

01674



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

RIESGO DE INFESTACIÓN POR *Triatoma dimidiata* EN CASAS
DE LA CIUDAD DE MERIDA E INFLUENCIA DEL HURACÁN
ISODORO EN LA POBLACIÓN DE *T. dimidiata* EN LA PENINSULA
DE YUCATAN

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A:

YADIRA GUZMÁN TAPIA

TUTOR:
ERIC DUMONTEIL

COMITÉ TUTORAL:
EDUARDO REBOLLAR TOLEDO
JOSÉ JUAN MARTÍNEZ MAYA

MÉXICO, D.F.

2005

m. 352204



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

QUIERO AGRADECER A TODAS LAS PERSONAS QUE ME AYUDARON A TERMINAR LA TESIS. A MI FAMILIA EN ESPECIAL A MI HERMANA Y MAMA QUE ESTUVIERON APOYÁNDOME EN TODO LO QUE NECESITE, A ERIC DUMONTEIL POR SU APOYO, A LAS PERSONAS DEL JURADO QUIEN SE PORTARON BASTANTE COMPENSIVAS CONMIGO, A LA DRA. CONCHITA QUE ME AYUDO EN DIFERENTES ETAPAS EN EL TRANSCURSO DE LA MAESTRÍA, A TODO MIS AMIGOS QUE ESTUVIERON AL PENDIENTE DE MI, Y EN ESPECIAL AL INGENIERO LORENZO ESPINOSA, QUE CON SU AYUDA, Y LA DEL PERSONAL DE SUBDIRECCIÓN DE FRONTERA DEL SENASICA, SAGARPA PUDE TERMINARLA.

RESUMEN

La enfermedad de Chagas es causada por *Trypanosoma cruzi* el cual es transmitido por un insecto hematófago, esta enfermedad es considerada un problema de salud pública en Latinoamérica incluyendo México. En este estudio se evaluó la presencia de *Triatoma dimidiata* y los factores de riesgo de infestación de las casas en la ciudad de Mérida, Yucatán, así como el efecto del huracán Isidoro en la población de *T. dimidiata* en la Península. Se colectó a *T. dimidiata* en 150 casas de 30 colonias distribuidas en toda la Ciudad. En la Península se colectó a los triatomas en domicilios y peridomicilios de 170 casas de 34 localidades distribuidas en toda la península. Los resultados mostraron que existe la presencia de *T. dimidiata* en la ciudad. Los índices entomológicos mostraron una tasa de infestación del 38.8% y una la tasa de infección del los triatomas colectados del 48%. Con estos datos, se confirma que puede haber transmisión de *T. cruzi* en la ciudad. Se sugiere que el riesgo de transmisión puede ser mayor en los meses de abril a julio en casas con objetos en el patio, casas cercanas a la periferia de la Ciudad, terrenos baldíos con vegetación como vecinos. El resultado del análisis del efecto de Isidoro en la población de *T. dimidiata* en la Península indicó que hubo un aumento significativo en la abundancia dentro de los primeros meses posteriores al Huracán ya que se recolectaron hasta 40 veces mas triatomas. Este incremento de la abundancia de los triatomas sugiere un aumento en el riesgo de transmisión de *T. cruzi* durante los primeros 6 meses posteriores al huracán, por lo que en este estudio se sugiere realizar un programa del control del vector los primeros meses posteriores al paso de huracanes en las areas cercanas al ojo.

Palabras clave: Enfermedad de Chagas, *Triatoma dimidiata*, Factores de riesgo, Huracán.

ABSTRACT

Chagas disease is caused by *Trypanosoma cruzi* which is transmitted by hematophagous, insects. This disease is considered a public health problem in Latin America including Mexico. In this study, the presence of *Triatoma dimidiata* and the risk factors for house infestation by this insect were studied in the city of Mérida, Yucatan. The effects of hurricane Isidore on the population of *T. dimidiata* on the peninsula were also evaluated. *T. dimidiata* was collected in 150 houses of 30 neighbourhoods distributed across the city. In the peninsula the triatomas were collected in 170 homes of 34 towns distributed across the peninsula. The results showed the presence of *T. dimidiata* in the city. The entomological index showed a rate of infestation of 38.8% with 48% of the collected triatomas testing positive for *T. cruzi*. These data confirm that *T. cruzi* could be transmitted in the city, and suggest that the risk of transmission could be greatest in the months of April through July in houses with unclean backyard, in the periphery of the city and surrounded with a lot of vegetation. The results of the analysis of the effects of hurricane Isidore on the population of *T. dimidiata* in the Yucatan peninsula indicate that there was a significant increase in the first months after the hurricane since there was a 40 fold increase in abundance of insect. The increase in insect population suggests that the increase in the risk of transmission of *T. cruzi* is greater during the first six months after the hurricane. Hence the study proposes to set a control program during the first months after a hurricane, in areas close to the eye of the hurricane.

Key words Chagas disease, *T. dimidiata*, Risk factors, Hurricane

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2.- ANTECEDENTES | 3 |
| 2.1.- ENFERMEDAD DE CHAGAS | 3 |
| 2.1.1.- EPIDEMIOLOGÍA | 3 |
| 2.1.2.- CICLO BIOLÓGICO DE <i>T. cruzi</i> | 4 |
| 2.1.3.- VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS | 5 |
| 2.2.- FACTORES DE RIESGO DE INFESTACIÓN DE LAS VIVIENDAS | 8 |
| 2.2.1.- PERDIDA DE ECOTOPOS DE LOS VECTORES. | 8 |
| 2.2.2.- TIPO DE VIVIENDA | 9 |
| 2.2.3.- ÁREA RURAL | 9 |
| 2.2.4.- PRESENCIA DE ANIMALES EN AREAS PERIDOMESTICAS | 10 |
| 2.2.5.- HÁBITOS DE HIGIENE DEFICIENTES | 10 |
| 2.3.- INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA INFESTACIÓN DE VIVIENDAS POR TRIATOMAS | 11 |
| 2.3.1.- SIG Y SU USO EN EL ESTUDIO DE FACTORES AMBIENTALES Y VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS | 11 |
| 2.3.2.- FACTORES AMBIENTALES Y <i>T. dimidiata</i> | 12 |
| 2.3.3.- INFLUENCIA DE FACTORES CLIMÁTICOS SOBRE LOS VECTORES | 13 |
| 2.3.4.- INFLUENCIA DE LOS DESASTRES NATURALES EN LOS VECTORES | 14 |
| 2.3.5.- HURACÁN ISIDORO EN PENÍNSULA DE YUCATÁN | 15 |
| 3.- JUSTIFICACIÓN | 16 |
| 4.- HIPÓTESIS | 16 |
| 5.- OBJETIVOS GENERALES | 17 |

| | |
|---|----|
| 6.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 7.- MATERIAL Y MÉTODOS | 18 |
| 7.1.- COLECCIÓN DE INSECTOS | 18 |
| 7.1.1.- CIUDAD DE MÉRIDA | 18 |
| 7.1.2.- PENÍNSULA DE YUCATÁN | 19 |
| 7.2.- RECOPIACIÓN DE DATOS | 19 |
| 7.2.1.- CIUDAD DE MÉRIDA | 19 |
| 7.2.2.- PENÍNSULA DE YUCATÁN | 19 |
| 7.3.- DIAGNOSTICO DE LA INFECCIÓN POR <i>T. cruzi</i> EN <i>T. dimidiata</i> | 20 |
| 7.4.- ANÁLISIS DE DATOS | 21 |
| 7.4.1.- CIUDAD DE MÉRIDA | 21 |
| 7.4.2.- PENÍNSULA DE YUCATÁN | 21 |
| 8.- RESULTADOS | 23 |
| 8.1.- EN LA CIUDAD DE MÉRIDA | 23 |
| 8.1.1.- ÍNDICES ENTOMOLÓGICOS | 23 |
| 8.1.2.- ABUNDANCIA DE TRIATOMAS | 23 |
| 8.1.3.- TASA DE INFECCIÓN DE TRIATOMAS | 24 |
| 8.1.4.- FACTORES DE RIESGO DE INFESTACIÓN | 24 |
| 8.2.- EFECTO DEL HURACÁN ISIDORO SOBRE <i>T. dimidiata</i> EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN | 26 |
| 9.- DISCUSIÓN | 30 |
| 10.- BIBLIOGRAFÍA | 48 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.- Ciclo biológico de <i>T. cruzi</i> | 36 |
| Figura 2.- Distribución geográfica de especies de triatomas con alta capacidad vectorial para la transmisión de <i>T. cruzi</i> en México | 36 |
| Figura 3.- Localización de casas seleccionadas en la Ciudad de Mérida | 37 |
| Figura 4.- Localización de las localidades seleccionadas en la Península de Yucatán | 37 |
| Figura 5.- Abundancia de <i>T. dimidiata</i> en la ciudad de Mérida | 38 |
| Figura 6.- Distribución geográfica de <i>T. dimidiata</i> en la Ciudad de Mérida | 38 |
| Figura 7.- Tasa de infección de <i>T. dimidiata</i> por <i>T. cruzi</i> en la Ciudad de Mérida | 39 |
| Figura 8.- Distribución de la tasa de infección de <i>T. dimidiata</i> en la Ciudad de Mérida | 39 |
| Figura 9.- Comparación de la abundancia de <i>T. dimidiata</i> en la Península de Yucatán después del Huracán Isidoro | 40 |
| Figura 10.- Distribución geográfica de <i>T. dimidiata</i> en la Península de Yucatán en el 2000-2003 | 41 |
| Figura 11.- Gráfica de los cambios de la abundancia de <i>T. dimidiata</i> en función a la distancia del ojo del Huracán | 41 |
| Figura 12.- Gráfica de los cambios de la abundancia de <i>T. dimidiata</i> en función al numero de incendios ocasionados en las comunidades después del Huracán | 42 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. -Variables estudiadas | 43 |
| Cuadro 2. -Índices entomológicos de <i>T. dimidiata</i> | 44 |
| Cuadro 3. -Análisis univariable de los Factores de riesgo de infestación con relación a las casas de la Ciudad de Mérida | 44 |
| Cuadro 4. -Análisis univariable de los Factores de riesgo de infestación con relación a los patios de las casas de la Ciudad de Mérida | 45 |
| Cuadro 5. -Análisis multivariado de los Factores de riesgo de infestación con relación a las casas de la Ciudad de Mérida | 45 |
| Cuadro 6. -Análisis multivariado de los Factores de riesgo de infestación con relación a los patios de las casas de la Ciudad de Mérida | 46 |
| Cuadro 7. -Análisis univariable de los Factores de riesgo de infestación de triatomas infectados | 46 |
| Cuadro 8. -Tasa de infección de <i>T. dimidiata</i> por <i>T. cruzi</i> en la Península de Yucatán posteriores al Huracán Isidoro | 46 |
| Cuadro 9. -Resultados de la prueba del Índice de Moran | 47 |

1.- INTRODUCCION

La tripanosomiasis americana o enfermedad de Chagas es una infección causada por el parásito protozoario *Trypanosoma cruzi* y es considerada como un problema de salud pública en Latinoamérica. En México, las estimaciones sugieren que, aproximadamente 2.1 millones de personas están infectadas con *T. cruzi*^{1,46}. Los estados más afectados son Chiapas, Veracruz, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Puebla^{29, 48, 57, 62} y la Península de Yucatán⁷⁰.

T. cruzi se transmite por diversas vías, siendo la transmisión vectorial, la más común. Los vectores son insectos del orden Hemiptera de la familia Reduviidae, subfamilia Triatominae. Esta subfamilia esta compuesta por 5 tribus, Triatomini, Rhodnini, Cavernicolini, Bolbodermini y Alberprosenini, y cada una cuentan con diferentes géneros y especies^{70, 67, 62}. Actualmente hay 130 especies de vectores reconocidas y agrupadas en 15 géneros de triatominos. En México existen 7 géneros de los cuales *Belminus*, *Rhodnius*, *Ditalogaster*, *Eratyrus*, *Panstrongylus* y *Paratriatoma* tienen una sola especie, y el género *Triatoma* que cuenta con 23, dando un total de 29 especies, de las cuales 21 se encontraron infectadas por *T. cruzi*. Todas las especies son potencialmente vectores de *T. cruzi*, sin embargo, solo algunas tienen una alta capacidad de transmisión, esencial para la infección en humanos³⁷.

Para implementar un programa adecuado de control de vectores es importante conocer primero cuales pudieran ser los factores de riesgo de infestación en las casas, ya que es uno de los aspectos claves para la transmisión de *T. cruzi*. Dentro de los factores de riesgo de infestación se consideran los siguientes: 1.- Pérdida de ecotopos de los vectores, 2.- Tipo de las viviendas 3.- Área rural, 4.- Presencia de animales en áreas peri domésticas, 5.- Hábitos higiénicos deficientes y 6.- Factores ambientales.

Se piensa que en las comunidades rurales existe mayor riesgo de infestación en las viviendas, debido a su cercanía con áreas silvestres, así como el nivel socioeconómico más bajo que la mayor parte de las personas en estas comunidades cuentan en comparación con las comunidades urbanas, por lo cual las viviendas están construidas con materiales

económicos (palma, lamina, etc.)⁶¹. No obstante, a pesar de que el riesgo de infestación en viviendas es mayor en las áreas rurales, en los últimos años se ha reportado que ese riesgo también existe en las comunidades urbanas. En Argentina en 1995 se encontró en una comunidad urbana infestación con *T. infestans*, en edificios de concreto, que se encontraban en las inmediaciones de una bodega abandonada⁵⁴. También se ha encontrado *T. dimidiata* en domicilios y peridomicilios de viviendas en áreas rurales⁴⁶ y en 1940 se encontró en casas de la periferia de la ciudad de Mérida, por lo que se concluye que esta especie se encuentra tanto en áreas rurales como áreas urbanas.

Es conocido desde hace tiempo que factores ambientales como la vegetación, precipitación pluvial, humedad y temperatura, entre otros¹⁸ influyen de manera positiva o negativa sobre la distribución y reproducción de los vectores y estos, a su vez, pueden causar modificaciones en su comportamiento relacionado con las enfermedades que transmiten⁹,
26,40

Los cambios climáticos ocasionados por fenómenos como los del “El Niño” y “La Niña”, causan modificaciones en la distribución de los vectores y riesgo de transmisión de las enfermedades³⁵. Algunos desastres naturales como los huracanes, se les relaciona también con las modificaciones en el riesgo de transmisión de las enfermedades, ya que según reportes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) después del paso de huracanes de gran intensidad aumenta la combinación de factores de riesgo^{17,42} incrementando con ello las enfermedades transmitidas por vectores. El 21 de septiembre del 2002 el huracán “Isidoro” impactó a la Península de Yucatán, se estima que su paso afectó la cubierta vegetal de la entidad, provocando la caída de miles de árboles, la fractura de ramas y troncos de muchos otros, así como la pérdida de las copas o la defoliación de muchos más, especialmente en un radio de más de 30 Km. de la trayectoria del huracán. Como consecuencia de esto, pudo haber una grave afectación de la fauna y flora silvestre provocando la muerte directa de numerosos individuos de todas las especies, así como escasez de alimento para su subsistencia⁷³. Hoy en día, se desconoce si el huracán Isidoro provocó algún cambio en la población de *T. dimidiata* ya que todos los desastres ocasionados por el huracán, pudieron haber causado daño en su ecosistema y así mismo modificación en su población cambiando a su vez el riesgo de transmisión de *T. cruzi*.

2.-ANTECEDENTES

2.1.- ENFERMEDAD DE CHAGAS

T. cruzi se transmite principalmente por insectos hematófagos (85% de los casos) y por vías menos comunes como: transfusión sanguínea, trasplante de órganos, vía trasplacentaria, ingestión de órganos infectados. La infección de *T. cruzi* se presenta en animales silvestres y domésticos. Los reservorios principales de *T. cruzi* son: *Marmosa spp.* (zorros), *Daysipus spp.* (armadillos) y *Didelphys spp.* (zarigüeyas) ^{1,37}. El hombre, también es infectado ocasionalmente por *T. cruzi* ¹.

2.1.1 EPIDEMIOLOGÍA

Según informes de la OMS, la enfermedad de Chagas ⁶⁶, es endémica en 18 países de Latinoamérica, que cuentan con una población total de 360 millones, de los cuales 16 a 18 millones están infectadas con *T. cruzi*. y 120 millones (37.5%) están en riesgo de infectarse. Existen al año 300,000 casos nuevos, con aproximadamente 21,000 muertes ^{48, 51, 66}. En México, las estimaciones indican que, aproximadamente 2.1 millones de personas están infectadas con *T. cruzi* ^{29,48} con incidencia anual de 78,960 personas y mortalidad de 15,000-62,000 de las que 1000 corresponderían a menores de 5 años ⁴⁸. Actualmente, los estados más afectados son Chiapas, Veracruz, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Guerrero y Puebla ^{29, 48,57, 62}.

