

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Dinámica espacio-temporal de triatominos (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae)
silvestres y domiciliarias en una comunidad rural de la Provincia de Manabí
Ecuador.**

**Disertación previa a la obtención del título de Licenciado
en Ciencias Biológicas**

DAVID ANDRÉS TERÁN MERA

Quito, 2010

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Yo, Dr. Olivier Dangles, certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas del candidato David Andrés Terán Mera ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Quito, 5 de noviembre del 2010

Atentamente,

Dr. Olivier Dangles

DIRECTOR DE LA DISERTACIÓN

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quiero agradecer al Dr. Olivier Dangles, quien con su dirección y rigurosidad hizo que esta disertación sea una investigación de calidad. Quien con su ayuda y sus sabios consejos, me ayudó a desarrollar un trabajo de rigurosidad científica. Muchas gracias por su apoyo, tiempo y comprensión.

Al Dr. Mario Grijalva, director del Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas (CIEI), quien con su apoyo y rigurosidad, en todo momento hizo de esta investigación un éxito. También a los miembros del CIEI en especial a Anita Villacis, Sofia Muñoz, Esteban Baus, Cesar Yumiseva, por su ayuda oportuna en las diferentes fases de la investigación.

Emito un agradecimiento al personal del Programa Nacional de Chagas y a los miembros del Servicio Nacional para la Erradicación de la Malaria por la ayuda brindada en la fase de campo. A las personas de la comunidad El Bejuco, en especial a los propietarios de las viviendas que se visitaron, ya que sin su ayuda y confianza al dejarnos visitar sus viviendas este estudio no hubiese culminado exitosamente.

Un gran agradecimiento a mi padre Edgar Terán, mi madre Islandia Mera y mi hermana Paulina Terán, por su apoyo incondicional, al extenderme su mano en los momentos en los que más los necesite y guiarme para llegar a ser un profesional.

A Marcos Iza, Andrea Zurita, Fernanda Latorre, Luis Camacho, Diego Páez, Marcel Caminer, compañeros y amigos de estudio, por su apoyo constante durante la carrera y durante el periodo de investigación.

Por último, quiero agradecer por el apoyo financiero brindado por European Union Seventh Framework Programme, al Programa Nacional de Chagas del Ministerio

de Salud Pública del Ecuador, ChagasEpiNet; UNICEF/UNPD/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR/WHO); PLAN Internacional Ecuador, Children's HeartLink, a la Universidad de Ohio y al CIEI de la PUCE.

Muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	V
TABLA DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE ANEXOS	XIV
1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	5
3.1.1. EPIDEMIOLOGÍA.....	5
3.1.2. IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN	5
3.1.3. SINTOMATOLOGÍA , PREVALENCIA E INCIDENCIA.....	6
3.1.4. CICLO DE VIDA DE <i>T. cruzi</i>	6
3.2. VECTORES DE LA ECh	7
3.3. ECOLOGÍA DE LOS TRIATOMINOS.....	8
3.4. CONSIDERACIONES EN EL CONTROL DE LA ECh	9
3.5. CONTROL DE LA ECh MEDIANTE AGENTES QUÍMICOS Y RE- INFESTACIÓN DE VIVIENDAS	11
3.6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	13
3.6.1. OBJETIVO GENERAL	13
3.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13

4. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. FASE DE CAMPO	14
4.1.1. ÁREA DE ESTUDIO:.....	14
4.1.2. METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE TRIATOMINOS	15
4.1.1.1. VISITA A LA COMUNIDAD.....	15
4.1.1.2. COLECCIÓN DE TRIATOMINOS EN VIVIENDAS.....	15
4.1.1.3. COLECCIÓN DE TRIATOMINOS EN AMBIENTE SILVESTRE.....	17
4.2. FASE DE LABORATORIO.....	19
4.2.1. IDENTIFICACIÓN Y CONTAJE DE ESPECIMENES	19
4.2.2. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO DE TRITOMINOS COLECTADOS....	19
4.3. ANÁLISIS DE DATOS.....	20
4.3.1. ESTATUS POBLACIONAL DE TRIATOMINOS SILVESTRES Y DOMICILIARES	20
4.3.2. PROBABILIDAD DE INFESTACIÓN.....	20
4.3.3. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO DE TRITOMINOS COLECTADOS.....	21
4.3.4. BOXPLOT DE INFESTACIÓN	21
4.3.5. PROPORCIÓN NORMALIZADA DE INFESTACION VIVIENDAS vs. SILVESTRE.....	21
4.3.6. FUNCIÓN $G(r)$ PARA DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS POSITIVOS	21
4.3.7. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRITOMINOS EN MICROHÁBITATS	22

4.3.8.	PLOTS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRIATOMINOS SILVESTRES.....	22
4.3.9.	CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MACROHÁBITATS.....	23
5.	RESULTADOS	24
5.1.	RECOLECCIÓN DE TRIATOMINOS.....	24
5.1.1.	ABUNDANCIA DE TRIATOMINOS EN VIVIENDAS Y PUNTOS SILVESTRES MUESTREADOS	24
5.2.	ESTRUCTURA POBLACIONAL DE TRIATOMINOS SILVESTRES.....	25
5.3.	ESTRUCTURA POBLACIONAL DE TRIATOMINOS, INFESTACIÓN Y REINFESTACIÓN DE VIVIENDAS	26
5.4.	PROBABILIDAD DE INFESTACIÓN POR TRIATOMINOS EN VIVIENDAS Y AMBIENTE SILVESTRE	27
5.5.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRIATOMINOS EN MICROHÁBITAT	27
5.6.	PLOTS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRIATOMINOS SILVESTRES	28
5.7.	CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MICROHÁBITATS.....	28
5.8.	CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MACROHÁBITATS	29
5.9.	ANÁLISIS PARASITOLÓGICO DE TRITOMINOS COLECTADOS	30
6.	DISCUSIÓN	31

6.1. RECOLECCIÓN Y ESTRUCTURA POBLACIONAL DE TRIATOMINOS DE TRITOMINOS	31
6.2. PROBABILIDAD DE INFESTACIÓN POR TRIATOMINOS EN VIVIENDAS Y AMBIENTE SILVESTRE E INFESTACIÓN Y REINFESTACIÓN DE VIVIENDAS	33
6.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRIATOMINOS: FUNCIÓN $G(r)$ PARA DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS POSITIVOS y MAPAS DE PLOTS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRIATOMINOS SILVESTRES	35
6.4. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIAATOMINOS EN MICROHÁBITATS.....	37
6.5. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIAATOMINOS EN MACROHÁBITATS	40
6.6. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO.....	42
7. LITERATURA CITADA	45
8. FIGURAS.....	51
9. TABLAS.....	69
10. ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa de de distribución de la ECh en las Américas..	52
2. Ciclo de vida de <i>Trypanosoma cruzi</i> ..	53
3. Ubicación de la comunidad seleccionada para el estudio..	54
4. Mapa de infestación de la comunidad El Bejuco 2008..	55
5. Ambientes muestreados en viviendas del área de estudio..	56
6. Rociada de una vivienda con presencia de triatominos..	57
7. Procedimiento utilizado para la recolección de triatominos en los diferentes microhábitats silvestres muestreados..	58
8. Mapa representativo de los puntos muestreados dentro del cuadrante..	59
9. Temperatura y humedad tomadas en las visitas a la comunidad..	60
10. Estructura poblacional de triatominos en puntos silvestres y en intra- peridomicilio en la comunidad de El Bejuco, Provincia de Manabí..	61
11. Comparación en Boxplot de triatominos colectados por visita a la comunidad.....	62
12. Comparación entre la infestación de viviendas e infestación de puntos silvestres.	63
13. Función $G(r)$ para el cuadrante silvestre en las visitas a la comunidad 1 (Jun- 2009) 2 (Ago)..	64
14. Mapas en función de la densidad de triatominos en el cuadrante silvestre y viviendas, en las diferentes visitas a la comunidad.	65
15. Representación gráfica del análisis de MANOVA/CVA para puntos positivos..	66

16. Representación de un ciclo de presencia de triatominos con las diferentes variables en las diferentes vivitas a la comunidad.....67
17. Análisis parasitológico realizado a los triatominos colectados..68

