Are Found in Sympatry in Guatemala and Mexico. PLoS Neglected Tropical Diseases, 3/3: e393.

Dumonteil E, Gourbiere S, Barrera-Pérez M, Rodríguez-Félix E, Ruíz-Piña H et al 2002. Geographic distribution of *Triatoma dimidiata* and transmission dynamics of

Dumonteil E, Gourbiere S (2004) Prediction of *Triatoma dimidiata* vector abundance and infection rate: a risk map for *Trypanosoma cruzi* natural transmission in the Yucatan peninsula of Mexico. Am J Trop Med Hyg 70: 514–519

Erikson J, Mass R (1998) La dinámica poblacional en los ejidos alrededor de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Pronatura, Península de Yucatán, World Wildlife Fund - Universidad de Michigan, México, p. 50.

Fernandes O, Sturm N, Derré R, Campbell D (1998). The mini-exon gene: a genetic marker for zymodeme III of *Trypanosoma cruzi*. Mol Biochem Parasitol 95: 129-133.

Flores JS, Espejel CI (1994) Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

Folan, WJ., Marcus J, Pincemin S, Domínguez- Carrasco M, Fletcher LA et al., (1995) Calakmul:New Data froman Ancient Maya Capital in Campeche, Mexico.

Gaisler J, Zukal J, ØEhák Z, Homolka M (1998). Habitat preference and flight activity of bats in a city. Journal of Zoology, London 244: 439-445.

Galindo-Leal C, Sandler B, Weber M, Cedeño R, Correa J (1998) Amenazas a la Selva Maya de Campeche y Quintana Roo, México y prioridades de monitoreo. In: Herrera-MacBryde O Editor. Maya Forest Biodiversity Workshop: inventorying and monitoring. Smithsonian Institution, Washington. Pp. 142-144.

García G, March I (1990) Elaboración de cartografía temática básica y base geográfica de datos para la zona de Calakmul, Campeche. Centro de Estudios para la Conservación de Recursos Naturales, A.C. (Ecósfera). San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 69 pp. Manusc.

Gunn JD, Foss J, Folan WJ, Domínguez_Carrasco MR (2000) Environments of Elevated Cities in the Interior Yucatan Peninsula, paper written for the 65th Annual Reunion of the Society for American Arqueology in Philadelphia, PA, USA, 5–9 April 2000.

Guzmán-Marín E, Barrera-Pérez MA, Rodríguez-Félix ME, Zavala-Velásquez J, Escobedo-Ortegón J (1990) Índices entomológicos de *Triatoma dimidiata* en el estado de Yucatán. Rev Biomed 2: 20-29.

Hashimoto K, Cordon-Rosales C, Trampe A, Kawabata M (2006) Impact of single and multiple residual sprayings of pyrethroid insecticides against *Triatoma dimidiata* (Reduviiade; Triatominae), the principal vector of Chagas disease in Jutiapa, Guatemala. Am J Trop Med Hyg 75:226-30.

Hernández J, Rebollar-Tellez E, Infante F, Moron A, Castillo A (2010) Indicators of Infestation, Colonization and Infection of *Triatoma dimidiata* (Latreille) (Hemiptera:Reduviidae) in Campeche, México. Neotropical entomology, 39(6):1024-1031

Hernández-Betancourt S, Sánchez-Cordero V, Sosa Escalante J, Segovia Castillo A (1996). Lista anotada de los mamíferos terrestres de la Reserva de Dzilám, Yucatán, México. Listados faunísticos de México. No. 8. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

Hernández-Betancourt SR, López-Wilchis J. Cimé-Pool, Medina-Peralta S (2003) Área de actividad movimiento y organización social de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman1897 (Rodentia: Heteromyidae) en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana. 90:77-92.

Hernández-Betancourt S, Gómez J, Cimé J, Medina S, Euán C (2005) First report of use of land snails for *Heteromys gaumeri* (Rodentia: Heteromyidae) in a subdeciduous rain forest in Yucatan, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 21:155-156.

Hernández-Betancourt S, Cimé Pool JA, Pech Canché J, Chablé J (2010) Mamíferos terrestres. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Editores Durán D, Méndez M. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496. Pp. 268-271

Herrera L (2010). Una revisión sobre reservorios de Trypanosoma (Schizotrypanum) cruzi (Chagas, 1909), agente etiológico de la Enfermedad de Chagas. Bol Mal Salud Amb, Maracay, v. 50, n. 1.

Herrera L, Xavier S, Viegas C, Martinez C, Cotias P et al (2004). *Trypanosoma cruzi* in a caviomorph rodent: parásitological and pathological features of the experimental infection of *Thrichomys apereoides* (Rodentia, Echimyidae). Exp. Parasitol. 107: 78-88.

Ibarra-Cerdeña C, Sánchez-Cordero V, Peterson AT, Ramsey JM (2009). Ecology of North American Triatominae. Acta Tropica 110. 178–186.

Herrera L, Andrea D, Xavier P, Mangia R, Fernandes O, Jansen AM (2005). Trypanosoma cruzi infection in wild mammals of the National Park ' Serra da Capivara' and its surroundings (Piauí, Brazil), an area endemic for Chagas disease. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 99: 379 – 388

Ibarra-Manríquez G, Villaseñor JL, Durán R, Meave J (2002) Biogeographical analisis of the flora of the Yucatan Peninsula. Journal of Biogeography 29:17-30.

Instituto Nacional de Ecología (1999) Programa de manejoreserva de la biosfera

Jiménez-Valverde A, Hortal J (2003) Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología. 8: 151-161

Jones JK, Genoways HH, Smith JD (1974) Annotated checklist of mammals of the Yucatan Peninsula, Mexico. III. Marsupialia, Insectivora, Primates, Edentata, Lagomorpha. Occas Papers Mus Texas Tech Univ 23: 1-12

Kalko EK, Handley CO (2001). Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. Plant Ecology 153:319-333.

Konrad HW (1992) Tropical Forest Policy and Practice During the Mexican Porfiriato, 1876-1910, in: Steen HK, Tucker RP Editors. Changing Tropical Forests: Historical Perspectives on Today's Challenges in Central and South America. Durham NC: Forest History Society Pp. 123-143.

Konrad H. (1999), Historia de la región. Naturaleza y cultura en Calakmul, Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, Centro de investigaciones Históricas y Sociales, coord. W. J. Folan., M. C. Sánchez y J. M. García, México.

Kunz TH, Kurta A (1989) Capture methods and holding devices. Pp 1-9, in: Kunz TH. Editor. Ecological and behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution Press, DC; USA

Lee TA, Navarrete C 1978 Mesoamerican Comunication Roads and Cultural Contacts. Provo, Utah. New World Archaeological Foundation.

Lehane MJ, Schofield CJ (1981). Flight initiation in *Triatoma infestans* (Klug) (Hemiptera: Reduviidae). Bul Entomol Res 72: 497-510

Lehmann P, Ordoñez R, Ojeda BR, de Lira JM, Hidalgo SL et al (2005) Morphometric analysis of *Triatoma dimidiata* populations (Reduviidae:Triatominae) from Mexico and Northern Guatemala. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 100: 477–482.

Lent H, Wygodzinsky P (1979) Revision of the Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas disease. Bull Am Mus Nat Hist 163: 127-520.