En el Estado de Yucatán el primer caso clínico de la enfermedad de Chagas fue reportado en 1948 por Márquez-Palomo ⁴. En 1972 se encontró una seroprevalencia a *T. cruzi*, de 11.22%, y de 18 % en 1985 ^{4,5, 23} encontrando también en este año, casos clínicos tanto de fase aguda como crónica de la enfermedad ⁶. En 1991 en un estudio de donadores de sangre se encontró que, el 6.12 % de los donadores fueron positivos ⁵. En 1992 se demostró que el 1.44% de la población abierta aparentemente sana fue seropositiva a *T. cruzi*, y se encontraba en fase crónica ^{68, 69}. Por lo anterior, se continúa investigando la situación de la enfermedad de Chagas en el estado, ya que se considera una enfermedad de importante impacto en la salud pública ⁴.

2.1.2. - CICLO BIOLÓGICO DE *T. CRUZI*

El agente etiológico de la enfermedad de Chagas *T. cruzi*, es un protozoo flagelado, perteneciente a la clase *Zoomastigophorea*, familia *Trypanosomatidae*, orden *Kinetoplastida*, presenta un ciclo de vida que involucra 4 estadios básicos de desarrollo. La transmisión del parásito por medio del vector inicia cuando un insecto hematófago de la familia Reduviidae subfamilia *Triatominae* infectado, se alimenta de su hospedero y al mismo tiempo deposita su excremento con la forma infectante del parásito (tripomastigote metacíclico). El tripomastigote metacíclico, también llamado en sangre tripomastigote sanguíneo, entra al torrente circulatorio por rascado o pérdida de continuidad de la piel, posteriormente, se introduce en las células del tejido o en macrófagos circulantes, donde adopta la forma de amastigote para replicarse por fisión binaria durante 4 o 5 días. Posteriormente, lisa las células huésped y se transforma en tripomastigote sanguíneo para introducirse en células de varios tejidos del cuerpo (corazón, hígado, intestinos), y se transforma otra vez en amastigote para multiplicarse y repetir el ciclo. El ciclo biológico se completa cuando un insecto triatomino no infectado, se alimenta de sangre con tripomastigotes sanguíneos. El tripomastigote metacíclico llega al intestino del insecto, se transforma en epimastigote se replica por fisión binaria y en pocos días se transforma en tripomastigote metacíclico en la parte final del intestino del insecto para salir en el excremento (Figura 1) ¹.

En el humano el periodo de incubación es de 7 a 14 días. Se distinguen 3 fases: aguda, intermedia y crónica. En la fase aguda (alta carga de parásitos en sangre) puede existir malestar general e inapetencia, fiebre, escalofríos, dolor de cabeza, mialgias, diarrea, inflamación de ganglios, hígado, bazo y encéfalomiелitis, también puede haber conjuntivitis, queratitis (signo de Romania), y/o lesiones o zonas de endurecimiento cutáneo o corporal que presentan una coloración roja y alta temperatura local (chagoma de inoculación) causada por la saliva del vector. Esta fase puede tener una duración de 3 a 6 meses. La fase intermedia (asintomática) se caracteriza por baja carga de parásitos en sangre y un periodo de infección latente que puede perdurar por tiempo indefinido. La fase crónica se presenta 5 a 10 años después de la fase aguda en un 30 a 40% de los individuos infectados. La manifestación más importante es la cardiopatía chagásica, en la cual se

encuentra afectada la conducción de los impulsos eléctricos a nivel del haz de his en el corazón, provocando insuficiencia cardiaca y aneurismas. También se pueden presentar megavísceras (hígado, esófago, colon, ureteros y vejiga) ^{64, 48, 69}. En animales silvestres y domésticos pueden observarse también signos de la enfermedad de Chagas ¹. El tratamiento de las infecciones producidas por *T. cruzi* es considerado como uno de los más insatisfactorios, ya que medicamentos como el Nifurtimox® y el Benzimidazol®, producen serios efectos adversos ⁶. Actualmente no existen vacunas preventivas para esta enfermedad, por lo cual el principal control de la enfermedad de Chagas, es el control de insectos ^{1, 2, 16, 44, 36, 49}.

2.1.3 VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS

Los vectores de la enfermedad de Chagas son insectos del orden Hemiptera de la familia Reduviidae, subfamilia Triatominae también son llamados triatominos, esta subfamilia está compuesta por 5 tribus, Triatomini, Rhodnini, Cavernicolini, Bolbodermini y Alberprosenini, y cada una cuenta con diferentes géneros y especies ^{70,67,62}. Actualmente, hay 130 especies de vectores reconocidas y agrupadas en 15 géneros de triatominos, en México se han reportado 30 especies, 21 de las cuales se encontraron infectadas por *T. cruzi* (Figura 2). En el caso de México las especies consideradas vectores potenciales importantes son las de los géneros: *Belminus*, *Triatoma*, *Rhodnius*, *Dipetalogaster*, *Panstrongylus*, *Eratyrus* y *Paratriatoma* ^{25, 29, 30, 67, 62} las cuales contienen especies como: *Triatoma barberi*, *T. dimidiata*, *T. longipennis*, *T. mazzotti*, *Dipetalogaster maximus* y *Rhodnius prolixus* ^{8, 16, 29, 67} (Figura 2). En la península de Yucatán se han realizado diversos estudios con respecto al vector de la enfermedad de Chagas; Mazzotti en 1937 y Palomo en 1940, reportaron la existencia de *T. cruzi* en la especie de *T. dimidiata*. En 1976 se reporta la presencia de *T. longipennis* y en 1979 la de *T. nitida* y *T. hegneri*, sin embargo, a la fecha no se han vuelto a reportar ^{8,47}. Con lo que se sugiere que *T. dimidiata*, conocida con el nombre de “pick” en maya, es en la Península de Yucatán en este momento, el único vector de la zona, aunque no se descarta la posibilidad de la existencia de otras especies ^{47,18}.

Todas las especies son potencialmente vectores de *T. cruzi*, sin embargo solo algunas presentan una alta capacidad de transmisión, la cual es esencial para la infección a humanos (Figura 2). Una alta capacidad de transmisión se caracteriza por ⁴⁷:

1.- Alta capacidad de infestación y colonización en viviendas. A la capacidad que tienen los triatomíneos para invadir viviendas humanas y peridomicilios ya sea para su alimentación o para iniciar el proceso de colonización se le llama infestación. Esta, se encuentra muy relacionada con la adaptación que tienen muchas especies de triatomíneos para vivir cerca de las comunidades humanas y preferencias alimentarias ya que las especies que infestan las viviendas humanas tienen mayor oportunidad de tener un contacto con el hombre, por lo que esta es la segunda característica importante para la transmisión vectorial de *T. cruzi*. La capacidad de colonización está íntimamente ligada a la infestación ya que si existe infestación de estados ninfales, hay colonización, pues los triatomíneos llevan a cabo su ciclo biológico dentro de las viviendas o en áreas peridomiciliares. El ciclo biológico de los triatomíneos se inicia cuando las hembras ovopositan huevos fértiles, que maduran en un periodo de 10 a 30 días. Del huevo emerge una ninfa que pasa por 5 estadios o mudas para llegar a la etapa adulta, las ninfas a diferencia de los adultos carecen de alas, por lo que se desplazan menos que los adultos y son sexualmente inmaduras. Su ciclo de vida depende de la frecuencia con que se alimentan (25 a 45 días) y dependiendo de la etapa en la que se encuentren será la capacidad con la que cuentan para resistir periodos prolongados de ayuno ³⁰. En el caso de *T. dimidiata* se encontró que en estado ninfal puede tener un ayuno de entre 20 y 60 días, y de 80 días en adultos, estos periodos pueden ser afectados notablemente por la temperatura y la humedad ³³. *T. dimidiata* tiene una gran capacidad de infestación, ya que en varios estudios ^{31,32} se encontró a esta especie en aproximadamente el 61% de las viviendas y cuentan con una capacidad de colonización del 15% ^{31,32}. Esta característica es la más importante para la transmisión del parásito

2.- Tasa alta de infección. La mayoría de las especies desarrollan las formas infectantes del parásito en su intestino y esto les da la capacidad de infectar, no obstante, varias especies como *Belminus costaricensis* no alcanzan a desarrollar la forma infectante ⁴². Además del desarrollo de formas infectantes en el insecto es importante que gran parte de la población

de insectos este infectada, por lo que tener una alta tasa de infección hace que aumente el riesgo de transmitir *T. cruzi*^{33, 32, 43, 62}.

3.- Preferencia por una fuente de alimentación. Los triatominos son estrictamente hematófagos y se alimentan durante la noche atraídos por el calor y el dióxido de carbono producido por su fuente de alimentación^{30, 62}. Existen especies de triatominos como *T. rubrovaria* con preferencias por algunos animales como zorros y tlacuaches. Otras especies como *T. infestans* y *R. prolixus* son generalmente más agresivos y tienen preferencias tanto por animales domésticos como por el humano⁶². En el caso de *T. dimidiata* se han realizado estudios⁴⁶ en los que se reportó que esta especie tiene preferencia alimenticia por las aves (gallinas y gallos) mas tarde, en 1990³⁰ se encontró que su fuente principal de alimentación era la sangre humana. Por lo anterior se concluye que *T. dimidiata* tiene gran facilidad para cambiar su fuente de alimentación entre los animales de sangre caliente incluyendo al hombre. Esta preferencia por el hombre como fuente de alimentación es la tercera característica que nos permite considerar que los triatomas tienen una alta capacidad vectorial, ya que el contacto hombre-vector aumenta y a su vez el riesgo de transmisión⁵⁵.

4.- Periodo entre ingesta y defecación. El tiempo transcurrido entre la ingestión de sangre y la defecación del insecto es importante, si este periodo es corto, se da oportunidad a que el insecto defeque directamente sobre la superficie de su fuente de alimentación. En caso de que el vector este infectado, se incrementan las probabilidades de que el parásito se inocule por rascado del área afectada. Las especies como *T. infestans* y *R. prolixus* se alimentan en un periodo de tiempo de 15-26 min. y defecan casi inmediatamente. *T. dimidiata* se alimenta en un tiempo de 26-30 min. y defeca aproximadamente 10 minutos después de la ingestión. Estos tiempos son los más cortos por lo que las especies anteriormente mencionadas son algunos de los vectores más importantes a nivel continental³². Esta es la última característica que nos permite considerar a los triatominos con capacidad vectorial, ya que de esta depende que el excremento contaminado con el parásito tenga contacto con la piel⁵³.

2.2.-FACTORES DE RIESGO DE INFESTACIÓN DE LAS VIVIENDAS

Para implementar un programa de control de vectores adecuado es importante conocer primeramente cuales pudieran ser los factores de riesgo de infestación en las casas ya que como se mencionó anteriormente es uno de los aspectos claves para la transmisión vectorial de *T. cruzi*. Dentro de los factores de riesgo de infestación se encuentran:

1.- Pérdida de ecótopos de los vectores, 2.- Tipo de vivienda 3.-Área rural, 4.- Presencia de animales en áreas peridomésticas, 5.- Hábitos higiénicos deficientes y 6.- Factores ambientales.

2.2.1.-PERDIDA DE ECOTOPOS DE LOS VECTORES.

Los ecótopos son lugares donde generalmente los insectos permanecen la mayor parte del tiempo y se reproducen. Dependiendo de la especie de triatoma es el tipo de ecótopo seleccionado como el caso de *T. guasayana* quien tiene preferencia por las ramas y huecos de los árboles, particularmente de la especie de bromelias y cactáceas en Costa Rica ⁷³. En la actualidad se piensa que el asentamiento de poblaciones humanas en áreas selváticas ha provocado la alteración y destrucción de los ecótopos naturales de los triatominos, y esto los ha obligado a adaptarse a las viviendas humanas. Como sucedió con *T. rubrovaria* entre otras, que siendo especie silvestre se le ha encontrado en peridomicilios en pilas de rocas y paredes de piedra, ya que estas estructuras son semejantes a sus ecótopos silvestres en Costa Rica ³. Actualmente y dependiendo de la asociación de la población de triatominos con el humano, se han clasificado las poblaciones en: domiciliarias, peri domiciliarias y silvestres ^{51,7}. Las especies como *T. phyllosoma*, *pallidipenis*, *barberi*, *infestans* y *R. prolixus* se han adaptado a la cercanía con las comunidades humanas y son consideradas especies de áreas peridomiciliarias y domesticas en México ³⁹. Se sabe que *T. dimidiata* ocupa una gran variedad de ecótopos en toda Latinoamérica incluyendo México (Campeche, Yucatán, Nayarit Veracruz, San Luis Potosí). En el área silvestre puede encontrarse en árboles secos, palmeras, leña, montículos de piedras, madrigueras de ratones, tlacuaches y armadillos y en las áreas domesticas y peridomesticas se le ha

capturado en casas, gallineros con techos de paja, grietas de paredes de las casas e inclusive hasta debajo de camas o petates ⁷¹.

2.2.2.- TIPO DE VIVIENDA

El tipo de vivienda es considerado dentro de los factores de riesgo de infestación debido a que el material de construcción puede presentar características semejantes a los ecótopos de los vectores, ya que frecuentemente se ha encontrado la presencia de especies como *T. infestans* y *R. prolixus* en viviendas construidas a base de materiales ligeros como adobe, palos, barro, techos de paja, zacate o palmera, ya que en estos materiales se pueden brindar las condiciones para la infestación y colonización, en comparación con viviendas construidas con materiales mas sólidos como concreto, asbesto o tabique ³⁰ que no presentan condiciones para el establecimiento de ecótopos. Existen, sin embargo, otras especies como *T. dimidiata* que no tienen preferencia por el tipo de construcción de las viviendas ya que se puede encontrar tanto en casas construidas con materiales ligeros (piedra, adobe) como en casas de materiales sólidos como el concreto ^{18,20}.

2.2.3.- ÁREA RURAL

En las comunidades rurales existe mayor riesgo de infestación en las viviendas, debido a su cercanía a las áreas silvestres, de igual manera la mayor parte de las personas en estas comunidades cuentan con un nivel socioeconómico mas bajo comparado con las comunidades urbanas, lo que ocasiona, que las viviendas se construyan de materiales económicos (palma, lamina, etc.) los que, como se mencionó anteriormente son propicios para la colonización y reproducción de los vectores ⁶¹. Sin embargo, a pesar de que el riesgo de infestación en viviendas es mayor en las áreas rurales, en los últimos años se ha encontrado que también existe en las comunidades urbanas. En Argentina en 1995 se encontró en una comunidad urbana, infestación con *T. infestans*, en edificios de concreto, que estaban rodeados por una bodega abandonada. Se examinó la fuente de alimentación de estos triatomas y se encontró un perfil alimenticio que mostró un predominio de ingesta de sangre de paloma, humano, perro y gato ⁵⁴. En este estudio no se encontraron vectores

infectados, pero a pesar de eso, no se pudo descartar un posible riesgo de transmisión, ya que se contaba con todos los elementos necesarios para cerrar el ciclo biológico de *T. cruzi*⁶⁰. También se encontró en 2001 a *T. infestans* en casas de zonas urbanas de una población de Argentina (Buenos Aires), y se estimó una población del vector con densidad de 9 triatóminos/m²; en este estudio no se determinó infección ni fuente de alimentación lo cual no descarta la posibilidad de que exista riesgo de transmisión²⁴. *T. dimidiata* se ha encontrado en domicilios y peridomicilios de viviendas en áreas rurales: Márquez y Palomo en 1940 encontraron a esta especie infectada en casas de la periferia de la ciudad de Mérida⁴⁶, por lo que se podemos decir que es una especie presente tanto en áreas rurales como urbanas.