LISTA DE TABLAS

Características de la comunidad tomadas en las visitas a la comunidad.....	70
Estructura poblacional de triatominos en ambiente silvestre en la comunidad de El Bejuco, Provincia de Manabí.....	71
Estructura poblacional de triatominos por viviendas en la comunidad de El Bejuco, Provincia de Manabí.....	71
Determinación de estatus de viviendas muestreadas.....	72
Especies vegetales presentes en el cuadrante, en las cuales se realizaron búsquedas manuales.....	73
Índice de infestación en ambiente silvestre y viviendas.....	74
Probabilidad normalizada para encontrar puntos y viviendas positivas.....	74
Regresión lineal para la probabilidad de infestación de puntos silvestres positivos y viviendas positivas.....	75
Índices de colonización, Hacinamiento, Densidad.....	75
Análisis de GLM para las diferentes variables en microhábitat.....	76
Análisis de puntos positivos para macrohábitats en MANOVA/CVA, en las diferentes visitas a la comunidad para las variables explicativas.....	77
Comparación de pares (Post-Hoc test). Se observa el análisis de puntos positivos para macrohábitats en MANOVA/CVA.....	77

LISTA DE ANEXOS

1. Formulación, LD₅₀, LC₅₀, y concentraciones de campo de los piretroides utilizados para el rociado del interior de viviendas para el control de triatominos. . 79
2. Consentimiento informado utilizado en la autorización de ingreso a las viviendas en las diferentes visitas..... 80
3. Programación utilizada en la generación de 70 puntos. La programación fue digitada en el Software R..... 81
4. Ficha utilizada para la toma de datos silvestres..... 82
5. Ficha electrónica utilizada para el ingreso de datos. 83
6. Programación utiliza en Software R en puntos positivos para la determinación de patrones de distribución..... 84
7. Programación utiliza en Software R para el análisis de correlaciones entre factores ecológicos y presencia de triatominos (GLM), aplicada para microhábitats positivos. 85

1. RESUMEN

La enfermedad de Chagas (ECh) fue descrita por primera vez por Carlos Chagas en 1909, es causada por el protozoo flagelado llamado *Trypanosoma cruzi*, se encuentra distribuida desde el paralelo 42°N en el sur de los Estados Unidos hasta el paralelo 42°S en el sur de Argentina-Patagonia. A nivel mundial, es considerada la tercera enfermedad tropical más importante; en Ecuador, en una población de 13.228.000 habitantes, se estima que 230.000 personas se encuentran infectadas con *T. cruzi*, mientras que 6.200.000 se encuentran en riesgo de contraer la enfermedad. La ECh es un grave problema de salud pública, considerando que no existe una vacuna o drogas que reduzcan la mortalidad cuando la enfermedad se encuentra en su etapa crónica, por lo que su control es primariamente vectorial por medio de insecticidas, utilizados para la eliminación domiciliar de los triatomos. En los últimos años la resistencia por parte de los triatomos a insecticidas se ha tornado una emergencia, cambiando la visión del control vectorial, considerando las complicaciones de su control por medio de agentes químicos y la infestación y re-infestación de viviendas a partir de vectores silvestres. En el presente estudio se realizó 7 visitas, con intervalos de 2 meses entre visitas, durante un periodo de 12 meses a la comunidad El Bejuco, Provincia de Manabí. En la cual se realizó un cuadrante con un área de 1000 x 400 metros, y se visitaron 12 viviendas. Se realizó búsquedas manuales a nivel silvestre y de viviendas en diferentes microhábitats tales como nidos de aves y mamíferos, acumulaciones de material, atrás de cuadros, bajo camas, acumulaciones de tablas, bajo colchones, acumulaciones de alimentos. Durante el estudio se recolectaron 886 triatomos, siendo a nivel silvestre Agosto la visita con mayor número de triatomos, mientras que en viviendas Junio 2009 fue la visita en la que se colectó el mayor número de triatomos. Se observó un mayor número de triatomos a

nivel de viviendas comparado con el nivel silvestre. Los resultados siguieron un patrón de distribución al azar ($p > 0.05$). Con los mapas de densidad se observa que existió una mayor distribución de triatomíneos en el cuadrante la cual va disminuyendo con el paso del tiempo. En el análisis parasitológico realizado en triatomíneos proveniente de ambiente silvestre y viviendas se observa que en todas las visitas se obtuvo *T. cruzi*. Adicional se determinó que las variables “fecha”, “altura”, “tipo de microhábitat”, están significativamente correlacionadas con la presencia y cantidad de triatomíneos al igual que las interacciones “fecha × altura”, “fecha × tipo de árbol”, “fecha × tipo de animal” ($p < 0.001$). También se pudo determinar que existen variables las cuales pueden estar determinando la presencia de triatomíneos según la fecha en la que se encuentren. Es por esto que se recomienda realizar estudios a nivel silvestres en los cuales se consideren factores detallados como tamaño de cultivos, densidad de plantas, comportamiento de mamíferos temporalmente y como varían los linajes de *T. cruzi* temporalmente.

Palabras clave: Chagas, recolección, interacción, silvestres, domicilio, temporalidad, factores ambientales.

2. ABSTRACT

Chagas disease (CD) was described by Carlos Chagas in 1909. It is caused by the flagellate protozoan *Trypanosoma cruzi*, which is distributed from latitude 42 ° N in the southern United States to the parallel 42 ° S in southern Argentina-Patagonia. Worldwide, chagas is considered the third most important tropical disease; in Ecuador, with a population of 13.228.000 inhabitants, an estimated 230.000 people are infected with *T. cruzi*, while 6,200,000 are at risk of contracting the disease. CD is a serious public health problem, considering that there is no vaccine or drugs to reduce mortality when the disease is in its chronic stage, so it's control is based primarily on vector control with insecticides, which are used for household elimination of triatomines. In recent years, resistance from triatomines to insecticides has become an emergency, changing the points of view on vector control. Complications of their control by means of chemical agents and the risk of infestation and reinfestation of houses from vectors in the wild need to be taken into consideration. In the present study, 7 visits were made at intervals of 2 months between visits, over a period of 12 months at El Bejuco Community, Manabi Province. A quadrant with an area of 1000 x 400 meters was established and 12 homes were visited. Manual search was conducted in the sylvatic and housing areas in different microhabitats such as bird and mammal nesting places, accumulation of sticks, behind boxes, under beds, log accumulations under mattresses, food accumulations. During the study, 886 triatomines were collected.

The highest number of triatomines collected in August were wild, while in June 2009 the highest number of triatomines were collected at homes.

There was an overall higher number of triatomines collected in housing areas than in the wild. The results followed a pattern of random distribution ($p > 0.05$). The density maps

show that there was a greater distribution of triatomines in the quadrant, and it decreased over time. Parasitological examination performed in triatomines from the wild and houses showed that triatomines from all visit carried *T. cruzi*.

Additionally, it was determined that variables such as "date", "height" and "type of microhabitat, are significantly correlated with the presence and amount of triatomine, and the following interactions were found: "fecha × altura", "fecha × tipo de árbol", "fecha × tipo de animal" ($p < 0.001$). It was also determined that there are variables which may be determining the presence of triatomines in relation to dates. That is why I recommend that there should be more studies regarding wild populations, where factors such as crop size, plant density, the behavior of mammals and the temporary variation of *T. cruzi* lineages can be considered.

Keywords: Chagas, collection, interaction, sylvatic, houses, timing, environmental factors.

3. INTRODUCCIÓN

3.1.1. EPIDEMIOLOGÍA

3.1.2. IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN

La enfermedad de Chagas (ECh) o Tripanosomiasis Americana, descrita por primera vez por Carlos Chagas (1909), es causada por el protozoo flagelado llamado *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae). Presenta una gran historia natural a lo largo del tiempo tanto así que se ha encontrado rasgos de *T. cruzi* en momias de 9000 años AC a 4500 años DC (Aufderheide *et al.*, 2004). La ECh se encuentra distribuida desde el paralelo 42°N en el sur de los Estados Unidos hasta el paralelo 42°S en el sur de Argentina-Patagonia (Texeira, 2006) (Figura 1). A nivel mundial, es considerada la tercera enfermedad tropical más importante tras la malaria y la esquistosomiasis (PAHO, 2006; WHO, 2002).

En Ecuador, en una población de 13.228.000 habitantes, se estima que 230.000 personas se encuentran infectadas con *T. cruzi*, con una tasa de incidencia de 0,017; mientras que 6.200.000 se encuentran en riesgo de contraer la enfermedad en zonas endémicas por medio de transmisión vectorial, transfusional, congénita y otras vías alternativas (PAHO, 2006; WHO, 2002). La ECh es la causante de una pérdida per cápita de años de vida sana de la población de tercer mundo 15 veces mayor que en países en desarrollo y aproximadamente el doble que para lesiones no intencionales como accidentes laborales o accidentes de tránsito (Pruss-Ustun y Corvalán, 2007).