Llewellyn MS, Lewis MD, Acosta N, Yeo M, Carrasco HJ, et al. (2009) *Trypanosoma cruzi* IIc: Phylogenetic and Phylogeographic Insights from Sequence and Microsatellite Analysis and Potential Impact on Emergent Chagas Disease. PLoS Negl Trop Dis 3(9): e510. doi:10.1371/journal.pntd.0000510

Logan BW, Harding JL, Aur WM, Williams JD, Sneat RG (1969) Carbonate sediments on reefs, Yucatan shelf, Mexico. Part I. Late Quaternary sediments. Mem. Am. Assoc. Petrol. Geol. 11: 1–128.

Lowe G (1995) Presencia maya en la cerámica del presclásico tardío en Chiapa de Corzo. Memoria del Segundo congreso internacional de Mayistas. Centro de Estudios Mayas. UNAM. México. Pp 321-341

Magallón-Gastélum E, Lozano-Kasten F, Bosseno M, Cárdenas-Contreras R, Ouaissi A, Breniere F. (2004) Colonization of rock pile boundary walls in fields by sylvatic triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in Jalisco state, Mexico. Journal of Medical Entomology, 41: 484-488.

Magurran AE (1988) Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey

Magurran AE (2004) Measuring biological diversity. Blackwell Science, Oxford UK.

Marcilla A, Bargues MD, Ramsey J, Magallon E, Salazar PM et al (2001) The ITS-2 of the nuclear rDNA as a molecular marker for populations, species and phylogenetic relationships in Triatominae (Hemiptera:Reduviidae), vectors of Chagas disease. Mol Phylogenet Evol 18: 136-142.

Marinkelle CJ (1982) Prevalence of *Trypanosoma cruzi*-like infection of Colombian bats. Ann Trop Med Parasitol 76: 125–134.

Martínez E, Galindo CL (2002) La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 71: 7-32

May-Concha I J (2008) Prevalencia domiciliaria de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) en la comunidad de San Pedro Chacabal, Motul, Yucatán. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Conkal, 53p

Medellín, R., H. T. Arita y O. Sánchez. 2008. Identificación de los Murciélagos de México, Clave de Campo. 2ª ed. CONACYT-UNAM. México, D. F. 78 p.

Medellín, R.A., M. Equihua & M. A. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforests. Conservation Biology. 14(6): 1666-1675.

Monteón V, Alducin C, Hernández J, Ramos-Ligonio A, Lopez R (2013) High Frequency of Human Blood in *Triatoma dimidiata* Captured Inside Dwellings in a Rural Community in the Yucatan Peninsula, Mexico, but Low Antibody Seroprevalence and Electrocardiographic Findings Compatible with Chagas Disease in Humans. Am. J. Trop. Med. Hyg 88(3), pp. 566–571

Montenegro V, Jímenez M, Pinto-Dias JC, et al (2002) Chagas disease in dogs from endemic areas of Costa Rica. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v.97, n.4, p.491-494

Moreno C, Halffter G (2001) Spatial and temporal analisis of alfa, beta y gama diversities of bats in a fragmented landscape. Biodiversity and Conservation. 10: 367-382.

Morrone JJ (2005) Hacia una síntesis biogeográfica de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 76: 207-252.

Morrone JJ, Espinosa OD, Llorente B (2002). ; Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. Acta zoological Mexicana. 85:83-108.

Mota J, Chacón JC, Gutiérrez-Cabrera AE, Sánchez-Cordero V, Wirtz R et al. (2007) Identification of blood meal source and infection with *Trypanosoma cruzi* of Chagas disease vectors using a multiplex cytochrome b. polymerase chain reaction assay. Vec Borne Zoon Dis 7: 617-627

Ortega, J., H. T., Arita y J. J. Flores 1998. *Guía de los murciélagos del Jardín Botánico.* Mérida Yucatán, Jardín Botánico Regional. Centro de investigación científica de Yucatán A. C. Instituto de Ecología, UNAM, México. 68 pp.

Palacio A, Noriega R, Zamora C (2002) Caracterización físico-geográfica del paisaje conocido como “Bajos Inundables”. El caso del área natural protegida Balamkín, Campeche. Investigaciones Geográficas, diciembre, número 049. UNAM, DF., 57-73.

Peterson AT, Sanchez-Cordero V, Beard CB, Ramsey JM (2002) Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. Emerg Infect Dis; 8:662–667.

Pindell JL, Barrett SF (1990). Geological evolution of the Caribbean region: A plate-tectonic perspective, Geological Society of North America 405-432.

Pinho A, Cupolillo E, Mangia R, Fernandes O, Jansen AM (2000). *Trypanosoma cruzi* in the sylvatic environment: distinct transmission cycles involving two sympatric marsupials. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 94: 509-514.

Pinto CM, Kalko EK, Cottontail L, Wellinghausen N, Cottontail V (2012) TcBat a bat-exclusive lineage of *Trypanosoma cruzi* in the Panama Canal Zone,with comments on its classification and the use of the 18S rRNA gene for lineage identification. Infection, Genetics and Evolution. 1328-1332

Ponce M (1990), "La montaña chiclera Campeche: vida cotidiana y trabajo (1900-1950)" Cuadernos de la Casa Chata 172, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Secretaría de Educación Pública, México, D.F.

Ramírez CJ, Jaramillo CA, del Pilar D, Pinto NA, Aguilera G et al (2005) Genetic structure of silvatic, peridomestic and domestic population of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera:Redividae) from an endemic zone of Boyaca, Colombia. Acta Trop. 93, 23-29

Ramírez-Sierra MJ, Herrera-Aguilar M, Gourbiere S, Dumonteil E (2010) Patterns of house infestation dynamics by non-domiciliated *Triatoma dimidiata* reveal a spatial gradient of infestation in rural villages and potential insect manipulation by *Trypanosoma cruzi*. Tropical Medicine and International Health, 15: 77-86.

Ramsey JM, Gutiérrez-Cabrera AE, Salgado-Ramírez L, Peterson AT, Sánchez-Cordero V, et al. (2012) Ecological Connectivity of *Trypanosoma cruzi* Reservoirs and

Triatoma pallidipennis Hosts in an Anthropogenic Landscape with Endemic Chagas Disease. PLoS ONE 7(9): e46013. doi:10.1371/journal.pone.0046013

Rebollar-Tellez E, Reyes-Villanueva F, Escobedo-Ortegon J, Balam-Briceno P, May-Concha I. (2009) Abundance and nightly activity behavior of a sylvan population of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) from the Yucatan Peninsula, Mexico. Journal of Vector Ecology 34/2: 304-310.

Reid FA (1997) Mammals of Central América and Southeast Mexico. 2ª Ed. Oxford United Press 346 p.

Rice PM (1986) The Petén Postclassic: Perspectives from the central Petén lakes. In Sabloff, J. A., and Andrews, V. E. W. (eds.), Late Lowland Maya Civilization: Classic to Postclassic. University of New Mexico Press, Albuquerque. Pp. 251–299

Rolón M, Vega MC, Román F, Gómez A, Rojas de Arias A (2011) First Report of Colonies of Sylvatic Triatoma infestans (Hemiptera: Reduviidae) in the Paraguayan Chaco, Using a Trained Dog. PLoS Negl Trop Dis 5(5): e1026. doi:10.1371/journal.pntd.0001026

Ruíz PH, Van-Wynsberghe NR (2002) Infección natural con *Trypanosoma cruzi* en roedores silvestres de la Península de Yucatán, VI Congreso Nacional de Mastozología. Sociedad Mexicana de Mastozología, Oaxaca, Oaxaca.

Ruiz-Pina HA, Cruz-Reyes A (2002). The opossum Didelphis *virginiana* as a synanthropic reservoir of *Trypanosoma cruzi* in Dzidzilché, Yucatán, México. Mem Inst Oswaldo Cruz; 97(5):613-20.