2.2.4.-PRESENCIA DE ANIMALES EN AREAS PERIDOMESTICAS

La presencia de animales domésticos son el factor de riesgo más importante en las áreas peridomésticas, pues en estos lugares se han encontrado a los triatóminos principalmente en gallineros con techos de paja, palomares y en general en lugares relacionados con el hábitat de estos animales²³ ya que la mayoría de los habitantes en estas comunidades son propietarios de animales domésticos lo que ha creado ecótopos adecuados para la presencia de triatomas dada la cercanía con las fuentes de alimentación sanguíneas permanentes. *T. dimidiata* es una especie que se ha encontrado en áreas peridomésticas en varios países de Latinoamérica (Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador) incluyendo México (Campeche, Quintana Roo, Yucatán Nayarit)^{71,72}. Otro factor de riesgo de infestación relacionado con las áreas peridomésticas, es la cercanía de las viviendas con áreas con una densa vegetación en donde existen diversas poblaciones de insectos, incluyendo a los triatomas. El tipo de vegetación existente en las áreas peridomésticas también es importante, ya que existen especies como *T. guasayana* con ecótopos limitados a algunas especies de árboles en Costa Rica⁷², o como *T. dimidiata* con preferencia por un tipo de vegetación de selva media caducifolia en la Península de Yucatán¹⁸.

2.3.5.-HABITOS DE HIGIENE DEFICIENTES

Dentro de los factores de riesgo de infestación se consideran como uno de los más importantes los hábitos de higiene familiar, existe mayor probabilidad que con limpieza poco frecuente, la infestación de triatomas sea mayor, tal es el caso de *Panstrongylus megistus* y *T. dimidiata*^{71,45}. Con frecuencia estos hábitos de higiene están fuertemente asociados con factores económicos y/o culturales, e intentar cambiarlos requerirían de campañas de información y ayuda económica permanentes.

2.3.- INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA INFESTACIÓN DE VIVIENDAS POR TRIATOMAS

Además de los factores de riesgo de infestación de viviendas ya mencionados, existen otros factores que influyen en la infestación de triatomas y son aquellos relacionados con factores ambientales y sus modificaciones²⁷.

2.3.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG) Y SU USO EN EL ESTUDIO DE FACTORES AMBIENTALES Y VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS

Es conocido que factores ambientales como vegetación, precipitación pluvial, humedad y temperatura, entre otros¹⁸ influyen de manera positiva o negativa sobre la distribución y reproducción de los vectores que a su vez pueden modificar su comportamiento y por tanto influir en la presencia de las enfermedades transmitidas por vectores^{9, 17, 26, 40}.

Por otra parte el uso de los SIG (construidos en base a datos geográficos, demográficos, económicos y sociales que se relacionan entre sí para analizarlos por medio de un lenguaje visual como mapas), Sensores remotos, Sistemas de posicionamiento global (GPS) y modelos de nichos ecológicos han ayudado a mejorar la habilidad para evaluar las relaciones entre la estructura de los ecosistemas y la transmisión de enfermedades^{13, 14, 58}.

Los SIG recientemente se han utilizado para relacionar a los factores ambientales con los vectores de la enfermedad de Chagas. Por ejemplo se utilizó un SIG para predecir la

presencia de *T. infestans* en el 2003 en Sudamérica. Este trabajo mostró que el índice de vegetación y 5 factores climáticos fueron suficientes para predecir la distribución geográfica de *T. infestans* a nivel continental. En el caso de las enfermedades transmitidas por vectores, la visualización de la distribución geográfica de los vectores, ayuda a identificar áreas de riesgo y facilita la toma de decisiones para plantear programas de prevención y control, minimizando recursos ¹³. De manera similar, la aplicación de un modelo para predecir la presencia del vector *T. brasiliensis* en sus nichos ecológicos en el noreste de Brasil, ayudó a visualizar las zonas de riesgo, ya que a pesar de ser una especie silvestre, esta colonizando las viviendas humanas, constituyendo un riesgo para la población de estas zonas ¹². En otro estudio el modelo del nicho ecológico fue usado para predecir la distribución geográfica del complejo *Proctata* y sus reservorios potenciales en México. Este tipo de modelos son una gran herramienta para el análisis de las relaciones vector/hospedero y para definir zonas de riesgo en todo el país ⁵⁹.

2.3.2 FACTORES AMBIENTALES Y *T. dimidiata*

En el 2000 se realizó uno de los primeros estudios para determinar la distribución geográfica del vector *T. dimidiata* y la dinámica de transmisión de *T. cruzi* en la Península de Yucatán ¹⁸. Se encontró que la mayor concentración del vector se localizó en la zona norte, lo que se atribuyó al tipo de vegetación y clima del área. La mayor parte del año se encontró relativamente poca presencia del vector, con un incremento durante las estaciones secas y calurosas entre los meses de abril a junio. También se observó un incremento en la población de ninfas en los meses de julio y septiembre. El índice de infestación fue de 48% y la tasa de infección por *T. dimidiata* fue en promedio de 34%, porcentaje alto comparado con estudios previos (16 %). La tasa de infección por *T. cruzi* aumentó simultáneamente durante los meses de abundancia de *T. dimidiata*. Se concluyó que en los meses más calurosos del año hay mayor abundancia de *T. dimidiata* con una alta tasa de infección incrementando con esto, el riesgo de transmisión de *T. cruzi* durante este periodo para los habitantes de estas zonas ¹⁹. Estos datos sentaron las bases para el uso de un SIG que permitió predecir zonas de alto, mediano y bajo riesgo de transmisión de *T. cruzi* en el área rural, conociendo la distribución geográfica de *T. dimidiata*. La predicción de estas zonas

de riesgo se realizó en base a la abundancia de *T. dimidiata*, su tasa de infección y relación con el tipo de vegetación y factores climáticos ¹⁸. Este estudio ayudó a conocer que la presencia *T. dimidiata* está influenciada por factores climáticos y de vegetación, por lo que cambios en su hábitat, cambios climáticos o desastres naturales, modificarían su distribución geográfica y su abundancia, y consecuentemente el riesgo de transmisión de *T. cruzi* a humanos ^{17,18,19}.

2.3.3 INFLUENCIA DE FACTORES CLIMÁTICOS SOBRE LOS VECTORES

Se ha estudiado el efecto de los cambios climáticos sobre los vectores ^{26,35} y posibles cambios en el riesgo de transmisión de las enfermedades. En el caso de *Anopheles sp.*, transmisor de *Plasmodium sp.*, protozooario causante de la malaria, se observó que los cambios climáticos (temperatura y precipitación pluvial), influyen en el tiempo de permanencia del vector en lugares cercanos a las viviendas humanas y por consiguiente modulan los periodos de exposición de las personas para aumentar o disminuir el riesgo de transmisión ^{26,35}. En otros estudios se observó un incremento en la tasa de incidencia de casos de dengue y paludismo ocasionados por un aumento de *Anopheles sp.* debido a un incremento en la precipitación pluvial causada por el fenómeno de “El Niño” ³⁵. En Brasil otros estudios mostraron un incremento significativo en la transmisión de *Leishmania* posterior al fenómeno de “El Niño” durante los años de 1989 y 1995. En estos estudios se analizó con un modelo de regresión lineal la relación existente entre temperatura-precipitación y la aparición de casos de Leishmaniasis visceral. Con estos resultados pudieron implementarse medidas de control contra el vector y prevenir la aparición de nuevos casos ²⁶. Pero no solo los cambios climáticos como el fenómeno de “El Niño y La Niña”, causan modificaciones en la distribución de los vectores y riesgo de transmisión de las enfermedades, desastres naturales como los huracanes están relacionados con las modificaciones en el riesgo de transmisión de las enfermedades en las que intervienen vectores, ya que según reportes de la OMS la combinación de factores de riesgo incrementaría las enfermedades transmisibles, después del paso de huracanes de gran intensidad ^{17,42}, por lo que existe la posibilidad de que surjan epidemias posteriores a los

grandes desastres naturales, en particular en países en vías de desarrollo ya que las medidas de salud pública no son suficientes durante operaciones de rescate y auxilio ²⁷.

2.3.4.- INFLUENCIA DE LOS DESASTRES NATURALES SOBRE LOS VECTORES

La transmisión de enfermedades inmediatamente después de desastres naturales puede ser influida por seis factores: (1) las enfermedades existentes en la población antes del desastre y los niveles endémicos de la misma, (2) los cambios ecológicos provocados por el desastre (creación de nuevos sitios de cría de vectores), (3) los desplazamientos demográficos, (4) el daño a edificios de servicios públicos, (5) la desorganización de los programas de control de enfermedades y (6) la resistencia individual a las enfermedades ²⁷.

Los cambios ecológicos provocados por los desastres, revisten gran importancia para en la modificación de la transmisión de enfermedades dependientes de vectores, ya que muchas veces aumenta el número de sitios disponibles para su reproducción ocasionando mayor tiempo de exposición sobre la población. En octubre de 1963 el huracán Flora cruzó la isla de Haití y arrasó una zona de 2200 Km., en este momento Haití desarrollaba un programa de erradicación del paludismo del que solo había completado la mitad, a mediados de diciembre de ese mismo año se detectó un incremento extraordinario de casos de paludismo observado en todas las áreas afectadas por el huracán. Se calculó que entre octubre de 1963 y marzo de 1964 se incrementaron los casos de 2 a 25% ²⁷.

En 1992 el huracán Iniki con una intensidad de III/IV en la escala Saffir-Simpson arribó a las costas de Kauai, Hawai, el 70% de las casas se vieron afectadas y la población debió ser auxiliada con víveres, medicamentos, etc. Se realizó un estudio para detectar la morbilidad en las zonas de impacto del huracán 2 semanas después. Los resultados obtenidos se compararon con la morbilidad registrada las 2 semanas previas del huracán. Los resultados mostraron un incremento en el riesgo relativo en varias afecciones, entre ellas las picaduras de insecto, que aumentaron 8.67 veces mas después del huracán ³⁴. En 1999 el huracán Floyd devastó las costas de Carolina del Norte en Estados Unidos de América, los fuertes vientos y la constante precipitación ocasionaron daños severos y pérdidas irreparables. Los sitios inundados fueron lugares importantes para patógenos que

provocaron un incremento en casos clínicos de enfermedades infecciosas, por lo que se evaluó la influencia de este huracán en enfermedades provocadas por *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia*, *Mycobacterium avium*, *Toxoplasma gondii*, y adenovirus entre otros. Se comparó el número de casos clínicos provocados por los agentes infecciosos antes mencionados, en cada una de las localidades 15 meses antes del huracán, con el número de casos clínicos reportados en estas mismas localidades 12 meses después del huracán. Los resultados mostraron un incremento en el número de casos de Toxoplasmosis y Adenovirosis en las localidades severamente dañadas, en base estos resultados se propuso mejorar las medidas de vigilancia y asistencia de los sistemas de salud en las localidades afectadas ⁵².

2.3.5.- HURACÁN ISIDORO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

En septiembre del 2002 el huracán Isidoro impactó a la Península de Yucatán, se estima que afectó la cubierta vegetal de la entidad, provocando la caída de miles de árboles, la fractura de ramas y troncos de muchos otros, así como la pérdida de las copas o la defoliación de muchos más, particularmente las ubicadas en un radio de 30 Km. cercanos a la trayectoria del huracán, como consecuencia pudo afectarse gravemente la fauna y flora silvestre provocando la muerte directa de numerosos individuos de todas las especies, así como escasez de alimento para su subsistencia ^{73,65}.

La magnitud y el carácter de los daños causados por el huracán sobre la vegetación se relacionó con dos características del fenómeno: la velocidad de los vientos y la abundante precipitación que afectó de forma muy severa una superficie de más de 1,250,000 hectáreas de vegetación, dentro de las cuales se encuentran la: selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia, manglar, pastizal inundable y vegetación de duna costera ^{51,72}. Posterior al paso del huracán hubo incendios en las áreas forestales impactadas, debido a la existencia de material vegetal combustible en el suelo de selvas y manglares, y una probable contaminación del manto freático, ocasionado por la descomposición de animales muertos durante el evento ⁷³. Hoy en día, se desconoce si el huracán Isidoro provocó algún cambio en la población de *T. dimidiata* ya que todos los desastres ocasionados por el huracán,

podieron haber causado daño en su ecosistema y así mismo modificación en su población cambiando a su vez el riesgo de transmisión de *T. cruzi*.

3.- JUSTIFICACION

La enfermedad de Chagas en la Península de Yucatán se considera una enfermedad endémica. No existen fármacos eficaces para su tratamiento, ni vacunas que ayuden a prevenirla, por lo cual se hace necesario contar con métodos adecuados para evitar la transmisión de *T. cruzi*. Una de estas estrategias y la mas eficiente actualmente es la que se enfoca al control del vector ya que mas de 92 % de los casos en México ocurren por transmisión vectorial de *T. cruzi*. Los estudios realizados con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica, enfocados al estudio de *Triatoma dimidiata* permiten tomar decisiones para la elaboración de programas eficaces para el control de vectores, tratando, entre otras cosas de economizar tiempo, recursos humanos y materiales.

Es importante señalar que desastres naturales como los huracanes pueden provocar cambios en la población del vector *T. dimidiata*, estos cambios pueden modificar el riesgo de transmisión de *T. cruzi* por tanto, el conocer la magnitud de los desastres en la población del vector ayudaría a tomar decisiones para establecer medidas para el control y prevención de la enfermedad de Chagas posterior a este tipo de fenómenos.

4.- HIPOTESIS

Si hay *T. dimidiata* en la ciudad de Mérida y existen factores de riesgo en cuanto infestación, entonces podrían existir diferentes zonas de riesgo de transmisión de *Trypanosoma cruzi* en la Ciudad.

Si el huracán Isidoro influyo en la población de *Triatoma dimidiata* en las zonas rurales de la Península de Yucatán entonces existirán cambios en la abundancia de triatomas y en consecuencia sobre el riesgo de transmisión de enfermedad de Chagas.

podieron haber causado daño en su ecosistema y así mismo modificación en su población cambiando a su vez el riesgo de transmisión de *T. cruzi*.

3.- JUSTIFICACION

La enfermedad de Chagas en la Península de Yucatán se considera una enfermedad endémica. No existen fármacos eficaces para su tratamiento, ni vacunas que ayuden a prevenirla, por lo cual se hace necesario contar con métodos adecuados para evitar la transmisión de *T. cruzi*. Una de estas estrategias y la mas eficiente actualmente es la que se enfoca al control del vector ya que mas de 92 % de los casos en México ocurren por transmisión vectorial de *T. cruzi*. Los estudios realizados con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica, enfocados al estudio de *Triatoma dimidiata* permiten tomar decisiones para la elaboración de programas eficaces para el control de vectores, tratando, entre otras cosas de economizar tiempo, recursos humanos y materiales.

Es importante señalar que desastres naturales como los huracanes pueden provocar cambios en la población del vector *T. dimidiata*, estos cambios pueden modificar el riesgo de transmisión de *T. cruzi* por tanto, el conocer la magnitud de los desastres en la población del vector ayudaría a tomar decisiones para establecer medidas para el control y prevención de la enfermedad de Chagas posterior a este tipo de fenómenos.

4.- HIPOTESIS

Si hay *T. dimidiata* en la ciudad de Mérida y existen factores de riesgo en cuanto infestación, entonces podrían existir diferentes zonas de riesgo de transmisión de *Trypanosoma cruzi* en la Ciudad.

Si el huracán Isidoro influyo en la población de *Triatoma dimidiata* en las zonas rurales de la Península de Yucatán entonces existirán cambios en la abundancia de triatomas y en consecuencia sobre el riesgo de transmisión de enfermedad de Chagas.

5.- OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar la presencia de *T. dimidiata* y los posibles factores de riesgo de infestación en las casas de la ciudad de Mérida, Yucatán y así como el efecto del huracán Isidoro en la población de *T. dimidiata* en zonas rurales de la Península de Yucatán, México.

6.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la presencia de *T. dimidiata* en la Ciudad de Mérida, Yucatán.
- Conocer la distribución geográfica de *T. dimidiata* en la Ciudad de Mérida, Yucatán.
- Evaluar el porcentaje de infección de *Trypanosoma cruzi* en *T. dimidiata* en la Ciudad de Mérida, Yucatán.
- Evaluar que factores se relacionan con la presencia de *T. dimidiata* en la Ciudad de Mérida, Yucatán.
- Evaluar si existen cambios en la distribución y tasa de infección por *T. dimidiata* después del huracán Isidoro en la Península de Yucatán.
- Relacionar la trayectoria del huracán Isidoro como causa de cambio en la distribución geográfica de *T. dimidiata* en la Península de Yucatán.
- Relacionar los incendios provocados después del huracán Isidoro como causa de cambio en la distribución de *T. dimidiata* en la Península de Yucatán

7.- MATERIAL Y MÉTODOS

7.1.- COLECCION DE INSECTOS

7.1.1.-EN LA CIUDAD DE MERIDA

El área de estudio para la colección de *T. dimidiata* fue la Ciudad de Mérida en el estado de Yucatán. Se seleccionaron 150 casas de 30 colonias de la ciudad de Mérida (Figura 3) distribuidas de tal manera que abarcaran varias zonas de la Ciudad. Las casas seleccionadas se localizaron geográficamente con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Las casas se visitaron una vez al mes de febrero del 2004 a enero del 2005. Los triatomas se colectaron directamente en frascos, y se conservaron a una temperatura de -20° C para su posterior diagnóstico de *T. cruzi*.