La ECh en Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, países de la subregión andina, al presentar características particulares como son: su amplio rango de altitud, una biogeografía variable en latitud, diversidad socioeconómica-cultural, diversidad étnica, diferentes

características de peri e intradomicilio, amplios y diferentes vectores transmisores *T. cruzi* son susceptibles a la incidencia de la ECh (Salvatella, 2007; Guhl, 2007).

3.1.3. SINTOMATOLOGÍA , PREVALENCIA E INCIDENCIA

La ECh atraviesa 3 etapas sucesivas; La fase aguda tiene un periodo de duración 6-8 semanas, en esta fase muchos de los pacientes no presentan ninguna sintomatología aparentando estar saludables. Esta puede ser detectada mediante análisis parasitológicos directos (microscopia) o indirectos (PCR o xenodiagnosis). La fase siguiente es llamada indeterminada, debido a que la mayoría de los pacientes no presentan síntomas aunque se está produciendo daño en órganos, es por esto, que algunos de estos pacientes pueden vivir en esta fase por toda la vida sin presentar una aparente sintomatología. La detección de la ECh en esta fase es mediante análisis serológicos. Transcurrido varios años, del 10-40% de los pacientes inician con sintomatología presentando lesiones en varios órganos como son: corazón, esófago y colón principalmente, estos daños pueden producir la muerte del individuo, a este periodo o fase se lo conoce como crónica (WHO, 2002).

3.1.4. CICLO DE VIDA DE *T. cruzi*

El protozoo flagelado llamado *Trypanosoma cruzi*, presenta un ciclo de vida muy complejo el cual incluye hospederos (mamíferos) y vectores (insectos) (Gorla, 2002) (Figura 2).

El ciclo incluye tres estadios: tripomastigote sanguíneos, los cuales se encuentran de forma libre en la sangre de los hospederos vertebrados y son ingeridos por los triatominos al alimentarse. Una vez ingeridos por los triatominos estos pasan al intestino medio en donde

evolucionan a su forma multiplicativa llamada epimastigote, estos llegan a la porción posterior del intestino del vector y cambian a su forma tripomastigotes metacíclicos los cuales se encuentran en las heces de los triatominos siendo la forma infectiva para los mamíferos. La herida producida por los triatominos para la alimentación es la puerta abierta para el ingreso del parásito al hospedero vertebrado; el cual ayuda con el ingreso frotándose la herida una vez terminada la alimentación. El parásito también puede ingresar por las mucosas de los vertebrados. Una vez que han ingresado los tripomastigotes metacíclicos a la célula del hospedero del vertebrado cambia a su forma amastigote la cual pierde su movilidad al perder su flagelo. Una vez en el interior de la célula evolucionan a tripomastigotes los cuales son liberados al espacio extracelular y torrente sanguíneo (Coura y Borges-Pereira, 2010) (Figura 2).

3.2. VECTORES DE LA ECh

Los insectos vectores de *T. cruzi* son insectos hematófagos de la subfamilia Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), llamados de esta manera por sus hábitos de succionar sangre y por su morfología asociada con la búsqueda de hospedero y alimentación con sangre. Su ciclo está conformado por reproducción sexual, puesta de huevos, cinco estadios ninfales (de NI a NV) y adultos (macho o hembra) los cuales son los únicos con alas en todo el ciclo. Estos se encuentran involucrados en la transmisión primaria de la ECh por medio de sus heces infectadas (Rassi *et al.*, 2000; Durmonteil *et al.*, 2004; Medina-Torres *et al.*, 2010; Villacís *et al.*, 2008; Schofield y Galvao, 2009).

Existen tres géneros en los cuales se encuentran los vectores más importantes en la transmisión de la ECh (*Triatoma*, *Rhodnius* y *Panstrongylus*). En Ecuador en estos tres géneros se encuentran 16 especies de Triatominos, de las cuales cinco se encuentran

principalmente involucradas en la transmisión de *T. cruzi* (*Triatoma dimidiata*, *T. carrioni*, *Rhodnius ecuadoriensis*, *R. pictipes* y *R. robustus*), pero otras especies pueden jugar este rol en otras áreas (*Panstrongylus geniculatus*, *P. rufotuberculatus*, *P. howardi*, y *P. chinai*) (Aguilar *et al.*, 1999; Bacigalupo *et al.*, 2006; Grijalva *et al.*, 2005; Monroy *et al.*, 2003; Villacís *et al.*, 2008).

R. ecuadoriensis se encuentra distribuido en Ecuador y Perú, en donde sobrevive en una variada gama de condiciones, es considerada endémica de estas zonas (Abad-Franch *et al.*, 2009). En Ecuador es considerada el segundo vector más importante involucrado en la transmisión de la ECh tras *T. dimidiata*, debido a su extensa distribución, ya que se lo puede encontrar en las diferentes regiones del país (Abad-Franch y Monteiro, 2007). El tiempo que presenta *R. ecuadoriensis* para su desarrollo de huevo hasta adulto en las provincias de Manabí y Loja, en Ecuador, es de 189.9 ± 20 días y 181.3 ± 6.4 días respectivamente, generándose un ciclo de vida bianual. Adicionalmente las poblaciones de las dos regiones presentan diferencias morfológicas en tamaño corporal lo cual se ha generado con el paso del tiempo, esto se puede deber a las diferencias en los factores climáticos que presentan estas zonas (Villacis *et al.*, 2008).

3.3. ECOLOGÍA DE LOS TRIATOMINOS

Los insectos presentan varios ritmos diarios los cuales dan una amplia variedad de procesos comportamentales, fisiológicos y metabólicos. Lo que conlleva a la generación de ciclos naturales o artificiales relacionados a la luz y/o temperatura (Minoli *et al.*, 2007).

Los triatominos presentan un comportamiento de fototropismo negativo permaneciendo inactivos durante el día. Siendo principalmente activos nocturnamente

dejando su refugio durante la primera mitad de la noche en búsqueda de alimento (Figueras y Lazzari, 2000). Para su comportamiento de reproducción y agregación estos presentan feromonas presentes en las heces de los mismos, los cuales les ayudan a encontrar sus refugios (Cruz-López *et al.*, 2001). Se han descrito 3 macro-hábitat en los cuales se pueden encontrar los triatominos (a nivel silvestre, peridomiciliar e intradomiciliar). A nivel intradomiciliar se encuentran debajo de las camas entre grietas de las paredes, detrás de cuadros (Abad-Franch *et al.*, 2001b; Grijalva *et al.*, 2005). En el peridomicilio se encuentran localizados en nidos de gallina, palos, piedras, ladrillos, etc. El lugar en que se encuentren va a depender de la especie (Grijalva *et al.*, 2005), ya que ciertos comportamientos entre triatominos y el ambiente van a ser dependientes de químicos y semioquímicos que desarrollan a causa de la detección de alimento (Cruz-López *et al.*, 2001; Gurtler *et al.*, 1999).

A nivel silvestre muchas especies de triatominos, especialmente el género *Rhodnius* se encuentran localizados en palmeras, palos, piedras, hojas, madrigueras y especialmente relacionados con nidos de aves, mamíferos como *Didelphis marsupialis*, ratones, armadillos (Abad-Franch *et al.*, 2002; Grijalva *et al.*, 2005; Grijalva y Villacís, 2009). En Ecuador, se ha podido observar que *R. ecuadoriensis*, se encuentra relacionada con *Phytelephas aequatorialis* (Abad-Franch *et al.*, 2001a; Gaunt y Miles, 2000) y se ha podido determinar una alta relación con nidos de ardillas, en especial de *Sciurus stramineus* (Grijalva y Villacís, 2009; Suarez-Davalos *et al.*, 2010).