Ryckman RE, Ryckman JV (1967). Epizootiology of *Trypanosoma cruzi* in southwestern North America. XII. Does Gause's rule apply to the ectoparasitic

Triatominae? (Hemiptera: Reduviidae) (Kinetoplastidae: Trypanosomidae) (Rodentia: Cricetidae). J Med Entomol 1967; 4:379–386.

Salazar-Schettino PM, Rojas-Wastavino GE, Cabrera-Bravo MB, Torres MI, Martínez-Ibarra JA, Monroy- Escobar MC et al (2010) Revisión de 13 especies de la familia Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) vectores de la enfermedad de Chagas, en México. J. Selva Andina Res. Soc. [online]., vol.1, n.1 [citado 2013-08-29], pp. 57-81 . Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942010000100007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2072-9294

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

SEMARNAT (2001) NOM-ECOL-059-2001 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo., Diario Oficial 6 marzo 2002, Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, México D.F.

Servicio Meteorológico Nacional. En: http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/camp/NORMAL04037.TXT

StatSoft (2011) Statistica Trial Versión 10. Copyright© StatSoft. Inc. 1984- 2011. <http://www.statsoft.com>.

Sturm NR, Degrave W, Morel C, Simpson L (1989) Sensitive detection and schizodeme classification of *Trypanosoma cruzi* cells by amplification of kinetoplast minicircle DNA sequences: use in diagnosis of Chagas' disease. Mol Biochem Parasitol 33: 205–214. doi: 10.1016/0166-6851(89)90082-0.

Tamay-Segovia P, Alejandre-Aguilar R, Martinez F, Villalobos G, de la Serna FJ, et al. (2008) Two *Triatoma dimidiata* clades (Chagas disease vector) associated with

different habitats in southern Mexico and Central America. Am J Trop Med Hyg 78: 472–478.

Villegas-García JC, Santillán-Alarcón S (2001) Sylvatic focus of the American Trypanosomiasis in the state of Morelos, Mexico. Rev Biol Trop 49: 685-688.

Wevwer ME, Guerrero SG (2012) riesgo zoonótico y antropozoonótico en carnívoros silvestres pequeños y medianos en Calakmul, Campeche. En: el huerto familiar del sureste de México. Editor. Mariaca RM.SEMARNAT/ECOSUR

White DA, Hood CS (2004) Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forest of the northern Yucatán Peninsula. Journal of Vegetation Science 15:151-160.

White DA, Darwin SP (1995) Woody vegetation of tropical lowland deciduous forests and Mayan ruins in the northcentral Yucatán Península, Mexico. Tulane Studies in Zoology & Botany 30:1-25.

Williams ES, Yuill T, Artois M, Fischer J, Haigh SA (2002). Emerginig infectious diseases in wildlife. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 21(1), 139-157

Yeo M, Acosta N, Llewellyn M, Sanchez H, Adamson S, Miles G, Lopez E, et al. (2005). Origins of Chagas disease: Didelphis species are natural hosts of *Trypanosoma cruzi* I and armadillos hosts of *Trypanosoma cruzi* II, including hybrids. Int. J. Parasitol. 35: 225-33.

Zavala-Velázquez J, Barrera-Pérez M, Rodríguez-Félix E, Guzmán-Marín E, Ruíz-Piña H (1996) Infection by *Trypanosoma cruzi* in mammals in Yucatan, Mexico: a serological and parasitological study. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo 38: 289-292.

Zeledón R (1982) El *Triatoma dimidiata* (Latreille). En: Factores Biológicos y Ecológicos de la Enfermedad de Chagas. Tomo I. Epidemiología de Vectores, Ministerio de Salud y Acción Social, Argentina.

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.

Lista de tablas

Tabla 1. Número de ejemplares (N) y abundancias relativas (AR) de mamíferos silvestres colectados en el paisaje de Zoh Laguna, en la temporada de lluvia y en temporada de seca. 53

Tabla 2. Diversidad alfa de Fisher (S=aLn(1+ N/a) (PAST PAlaeontological STatistics Software) según taxa/hábitat/temporada en el paisaje de Zoh Laguna. 54

Tabla 3. Diversidad beta de Jaccard/Chao (*), especies compartidas (ϕ), y riqueza especies (¤) entre comunidades de quirópteros y roedores de los hábitats del paisaje de Zoh Laguna para las dos temporadas combinada..... 54

Tabla 4. Abundancia relativa de mamíferos agropecuarios y mascotas de Zoh Laguna. . 55

Tabla 5. Éxito de colecta de *Triatoma dimidiata* e infección por *Trypanosoma cruzi* en adultos y ninfas de los hábitats silvestre, ecotono y doméstico, durante la TL y TS en Zoh Laguna..... 56

Tabla 6. Especies de mamíferos silvestres colectadas y su infección con *Trypanosoma cruzi* de los hábitat silvestre, ecotono y doméstico en la TL y TS, en Zoh Laguna. 57

Tabla 7. Asociación de la infección por *Trypanosoma cruzi* con estación, hábitat y especies. 58

Tabla 8. Linaje de *Trypanosoma cruzi* en mamíferos silvestres infectados en Zoh Laguna. 58

Tabla 9. Especies de mamíferos domesticados muestreados y su infección por *Trypanosoma cruzi* de los hábitat ecotono y doméstico, en Zoh Laguna. 59

Tabla 10. Linaje de *Trypanosoma cruzi* en mamíferos domesticados en el hábitat doméstico (D) y el ecotono (E). 60

Tabla 11. Linaje de *Trypanosoma cruzi* y fuente sanguínea en *Triatoma dimidiata*..... 60

Tabla 1. Número de ejemplares (N) y abundancias relativas (AR) de mamíferos silvestres colectados en el paisaje de Zoh Laguna, en la temporada de lluvia y en temporada de seca.

		Temporada de lluvia	Especies compartidas entre temporadas	Temporada de Seca
Familia	**Quirópteros**	**N (AR)**		**N (AR)**
Phyllostomidae	*Artibeus jamaicensis* (Aj)	58 (36.4%)		4 (13.3%)
	Artibeus lituratus (Al)	24 (15.0%)		9 (30.0%)
	Carollia brevicauda (Cb)	3 (1.8%)		N/C
	Dermanura phaeotis (Dp)	6 (3.8%)		4 (13.3%)
	Desmodus rotundus (Dr)	1 (0.6%)		N/C
	Sturnira lilium (Sl)	48 (30.1%)	6 / 11	3 (10.0%)
	Sturnira ludovici (Slu)	14 (8.8%)		4 (13.3%)
	Glossophaga soricina (Gs)	2 (1.2%)		N/C
Mormoopidae	*Pteronotus parnellii* (Pp)	N/C		1 (3.3%)
	Mormops megallophylla (Mm)	N/C		1 (3.3%)
Vespertilionidae	*Myotis keaysi* (Mk)	3 (1.8%)		4 (13.3%)
	Roedores			
Cricetidae	*Orizomys couesi* (Oc)	1 (0.7%)		1 (1.25%)
	Ototylomys phyllotis (Op)	10 (8%)		1 (1.25%)
	Peromyscus yucatanicus (Py)	9 (7.7%)		38 (47.5%)
Heteromidae	*Heteromys gaumeri* (Hg)	46 (35.6%)	6 / 8	30 (37.5)
Cricetidae	*Reithrodontomys gracilis* (Rg)	N/C		3 (3.75%)
	Sigmodon hispidus (Sh)	46 (35.6%)		6 (7.5%)
Muridae	*Mus musculus* (Mm)	9 (6.9%)		N/C
	Rattus rattus (Rr)	8 (6.2%)		1 (1.25%)
	Marsupiales			
Didelphidae	*Didelphis marsupialis* (Dm)	3 (20.0%)		2 (50.0%)
	Didelphis virginiana (Dv)	9 (60.0%)	2 / 4	N/C
	Phillander opossum (Po)	3 (20.0%)		1 (25.0%)
	Marmosa mexicana	N/C		1 (25.0%)

N= Tamaño de la muestra, AR= abundancia relativa, N/C= No colectado

Tabla 2. Diversidad alfa de Fisher (S=aLn(1+ N/a) (PAST PAlaeontological STatistics Software) según taxa/hábitat/temporada en el paisaje de Zoh Laguna.