7.1.2.-EN LA PENINSULA DE YUCATÁN

El área de estudio para la colección de *T. dimidiata* fue la Península de Yucatán, localizada en el sureste de la República Mexicana, entre 86-92° longitud oeste y 17-22° latitud norte. Los estados que forman la Península son Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Los triatomas se colectaron en los domicilios y peridomicilios de 170 casas de 34 localidades distribuidas en toda la península (Figura 4). Estas localidades fueron las mismas que se estudiaron antes del Huracán Isidoro^{18,19}. El 63% de estos domicilios fueron los mismos que se visitaron en un estudio previo realizado de octubre de 1999 a diciembre del 2001. El 37% de los domicilios restantes participó por primera vez en este estudio durante los periodos de enero-marzo, abril-junio, julio- septiembre, y octubre-diciembre del 2003. Los triatomas se colectaron por observación y se conservaron a -20 °C hasta el diagnóstico de *T. cruzi*.

7.2.- RECOPIACIÓN DE DATOS

7.2.1.-CIUDAD DE MERIDA

A los habitantes de las casas seleccionadas se les aplicó un cuestionario con el fin de obtener información sobre las variables para la identificación de factores de riesgo de infestación en las casas. Las preguntas de los cuestionarios se agruparon en 4 categorías (características de las casas, del patio, animales domésticos y aspectos socioeconómicos) y para cada categoría se identificaron diferentes variables (Cuadro 1).

En cuanto a la estructura de los materiales se definió:

Bloque: Ladrillos porosos

Mampostería: Piedras con adobe

Mixto: Tierra, pasto y cemento

Concreto: Cemento con bloques

Se determinaron los índices entomológicos de acuerdo a las siguientes unidades de medida (OMS):

Índice de dispersión No de colonias positivas/ No. de colonias totales estudiadas

Índice de infestación No. de casas positivas a triatomas/ No. de casas muestreadas

Índice de infección No. de triatomas infectados/ No. de triatomas colectados

Índice de colonización No de ninfas colectados/ No de casas muestreadas

Índice de densidad No de insectos colectados/ No de casas muestreadas

7.2.2.- PENINSULA DE YUCATÁN

Para el estudio de la península se obtuvieron datos de la trayectoria del Huracán Isidoro del Centro Nacional de Huracanes de Miami, USA. (<http://www.nhc.noaa.gov/>) y datos de los incendios registrados por trimestre del 2000 al 2003 en las comunidades monitoreadas. Los datos de los incendios se obtuvieron de la Web Fire Mapper (<http://www.>

maps.geog.umd.edu/default.asp). Se calculó el número de incendios de un área afectada de 7.5 x 7.5 Km. circundantes de cada localidad muestreada.

7.3.- DIAGNOSTICO DE LA INFECCIÓN POR *T. cruzi* EN *T. dimidiata*

Para realizar el diagnostico de *T. cruzi* se extrajo ADN de *T. dimidiata*. Se realizó un lavado del abdomen de los *Triatomas* con 400 μ l de solución amortiguadora de Tris HCl 0.1M, pH 7.5, NaCl 5 M, EDTA 0.5 M., y SDS al 10% manteniendo la solución a temperatura ambiente por 75 min., seguido de centrifugación a 14,000 rpm/10 min. El sobrenadante se colocó en un tubo sobre 300 μ l de alcohol isopropílico permaneciendo en reposo 5 min. Posteriormente, se centrifugo a 14,000 rpm/10 min. El sobrenadante se retiró y la pastilla se resuspendió en 50 μ l de solución TE (Tris-HCl 10 mM, pH, 8 y EDTA 1 mM). Se analizó el ADN por electroforesis en gel de agarosa-1%, para tal efecto se mezclaron 5 μ l del ADN extraído con 1 μ l de colorante y 1 μ l de marcador de 1 Kb de peso molecular, como amortiguador de corrida se utilizó TBE (Tris HCl 1 M., EDTA 0.5 M pH 8.0, y ácido bórico 0.05 M) y se corrió el gel por 15 min. a 100 V. Posteriormente, se observó el gel en una cámara de luz ultravioleta (UV), para identificar la banda con ADN. Se amplificó la secuencia del Kinetoplasto de *T. cruzi* en una mezcla que contenía: 4 μ l de amortiguador para PCR 1X, 6.25mM MgCl₂, 0.1mM desoxinucleótidos trifosfatos (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), 25nM de cada uno de los iniciadores Tc1 (5'-CCCTCAGAATGATATTTGTCCTCAA-3') y Tc2 (5'-CCCCTCAGAATGATATTTGTA-3'), 3U de Taq-polimerasa, y 10 μ l del ADN diluido 1:10. Para la amplificación se utilizó un termociclador GeneTM de Bio-Rad con las siguientes condiciones: 35 ciclos a: 95° C durante 1 minuto, a 55° C por 1 minuto, a 72° C por 1 minuto y 1 ciclo de 72° C por 5 minutos. Para visualizar los productos de PCR, se mezclaron 5 μ l del producto y un 1 μ l de colorante, también se colocó en el gel de agarosa al 1%, 1 μ l de marcador 1 Kb, se corrió en una cámara de electroforesis con TBE como amortiguador de corrida a 100 V. durante 15 min. Posteriormente se observó el gel con una cámara de UV.

7.4.-ANÁLISIS DE DATOS

7.4.1.- CIUDAD DE MERIDA

Se hizo una base de datos en el programa Excel con todas las variables recolectadas en los cuestionarios. Cada variable (cuadro 1) fue analizada individualmente para observar la relación de la variable con la ausencia y presencia de *T. dimidiata*. En el caso de las variables nominales se realizó un análisis con la prueba de Fisher o X^2 y en el caso de las variables continuas se hizo un análisis de t de Student. Para observar la relación de las variables con la presencia de triatomas infectados y no infectados se realizaron los mismos análisis. Para determinar si las variables serían factores de riesgo de infestación, se calculó su Razón de momios (OR). Posteriormente, se realizó un análisis de regresión logística para cada categoría de las características del patio y la casa con las variables significativas ($p < 0.15$) clasificadas dentro para la ausencia y presencia de *T. dimidiata* y presencia de triatomas infectados y no infectados, también se realizaron interacciones entre las variables. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico SPSS versión.10.0 y SAS versión 8.0. Para observar la distribución geográfica de *T. dimidiata* en la ciudad de Mérida se elaboró un mapa con el total de triatomas colectados y un mapa de la distribución geográfica de los triatomas infectados. Para la construcción de los mapas, se integró la base de datos elaborada en Excel a un mapa de la Ciudad de Mérida en el programa ArcView 3.3.

7.4.2.-PENINSULA DE YUCATÁN

Se realizó un análisis estadístico no paramétrico de Wilcoxon para muestras pareadas con el programa de SAS Versión 8.0 para comparar el número de *T. dimidiata* colectados por periodos¹⁹ en el 2003. Para comparar la tasa de infección de estas poblaciones de *T. dimidiata* se utilizó un análisis con la prueba exacta de Fisher. Para analizar la distribución espacial aleatoria de la población de *T. dimidiata*, se utilizó la prueba del Índice i de Moran en el programa de Crime stat versión 2.0. Esta prueba indica que cuando los valores obtenidos están más cercanos a 0 existe mayor aleatoriedad en la distribución de los datos. Posteriormente por un análisis de correlación y regresión (programa SAS V.8.0) se determinó si los cambios observados en el número de triatomas recolectados se asociaban

con la trayectoria del huracán Isidoro y los incendios posteriores al paso del Huracán. Para observar la distribución geográfica de *T. dimidiata* por cada uno de los periodos de colecta enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre y octubre-diciembre del 2001 y 2003 se elaboraron varios mapas. Primeramente se creó una base de datos con el número de triatomas colectados en cada localidad monitoreada durante los 4 periodos del 2001 y 2003 en el programa MacGIS 3.0, (University of Oregon, Eugene, OR EUA). Se visualizaron las localidades sujetas a muestreo en un mapa de la Península de Yucatán tipo raster. Las localidades en el mapa se representaron por puntos, e indicaba en cada caso el número de triatomas. Para crear una estimación de la población de triatomas en toda la Península de Yucatán se interpolaron los puntos de las localidades con el número de triatomas, esto permitió representar la distribución geográfica de los vectores, con diferentes tonalidades, cada una de las cuales, indicaba la abundancia de los triatomas en toda la Península. Se utilizó un color para mostrar la ausencia de triatomas y la abundancia considerada fue de 1-5, de 6-10, de 11-20, de 21 a 30, de 31-50 y > 55. Todos los mapas se elaboraron con una resolución de 13 x 13 Km. En los mapas del 2003 se añadió la trayectoria del Huracán Isidoro, para considerar además, su relación con la distribución de *T. dimidiata*.

8.- RESULTADOS

con la trayectoria del huracán Isidoro y los incendios posteriores al paso del Huracán. Para observar la distribución geográfica de *T. dimidiata* por cada uno de los periodos de colecta enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre y octubre-diciembre del 2001 y 2003 se elaboraron varios mapas. Primeramente se creó una base de datos con el número de triatomas colectados en cada localidad monitoreada durante los 4 periodos del 2001 y 2003 en el programa MacGIS 3.0, (University of Oregon, Eugene, OR EUA). Se visualizaron las localidades sujetas a muestreo en un mapa de la Península de Yucatán tipo raster. Las localidades en el mapa se representaron por puntos, e indicaba en cada caso el número de triatomas. Para crear una estimación de la población de triatomas en toda la Península de Yucatán se interpolaron los puntos de las localidades con el número de triatomas, esto permitió representar la distribución geográfica de los vectores, con diferentes tonalidades, cada una de las cuales, indicaba la abundancia de los triatomas en toda la Península. Se utilizó un color para mostrar la ausencia de triatomas y la abundancia considerada fue de 1-5, de 6-10, de 11-20, de 21 a 30, de 31-50 y > 55. Todos los mapas se elaboraron con una resolución de 13 x 13 Km. En los mapas del 2003 se añadió la trayectoria del Huracán Isidoro, para considerar además, su relación con la distribución de *T. dimidiata*.

8.- RESULTADOS

8.1.- EN LA CIUDAD DE MERIDA

8.1.1.- INDICES ENTOMOLOGICOS

En el mes de agosto se presentaron problemas logísticos que afectaron la visita de este mes. Se encontraron en 56 de las 147 casas, un total de 112 triatomas de los cuales 111 fueron adultos (49% hembras y 51% machos) y 1 ninfa. Todos los insectos capturados eran *T. dimidiata*. Con estos resultados se permitió posteriormente determinar los índices entomológicos para *T. dimidiata* en las casas muestreadas (Cuadro 2). Dentro de los índices entomológicos se encuentra: 1.- El índice de densidad que indica cuantos triatomas se encontraron, se observa un valor bajo en comparación con las zonas rurales (230% y 440% en 1991 y 2001 respectivamente). 2.- El índice de colonización indica los estadios ninfales encontrados en las casas, comparándolo con la zona rural (18% y 25 % en 1991 y 2001 respectivamente). Son resultados bajos. 3.- El índice de infestación, indica el porcentaje de viviendas con presencia de triatomas, se observó un valor similar al encontrado en áreas rurales (54%), sin embargo se considera un valor bastante alto para ser zona urbana. 4.- El índice de infección de la ciudad comparado con las áreas rurales (34%) fue bastante alto. Estos resultados nos muestran que puede existir riesgo de transmisión de *T. cruzi* en la ciudad.

8.1.2.- ABUNDANCIA DE TRIATOMAS

Los resultados del análisis del número de triatomas recolectados mensualmente nos indicaron que, en el mes de febrero se colectaron 18 triatomas, cantidad que se incrementó durante los siguientes meses hasta llegar a 28 en el mes de mayo. A partir de junio empezó a disminuir la cantidad hasta llegar a 3 triatomas en el mes de septiembre. Posteriormente hubo un ligero incremento hasta alcanzar 12 triatomas en el mes de noviembre, que descendió en diciembre (Figura 5).

Se observó que la distribución geográfica de *T. dimidiata* en la ciudad fue diferente ya que hubieron áreas de mayor y menor abundancia. Las casas de las colonias cercanas a la periferia y algunas casas del centro presentaron abundancia mayor (Figura 6).

8.1.3.- TASA DE INFECCIÓN DE *T. dimidiata*

La tasa de infección durante el transcurso del año, fue muy variable, en el mes de abril fue de 75%, mientras que en octubre de 0% (Figura 7). Los resultados del análisis de la distribución geográfica de la tasa de infección de los triatomas en toda la ciudad mostraron heterogeneidad (figura 8).

8.1.4.- FACTORES DE RIESGO DE INFESTACIÓN EN CASAS

Los resultados de los factores de riesgo de infestación mostraron que, solo algunas características de las casas y del patio pueden considerarse factores de riesgo, y fueron aquellos factores que tuvieron una relación estadísticamente significativa con la presencia de triatomas (Cuadro 3 y 4).

Con relación a los factores de riesgo en las casas se observó que el tipo de material con que están hechas las paredes es un factor importante para que se de la infestación, en las casas construidas con materiales como bloque se encontró presencia de triatomas, otro factor de riesgo fue la ausencia de malla contra insectos ya que fue casi nula la posibilidad (OR 0.35, $P < .009$) de encontrar triatomas en casas con malla contra insectos, que en casas que no la presentaron (Cuadro 3).

Otros factores importantes observados fueron la distancia de las casas al centro de la ciudad y las áreas vecinas de las casas. En el primer caso se observó que en las casas más alejadas del centro de la ciudad (> 5 Km.) hay presencia de triatomas, el análisis mostró que existe mayor probabilidad de encontrar triatomas en estas casas, (OR 2.8, $P < 0.009$) que en las que se encontraban a menos de 5 Km. del centro. En cuanto a las casas rodeadas por terrenos baldíos abandonados o sin cuidado aparente o que tenían parques enfrente se encontraron mas triatomas, (OR de 4.0, $P < 0.004$).

Con respecto a los factores de riesgo de infestación con relación al patio se puede decir que: las casas que tenían patio de tierra y pasto presentaron infestación en comparación a las que tenían piso de cemento, (OR 2.79, $P < 0.013$). Las casas con patios mayores a 115 m² presentaron infestación que las casas con menor área. Las casas con barda elaborada con piedra presentaron infestación (OR 4.35, $P < 0.011$) en comparación con las elaboradas

con otros materiales (bloque, cemento, etc.). En las casas donde había objetos en el patio hubo triatomas, la prueba de OR mostró que existe 2 veces más probabilidades de infestación en casas que tienen objetos en el patio que en casas sin ellos $P < 0.007$ (Cuadro 4).

Los resultados del análisis de regresión logística para los factores de riesgo relacionadas con las casas y patios con, $p < 0.15$ en el análisis univariado, mostraron que el factor que explica con mayor peso la infestación de las casas, fue la interacción existente entre la ausencia de malla contra insectos y la presencia de animales (Cuadro 5), otro factor importante fue el tipo de pared e interacción de la presencia de animales. Dependiendo del tipo de material de construcción y la presencia de animales hubo infestación en las casas, constituyendo las únicas interacciones que explican la infestación. Con respecto a los factores sin interacción se encontró que la ausencia de malla contra insectos, la distancia de las casas al centro y la presencia de áreas verdes explican la infestación.

Con respecto al análisis de regresión logística de los factores de riesgo con relación al patio, se observó que el factor que explica la presencia de triatomas, fue la interacción de la presencia de áreas verdes y la distancia de las casas al centro (Cuadro 6). Todos los valores que se muestran del análisis de regresión (Cuadros 5 y 6) tanto de los factores de riesgo de la casa y del patio fueron significativos, así como el valor del modelo de regresión (Factores de riesgo de la casa $p < 0.001$ y factores de riesgo del patio ($p < 0.009$). Las características significativas en los resultados de los análisis univariable y multivariable fueron: Tipo de pared, presencia de malla contra insectos, presencia de áreas verdes alrededor de las casas y objetos en el patio, por lo que se consideran como los factores de riesgo más importantes para la infestación de las casas.

Los resultados del análisis univariado mediante el cual se analizó la presencia de triatomas infectados y las características de las casas y del patio (Cuadro 7), mostraron que solo algunas características de los animales, como el número de mamíferos (gatos, perros y conejos), tuvieron relación estadísticamente significativa con la presencia de triatomas infectados (Cuadro 7).