3.4. CONSIDERACIONES EN EL CONTROL DE LA ECh

Se han considerado varias etapas por las que se debe transcurrir para llegar a un control de la ECh, así tenemos: 1) *Etapas de Inactividad*: es representada por una falta de

datos, o una incapacidad nacional para reconocer o investigar los datos que puedan existir. Todos los países endémicos han comenzado en esta etapa, confiando en sus médicos investigadores para revelar la existencia de la ECh para la generación de objetivos factibles para las intervenciones de control nacional o regional. 2) *Etapa de actividad inicial hacia el control de la ECh:* se deriva del reconocimiento de que la enfermedad existe, que la transmisión se produce, y que se puedan tomar medidas a nivel nacional para mejorar el impacto de infección en las comunidades. La investigación es más coordinada por parte de entidades privadas, con el gobierno, y se enfoca en estudios para determinar la distribución y la prevalencia de la transmisión, con pruebas de control que conduzcan a recomendaciones para la intervención y la vigilancia. 3) *Etapa de eliminación de la transmisión doméstica:* se inicia mediante la determinación de actividades de ciclos de transmisión doméstica de *T. cruzi* resultantes de la presencia de poblaciones domésticas de triatomos. Ya que triatomos domésticos representan un riesgo directo para la transmisión de *T. cruzi*, pero también contribuyen a casos de anemia crónica debido a la pérdida de sangre como estrés para los jefes de familias que quieren evitar enfermedades en su hogar. Estos riesgos pueden ser fácilmente eliminados por tratamientos aplicados profesionalmente con insecticidas piretroides. *La etapa de control de la transmisión accidental:* Una vez llegado a la eliminación de triatomos domésticos, el objetivo es prevenir el establecimiento de triatomos no domiciliarios, es decir, triatomos silvestres que puedan colonizar domicilios. Hasta el momento, no existe una solución técnica a este problema, pero se busca una cooperación con vigilancia de los moradores de las comunidades. Los cuales están informados y motivados para reportar el hallazgo de triatomos en o cerca de sus viviendas. *La fase de vigilancia:* esta fase, quizás la más difícil, emerge cuando el riesgo de transmisión transfusional se ha reducido considerablemente. Con esto viene la inevitable tendencia a

relajar la vigilancia y los recursos, como ya se ha visto en algunas de las regiones del Cono Sur. Esto puede ser seguido por una pérdida de la conciencia y una pérdida de competencias operativas (Dias, 1994; Dias *et al.*, 2002).

3.5. CONTROL DE LA ECh MEDIANTE AGENTES QUÍMICOS Y RE-INFESTACIÓN DE VIVIENDAS

La ECh es un grave problema de salud pública. Considerando que no existe una vacuna o drogas que reduzcan la mortalidad cuando la enfermedad se encuentra en su etapa crónica, su control es primariamente vectorial por medio de insecticidas, utilizados para la eliminación domiciliar de los triatomíneos (Abad-Franch y Monteiro, 2005; WHO, 2007). Para este control se han utilizado varios insecticidas en el transcurso de los años, entre estos tenemos los piretroides enriquecidos con sus derivados más activos: deltametrina, alfa-metrina, cipermetrina, λ -cihalotrina y β -ciflutrina. La deltametrina (Anexo 1) se encuentra entre los cianopiretroides los cuales son selectivos y tóxicos para los mamíferos ya que pueden unirse a moléculas orgánicas presentes en el sistema nervioso, pero su toxicidad en insectos es 5000 veces mayor que para los mamíferos por lo cual se pueden utilizar dosis pequeñas del mismo, sin causar daño a humanos (Abad-Franch *et al.*, 2009; Alzogaray, 2003; Khanbay, 2002; Fiat *et al.*, 2004; Palomino *et al.*, 2007).

En los últimos años la resistencia por parte de los triatomíneos a insecticidas se ha tornado una emergencia, cambiando la visión del control vectorial convencional (Ferral *et al.*, 2010), considerando las complicaciones de su control por medio de agentes químicos y la infestación y re-infestación de viviendas a partir de vectores silvestres al disminuir el efecto insecticida, aumenta el riesgo de transmisión de la ECh. Pero se debe considerar que la re-

infestación va a estar relacionada con el estatus nutricional de los triatominos silvestres, lo cual va a afectar el comportamiento y la dispersión de los mismos (Ceballos *et al.*, 2005; Cecere *et al.*, 2004). Se ha podido observar que esta dispersión por vuelo está regida a cambios climáticos producidos por la estacionalidad, iniciándose con aumentos de la temperatura y la humedad aumenta la densidad de adultos reduciendo el estatus nutricional (Vazquez-Prokopec *et al.*, 2006), y que cambios en el comportamiento de triatominos silvestres van a aumentar el riesgo de infestación de viviendas (Villegas-García y Santillán-Alarcón, 2001). Esto ha creado una ampliación en el horizonte, generando un interés en entender la ecología y comportamiento de poblaciones silvestres que consideren a estos ecotopos como principales puntos para el control de la transmisión de la ECh (Abad-Franch *et al.*, 2005; Ferral *et al.*, 2010). Iniciándose con estudios que ayuden en la comprensión de cómo los triatominos, varían espacialmente a medida que cambia el tiempo en búsqueda de un ambiente idóneo para la mantención de la población estable (Abad-Franch *et al.*, 2005).

Un estudio previo realizado por Suarez-Davalos *et al.* (2010), en el cual se analizó la distribución espacial de triatominos silvestres, y la infestación existente en viviendas del área de estudio, en el cual factores como la humedad y la temperatura no son variables representativas en la presencia de triatominos silvestres a nivel espacial es decir de microhábitats, pero no se considero que con el paso del tiempo estos factores van a realizar cambios paisajísticos y comportamentales tanto de los vectores como de los hospederos, y esto puede ser un factor que puede estar provocando reinfestación de viviendas con vectores provenientes de ambientes silvestres, como lo cita Guhl *et al.* (2009). Esto nos dio la pauta para continuar con un estudio de la dinámica tanto espacial como temporal, de los triatominos silvestres y como esto puede estar afectando a la reinfestación de viviendas, lo cual nos ayudara a entender de mejor manera cuales son los mecanismos control más viables a ser

aplicados para un mejor control de la ECh. Y nos ayudara a comprender cuales son las preferencias ambientales de los triatomos con el cambio del medio ambiente, ya que se deben considerar a las poblaciones silvestres como potenciales focos de la transmisión de la ECh.

3.6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

3.6.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la dinámica espacio-temporal de triatomos en ambientes domiciliar y silvestre en una comunidad rural de la provincia de Manabí, durante un periodo de 12 meses.

3.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir patrones espaciales de distribución de poblaciones silvestres de triatomos en un periodo de 12 meses
2. Determinar cuáles variables influyen la presencia de triatomos en viviendas y áreas silvestres en un periodo de 12 meses.
3. Determinar las principales variables que están influenciando en la presencia de diferentes estadios de triatomos en viviendas y áreas silvestres en un periodo de 12 meses.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. FASE DE CAMPO

4.1.1. ÁREA DE ESTUDIO:

El presente estudio se realizó en la comunidad El Bejuco ($0^{\circ}57'37.80''S$; $80^{\circ}14'0.51''O$), cantón Portoviejo, Provincia de Manabí, ubicada al noroeste del Ecuador (Figura 3). La provincia de Manabí está delimita por la provincia de Esmeraldas hacia el norte y la provincia de Santa Elena hacia el sur, se encuentra ubicada en la zona costera del Ecuador.

Presenta un clima tropical con una temperatura promedio anual de $23.0 \pm 3^{\circ}C$ y una humedad relativa entre 90 - 97% (Suarez-Davalos *et al.*, 2010). Presenta dos periodos estacionales: el verano con presencia de garuas esporádicas y periodos extensos de sequía y el invierno con una alta presencia de lluvias. Esta región presenta un promedio de 1280 mm de lluvia anual (INHAMI, 2010; Suarez-Davalos *et al.*, 2010).

La vegetación en el área de estudio corresponde a un bosque semidesiduo de tierras bajas, caracterizado por vegetación espinosa, con un estrato arbóreo disperso y sotobosque denso, en una época del año algunas plantas pierden sus hojas (Sierra, 1999).

Se consideró la comunidad de El Bejuco para este estudio, por su alto porcentaje de infestación con triatominos observado en anteriores visitas realizadas en Junio-2007, Agosto-2007 y Febrero-2008 (Figura 4). En estas visitas se realizaron muestreos al total de las viviendas (las cuales si presentaron triatominos, fueron rociadas con deltametrina) como a zonas selváticas aledañas de las mismas.

La comunidad de El Bejuco presenta un número aproximado de 408 habitantes entre niños y adultos (hombres y mujeres) los cuales se encuentran distribuidos en 115 viviendas. Su actividad económica principal es la agricultura (Maíz, Maní, Café, Cacao, árboles frutales), con presencia esporádica de ganadería.

4.1.2. METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE TRIATOMINOS

4.1.1.1. VISITA A LA COMUNIDAD

Se realizaron 7 visitas a la comunidad, con intervalos de 2 meses entre visitas, durante un periodo de 12 meses. Por cada visita se dividió el muestreo en dos componentes: búsqueda de triatomos en viviendas y búsqueda de triatomos en ambiente silvestre. Para el componente de viviendas se contó con ayuda de un grupo formado por dos miembros del Programa Nacional de Chagas (PNCh) y un miembro del Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas (CIEI). En el componente silvestre se conformaron dos grupos formados cada uno por dos miembros de PNCh y un miembro del CIEI supervisor de los dos grupos. Cada una de las visitas tuvo una duración de 5 días, con un periodo de muestreo de 8 horas/día. Dando como resultado aproximadamente 120 hora/hombre a nivel selvático y 200 horas/hombre en viviendas por día de trabajo.