	Temporada de Lluvia			Temporada de Seca		
	Tipos de hábitat			Tipos de hábitat		
Orden	**Silvestre**	**Ecotono**	**Domestico**	**Silvestre**	**Ecotono**	**Domestico**
Quirópteros	2.36*	2.11*	1.68*	5.70	5.10	0.93
Roedores	1.03*	0.98*	1.37*	1.00	1.37	0
Marsupiales	1.35	0	2.62	2.62	0	0

* p>0.05

Tabla 3. Diversidad beta de Jaccard/Chao (*), especies compartidas (**ϕ**), y riqueza especies (**¤)** entre comunidades de quirópteros y roedores de los hábitats del paisaje de Zoh Laguna para las dos temporadas combinada.

	Hábitat	**Silvestre**	**Ecotono**	**Doméstico**
Quirópteros	Silvestre	9¤	0.933*	0.867*
	Ecotono	6 ϕ	8¤	0.949*
	Doméstico	5 ϕ	6 ϕ	6¤
Roedores	Silvestre	4¤	0.367*	0.101*
	Ecotono	2 ϕ	5¤	0.578*
	Doméstico	1 ϕ	3 ϕ	4¤

Tabla 4. Abundancia relativa de mamíferos agropecuarios y mascotas de Zoh Laguna.

N= Tamaño de la muestra, %*= Proporción muestreado respecto a Censo.

Especie	Censo	Muestreado N(%*)	Abundancia relativa (%)	Ecotono	Doméstico
Bos taurus (Bt)	16	10 (62.5)	2.6	8	2
Equus caballus(Ec)	16	4 (25)	1.0	3	1
Equus asinus(Ea)	59	-	-	-	-
Ovis aries(Oa)	167	155 (92.8)	39.9	128	27
Capra hircus(Ch)	-	1	0.3	-	1
Sus domesticus (Sd)	105	31 (29.5)	8.0	-	31
Canis familiaris(Cf)	250	176 (70.4)	45.4	56	120
Felis catus (Fc)	72	11 (15.2)	2.8	-	11
Oryctolagus cuniculus (Orc)	2	-	-	-	-
Total	687	388 (56.4)		195	193

Tabla 5. Éxito de colecta de *Triatoma dimidiata* e infección por *Trypanosoma cruzi* en adultos y ninfas de los hábitats silvestre, ecotono y doméstico, durante la TL y TS en Zoh Laguna.

Hábitat	**Éxito de colecta [N]**		**Infección por *T. cruzi* en *T dimidiata.***			
			Temporada		**Estadio**	
	TL	**TS**	**TL** P (N)	**TS** P (N)	**Adulto** P (N)	**Ninfa** P (N)
Silvestre	0	0.016a [2]	0	50.0% (2)	50.0% (2)	0
Ecotono [a]	0.10a [12]	0.025a [3]	75.0% (12)	100.0% (3)	85.7% (14)	0/1
Doméstico [b]	1.92 b [32]	1.4b [7]	65.6% (32)	57.1% (7)	70.5% (34)	20.0% (5)
Total	44	12	68.1% (44)	66.6% (12)	74.0% (50)	16.6% (6)

a] Número de chinches/hr/m2/120m2/Temporada para el silvestre y Ecotono, b] Número de chinches /hr/casa (15.63 hr) +Tc=especímenes positivos a *Trypanosoma cruzi*, N= Tamaño de la muestra

Tabla 6. Especies de mamíferos silvestres colectadas y su infección con *Trypanosoma cruzi* de los hábitat silvestre, ecotono y doméstico en la TL y TS, en Zoh Laguna.

Especies	**Silvestre** P (N)	**Ecotono** P (N)	**Doméstico** P (N)	**Infección Global** P (N)
Artibeus jamaicensis	6.6%(15)	7.6%(13)	0/30	3.4% (58)
Artibeus lituratus	(0/10)	(0/3)	9.0%(11)	4.1 %(24)
Carollia brevicauda	66.6%(3)	-	-	66.6%(3)
Dermanura phaeotis	(0/1)	100.0%(1)	(0/4)	16.6% (6)
Myotis keaysi	33.3%(3)	-	-	33.3%(3)
Sturnira lilium	6.8% (29)	9.0%(11)	0/8	6.25%(48)
Sturnira ludovici	20.0%(5)	0/5	0/4	7.1% (14)
Heteromys gaumeri	5.7%(35)	11.1%(9)	0/2	6.5%(46)
Peromyscus yucatanicus	33.3% (3)	16.6% (6)	-	22.2% (9)
Mus musculus	-	33.3%(3)	0/6	11.1%(9)
Sigmodon hispidus	-	26.3%(38)	0/8	21.7%(46)
Didelphis virginiana	25.0%(8)	-	100%(1)	33.3% (9)

N= Tamaño de la muestra, +Tc=especímenes positivos a *Trypanosoma cruzi,* P= Prevalencia de infección

Tabla 7. Asociación de la infección por *Trypanosoma cruzi* con estación, hábitat y especies.

Temporadas (nivel de paisaje)	**Odds Ratio**	**IC 95%**
Lluvia/Seca	11.89	5.67 - 24.92
Hábitat combinados		
Ecotono/Domestico + Silvestre (TL)	3.40	1.50 - 7.74
Quirópteros		
Carollia brevicauda	420.88	10.30-17197.87
Cb+Mk/Aj+Sl+Slu (S_TL)	40.36	3.24 - 50.
Roedores		
Sigmodon hispidus	3.24	1.21- 8.46
Sh+Mm+Py/Hg	3.00	1.03-8.75

Tabla 8. Linaje de *Trypanosoma cruzi* en mamíferos silvestres infectados en Zoh Laguna.

	Linaje de *Trypanosoma cruzi.*		
Especie	**TcI**	**TcII**	**Mixto**
Artibeus jamaicensis	1S	-	-
Artibeus lituratus	-	-	1D
Carollia brevicauda	2S	-	-
Dermanura phaeotis	1E	-	-
Myotis keaysi	-	1S	-
Sturnira lilium	1S	1S+1E	-
Sturnira ludovici	1S	-	-
Heteromys gaumeri	2S	1E	-
Peromyscus yucatanicus	1S+1E	-	-
Mus musculus	-	1E	-
Sigmodon hispidus	5E	3E	2E
Didelphis virginiana	-	1S	-

Mixto= Infección mixta, S=Silvestre, E=Ecotono, Doméstico. Los números indican la cantidad de individuos infectados de acuerdo al linaje de *T. cruzi*

Tabla 9. Especies de mamíferos domesticados muestreados y su infección por *Trypanosoma cruzi* de los hábitat ecotono y doméstico, en Zoh Laguna.