Se realizó un análisis de regresión logística para los factores de riesgo en relación a los animales. Se tomaron las variables que tuvieron un valor significativo de $p < 0.15$ y se realizó la interacción de estas variables. El análisis de regresión logística para relacionar la infestación de triatomas infectados con los factores de riesgo de los animales no mostró valores estadísticamente significativos.

8.2- EFECTO DEL HURACÁN ISIDORO SOBRE *T. dimidiata* EN LA PENINSULA DE YUCATAN

Se tienen resultados del estudio de los disturbios ecológicos ocasionados por el Huracán Isidoro en la población de *T. dimidiata*, 80/170 (47%) de las casas fueron infestadas antes y 92/170 (54%) después del Huracán ($p = 0.19$), se recolectaron 740 triatomas antes y 931 después del Huracán, esta diferencia en general no fue significativa ($z = 0.72$; $p = 0.46$).

Los resultados de la comparación del número de Triatomas recolectados por periodos mostraron que en enero-marzo se observó un aumento significativo ($p < 0.001$) en el número de triatomas colectados en el 2003 en algunas localidades en comparación con los recolectados en el 2001 (Figura 9-A). El aumento fue hasta de 40 triatomas, un incremento importante del número de vectores colectados en estas localidades. En otras localidades se observó una disminución en el número de triatomas en el 2003, la disminución en estas localidades fue de 5 triatomas, como máximo, y en el resto de las localidades no se observaron diferencias.

En abril-junio se observó que (a excepción de 2 localidades Kikil y Suma que mostraron un ligero aumento de triatomas posterior al huracán) en la mayoría de las localidades no hubo diferencia en el número de triatomas colectados durante el 2003 en comparación con el 2001 (Figura 9-B) ($p < 0.242$).

En el periodo julio-septiembre se encontró una disminución en el número de Triatomas colectados en el 2003 en algunas localidades en comparación con el 2001 (Figura 9-C). Esta disminución fue hasta de 50 triatomas. Así mismo, hubo localidades que no mostraron diferencias en el número de triatomas colectados, en los 2 años. Los puntos sobre el eje de

las "y" indicaron aumento, con 15 como máximo. Sin embargo, estos cambios no fueron significativos ($p < 0.372$)

En la gráfica de octubre-diciembre se observó una ligera disminución y aumento respectivamente en el número de triatomas colectados en el 2003 en algunas localidades en comparación con el 2001(Figura 9-D); este aumento-disminución fue de 6 triatomas máximo y no significativos ($p < 0.907$).

Se observó que existió una diferencia significativas ($p < 0.04$) en cuanto a la abundancia de triatomas adultos colectados en los periodos de enero- marzo antes y después del huracán, este aumento fue hasta de 4 veces. En el resto de los periodos no se observaron diferencias. En cuanto a la abundancia de ninfas, no hubo diferencias significativas.

Los resultados del análisis para comparar la tasa de infección de los triatomas colectados en el 2003 con los del 2001 analizados por la prueba de Fisher mostraron que no hubo una diferencia significativa en la tasa de infección de los triatomas en el 2003 en comparación con el 2001 (Cuadro 8). Aquellas localidades con una alta tasa de infección en el 2001 también fue alta en el 2003, y viceversa.

Los cambios en la distribución geográfica de *T. dimidiata* en la Península de Yucatán se observan en la Figura 10. En la figura 10 A-D se muestra la distribución de *T. dimidiata* en la Península en diferentes trimestres antes del huracán Isidoro. Durante los meses de abril a junio hubo mayor abundancia de triatomas, que disminuyó en los siguientes meses es decir que existe variación estacional. En la figura 12 E-H se observa la distribución geográfica de los triatomas colectados en el 2003 después del huracán. En el periodo enero-marzo del 2003, 4-6 meses después del huracán Isidoro, el incremento de la abundancia de triatomas se encontró cercano a la trayectoria del huracán (Figura 10-E). En el periodo abril-junio no se encontró diferencia en la distribución de triatomas entre el 2003 y el 2001, pero si se observó mayor abundancia en este periodo como lo reportado en años anteriores (Figura 10-F). En julio-septiembre hubo pequeños cambios en la distribución de triatomas en 2003 en comparación con 2001 pero no se observó relación directa con la trayectoria del huracán (Figura 10-G). Durante octubre-diciembre no se observaron cambios en la distribución geográfica de los insectos (Figura 10-H).

Para confirmar si los cambios encontrados en la distribución geográfica de *T. dimidiata* en el periodo enero-marzo del 2003 en la Península, se relacionaban con el huracán Isidoro o si su distribución era aleatoria, se calculó el Índice de Morán. Los resultados de esta prueba mostraron que el aumento en el número de triatomas recolectados en ese periodo no tuvo una distribución espacial aleatoria en la Península, ese valor fue = 0.1615 ($p < 0.015$). El aumento en el número de triatomas recolectados en este periodo, está agrupado en una región espacial determinada. Los resultados del índice de Moran del 2º, 3º y 4º periodos mostraron un valor muy cercano a cero y no fueron significativos, indicando que las diferencias del número de triatomas colectados en estos periodos se distribuyen en forma aleatoria en toda la Península (Cuadro 9).

El resultado del Índice de Morán indicó un agrupamiento significativo en el primer periodo del 2003, por tanto se realizó un análisis espacial con mayor especificidad que pudiese determinar las localidades agrupadas. Los resultados mostraron que los cambios se concentraron en las localidades de Dzidzilche, Baca, Tetiz, Abala, Bolonche Dzibalche, Catmis, y Presumida (Municipio del estado de Yucatán) localizados muy cerca de la trayectoria del Huracán ($p = 0.001$). Los resultados mostraron que el incremento en los triatomas fue muy aproximado en estas localidades donde el huracán Isidoro arribó a la Península. Para analizar esta hipótesis, se realizó un análisis de regresión entre los cambios en el número de triatomas recolectados en el periodo enero-marzo del 2003, con la distancia al ojo del huracán en las localidades estudiadas. A mayor cercanía al ojo del huracán (< 75 Km.) mayor fue el incremento de triatomas colectados ($r = 0.547$ $p < 0.0073$) (Figura 11-A) y entre mas lejanas las localidades a la trayectoria del huracán menos cambios se registraron en la colección de triatomas.

De manera similar, el análisis de regresión para evaluar si los cambios en el número de triatomas colectados en el periodo julio-septiembre del 2003 pudiera tener relación con la distancia de la trayectoria del huracán en las comunidades estudiadas no se encontró correlación significativa ($r = 0.1360$ $p < 0.3456$). Los resultados de estos análisis con los cambios absolutos en el numero de triatomas (Figura 11-B) mostraron diferencias significativas ($r = 0.031 < 0.0008$).

Los resultados del análisis de regresión de las diferencia en el número de triatomas colectados en el periodo enero-marzo y julio-septiembre del 2003, con las áreas afectadas por los incendios ocasionados por el paso del huracán en las localidades, no mostraron correlación ($r = 0.1685$ $p < 0.345$, $r = 0.176$ $p < 0.28$ respectivamente). Los resultados del análisis de correlación de los cambios en el número de triatomas colectados en el periodo julio-septiembre del 2003 con el área afectada por los incendios acumulados de enero a junio del 2003 ocasionados después del paso del huracán por las localidades, mostraron una relación ($r = 0.529$, $p < 0.0018$) (Figura 12), observando que a mayor área afectada por los incendios menor es el número de triatomas recolectados. Podemos concluir que los incendios provocaron daño en el ecosistema de los vectores e influyeron en la población de los triatomas.

9.-DISCUSION

Debido a que el control de la enfermedad de Chagas está basado en el control del vector es muy importante conocer su distribución geográfica y tasa de infección, esta información nos permitiría establecer áreas prioritarias para implementar un programa de control del vector y disminuir el riesgo de transmisión vectorial. En el presente trabajo se estudió la presencia de *T. dimidiata* vector de la enfermedad de Chagas en la ciudad de Mérida, y posibles factores de riesgo de infestación así mismo, se evaluó el efecto del huracán Isidoro sobre el vector en la Península de Yucatán.

Los datos de los índices entomológicos (tasa de infestación del 38.8% y tasa de infección del 48%), sugieren la posibilidad de transmisión de *T. cruzi* y por ende la presentación de la enfermedad de Chagas en la ciudad de Mérida Yucatán.

La población de *T. dimidiata* se distribuye en toda la ciudad, con áreas de mayor abundancia. Para saber por que la distribución fue heterogénea con amplia dispersión y por que hay zonas de mayor abundancia del vector, se analizaron los factores de riesgo de infestación, y se encontraron que existen factores de riesgo relacionados con la estructura de las casas y patios las cuales son: la distancia de las casas al centro, la presencia de objetos en el patio, la ausencia de malla contra insectos, el material de construcción de las paredes de la casa y la presencia de terrenos baldíos con vegetación alrededor de las casas.

En cuanto a la distancia, se observó que a menor distancia de las casas al circuito periférico de la ciudad, mayor fue la probabilidad de infestación, debido a su cercanía con las áreas rurales. Posiblemente en estas áreas de la periferia, existan poblaciones de triatomas, de los cuales solo los adultos pudieron haberse trasladado a estas casas, ya que solamente insectos adultos se encontraron en esos domicilios. Esta infestación por adultos fue diferente si se le compara con la encontrada en el área rural de San José Costa rica⁵⁶ o en la Península de Yucatán¹⁹ por estas misma especie, ya que en estas se encontraron tanto adultos como ninfas. Con lo anterior podemos proponer que la *T. dimidiata* en el área rural este intentando colonizar, lo contrario que se observó en el área urbana, pues las condiciones del área urbana

no son propicias para su reproducción como ocurre con *T. infestans* en zonas urbanas de Argentina, donde existe infestación de ninfas y adultos ^{24,54}.

El desplazamiento de los adultos se puede explicar quizá, porque el vector anda en búsqueda tanto de ecótopos como de fuentes de alimentación pues su ecosistema se está destruyendo por la implementación de áreas de pastoreo para ganado y/o la ampliación del área urbana, por aumento de calles pavimentadas y creación de puentes para mejorar las vías de comunicación.

Otro factor de riesgo asociado a la infestación de las casas por este vector y que le hiciera buscar refugio y asegurar su sobrevivencia en el área urbana, (fuera de su hábitat natural) fue la presencia de objetos en el patio. Este factor de riesgo se observó en otras especies, ya que en Cuernavaca, Morelos, se reportó que las casas con presencia de objetos en el patio como la basura y pilas de rocas entre otros, tienen de 1.6 a 2 veces más riesgo de infestarse con *T. pallidipenis* ⁴⁹. En Brasil se reportó que, en casa con patios con lugares de almacenamiento de comida tienen 1.5-4.3, más riesgo de infestación por *T. infestans* ⁵³, también se reportó que casas con presencia de palmeras, áreas para almacenar semillas y áreas de descanso de animales tienen de 1.3-8.9 veces más posibilidades de infestarse, debido a que son los mejores refugios para *T. barberi*.

Con respecto a la ausencia de malla contra insectos, ésta se catalogó como factor de riesgo cuando presentó interacción con el lugar de descanso y estancia de animales. Esto es importante ya que en los lugares de estancia de los animales, los triatomas tendrían disposición de alimento permanente. En el estado de Morelos se encontró una relación significativa en casas del área rural ya que las casas con conejos, cobayos y aves domésticas tuvieron 2.8 veces más probabilidades de infestación, que las casas que no los tenían ^{49,21}. En casas del área rural en Brasil se reportó 3.5 veces más probabilidades de infestación en casas que tenían ratas debido a la presencia de granos ⁵³. También se encontró infestación por *T. dimidiata* en una casa en Costa Rica que contaba con gallineros ⁷¹. Como se menciono previamente la presencia de animales resulta importante pues en estos sitios los triatomas pueden alimentarse libremente y refugiarse para asegurar su sobrevivencia, sin embargo, si su fuente de alimentación no esta disponible, entonces pueden penetrar a las

viviendas. La ausencia de malla contra insectos constituye otro factor de riesgo de infestación en las casas, pues los triatomas pueden tener un acceso más fácil al interior de las habitaciones, para buscar otra fuente de alimentación.

El tipo de construcción de las paredes de las casas fue otro factor de riesgo, se podría asociar a *T. dimidiata* que puede encontrar condiciones propicias para refugiarse dependiendo del tipo pared, en el caso de las paredes de bloque, pudiera localizar huecos para pasar desapercibida. Otras especies de triatomas pueden comportarse de la misma forma en Brasil se reportó que casas construidas con materiales como paja y adobe, y tipo de suelo de tierra en el patio tienen de 1.1-4.3, y 1.5-4.3 veces más, riesgo de infestarse con *T. infestans* ya que esta especie tiene preferencia por estos materiales⁵³. Otro caso similar fue el reportado en 1992, ya que se observó que si la vivienda se encontraba en malas condiciones y en particular contaba con paredes de bajareque, adobe o madera, presentaba un riesgo de infestación con *T. barberi* 3 veces mayor que el de las viviendas construidas con otro tipo de materiales (cemento, concreto, etc.) en áreas urbanas, ya que estos materiales de construcción son adecuados para la infestación y colonización por *T. barberi*. Se encontró una infestación por *P. chinai*, *P. rufotuberculatus*, *Recuadoriensis* y *T. carrioni* en casas del área rural del sur de Ecuador, la mayoría de estas casas estaban construidas con paredes de adobe, con 2.8 veces más probabilidades de infestación en comparación a otras construidas con diferentes materiales, estas especies tienen preferencia por materiales sencillos donde pueden pasar inadvertidos²⁸. Se encontró también 1.7 veces más riesgo de infestación con *T. dimidiata* en casas con paredes de piedra en Costa Rica^{56,38}.

La presencia de terrenos baldíos con vegetación en áreas contiguas a las casas constituyó otro factor de riesgo, ya que casas con este tipo de vecinos fueron infestadas 4 veces más, que las casas habitadas, debido quizá a que en estos lugares puede refugiarse y pasar desapercibidos los triatomas. Algo similar fue lo que se encontró en Costa Rica como factor de riesgo, ya que se reportó que existe 1.7 veces más posibilidades de infestación en las casas cercanas a bosques en una comunidad rural, que las casas que tenían casas habitadas cerca²².

En cuanto al riesgo de infestación por triatomas infectados, la presencia de mamíferos (conejos, gatos y perros) constituyen un factor de riesgo importante, ya que son reservorios importantes para el mantenimiento del ciclo de transmisión del parásito. Esto concuerda con lo reportado en 2001 en Argentina¹⁰, y en el 2001 en Costa Rica, ya que se encontraron adultos y ninfas infectados de *T. dimidiata* en el lugar de estancia de perros de una casa de Costa Rica que resultaron positivos a *T. cruzi* al realizarles análisis serológicos⁷¹.

En cuanto a la estacionalidad de triatomas hay mayor abundancia de estos especialmente en los meses de mayor calor, observación que ya habían reportado para los meses de abril-julio los más calurosos del año^{19,18}, disminuyendo conforme se acerca diciembre, también reportaron en una reserva de Costa Rica, una mayor abundancia de *T. dimidiata* en los meses de marzo-julio disminuyendo posteriormente⁷². Esta estacionalidad de los triatomas puede deberse a que en estos periodos existe una mayoría de adultos, ya que en los periodos secos y fríos del año es cuando se empiezan a desarrollar los estados ninfales¹⁸.

Con lo anteriormente establecido podemos concluir que puesto que el riesgo de transmisión de *T. cruzi*, es proporcional a la presencia de vectores infectados en la zona urbana, ese riesgo de transmisión es mayor en los meses de mayor calor en las áreas con casas que tengan las características consideradas como factores de riesgo de infestación antes mencionados. Por lo tanto se propondría que en estas épocas se implemente un programa de control basado en limpieza de patios y recorte de hierba, en casas que se encuentren cerca de la periferia de la ciudad, así mismo, procurar el arreglo y/o colocación de malla contra insectos en las viviendas. También es importante conocer cual es la fuente de alimentación de los triatomas recolectados y en base a esto determinar quienes participan en el ciclo de *T. cruzi*, ya que los resultados del número de perros y mamíferos importantes para la presentación de triatomas infectados así lo indican, lo que hace pensar que podrían ser los reservorios domésticos del parásito *T. cruzi*.

En cuanto al efecto del huracán Isidoro en la población de este vector en la Península de Yucatán se encontraron varios resultados interesantes ya que, los insectos forman parte y participan en los ecosistemas, cuando existen perturbaciones naturales como huracanes

sobre las poblaciones de vectores, podrían ocasionar a su vez modificaciones sobre la dinámica de las enfermedades que transmiten.