4.1.1.2. COLECCIÓN DE TRIATOMINOS EN VIVIENDAS

Las viviendas visitadas en este estudio se encuentran en el interior de un cuadrante generado el cual se describe posteriormente en 4.1.2.3. La mayor parte de las viviendas se encuentran cercanas a la vía principal, pero existen pocas que se encuentran en vías secundarias, en total se visitaron un número de 12 viviendas (Figura 4).

Las búsquedas manuales en viviendas tanto en intra como en peridomicilio se realizaron en base al protocolo de muestreo propuesto por Grijalva *et al.* (2005), el ingreso a las viviendas fue autorizado por parte del propietario de la vivienda mediante un consentimiento informado firmado. Este consentimiento fue obtenido de acuerdo a los procedimientos aprobados por los comités de ética internacionales de la Universidad de OHIO y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Anexo 2). Una vez obtenido el consentimiento se realizó una encuesta de vivienda en la cual se obtuvo información sobre la misma y se marcó la vivienda con un código.

Para la colección a nivel de viviendas se dividió en dos hábitats: intradomicilio y peridomicilio. Intradomicilio se consideró como toda el área desde puerta principal hacia el interior de la vivienda, en el cual se buscó en diferentes microhábitats tales como: tras de cuadros, bajo camas, acumulaciones de tablas, bajo colchones, almohadas, acumulaciones de ropa, acumulaciones papeles, grietas en paredes, acumulaciones de alimentos, entre otros lugares. Mientras que el peridomicilio fue considerado hasta los 20 m a partir de la puerta principal hacia los alrededores de la vivienda. En este se buscó en acumulaciones de material, ladrillo, piedras, palos, acumulaciones de alimentos, gallineros, chancheras, nidos de gallina, cuyeras, entre otros (Abad-Franch *et al.*, 2001b; Grijalva *et al.*, 2005). Adicionalmente, se realizó una charla educativa a los miembros de la vivienda con apoyo de un folleto educativo.

Una vez terminada la encuesta se realizó la búsqueda tanto en el intra como en peridomicilio en los lugares antes descritos por un periodo de tiempo de 1 hora (Figura 5A y 5B). Si durante las búsquedas se encontró un triatominos vivo en intra o en peridomicilio se procedió al rociamiento de la vivienda con 5% de deltametrina (Biotrine-Quiminet) WP a 25 mg a.i./m² (Schofield, 2001) (Figura 6). Los triatominos colectados fueron colocados en un

frasco con las medidas de bioseguridad necesarias (camisa manga larga, mascarilla, gafas protectoras, guantes de látex). Se marco el frasco con el código de la vivienda, colector, fecha de colección, lugar de colección y especie (en el caso de saberla).

Se consideró como infestadas a las viviendas que presentaron por lo menos un triatomino vivo en intradomicilio o peridomicilio por primera vez. Mientras que se consideraron reinfestadas a viviendas que presentaron por lo menos un triatomino vivo en intradomicilio o peridomicilio, en más de una visita.

4.1.1.3. COLECCIÓN DE TRIATOMINOS EN AMBIENTE SILVESTRE

Para este muestreo se realizó un cuadrante en un sector de la comunidad considerando el porcentaje de infestaciones con triatominos encontradas anteriormente en viviendas (Grijalva et al. datos no publicados). El cuadrante tuvo un área de 1000 x 400 metros, el cual fue ubicado en la comunidad de tal manera que los 1000 metros recorrieron a lo largo de la vía principal de la comunidad, mientras que los 400 metros abarcaron, 200 metros a cada lado de la vía principal tomando de esta manera 400 metros de ambiente silvestre (Figura 8).

Con las coordenadas de los vértices del cuadrante se generaron 70 puntos aleatorios (coordenadas aleatorias) mediante el Software R (R Development Core Team 2009) dentro del cuadrante por cada visita (ver código en Anexo 3). Estas coordenadas generadas aleatoriamente se transfirieron mediante el software ExpertGPS versión 1.3.7. (TopoGrapix 2003) a GPSs (Meridian Platinum – Magellan, San Dimas, Estados Unidos) con los cuales se ubicaron los puntos físicamente. El cuadrante fue generado y sobrelapado con la comunidad mediante el software Arc View GIS 9.2 a partir de las coordenadas de los vértices del mismo. Esta metodología fue utilizada por Suarez-Davalos *et al.* (2010), a la cual se realizó

modificaciones aumentando el número de puntos en un área mayor, con lo cual se estandarizó la metodología. Se consideró 70 puntos aleatorios en un área de 1000 x 400 m, con una revisión en un área de 3 m alrededor de cada punto. De esta manera, se evita la revisión en su totalidad del área del cuadrante en una visita, muestreándose un 3% del área del cuadrante en el total de las visitas. Para cada visita a la comunidad se generó un nuevo pool de 70 puntos aleatorios con un total de 7.

Para la revisión se realizaron búsquedas manuales de cada punto en el hábitat silvestre, esta metodología fue utilizada por Suarez-Davalos *et al.* (2010). Se buscó en diferentes microhábitats a los cuales se los considero como: nidos de aves y mamíferos, acumulaciones de palos, hojas, piedras, huecos en el suelo, huecos en palos, etc, para determinar las preferencias de hábitats de los triatominos. Se dedicó un periodo de 20 minutos por punto para búsqueda de microhábitats y colecta de triatominos presentes en el microhábitat; de esta manera se estandarizo la metodología a ser utilizada por visita.

Por cada punto y microhábitat se abrió una ficha selvática (ver Ficha en Anexo 4) en la cual se colocó el código del microhábitat, datos de geo-referenciación, localidad, provincia y fecha de visita. Adicional, se registró información acerca del tipo de vegetación/cultivos circundante al punto, tipo de microhábitat muestreado (nido, madriguera, hueco en árbol, otro), tipo de animal (ardilla, ratón, ave, otro mamífero), altura desde el suelo del microhábitat (0-4 m, 5-9 m, 10-14 m, 15-20 m), tipo de microhábitat (diferentes especies vegetales presentes en el cuadrante) y status (presencia o ausencia de triatominos) del microhábitat.

La temperatura y humedad relativa fueron obtenidas mediante seis dataloggers (LogTag Records – Trix-8, Hong Kong, China), los cuales se colocaron en el primer día de

muestreo de cada visita, estos se colocaron dos en cada extremo del cuadrante y dos en el centro del cuadrante. Los dataloggers fueron programados para que el primer dato sea tomado después de un minuto de haber sido inicializado, cada 30 minutos durante un periodo de cinco días. Estos datos fueron descargados por visita y los dataloggers fueron re-iniciados por visita.

4.2. FASE DE LABORATORIO

4.2.1. IDENTIFICACIÓN Y CONTAJE DE ESPECIMENES

Por visita, se transportaron los especímenes colectados con todos los medios de bioseguridad al insectario del CIEI, en el cual se procedió a contar e identificar los mismos hasta el nivel de especie, mediante la ayuda de un estereomicroscopio (Fisher Stereomaster, Loughborough, Reino Unido). La clasificación fue realizada por especies y estadios (adultos: hembra (♀), macho (♂) y ninfas: I, II, III, IV, V) mediante criterios morfológicos presentes en la clave taxonómica de Lent y Wyzodzinsky, (1979); Carcavallo *et al.* (1998) y comparaciones morfológicas con especímenes presentes en el Museo de Entomología de la Escuela de Biología de la PUCE (QCAZ).

4.2.2. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO DE TRITOMINOS COLECTADOS

Se procedió a entregar 10% de los triatominos colectados de cada una de las visitas tanto de ambiente domiciliar como silvestre a la Unidad de Biología Celular y Molecular (UBCM) del CIEI, para discriminación tanto a nivel de infección, como a nivel de tipo de parásito presente en los triatominos. Esto se lo realizó mediante análisis visual de heces y contenido intestinal con ayuda de un microscopio. Una vez determinada la infección se procedió a discriminar el tipo de parásito que estaba presente en los triatominos mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), mediante primers S35 y S36 (Vallejo *et al.*,

1999). Estos procedimientos fueron realizados por la UBCM, Una vez obtenidos los datos se me entregaron por parte de la UBCM para el análisis de los mismos.

4.3. ANÁLISIS DE DATOS

Previo al análisis de los datos, estos se ingresaron en una base del software Access versión 2007 (Microsoft Office 2007) (Anexo 5).