Especies	Ecotono P (N)	Doméstico P (N)	Infección Global P (N)
Bos Taurus	0/8	0/2	0/2
Equus caballus	0/3	0/1	0/1
Ovis aries	3.1%(128)	7.4%(27)	3.8%(155)
Capra hircus	N/C	0/1	0/1
Suis domesticus	N/C	9.6%(31)	9.6%(31)
Canis familiaris	7.4% (56)	4.1%(120)	5.1% (176)
Felis catus	N/C	0/11	0/11
Total	2.0%(195)	5.1%(193)	4.6% (388)

N= Tamaño de la muestra, +Tc=especímenes positivos a *Trypanosoma cruzi,* P= Prevalencia de infección, N/C= No colectado

Tabla 10. Linaje de *Trypanosoma cruzi* en mamíferos domesticados en el hábitat doméstico (D) y el ecotono (E).

	Linaje de *Trypanosoma cruzi.*		
Especies	**TcI**	**TcII**	**Mixto**
Ovis aries	1E, 1D	2D	1D
Canis familiaris	-	1E, 2D	3D
Sus domesticus	2D	-	1D

Tabla 11. Linaje de *Trypanosoma cruzi* y fuente sanguínea en *Triatoma dimidiata*.

		Linaje de Tc				Fuente sanguínea		
Hábitat	**+ Tc**	**TcI P (N)**	**TcII P (N)**	**Mixto P (N)**	**N/T**	**Humano P (N)**	**No-humano P (N)**	**Mixto P (N)**
Silvestre	1	100.0% (1)	0	0	0	0	100.0% (1)	0
Ecotono	12	50.0%12)	8.3% (12)	25% (12)	16.6% (12)	0	90%(10)	10% (10)
Doméstico	25	68.0%(25)	0	0	32.0% (25)	8.3%(24)	87.5%(24)	4.1% (24)
Paisaje	38	63.1%(38)	2.6% (38)	7.8% (38)	26.3% (38)	5.7%(35)	88.5.1% (35)	5.7% (35)

+Tc=especímenes positivos a *Trypanosoma cruzi*, N= Tamaño de la muestra, P= Prevalencia de infección, Mixto=Infección por Tc I y Tc II, N/T=No tipificado

Leyenda de figuras.

Figura 1. Localización de Zoh Laguna, Campeche y ubicación de trampas para (a) doméstico, (b) ecotono, (c) silvestre

Figura 2 A y B. La abundancia relativa de quirópteros en el paisaje de Zoh Laguna según hábitat y por temporada de lluvia (A) y temporada de seca

Figura 3 A y B. La abundancia relativa de roedores en el paisaje de Zoh Laguna según hábitat y por temporada de lluvia (A) y temporada de seca (B)

Figura 4 A y B La abundancia relativa de marsupiales en el paisaje de Zoh Laguna según hábitat y por temporada de lluvia (A) y temporada de seca (B)

Figura 1

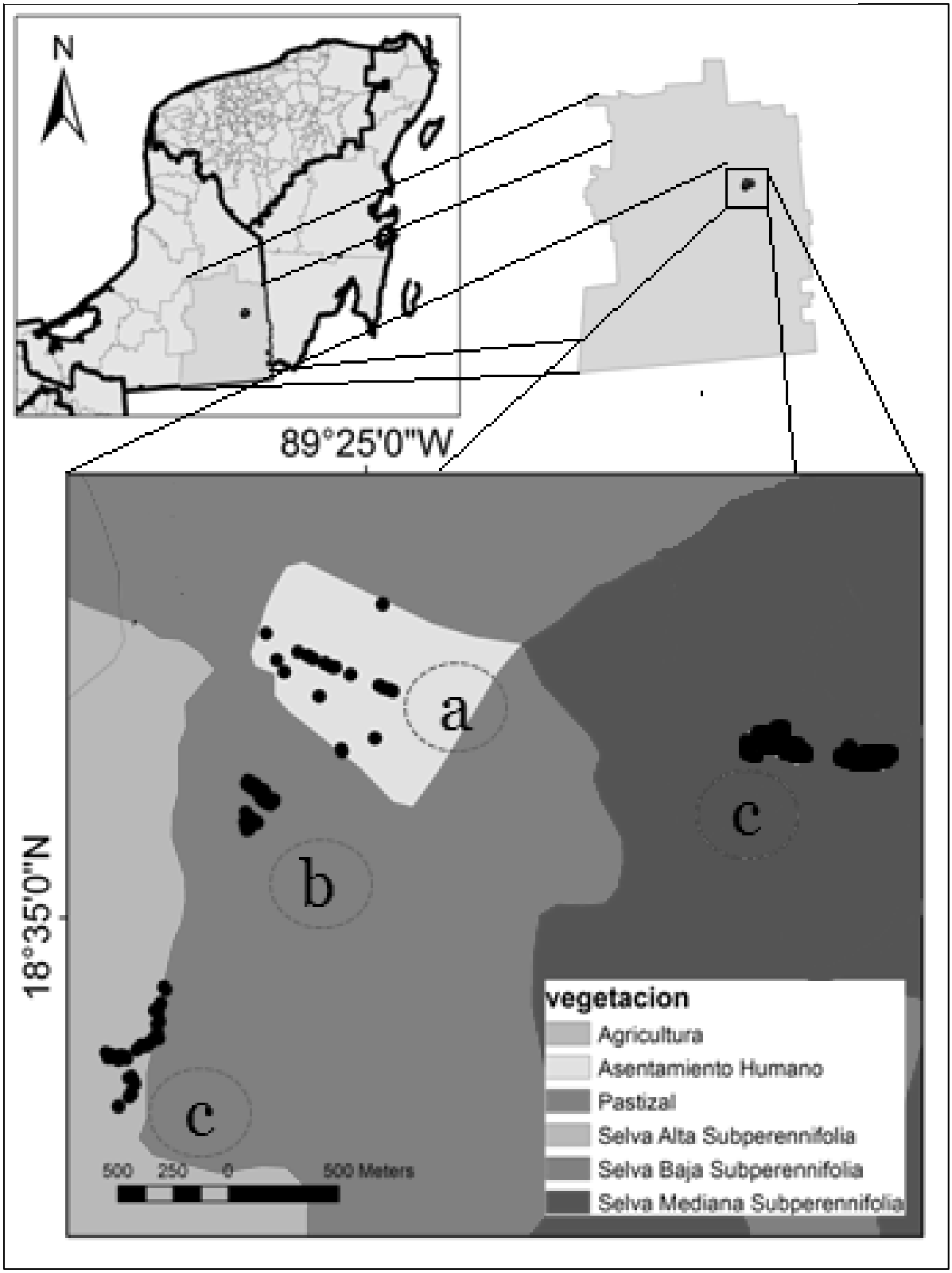
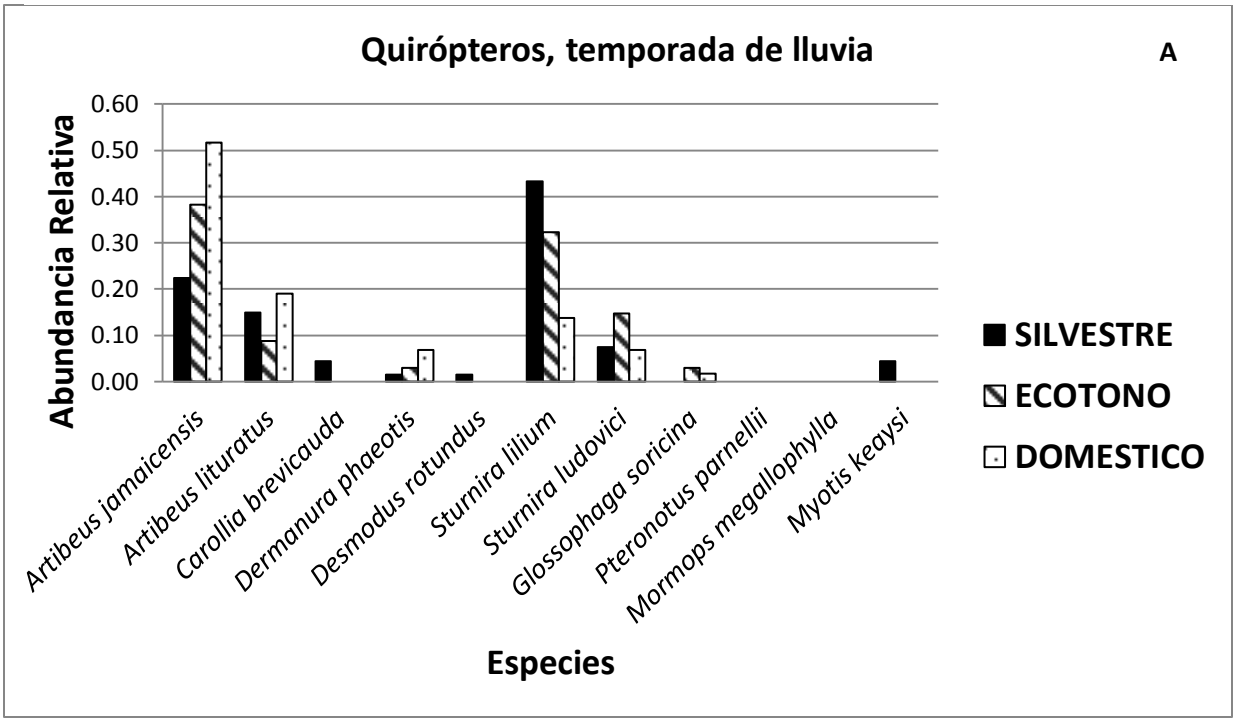