Los resultados del efecto del huracán en la población de *T. dimidiata* indican un cambio en el número de vectores en las casas estudiadas en la Península de Yucatán, y una posible modificación de la probabilidad del riesgo de transmisión de *T. cruzi*. El cambio que se observó en la población de *T. dimidiata* después del huracán Isidoro estuvo en relación con la abundancia de la población, con un aumento de la infestación de las casas. Este aumento fue significativo 6 meses después del Huracán, pues se recolectaron hasta 40 veces más triatomas durante enero-marzo del 2003, 4 veces más que en los mismos meses de años anteriores (1999-2001).

El aumento en la abundancia de los triatomas se observó en las localidades más cercanas a la trayectoria del huracán, ya que en estos lugares hubo mayor desorden ambiental que afectó el ecosistema del triatoma, esta observación, concuerda con lo reportado en el 1999 ya que se menciona que la existencia de modificaciones en el ecosistema de los insectos, redundarán de manera proporcional sobre los cambios en la abundancia y diversidad de todas las poblaciones de insectos ²⁷. El huracán también pudo afectar el ecosistema de los animales que son fuente de alimentación de los triatomas, ya que estos animales posiblemente perecieron o se vieron en la necesidad de alejarse de las áreas destruidas por el huracán, viéndose así los triatomas en la necesidad de recurrir a otras fuentes de alimentación como el hombre.

Como se observó, en los meses de abril- junio la población de triatomas empezó a estabilizarse, se encontró la misma abundancia antes y después del huracán ¹⁹, esto concuerda con lo reportado en 1999, donde se estudió a varias comunidades de insectos en 2 pastizales abandonados y un bosque que fueron perturbados por 2 huracanes (Hugo en 1989 y Georges 1998), y se encontró que aunque la abundancia y riqueza de los insectos fluctuó durante un tiempo, todas las comunidades recuperaron sus niveles después del huracán en menos de un año ²⁷. También concuerda con lo observado de que los daños causados a los ecosistemas se recuperan en menos de un año, cuando son causados por catástrofes como incendios o huracanes ²⁷.

Sin embargo a pesar de que en los meses de julio-septiembre hubo aumento de triatomas en algunas comunidades y disminuciones en otras, estos cambios estuvieron relacionados directamente con el área afectada por el huracán o indirectamente con los incendios posteriores a su paso. Durante el periodo de octubre- diciembre se observó que la población nuevamente encontró su estabilidad ya que para entonces el ecosistema se había recuperado casi en su totalidad. No se observó cambio en la tasa de infección de los vectores debido tal vez a que no existieron reservorios para seguir el ciclo del parásito de *T. cruzi* ya que existe una tasa de infección determinada y lo único que ocurrió fue el desplazamiento de vectores infectados.

A pesar de que no se observó un cambio en la tasa de infección, con el incremento de la abundancia de los triatomas aumentó el riesgo de transmisión de *T. cruzi*.

En conclusión, en función de los resultados de este estudio, se sugiere realizar un programa del control del vector de la enfermedad de Chagas, los primeros meses posteriores al paso de huracanes en las áreas más afectadas, así como también realizar este programa, simultáneamente con otros programas de control de vectores para minimizar costos y disminuir la incidencia de casos de enfermedades transmitidas por vectores.

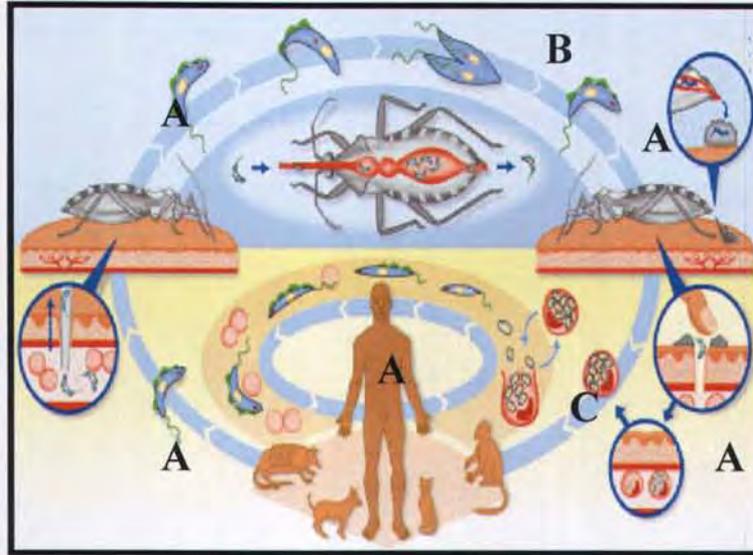


Figura 1. Ciclo biológico de *Tripanosoma cruzi*. A. Tripomastigote sanguíneo o Tripomastigote metacíclico ingerido por el vector para convertirse en Epimastigote. B. Epimastigote se multiplica por fisión binaria y se convierte nuevamente en Tripomastigote metacíclico para salir en el excremento del vector y entrar al torrente sanguíneo del hospedero. El Tripomastigote se convierte en Amastigote. C. Amastigote se multiplica por fisión binaria⁶¹.

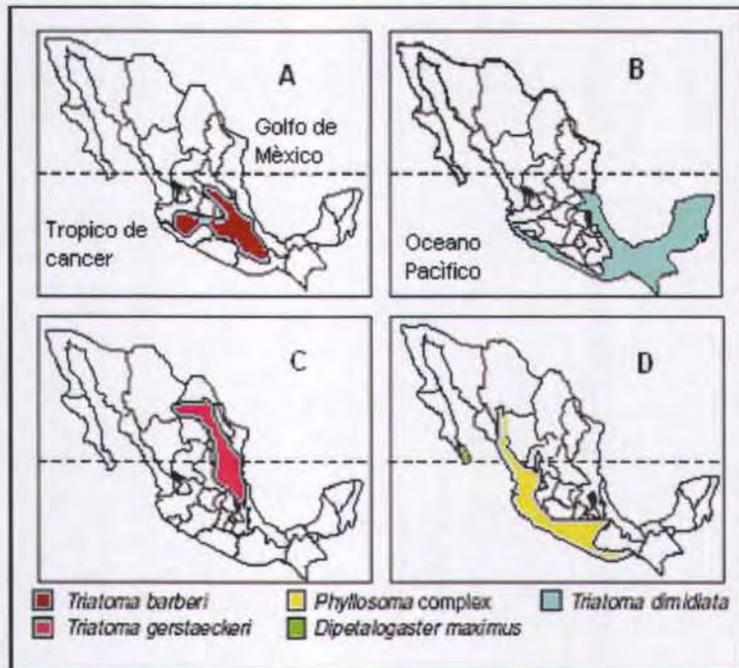


Figura 2. Distribución geográfica de especies de triatomas con alta capacidad para la transmisión de *T. cruzi* en México (a) *Triatoma barberi*; (b) *T. dimidiata*; (c) *Triatoma gerstaeckeri*; (d) *Phyllosoma complex* (*Triatoma mazzotti*, *Triatoma pallidipennis*, *Triatoma longipennis*) y *Rhodnius prolixus*²⁶.

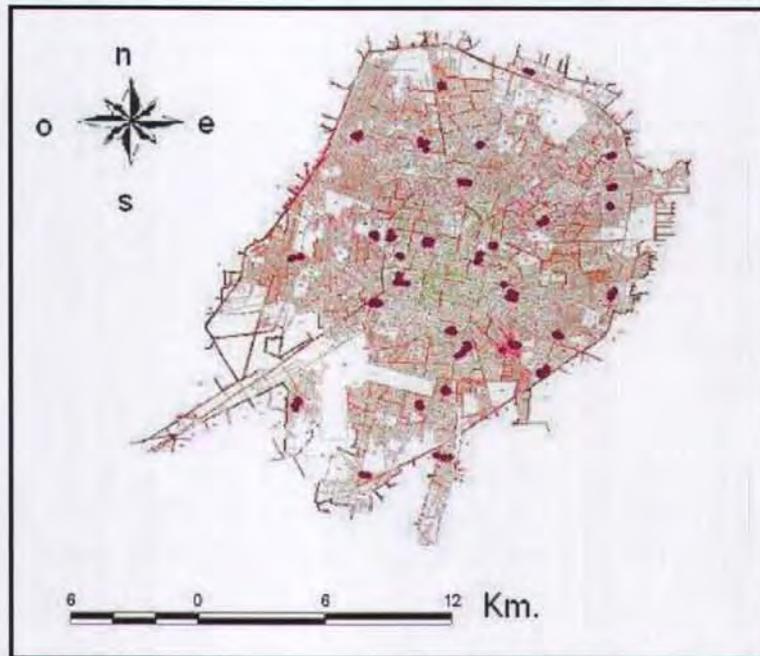


Figura 3. -Localización de casas seleccionadas en la Ciudad de Mérida El mapa muestra al estado de Yucatán, México. En mayor escala se muestra la Ciudad de Mérida. Los puntos rojos indican la localización de las casas visitadas en la Ciudad de Mérida, Yucatán.

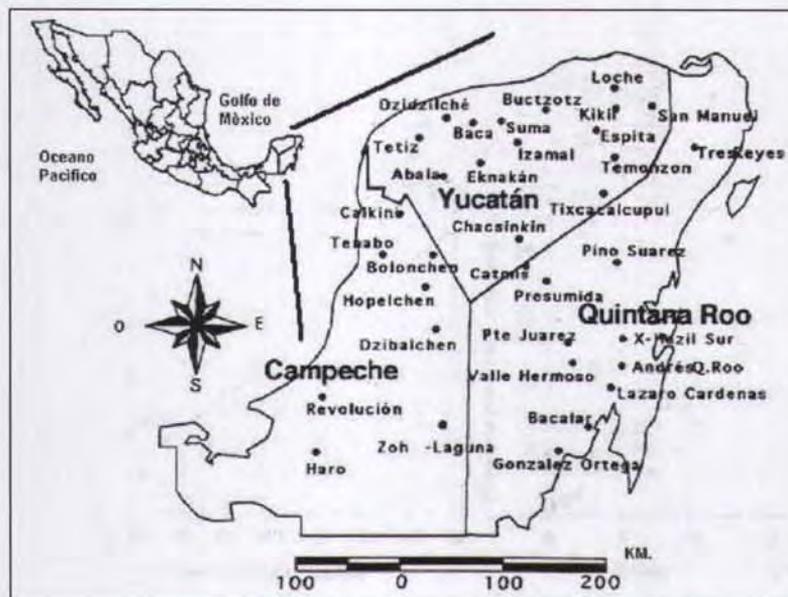


Figura 4.- Localización de las localidades seleccionadas en la Península de Yucatán El mapa muestra la localización de la Península de Yucatán en México. En mayor escala se muestra la Península de Yucatán con sus estados; Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Los puntos indican la distribución de las localidades visitados en el estudio ¹⁸.

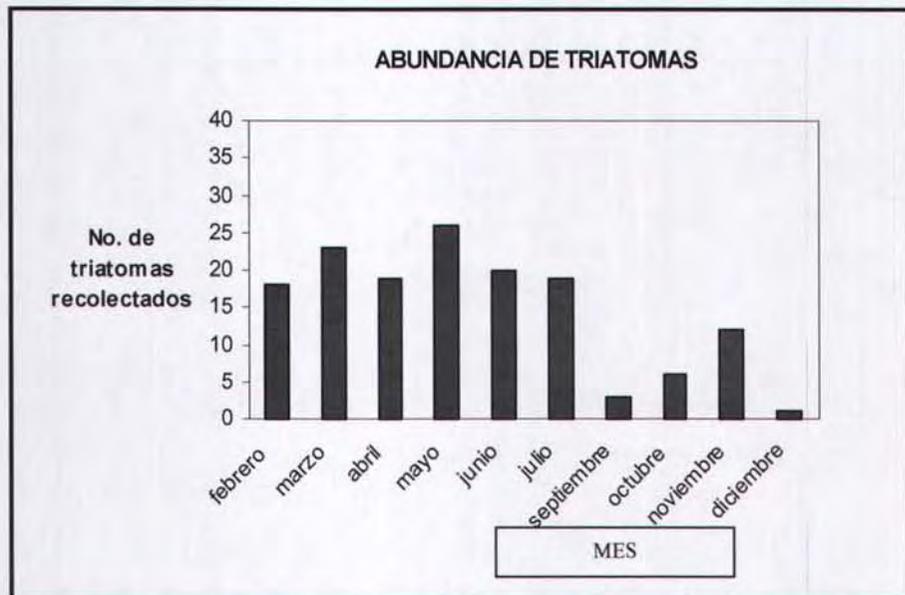


Figura 5.- Abundancia de triatomas. No. de triatomas colectados en el periodo de febrero-diciembre del 2004.

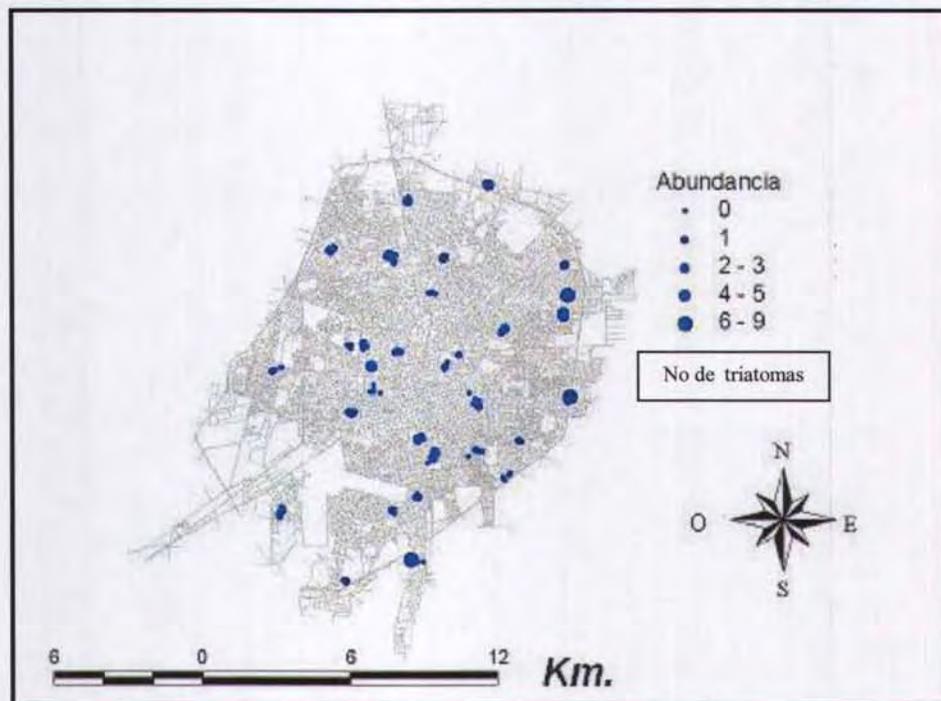


Figura 6. Ciudad de Mérida. Los puntos azules indican la abundancia de triatomas en las casas monitoreadas en la Ciudad.

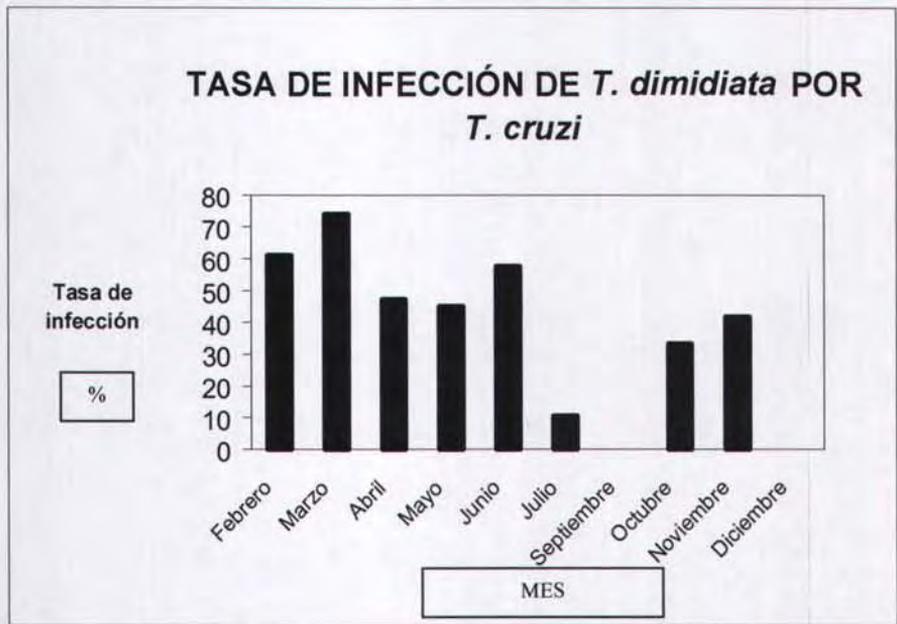


Figura 7.- Tasa de infección. % de la tasa de infección en los meses de Febrero-Diciembre del 2004.