4.3.1. ESTATUS POBLACIONAL DE TRIATOMINOS SILVESTRES Y DOMICILIARES

Para este análisis descriptivo se realizó gráficos de barras a partir de los diferentes estadios de triatomino recolectados por cada una de las visitas. Los datos utilizados en este análisis descriptivo fueron revisados por parte del Dr. Olivier Dangles, con lo cual se evito inconsistencias o repeticiones en los datos.

4.3.2. PROBABILIDAD DE INFESTACIÓN

En intradomicilio, peridomicilio y selvático se calculó el índice de infestación con el cual se calculó la probabilidad de que un nido se encuentre infestado. Adicionalmente se calculó índices entomológicos (índices de colonización, densidad y hacinamiento) a partir de nidos infestados con triatomino y número de triatomino colectados como fueron utilizados por Grijalva y Villacis (2009). Se compararon los índices calculados entre domicilio y ambiente silvestre en las diferentes visitas a la comunidad y entre visitas a la comunidad.

4.3.3. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO DE TRITOMINOS COLECTADOS

Se realizó gráficos de barras a partir de los diferentes tipos de infecciones que presentaron los triatomíneos analizados por cada una de las visitas.

4.3.4. BOXPLOT DE INFESTACIÓN

Se realizó una comparación de puntos silvestres y viviendas con relación al número de triatomíneos colectados por puntos silvestres y viviendas positivas, mediante diagramas de caja para las diferentes visitas. Con esto se pudo observar la dispersión de los datos. Esto se lo realizó mediante el programa SPSS 17 (SPSS Statistics WinWrap Basic 1993-2007).

4.3.5. PROPORCIÓN NORMALIZADA DE INFESTACIÓN VIVIENDAS vs. SILVESTRE

Se procedió a comparar la proporción de puntos silvestres positivos y viviendas positivas con el total de puntos y viviendas visitadas, esto se lo representó en un gráfico 1:1 de proporcionalidad. Esto se lo realizó mediante el programa SPSS versión 17.

4.3.6. FUNCIÓN $G(r)$ PARA DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS POSITIVOS

Se procedió a representar la correlación acumulada G de la distancia r desde un punto al azar hasta otro punto, mediante la función pareada $G(r)$ “*Función del Vecino más Cercano G* ” (Diggle, 1983), en el software R y las coordenadas de los puntos positivos de la primera y segunda visita a la comunidad. Adicionalmente se calcularon los intervalos de confianza al 95% en 1000 simulaciones (*Monte-Carlo envelopes*), con los cuales se generaron gráficos explicativos de la relación en la distribución de puntos positivos (al azar, agregados o

regulares) (ver código Anexo 6). Esto se realizó solamente para los meses de Junio y Agosto 2009, al no existir suficientes datos en las otras visitas.

4.3.7. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MICROHÁBITATS

A partir de matrices de datos de rangos de factores consideradas en el estudio: tipo de nido, tipo de planta, altura, vegetación circundante, fecha, junto con el número de triatominos recolectados en cada hábitat, se utilizó un *Ajuste de Modelos Lineales Generalizados* (GLM) Software R, para determinar los factores que influenciaran en la presencia de Triatominos.

Se utilizó la correlación entre la presencia de triatominos y las combinaciones de variables y cada variable por separado con el siguiente modelo glm:

```
counts~(date+veg+altur+lugar+animal+nest+date*veg+date*altur+date*lugar+date*animal+date*nest+veg*altur+veg*lugar+veg*animal+veg*nest+altur*lugar+altur*animal+altur*nest+lugar*animal+lugar*nest+animal*nest+date*date+veg*veg+altur*altur+lugar*lugar+animal*animal+nest*nest, family = poisson(log)) (Ver código en Anexo 7).
```

4.3.8. PLOTS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRIATOMINOS SILVESTRES

Se realizaron mapas de densidad para la presencia de triatominos en el cuadrante silvestre, a partir de las coordenadas de los 70 puntos aleatorios silvestres, generados en cada una de las visitas y el correspondiente número de triatominos recolectados en cada punto. Estos datos fueron ajustados a una superficie de la forma $z(x, y)$, mediante la función *Contour*

Plot del Software MINITAB 14.12.0 (Minitab Inc. 2004), generando de esta manera mapas de plots para los puntos positivos.

4.3.9. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MACROHÁBITATS

Con los datos obtenidos para microhábitat se procedió a realizar una base con las variables más representativas por punto en los que hubo la presencia de triatomos. Se colectaron triatomos en varias especies vegetales (Tabla 5) de las cuales para los análisis se tomaron las más representativas (*Cordia lutea*, *Guazuma ulmifolia*), así como también a *Sciurus stramineus* (ardilla) y *Mus musculus* (ratón) como variables relevantes entre las especies animales y se considero los cultivos presentes en cada punto. Con estos datos se calculó la densidad de las variables por punto, considero a esto como macrohábitat, ampliando de esta manera el panorama a observarse en el análisis.

A partir de matrices de rangos de las variables representativas, *Sciurus stramineus*, *Mus musculus*, cultivo, *Cordia lutea*, *Guazuma ulmifolia*), se realizó un Análisis Multivariado de la Variancia (MANOVA)/Análisis Canónico de la Variancia (CVA), con el cual se comparó la tendencia de los puntos silvestres positivos obtenidos en las visitas con las variables escogidas, se considero a cada una de las visitas como un grupo, no se pudo efectuar este análisis para la el mes de febrero por falta de puntos positivos en esa visita. Una de las opciones de MANOVA/CVA es la generación de un gráfico de dispersión de los datos a lo largo de dos ejes canónicos de un máximo y un mínimo, entre los grupos. En este gráfico los ejes son combinaciones lineales de las variables como en un Análisis de Componentes Principales, los eigenvalue (valores propios) indican la cantidad de variación explicada por los ejes, Este análisis se los realizó en el software PAST 2.0 (Hammer y Harper, 2010).

5. RESULTADOS

5.1. RECOLECCIÓN DE TRIATOMINOS

5.1.1. ABUNDANCIA DE TRIATOMINOS EN VIVIENDAS Y PUNTOS SILVESTRES MUESTREADOS

Se recolectaron 886 triatominos, en las diferentes visitas, siendo a nivel silvestre agosto la visita con mayor número de triatominos (261) y el menor número de triatominos colectados se produjo en el mes de febrero. En viviendas junio 2009 fue la visita en la que se colectó el mayor número de triatominos (174), mientras que abril y junio 2010 no se colectó ningún triatomino (Tabla 2 y 3). De los individuos colectados 882 pertenecieron a la especie *R. ecuadoriensis*, 3 individuos a *Panstrongylus howardi* y 1 individuo *Panstrongylus geniculatus*. Uno de los individuos de *P. howardi* se colectó en la visita de junio-2009 en nido de Ardilla (*Sciurus stramineus*) y dos de los individuos *P. howardi* fueron colectados en diciembre en intradomicilio, uno en pared de la sala y el otro en la cocina. El individuo *P. geniculatus* fue colectado en junio-2009 en intradomicilio, este individuo fue identificado y analizado parasitológicamente.

En viviendas el 35,0% de los individuos fueron colectados en junio mientras que a nivel selvático el 44,9% de los individuos fueron colectados en el mes de agosto (Figura 10A). En viviendas los individuos fueron colectados en intradomicilio en pared de sala, pared de dormitorio y cocina; mientras que en peridomicilio en nidos de gallina y troja de maíz o galpón para maíz. A nivel silvestre se colectó en nidos de aves (*Campylorhynchus fasciatus*, *Tyto alba*, *Crotophaga sulcirostris*, *Columbia livia*, entre otras no identificadas) y mayormente mamíferos entre las cuales se ha podido identificar a las especies: *Didelphis*

marsupiales (Didelphiomorpha – Didelphidae), *Mus musculus* (Rodentia – Muridae), *Sciurus stramineus* (Rodentia – Sciuridae).

La mayor variación en la colección a nivel silvestre se produjo en el mes de octubre y febrero, mientras que en viviendas se observó en agosto y diciembre. En el mes de junio 2009 la mayor parte de triatominos silvestres colectados fueron en un mismo punto muestreado, esto se puede observar en la Figura 11 en la cual existe un dato atípico que llega hasta casi 100, indicando gran presencia de individuos colectados en un punto. En las visitas siguientes se observa una gran variación en el número de triatominos colectados, y tan solo en el mes de octubre existe un dato atípico bajo en el cual se colectaron pocos triatominos comparados con los otros puntos. Se puede observar la gran variación por medio de la mediana de cada una de las visitas, la cual no se estabiliza o mantiene. En viviendas se observa que la mediana se mantiene a lo largo de las visitas, pero existen gran número de datos atípicos, indicando que existieron viviendas en las cuales se colectaron gran número de triatominos, hasta llegar en las últimas visitas a un número de cero triatominos. En viviendas se observó reinfestación de triatominos en tres viviendas visitadas, se va a detallar sobre este tema en la sección 5.3.