N
89°25'0"W
18°35'0"N
a
b
c
c
500 250 0 500 Meters
vegetacion
Agricultura
Asentamiento Humano
Pastizal
Selva Alta Subperennifolia
Selva Baja Subperennifolia
Selva Mediana Subperennifolia

Figura 2 A,B.


Quirópteros, temporada de lluvia
A
Abundancia Relativa
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Artibeus jamaicensis
Artibeus lituratus
Carollia brevicauda
Dermanura phaeotis
Desmodus rotundus
Sturnira lilium
Sturnira ludovici
Glossophaga soricina
Pteronotus parnellii
Mormops megallophylla
Myotis keaysi
Especies
SILVESTRE
ECOTONO
DOMESTICO

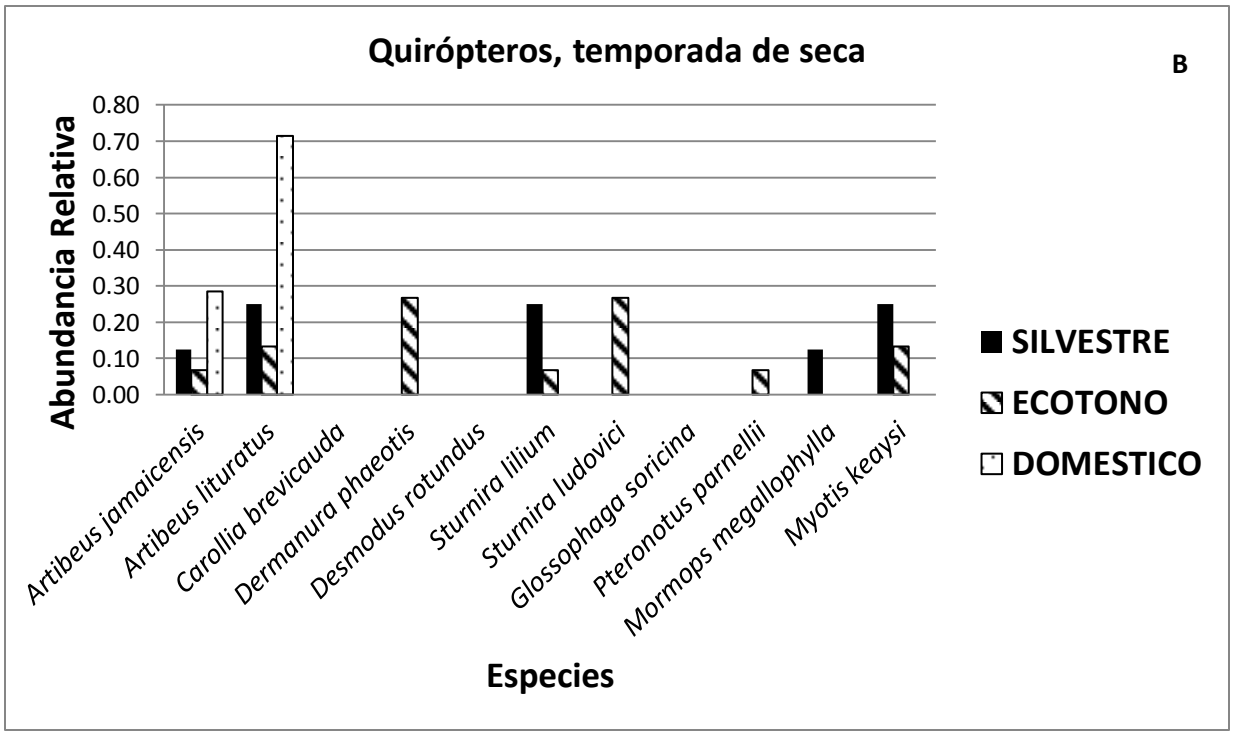
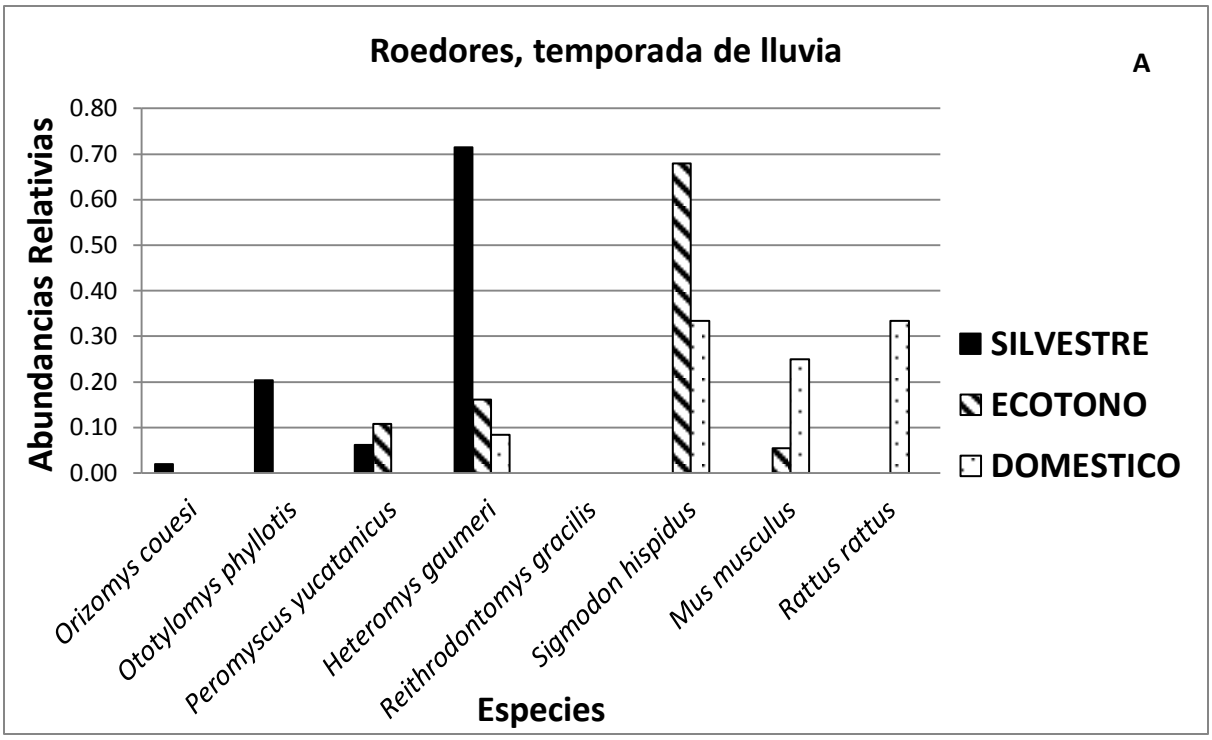