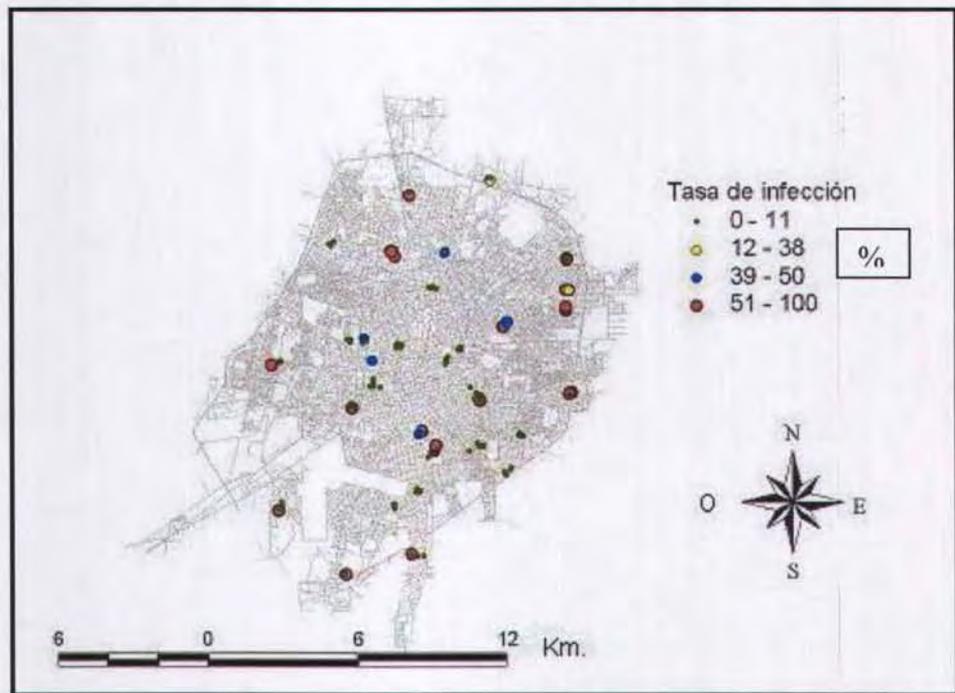


Figura 8.- Ciudad de Mérida. Distribución geográfica de la tasa de infección de triatomas, en las casas seleccionadas en la Ciudad.

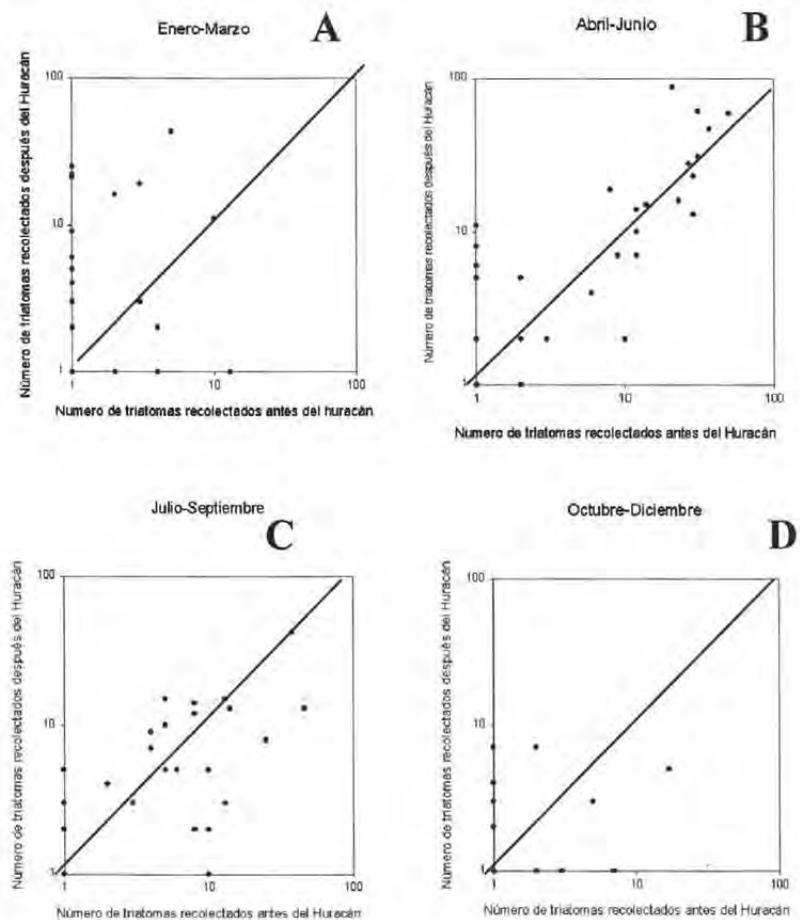


Figura 9. Comparación del número de Triatomas recolectados en el 2001 con el número de Triatomas recolectados en el 2003 en 4 periodos A enero-marzo, B abril- junio, C julio-septiembre D octubre-diciembre. Cada punto indica una comunidad. El número de Triatomas esta representado en escala logarítmica

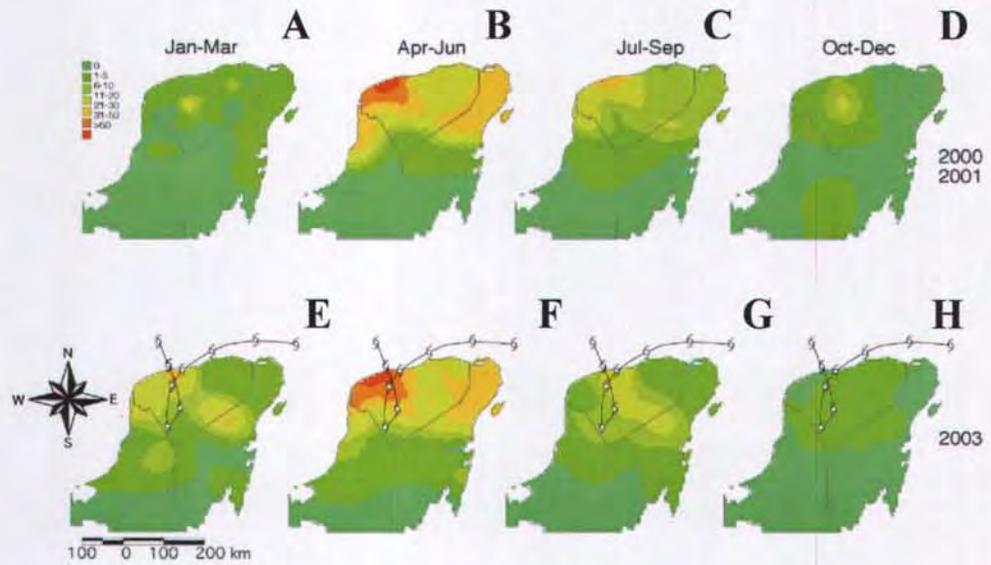


Figura 10.- Distribución geográfica de *T. dimidiata* en la Península de Yucatán en el 2001 y 2003. Los colores indican la abundancia en cada zona. A Periodo Enero Marzo. B Periodo Abril-Junio. C Periodo Julio-Septiembre. D Periodo Octubre-Diciembre. Los mapas del 2003 muestran la trayectoria del huracán Isidoro.

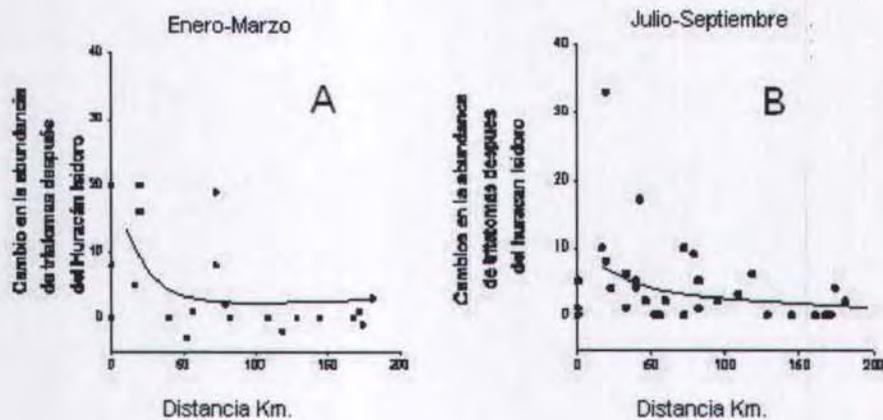


Figura 11. Relación entre los cambios del número de triatomas colectados función de la distancia del ojo del huracán a las comunidades Periodo Enero- Marzo **A.** Periodo Julio-Septiembre **B.** Cada punto indica una comunidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

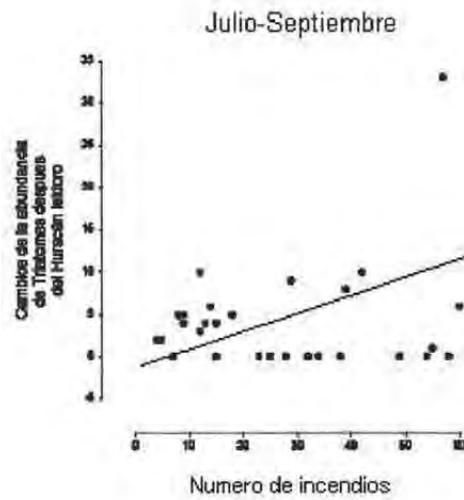


Figura 12. Relación del cambio del número de Triatomas absolutos colectados en el periodo Julio-Septiembre en función de los incendios ocasionados en las localidades en los meses de Enero a Junio del 2003. Cada punto indica una comunidad.

Cuadro 1
Variables estudiadas

| | |
|--|--|
| <p>□ Características de la casa</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No de cuartos en la casa 2. No de dormitorios 3. Material del techo (<i>Concreto o Lamina</i>) 4. Material de las paredes (<i>Concreto, bloque, Lamina o Mampostería</i>) 5. Material del piso (<i>Cemento o Tierra</i>) 6. Presencia de malla contra insectos en puertas y ventanas 7. Presencia de terrenos vecinos (<i>Terrenos baldíos con vegetación y parques</i>) 8. Distancia de centro a las casas mayor a 5 Km. (<i>La plaza principal se consideró como centro</i>) | <p>□ Características del patio</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño del patio 2. Material de la barda del patio (<i>Piedra y Otros (Concreto, bloque, Lamina Mampostería)</i>) 3. Presencia de pozo 4. Tipo de piso del patio (<i>Cemento y Tierra</i>) 5. Presencia de objetos (<i>Maderas, piedras, Llantas etc.</i>) 6. Presencia de árboles 7. Limpieza del patio 8. Fumigación del patio |
| <p>□ Características relacionadas a animales domésticos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de animales 2. Estancia de los animales en el día y en la noche (<i>En el patio e interior de la casa</i>) 3. Número de animales totales (No. de perros, gatos, conejos, Gallinas y Pollos, Patos, Pájaros y Pavos) 4. Número de mamíferos 5. Número de aves | <p>□ Características Socio-económicas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad de agua potable 2. Presencia de electricidad 3. Tipo de cama (<i>Hamaca, Hamaca y Cama y Cama</i>) 4. Fumigación del interior de la casa y frecuencia de fumigación al mes 5. Numero de adultos 6. Numero de niños 7. Origen de las personas (<i>Mérida, Sureste, Resto del país</i>) 8. Tiempo de vivir en la casa 9. Trabajo del jefe de la familia (<i>No trabaja, Profesionalista, Comerciante, otros</i>) 10. Identificación del Triatoma, 11. Conocimiento de la transmisión de <i>T. cruzi</i>. 12. Personas picadas por el triatoma |

Cuadro 2
Índices entomológicos de *T. dimidiata* en la ciudad de Mérida
(Febrero a Diciembre del 2004)

| ÍNDICE | % |
|--------------|------|
| Infestación | 38 |
| Densidad | 75 |
| * Dispersión | 87 |
| Colonización | 0.66 |
| Infección | 48 |

* El índice de dispersión se calculo por colonias

Cuadro 3
Análisis univariado de factores de riesgo de infestación con relación a las de las casa.
x = No. de casa con factor de riesgo / n = No total de casa muestreadas

| CASAS | | | | | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------|------------------|---------|------|-----------|
| VARIABLE | CON VECTOR | | SIN VECTOR | | | | |
| | | X/n | | x/n | P | OR | IC 95% |
| Material de las paredes | Bloque | 11/55 (20%) | Bloque | 6/83 (7.2%) | 0.0442* | | |
| | Bloque/ Acabado | 39/55 (70.9%) | Bloque/ acabado | 60/83 (72.3%) | | | |
| | Mampostería | 5/55 (9.1%) | Mampostería | 17/83 (20.5) | | | |
| Presencia de malla en ventanas | 12/50 (24%) | | 38/81 (46.9%) | | 0.0099* | 0.35 | 0.16-0.78 |
| Presencia de Terrenos baldíos con vegetación | 25/53 (47%) | | 28/83 (33.7%) | | 0.0041* | 4.0 | 1.8-8.8 |
| Distancia de las casas al centro mayor de 5 Km. | 38/56 (67.8%) | | 23/86 (26.74%) | | 0.0009* | 2.8 | 1.7-4.4 |
| No. de casas en las cuales hubo personas con conocimiento de <i>T. dimidiata</i> | 29/51 (56.86%) | | 24/79 (30.3%) | | 0.0035* | 3.0 | 1.4-6.2 |
| No. de casas en las cuales hubo personas afectadas por <i>T. dimidiata</i> | 16/51 (31.3%) | | 9/79 (11.39%) | | 0.0063* | 3.55 | 1.4-8.8 |

*Valor significativo de p, IC Intervalo de confianza

Cuadro 4

Análisis univariado de los factores de riesgo con relación al patio.

x = No. de casa con presencia de la variable / n = No. total de casa muestreadas

| CASAS | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|-----------|-----------|
| VARIABLE | CON VECTOR | | SIN VECTOR | | | | |
| | x/n | | X/n | P | OR | IC 95% | |
| Tamaño de patio (m2) | 269.6 ± 384 | | 115.94 ± 149.27 | 0.0039* | | | |
| Material de la barda | Piedra | 10/56 (16 %) | Piedra | 4/84 (5 %) | 0.011* | 4..35 | 2.06-7.77 |
| | Otros | 46/56 (84%) | Otros | 80/84 (95%) | | | |
| Material del suelo del patio | Tierra | 41/51 (80%) | Tierra | 47/79 (59.5%) | 0.013* | 2.79 | 1.2-6.3 |
| | Cemento | 10/51 (20%) | Cemento | 32/79 (40.5%) | | | |
| Presencia de objetos en patio | 36/51 (70.58%) | | 37/80 (46.25%) | 0.0071* | 2.06 | 0.98-4.35 | |
| Pavos | 0.01 ± 0.11 | | 0.15 ± 0.69 | 0.0782 | | | |
| Mamíferos | 1.08 ± 1.21 | | 1.5 ± 2.2 | 0.0966 | | | |

*Valor significativo de p, IC Intervalo de confianza

Cuadro 5

Análisis multivariado de los factores de riesgo con relación a la casa

| VARIABLE | B | ERROR ESTANDAR | VALOR DE P |
|--|---------|----------------|------------|
| Tipo de Paredes | -1.823 | 0.764 | 0.017* |
| Malla c/insectos en ventanas | -0.912 | 0.421 | 0.036* |
| Presencia de áreas verdes alrededor de la casa | -1.42 | 0.430 | 0.001* |
| Distancia del centro a las casa | -.429 | 0.172 | 0.012* |
| Tipo de Paredes & presencia de animales | -16.154 | 1.35 | 0.0001* |
| Malla c/insectos en ventanas & presencia de animales | 17.135 | 0.603 | 0.001* |

*Valor significativo de p

Cuadro 6**Análisis multivariado de los factores de riesgo con relación al patio**

| VARIABLE | B | ERROR ESTANDAR | VALOR DE P |
|---|---------|----------------|------------|
| Presencia de objetos en el patio | 1.400 | 0.583 | 0.016* |
| Casa vecinas & Distancia de las casas al centro Km. | - 2.639 | 1.376 | 0.0505* |

*Valor significativo de p

Cuadro 7**Análisis univariado de los factores de riesgo de infestación de triatomas infectados.**

| VARIABLE | CON VECTOR | SIN VECTOR | |
|---|------------|-------------|---------|
| Promedio del No. de perros | 2.19 ± 1.7 | 1.09 ± 0.97 | 0.0039* |
| Promedio del No. de mamíferos (perros, gatos y conejos) | 3.12 ± 2.9 | 1.43 ± 1.61 | 0.001* |

*Valor significativo de p

Cuadro 8**Tasa de infección de *T. cruzi* en *T. dimidiata* en algunas localidades**

Los datos se presentan como el numero de vectores positivos a *T. cruzi* / numero de vectores analizados (%).

| LOCALIDAD | TASA DE INFECCION 2001 | TASA DE INFECCIÓN 2003 | P |
|--------------|------------------------|------------------------|-------------|
| Dzizilche | 19 /41 (46%) | 4/10 (40%) | 0.50 |
| Tetiz | 0 /32 (0%) | 0/19(0%) | 0.75 |
| Suma | 1/17(5.8%) | 3/16(18.75 %) | 0.32 |
| Chacsinki | 3/14(21.4%) | 4/10(40%) | 0.28 |
| Bolonchen | 2/6(33%) | 2/4(50%) | 0.59 |
| Baca | 6/15(40%) | 1/19(11%) | 0.25 |
| Abala | 0/2(0%) | 0/3(0%) | 0.50 |
| Total | 31/127 (24 %) | 14/71 (20 %) | 0.48 |

La P corresponde a la prueba exacta de Fisher.