5.2. ESTRUCTURA POBLACIONAL DE TRIATOMINOS SILVESTRES

Se pudo observar que en los meses de junio 2009 y agosto la población estuvo distribuida en todos los estadios, dándose una mayor proporción entre las ninfas con relación a los adultos, siendo las ninfas I y II la mayor cantidad en el mes de junio 2009 y las ninfas II en el mes de agosto. En las visitas de octubre y diciembre se observó un decrecimiento en la densidad de la población, viendo una marcada disminución en los adultos y siendo las ninfas I y II los que presentaron la mayor densidad. En los meses de

febrero y abril tan solo se observaron ninfas III-IV y I-II-III respectivamente con ausencia total de adultos, los cuales vuelven a reaparecer en la estructura de la población en el mes de junio 2010 al igual que aumenta la densidad de ninfa I (Tabla 2 y Figura 10B). Con relación a los adultos en todas las visitas se puede observar que mientras los machos aumentan en su densidad las hembras disminuyen y viceversa, salvo el caso en el que desaparecen y vuelven a reaparecer (Tabla 2 y Figura 10A).

5.3. ESTRUCTURA POBLACIONAL DE TRIATOMINOS, INFESTACIÓN Y REINFESTACIÓN DE VIVIENDAS

Los meses de junio 2009 y agosto la población estuvo distribuida en todos los estadios, dándose una mayor proporción para las ninfas con relación a los adultos. En las visitas de octubre, diciembre y febrero la población redujo su densidad, y observándose que las ninfas tienen mayor proporción con relación a los adultos, los cuales mantienen en las tres visitas una densidad estable. En los meses de abril y junio 2010 se perdió por completo la población (Tabla 3 y Figura 10B). En la población de adultos se pudo observar que en tres (junio 2009, agosto y febrero) visitas existió mayor número de machos con relación a las hembras, mientras que en tan solo una visita (octubre) esta proporción cambio (Tabla 3 y Figura 10A).

Se observó una mayor infestación de viviendas en el mes de agosto con relación al mes de junio. La primera reinfestación se observó en agosto, los meses de octubre y diciembre solo se presentaron reinfestaciones. El mayor número de viviendas re-infestadas a lo largo del estudio se produjo en el mes de diciembre. En las dos últimas visitas no se existió presencia de triatominos en viviendas (Tabla 4).

5.4. PROBABILIDAD DE INFESTACIÓN POR TRIATOMINOS EN VIVIENDAS Y AMBIENTE SILVESTRE

Se observó una mayor presencia de triatominos a nivel de viviendas comparado con el nivel silvestre (Tabla 6). En las diferentes visitas se observó a nivel silvestre que en el mes de junio tuvo una probabilidad de presencia de triatominos de 0,2 mientras que la menor probabilidad fue en febrero con 0,03. Por otro lado en las viviendas se observó que la mayor probabilidad de presencia de triatominos fue en agosto con 0,4, abril y junio-2010 fueron los menores con ausencia total de triatominos (Tabla 7). En viviendas el menor índice de colonización se observó en los meses de abril y junio 2010 con un 0%, siendo el mayor de 100%. Mientras que a nivel selvático se observó que se mantuvo constante siendo el menor 87,5% y el mayor 100%. A pesar de que los índices de colonización y hacinamiento son altos, se observó que los índices de densidad tanto en viviendas como en selvático son bajos siendo el mayor 8,0 en viviendas y 3,7 en ambiente silvestre (Tabla 9). El análisis de regresión lineal arrojó un resultado de $p > 0,05$, por lo que se puede observar una tendencia de relación inversa entre puntos positivos silvestres y viviendas positivas, ya que cuando es mayor la proporción en puntos silvestres en viviendas disminuye y viceversa (Figura 12 y Tablas 8).

5.5. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRIATOMINOS EN MICROHÁBITAT

En la Figura 13 se observan los datos obtenidos en la función de distribución de la distancia al vecino más cercano, para los meses de junio y agosto 2009. Se puede ver que las funciones de distribución para puntos positivos se encuentran alineadas con la función de la distribución de puntos al azar según la ley de Poisson, representada por la línea

continua azul, lo cual indica que los puntos positivos no presentan agregación, siendo su distribución al azar con un $p > 0.05$.

5.6. PLOTS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRIATOMINOS SILVESTRES

Se generaron mapas de distribución de los puntos muestreados en los cuales se observó la densidad de triatominos; esto ayudó a tener una mejor visión de las diferentes zonas del cuadrante con mayor o menor densidad de triatominos y como varía esta en las diferentes visitas (Figura 14). En la primera visita se observa una mayor distribución de los triatominos en todo del cuadrante, con cinco zonas en las cuales se recolectaron más de 20 triatominos. En la segunda visita se observa que la distribución está restringida a una zona en la cual se recolectaron más de 50 triatominos y una zona pequeña en la cual se recolectaron de 20 a 30 triatominos. En octubre se pudo observar una zona pequeña con alta densidad en la cual se recolecto de 40 a 50 triatominos. Diciembre presenta una zona con una densidad media en la cual se colectaron de 20 a 30 triatominos. En las visitas de febrero, abril y junio-2010 la densidad de triatominos en el cuadrante disminuyó considerablemente, observándose zonas en las cuales tan solo se pudieron colectar de 10 a 20 triatominos y muchas zonas sin presencia de triatominos (Figura 14).

5.7. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MICROHÁBITATS

El análisis mediante la función de ajuste de modelos lineares generalizados considerando todos los hábitats muestreados en las diferentes visitas, determinó que las variables “fecha”, “altura”, “tipo de microhábitat”, están significativamente correlacionadas con la presencia y cantidad de triatominos ($p < 0.001$). Adicionalmente se observa que las

interacciones “fecha × altura”, “fecha × tipo de árbol”, “fecha × tipo de animal” también se encuentran altamente correlacionadas ($p < 0.001$) (Tabla 10).

Los datos de temperatura y humedad no fueron utilizados en el análisis por no tener la medición en cada uno de los puntos, pero se pudo observar que la temperatura más baja se obtuvo en el mes de agosto mientras que en la más alta se produjo en el mes de octubre, existiendo una variación del promedio entre las diferentes visitas entre el 24,6 al 26,6 °C. Con relación a la humedad relativa se observó que la menor se presentó en el mes de octubre, y la máxima en el mes de febrero, con una variación del promedio entre el 65,8 a 94,6 % (Tabla 1 y Figura 9). Se observó también el tipo de cultivo y las fechas en las que se encuentran los cultivos dándose dos visitas con presencia de cultivo de maíz (Tabla 1).

5.8. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MACROHÁBITATS

El Análisis Multivariado de la Variancia (MANOVA)/Análisis Canónico de la Variancia (CVA), dio una independencia entre las variables explicativas (Wilk's lambda = 0,1186, $p < 0,001$). El CVA tuvo una representación para las variables en los ejes 1 y 2 del 64,66 % y 23,73 respectivamente (Tabla 11). En el test de Hotelling's se generaron siete grupos diferentes representados en las diferentes fechas, lo cual se puede observar en el CVA con la separación máxima de todos los grupos (Tabla 12 y Figura 15). Entre las variables la que tuvo mayor discriminación fue la abundancia de cultivo, seguida por las abundancias de *C. lutea*, *Sciurus stramineus*, *Mus musculus*, *G. ulmifolia* en este orden. Entre las fechas, Junio 2009 está representada por la abundancia de *G. ulmifolia* principalmente seguido por la abundancia de *Mus musculus*, la visita de Agosto está representada por la abundancia de *G. ulmifolia*, *Mus musculus* y cultivo, Octubre se ve

representada por la abundancia de *G. ulmifolia*, diciembre mayormente por *Sciurus stramineus*, seguido de *G. ulmifolia*, *C. lutea* y, abril mayormente se encuentra representada por la abundancia de *C. lutea*, seguido por la abundancia de *Sciurus stramineus* (Figura 15). Se observa la generación de un ciclo dependiente de la representación de las abundancias de las diferentes variables y las fechas de visita a la comunidad siendo los meses de junio y agosto los meses con mayor representación de cultivos y *Mus musculus* para cambiar esta representación en los meses de octubre y diciembre a *G. ulmifolia*, mientras que en los meses de diciembre, abril y junio la representación está dada por *Sciurus stramineus* y *C. lutea* (Figura 16).