Quirópteros, temporada de seca
B
Abundancia Relativa
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Artibeus jamaicensis
Artibeus lituratus
Carollia brevicauda
Dermanura phaeotis
Desmodus rotundus
Sturnira lilium
Sturnira ludovici
Glossophaga soricina
Pteronotus parnellii
Mormops megallophylla
Myotis keaysi
Especies
SILVESTRE
ECOTONO
DOMESTICO

Figura 3 A, B


Roedores, temporada de lluvia
A
Abundancias Relativias
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Orizomys couesi
Ototylomys phyllotis
Peromyscus yucatanicus
Heteromys gaumeri
Reithrodontomys gracilis
Sigmodon hispidus
Mus musculus
Rattus rattus
Especies
SILVESTRE
ECOTONO
DOMESTICO

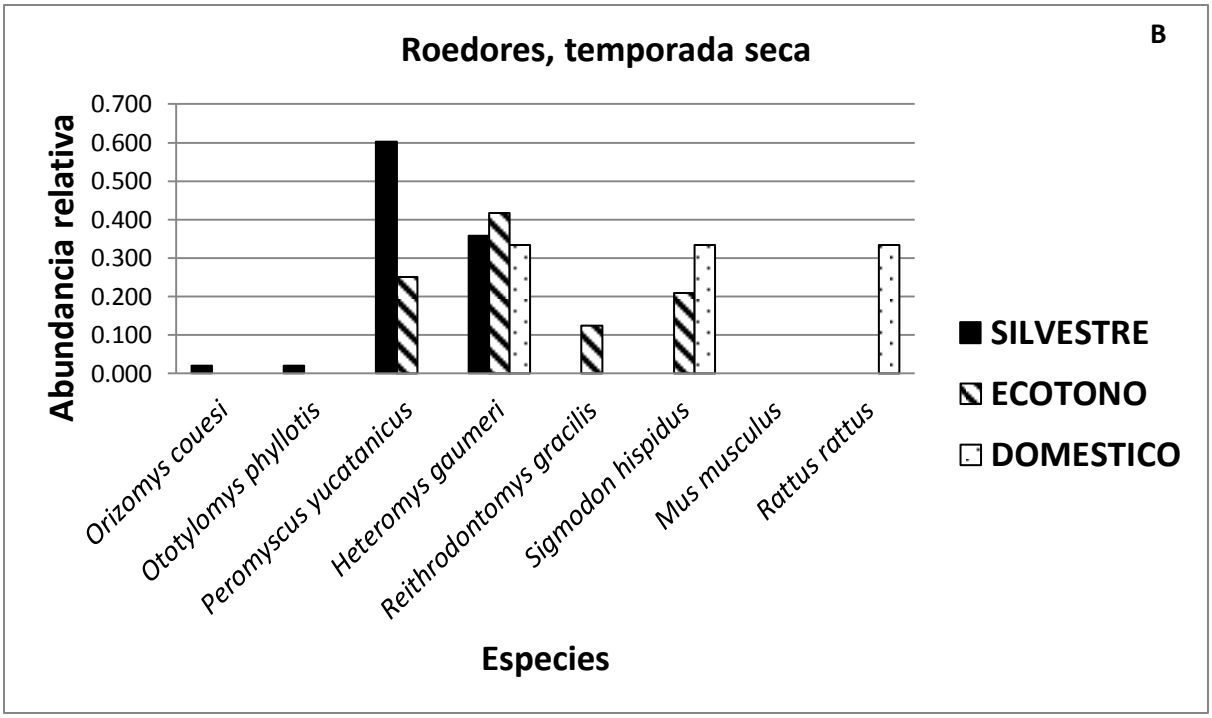
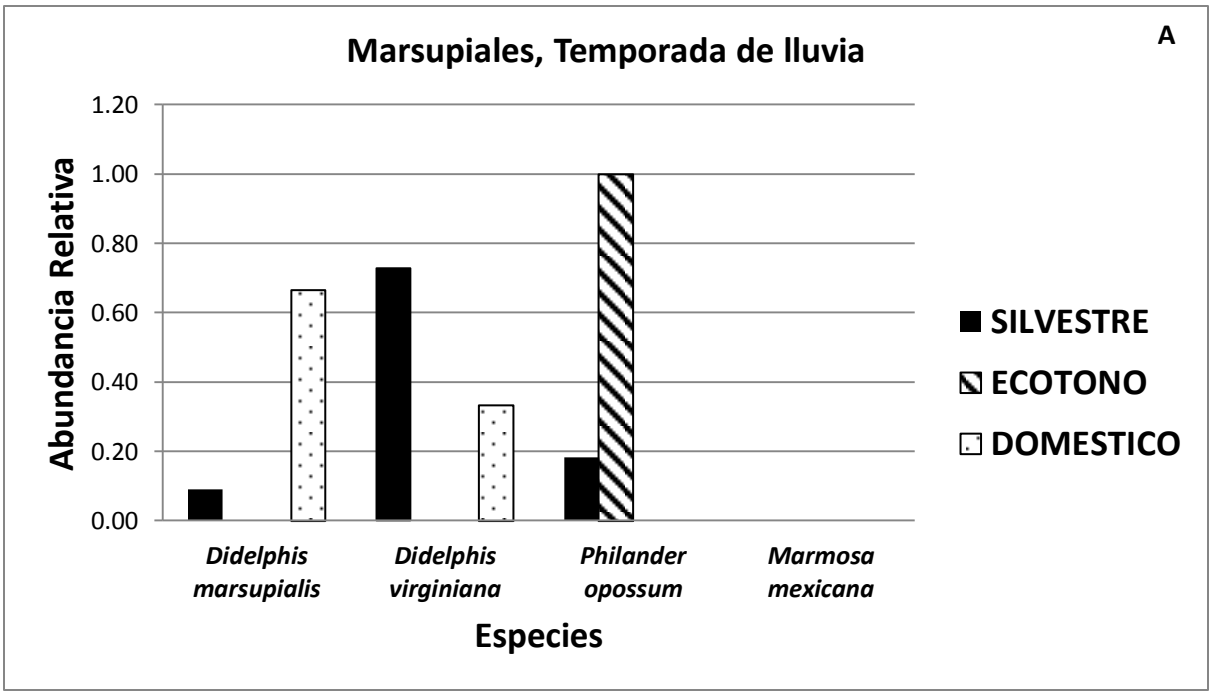
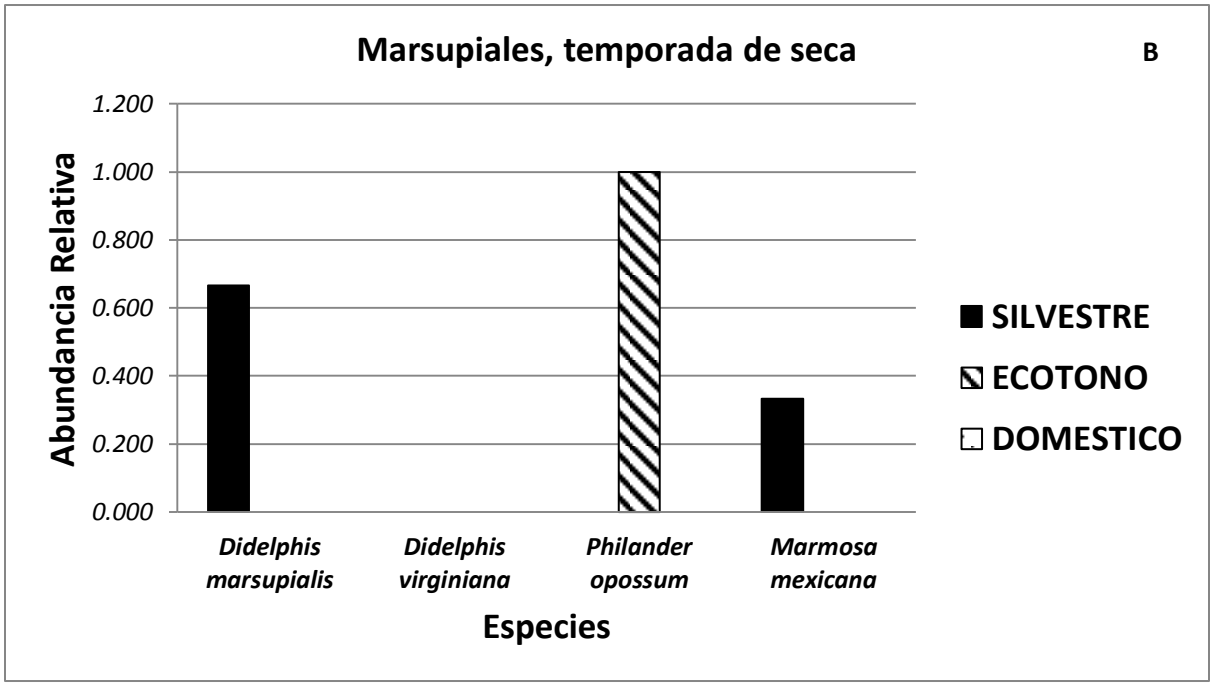