Cuadro 9

Valores obtenidos de la prueba del índice de Moran en el 2003

| PERIODOS | ÍNDICE DE MORAN | VALOR DE P |
|-------------------|-----------------|------------|
| Enero-Marzo | 0.1615 | *0.015 |
| Abril-Junio | -0.0924 | 0.0811 |
| Julio-Septiembre | -0.0281 | 0.2000 |
| Octubre-Diciembre | 0.0362 | 0.1271 |
| Anual | -0.0791 | 0.1635 |

*Valor significativo de p

10.- BIBLIOGRAFÍA

1. Acha A., 1988, **Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales**, Organización Panamericana de la Salud, Washington, EU.
2. Ache A., 2001, **Interrupting Chagas Disease transmission in Venezuela**, Revista Instituto Medicina Tropical de Sao Paulo, 43 (1):37-43.
3. Almeidal C., Vinhaes M., Almeidal J., Silveira A., Costa J., 2000, **Monitoring the domiciliary and peridomiciliary invasión process of *Triatoma rubrovaria* in state of Rio Grande do sul Brazil**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, 95(6): 761-768.
4. Barrera P., Rodríguez F., Guzmán M. y Zavala V., 1990, **Enfermedad de Chagas en el Estado de Yucatán Revisión de casos clínicos en la fase aguda de 1970-1989**, Revista Biomédica, 1(4):185-195.
5. Barrera P., Rodríguez F., Guzmán M. y Zavala V., 1991, **Estudio piloto para la detección de anticuerpos contra *Tripanosoma cruzi* en un grupo de donadores de sangre del estado de Yucatán**, Revista Biomédica, 2 (1):15-19.
6. Barrera P., Rodríguez F., Guzmán M. y Zavala V., 1992, **Prevalencia de la enfermedad de Chagas en el estado de Yucatán**, Revista Biomédica, 3 (3):133-138.
7. Bautista L., García G., Haro I. y Salazar-Shettino S., 1999, **Importance of *Triatomas pallidipennis* (Hemiptera: Reduviidae) as a vector *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidea) in the state of Morelos, México and possible Ecótopos**, Journal Medical Entomology, 36 (3): 233-235.
8. Cantarel J., Quintanal. R. y Zavala J., 1976, **La enfermedad de Chagas en Yucatán México (informe de transmisores)** Salud Publica de México, 18 (6): 999-1003.

9. Chadee D., y Kitron, 1999, **Spatial and Temporal Patterns of Imported Malaria Cases and Local Transmission in Trinidad**, American of Journal of Tropical Medical and Hygiene, 61(4):513-517.
10. Cohen J., 2001, **Modeling Household Transmission of American Trypanosomiasis**, Science, 293:694-698.
11. Cooper S., Foster D., Carton G. y Lezberg A., 1999, **Forest response to catastrophic wind: results from an experimental hurricane**, Ecology, 80 (8):2683-2696.
12. Costa J., Townsend P. y Beard B., 2002, **Ecologic niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, The most important Chagas Disease vector in Northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae)**, American Journal of Tropical Medical and Hygiene, 67 (5):516-520.
13. Cromley H., 2003, **GIS and Disease**, Annual Revist, Public Health, 24(7):7-24.
14. Curran J., Atkinson M., Foody M. y Milton J., 2000, **Linking remote sensing, land cover and disease**, Advances in Parasitology, 47:37-72.
15. **Curso "Introducción Arc View 3.2**, 2003, Programa ECOATLAS, Fundación IDR.
16. Dumonteil E., 1999, **Update on Chagas Disease in México**, Salud Publica de México, 41 (4):322-327.
17. Dumonteil E., 2002, **Efectos del clima y de los desastres naturales sobre las enfermedades transmitidas por vectores**, Secuelas del Huracán Isidoro, Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C. Mérida, Yucatán.
18. Dumonteil E., Barrera P., Rodríguez E., Ruiz P., Baños L., Ramírez S., Menu F., y Rabinovich, 2002, **Geographic distribution of *T. dimidiata* and transmisión dynamics of *Tripanosoma cruzi* in the Yucatán Península of México**, American Journal of Tropical Medical and Hygiene, 67 (2):176-183.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

19. Dumonteil E., Barrera P., Rodríguez E., Ruiz P., Baños L., Ramírez S., Menu F., y Rabinovich, 2004, **Predicting *T. dimidiata* abundance and infection rate: a risk map of transmission of Chagas disease in the Yucatán Peninsula of México** American Journal of Tropical Medical and Hygiene, 67 (2):176-183.
20. Dumonteil E., Barrera P., Rodríguez E., Ruiz P., Baños L., Ramírez S., Menu F., y Rabinovich, 2004, **Pre-infestation of house by *T. dimidiata* after intradomicile insecticide application in Yucatán peninsula of México**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, Río de Janeiro, 99:1-4.
21. Enger K., Ordoñez R., Wilson . y Ramsey J., 2004, **Evaluation of risk for rural infestation by *Triatoma pallidipennis* (Hemiptera: Triatominae), a Mexican vector of Chagas**, Journal of Medical Entomology, 41 (4):760-767.
22. Falavigna G., 2001, **Triatomines in the Domiciliary Environment and Chagas Disease Transmission in Municipalities in Northwestr Parana State Brazil**, Resvista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo, 43(1):20.
23. Farfan A., Loroño P., Flores F., Rosado P. y Arjona T., 1992, **Prevalencia de anticuerpos contra *Toxoplasma gondii* y *Trypanosoma cruzi* en el estado de Yucatán**, Revista Biomédica, 3(1):8-12.
24. Gajate P., Pietrokovsy S., Orregon A., Perez O., y Monte a., 2001, ***Triatoma infestans* in greater Buenos Aires, Argentina**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, 96(4):473-477.
25. Galvao C., Jurberg J., Carcavallo R., Segura C., Galíndez G. y Curto S., **Distribuição geográfica e dispersão alti-latitudinal de alguns generos e especies da tribo Triatomini jeannel 1919 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae)**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, 93 (1):33-37.
26. Githeko K., Lindsay W., Confalonieri E., y Patz J., 2000, **Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis**, Bulletin of the World Health Organization, 78 (9):1136-1147.

27. Goldman G., 1999, **Exposición ambiental después de una catastrofe natural, Enfermedades Transmisibles y su control después de desastres naturales**, ED. Limusa, México.
28. Grijalva M., Palomeque-Rodriguez F., Costales J., Davila S. Y Arcos-Teran L., 2005, **High Household Infestation Rates by Synantropic Vector of Chagas Disease in Souther Ecuador**, Journal Medical Entomology, 42 (1):68-74.
29. Guzmán C., 2001, **Epidemiology of Chagas disease in Mexico: an update**, Trends in Parasitology, 17, (8):372-376.
30. Guzmán M., 1990, **Los transmisores de la enfermedad de Chagas**, Revista Biomédica, 1(3):145-153.
31. Guzmán M., Barrera P., Rodríguez F., Escobedo O., Zavala V., 1990, **Índices entomológicos de *T. dimidiata* en el estado de Yucatán**, Revista Biomédica, 2:20-29.
32. Guzmán M., Barrera P., Rodríguez F., Rodríguez E. y Zavala V., 1992, **Hábitos biológicos de *T. dimidiata* en el estado de Yucatán** Revista Biomédica, 3 (3):125-131.
33. Guzmán M., Barrera P., Rodríguez F., Rodríguez E., Zavala V. y García J., 1994, **La temperatura como factor de diferenciación de *Trypanosoma cruzi* en el *T. dimidiata***, Revista Biomédica, 5 (1):33-37.
34. Hendrickson L., Vogt L., Goebert D., Pon E., 1997, **Morbidity on Kauai before and after hurricane Iniki**, Preventive Medicine, 26: 711-716.
35. Kovats S., 2000, **El Niño and human health**, Bulletin of the World Health Organization, 78 (9):1127-1135.
36. Ley General de salud
37. López D., Quintero M., Salazar S., 2000, **Estado actual de la familia Reuviidae (Insecta Hemiptera) en la transmisión de *Trypanosoma cruzi* a mamíferos en**

- América Latina, Estudio recapitulativo**, Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
38. Mark S., Rojas J., y Zeledón R. 1991, **Risk Factor for house infestation by *T. dimidiata*, the major vector of *Trypanosoma cruzi* in Costa Rica**, American Journal of Epidemiology, 133 (7):740-747
 39. Martinez J., Barcenas-Ortega M., Noguera B., Alejandro R., Lino M., Magallon E., Lopez V., Romero J., 2001, **Role of two triatoma (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) to main in the west coast of Mexico**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, 96 (2):141-144.
 40. Molyneux D., 2003, **Climate change and tropical disease**, Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 97:129-132
 41. Molyneux D., Walsh F. y Birley H., 1993, **Deforest : effects on vector-borne disease**, Ed. Health Impact Programme at the Liverpool School of Tropical Medicine, Parasitology, 106:S55-S75.
 42. Nasci R., 1998, **Vector-borne disease surveillance and natural disasters**, Emerging Infectious Diseases, 4 (2):333-334.
 43. Noguera B., Ramírez E. y Cortes M., 1993, **Evaluación de la capacidad de transmisión de *Trypanosoma cruzi* de cinco especies de triatominos (insecta: Reduviidae)**, Revista del Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológica IPN, 26:3-12.
 44. Norma Oficial Mexicana NOM 032-SSA2, 2003, Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vectores.
 45. Piesman J., Sherlock IA., 1983, **Host availability limits population density of *Panstrongylus megistrus***, American Journal of Tropical Medical and Hygiene, 32 :1445-1450.

46. Quintal R., Polanco G., **Feeding preferences of *T. dimidiata maculipennis* in Yucatán, México**, American Journal of Tropical Medical and Hygiene 40(2):72-78.
47. Quintanal. R., Zavala J. y Rodríguez M., 1975, **La enfermedad de Chagas en el estado de Yucatán México**, Revista Investigación Clínica, 27:255-258.
48. Ramsey J., Tello L., Polos J., 2003, **Iniciativa para la vigilancia y control de la enfermedad de Chagas en la República Mexicana**, ED. Instituto Nacional de Salud Publica, Cuernavaca Morelos, México.
49. Ramsey J., Polos J., 2004, **Factors risk of transmission of *Triatoma pallidipennis* in state of Morelos**, Journal Medical Entomology, 41(4):762-767
50. Report of a Who Expert Committee, 1991, **Control of Chagas Disease**, World Health Organization, Switzerland.
51. Schofield C., Diotaiuti L., Dujardin J., 1999, **The process of domestication in *Triatominae***, Memories do Institute Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 94 Suppl. 1:375-378.
52. Setzer C., Domino E., 2004, **Medicail outpatient utilization for waterborne pathogenic illness following hurricane Floyd**, Public Health Report, 119:472-478.
53. Sgambatti L., Zicker F., García I., Renato M., Simonne A., y Martelli C., 1995, **Evaluation of risk factors for house infestation by *Triatoma infestans* in Brazil**, The American Society of Tropical Medicine and Hygiene, 53 (5):443-447.
54. Silvana L., Rojo H. y Wisniversky-Coll C., 1995, **Ecología urbana de *Triatoma infestans* en Argentina asociación entre *Triatoma infestans* y palomares**, Revista de Salud Publica de San Paulo, 93 (31):172-175.
55. Silveira A., Resende D., Hisenia M. y Maxio C., 1984, **Risk measure of domestic transmisión of Chagas disease through a new entomological indicator**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, Suppl. 79:113-115.

56. Starr M., Rojas C., Zeledón R. Hird D. Y Carpenter E.,1991, **Chagas disease: Risk Factor for House Infestation by *Triatomas dimidiata*, the major Vector of *Trypanosoma cruzi* in Costa Rica**, American Journal of Epidemiology, 133 (7):740-747.
57. Tay J., Salazar S., Paz M., Ruiz H., 1980, **Resumen de los hallazgos sobre enfermedad de Chagas en México**, Facultad de Medicina, ED. Universidad Nacional Autónoma de México
58. Thompson M., Stephen C., Alessandro U. y Barry R., 1999, **Predicting Malaria infection in Gambian Children from satellite data and bed net use surveys: the importance of spatial correlation in the interpretation of results**, American Journal of Tropical Medical and Hygiene, 61(1):2-8
59. Townsend P., Sánchez V., Beard B. y Ramsey M., 2002, **Ecologic niche modeling and potencial reservoirs for Chagas Disease, Mexico**, Emerging Infectious Diseases, 8 (7):662-667.
60. Valles S., Rojo H. y Wisnivesky C., 1995, **Ecología urbana de *Triatoma infestans* en Argentina asociación entre *Triatoma infestans* y palomares**, Salud Publica 29 (31):192-198.
61. Velasco C., Valdespino J., Tapia R., Salvatierra, B., Guzmán C., Magos C., Llausas A., Gutiérrez G., Sepúlveda J., 1992, **Seroepidemiología de la Enfermedad de Chagas en México**, Salud Pública de México, 34 (2): 1-19.
62. Vidal V., Ibáñez S., Martínez C. y 2000, **Infección natural de chinches *Triatominae* con *Trypanosoma cruzi* asociados a la vivienda humana en México**, Salud Publica de México, 42 (6):496-500.
63. Wood S., 1987, **Importance of feeding and defecation times of insect in transmission of Chagas Disease**, Journal Entomology, 44:544
64. World Health Organization, **Reducing risk protecting healthy life**, The World Health Report 2000. World Health Organization, Geneva, 2000.

65. www.semarnat.gob.mx
66. www.WHO.intr/TDR www.trends.com/pt/
67. Zarate G. y Zarate J., 1985, **A checklist of the Triatominae (Hemiptera: reduviidae) of México**, International Journal of Entomology, 27(1):102-127.
68. Zavala C., Gutiérrez F., Barrera P., Bolio S. y Zavala V., 1995, **Cardiopatía chagásica crónica detectada en pacientes del hospital general Regional O Horan, Mérida, Yucatán, México**, Archivo del Instituto de Cardiología de México, 65:541-545.
69. Zavala V., 2003, **La enfermedad de Chagas en el estado de Yucatán México (1940-2002)** Revista Biomédica, 14:35-43.
70. Zeledón R., 1981, **El *T. dimidiata* y su relación con la enfermedad de Chagas**. ED. Universidad estatal a distancia San José, Costa Rica.
71. Zeledón R., Montenegro V. y Zeledon O., 2001, **Evidence of colonization of man-made ecotopes by *T. dimidiata* (Latreille, 1811) in Costa Rica**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, 95 (5):659-660.
72. Zeledón R., Ugalde J., Paniagua L., 2001, **Entomological and ecological aspects of six sylvatic species of Triatomines (Hemiptera Reduviidae) from the collection of the national biodiversity institute of Costa Rica, Central America**, Memories do Institute Oswaldo Cruz, 96(6):757-764.
73. Zizumbo D., 2003, **Impacto ecológico del huracán Isidoro en su paso por la península de Yucatán**, Revista Universidad Autónoma de Yucatán, 18(224):3-8.