Roedores, temporada seca
B
Abundancia relativa
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
Orizomys couesi
Ototylomys phyllotis
Peromyscus yucatanicus
Heteromys gaumeri
Reithrodontomys gracilis
Sigmodon hispidus
Mus musculus
Rattus rattus
Especies
SILVESTRE
ECOTONO
DOMESTICO

Figura 4 A,B


A
Marsupiales, Temporada de lluvia
Abundancia Relativa
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
Didelphis marsupialis
Didelphis virginiana
Philander opossum
Marmosa mexicana
Especies
SILVESTRE
ECOTONO
DOMESTICO


B
Marsupiales, temporada de seca
Abundancia Relativa
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
Didelphis marsupialis
Didelphis virginiana
Philander opossum
Marmosa mexicana
Especies
SILVESTRE
ECOTONO
DOMESTICO

Información suplementaria.

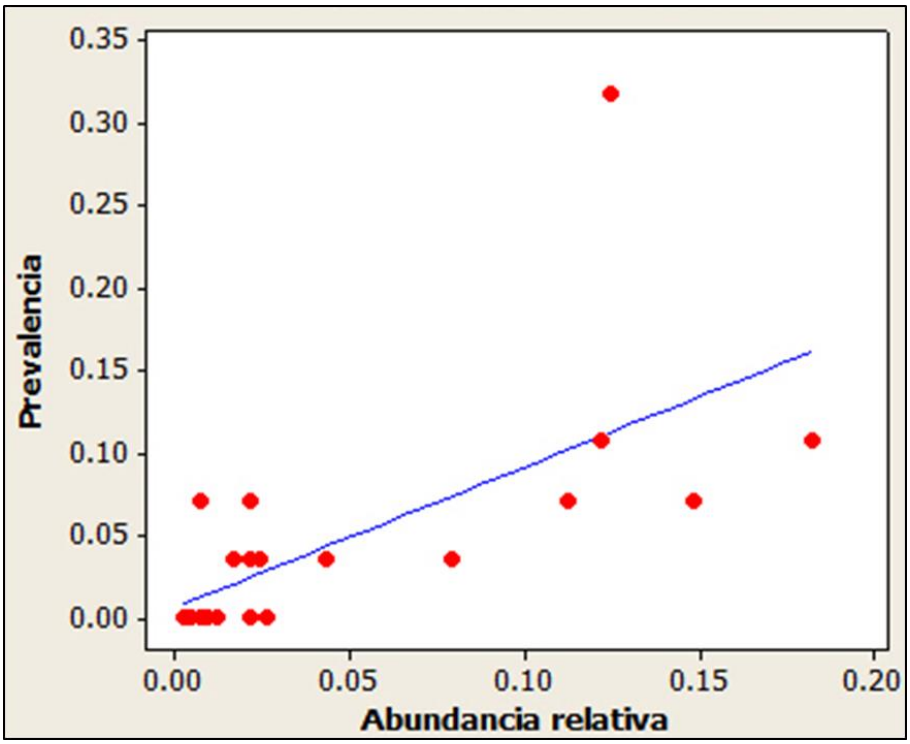
S1. Probabilidad de captura mamíferos silvestres de acuerdo al tipo de esfuerzo de muestreo/temporada/hábitat y global.

Probabilidad de Captura mamíferos									
	Lluvia			Seca					
	Silv	Ecot	Dom	Silv	Ecot	Dom	lluvia	Seca	Anual
Quirópteros	0.085	0.094	0.161	0.022	0.042	0.019	0.104	0.083	0.073
Roedores	0.011	0.013	0.005	0.027	0.012	0.002	0.029	0.040	0.033
Marsupiales	0.013	0.001	0.013	0.008	0.003	N/C	0.018	0.011	0.016

N/C= No calculado por colectas insuficientes

S2. Diversidad alfa de Fisher (S=aLn(1+ N/a) (PAST PAlaeontological STatistics Software) según taxa/hábitat/año en el paisaje de Zoh Laguna.

Anual	Silvestre (IC)	Ecotono (IC)	Doméstico (IC)
Quirópteros	2.67* (1.53-3.09)	2.71* (1.39-3.2)	1.61* (1.6-3.3)
Roedores	0.82* (1.3-2)	1.18* (1.5-2.21)	1.29* (1.2-3.8)
Marsupiales	1.87* (1.17-1.8)	0.79* (0-0.79)	2.62* (0-2.62)

IC= Índice de confianza. ** p> 0.05*

S3. Análisis de correlación entre la abundancia relativa (abundancia proporcional de cada especie) de mamíferos silvestres con la prevalencia de infección por *Trypanosoma cruzi* (Proporción de individuos infectados de cada especie) *r*= 0.44 (a=0.0066, b=0.8492)