5.9. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO DE TRITOMINOS COLECTADOS

De los triatominos analizados proveniente de ambiente silvestre se observa que en todas las visitas se obtuvo *T. cruzi*, en las visitas de junio 2009, agosto, diciembre y abril se obtuvieron triatominos que presentaron *T. rangeli* aunque este último no sea causante de la ECh, lo podemos encontrar en los triatominos. Tan solo en las visitas de octubre y febrero se observa que del total de triatominos analizados todos tuvieron como parasito *T. cruzi*. Con relación a los triatominos provenientes de viviendas, al igual en todas las visitas se obtuvieron triatominos que presentaron como parasito a *T. cruzi*, y tan solo en las visitas de junio 2010 y agosto se pudo observar la presencia de *T. rangeli*. El mes de octubre del total de triatominos muestreados presentaron *T. cruzi* (Figuras 14 y 17).

6. DISCUSIÓN

La Enfermedad de Chagas es una de las principales enfermedades en el Ecuador. El observar en un estudio previo la constante reinfestación de las viviendas con triatominos (Grijalva datos no publicados; Suarez-Davalos *et al.*, 2010) y el análisis en los resultados ecológicos de vectores silvestres (Suarez-Davalos *et al.*, 2010), ha hecho necesario ampliar la investigación en la dinámica de los triatominos silvestres y como esto esta influenciando en las viviendas en un periodo de 12 meses.

6.1. RECOLECCIÓN Y ESTRUCTURA POBLACIONAL DE TRIATOMINOS DE TRITOMINOS

La búsqueda manual utilizada para el muestreo de triatominos, es una de las tantas metodologías propuestas por varios autores (Noireau *et al.*, 2005, Suarez-Davalos *et al.*, 2010). Esta metodología fue eficaz en la recolección de triatominos para este estudio, ya que en todas las visitas se pudo colectar por lo menos un triatomo a nivel silvestre. Se debe considerar que las búsquedas manuales tienen desbalances en términos económicos, tiempo de búsqueda y destrucción de lugares en los que se la realiza con relación al número de triatominos ha colectarse (Noireau *et al.*, 2005), ya que en términos destructivos se podría comparar con la disecciones de palmas aunque esta última nos ayuda en análisis de densidad poblacional (Teixeira *et al.*, 2001).

Con el paso del tiempo se pudo observar una variación en la estructura poblacional, con la disminución de la población, sobre todo la disminución de los adultos. Se debe considerar en la variación poblacional el tipo de estrategia de supervivencia que presentan

los triatominos en la cual, para la supervivencia de la población las hembras adultas colocan muchos huevos que no van a tener cuidado parental, por lo que no todos van a sobrevivir. Pero los triatominos que sobrevivan van a tener muy buenas adaptaciones para la búsqueda de alimento, este patrón se observa cuando la población decrece sea por falta de alimento o por falta de lugares para refugiarse, lo cual influencia en la baja capacidad para aumentar la población, normalmente se observa este patrón en los ciclos silvestres (Barbosa *et al.*, 2001; Schofield, 2001). Esta baja en la población se puede estar produciendo por factores ecológico-ambientales los cuales son importantes para que la población se mantenga, ya que las poblaciones de triatominos son densidad dependiente (Abad-Franch *et al.*, 2009; Castañeda *et al.*, 2003).

Mayor parte de los triatominos fueron colectados en las primeras visitas y esta colección se la realizó en un mismo microhábitat. Luego disminuyó la población considerablemente, hasta casi desaparecer, esto puede estar relacionado a la ecología de mamíferos y aves los cuales varían su comportamiento con relación a los cambios climáticos

En las diferentes visitas se observa una mayor proporción de ninfas en primeros estadios con relación a los adultos, especialmente ninfas de estadios I, II y III. Y existen visitas con ausencia de adultos. En viviendas se observó, en la primera y segunda visita una mayor proporción de ninfas con relación a los adultos, para luego cambiar el panorama aumentando el número de adultos, esto se puede deber al ciclo bianual que presentan estos (Villacis *et al.*, 2008). Al final del estudio se eliminó la totalidad de la población de las viviendas, esto se pudo deber al constante monitoreo que se realizó a las mismas (Cecere *et*

al., 2006; Dias *et al.*, 2002), no otorgamos esta eliminación de triatominos al insecticida ya que no se pudo encontrar triatominos muertos.

6.2. PROBABILIDAD DE INFESTACIÓN POR TRIATOMINOS EN VIVIENDAS Y AMBIENTE SILVESTRE E INFESTACIÓN Y REINFESTACIÓN DE VIVIENDAS

Tratamiento de viviendas infestadas y monitoreo de reinfestación es una estrategia recomendada para el control de la ECh (Cecere *et al.*, 2006). El monitoreo de viviendas tratadas con insecticida de acción residual es una herramienta no cuestionada, datos indican que el rociado intradomiciliario de insecticida reduce un 75% de la infestación por triatominos después de la aplicación, pero se debe considerar que el efecto es tan solo duradero en el periodo de en el que se encontró la infestación ya que insecticidas de acción residual no son permanentes (Ceballos, *et al.* 2005; Rojas de Arias *et al.*, 2004); Por lo que en viviendas pueden encontrarse nuevamente infestadas con el paso del tiempo (Guhl *et al.*, 2009; Medina-Torres *et al.*, 2010). En el norteste de Argentina y Bolivia focos peridomésticos de triatominos fueron detectados tan solo de 1-3 meses después de aplicado piretroide (Cecere *et al.*, 2006). En la otra mano la utilización de barreras físicas y químicas podría estar dando un alto nivel de reducción en la infestación de triatominos en países del cono sur (Ceballos, *et al.* 2005; Rojas de Arias, *et al.* 2004). Es muy importante en el control de especies de Ecuador y Perú, el determinar si poblaciones silvestres siguen incidiendo a las viviendas, o si poblaciones de vectores silvestres se encuentran aisladas (Franch-Abad *et al.*, 2001a).

Nuestros datos reflejan que viviendas tratadas con insecticida tuvieron una reincidencia de triatominos tan solo transcurrido un periodo de 2 meses. La estructura de viviendas en la provincia de Manabí puede estar permitiendo la pérdida rápida del

insecticida por la incidencia de luz solar, ya que al tener paredes de caña no revestida permite el paso de la misma. Con la pérdida rápida del insecticida, triatominos localizados en zonas peridomiciliares y silvestres cercanas a las viviendas, pueden estar reinfestando las mismas (Ferral *et al.*, 2010; Rojas de Arias *et al.*, 2004), no se pudo comprobar la proveniencia de los triatominos ya que para esto se requeriría análisis moleculares. A estas causas se le puede adicionar el aspecto sinantrópico producido (cultivos, ganadería, cacería, introducción de animales, etc). Se debe considerar para el control por medio de insecticidas los diferentes ciclos de cultivos que se generan en las comunidades (Franch-Abad *et al.*, 2001b; Gorla, 2002; Noireau *et al.*, 2005). Se observó en el trabajo de campo que existen periodos en los cuales los moradores de la comunidad, en la época de cosecha, mantienen los productos agrícolas en primera instancia en lugares cercanos a la zona de cultivo-cosecha y lejanos a las viviendas a los cuales se los podría considerar como zonas silvestres. En estas zonas consideradas como silvestres puede llegar a permanecer los productos agrícolas por periodos entre 10 a 15 días, para luego ser trasladados a lugares cercanos a las viviendas llamados trojas. En este periodo de espera de los productos agrícolas en ambientes silvestres este puede ser refugio y fuente de alimento para mamíferos pequeño y aves, los cuales son un atractivo para triatominos en búsqueda de alimento. En el momento de trasladar el producto a lugares cercanos a las viviendas estos pueden estar transportando triatominos en estadios ninfales o huevos que van a eclosionar en los peridomicilios de las viviendas. Se ha podido observar que la presencia de animales domésticos en el ambiente peridomiciliario varía estacionalmente y asincrónicamente dependiendo de los animales de acogida y las prácticas locales. Estas heterogeneidades son un motor esencial de la dinámica poblacional y los patrones de reinfestación en triatominos (Ceballos *et al.*, 2005).

Se debe considerar que la búsqueda de alimento por parte de los triatominos puede generar variaciones en la infestación a nivel selvático y de viviendas en las diferentes visitas a la comunidad (Ceballos *et al.*, 2005; Cecere *et al.*, 2006). Esto está relacionado al estatus alimenticio que presentan los triatominos dependiente de la estación climática (temperatura y humedad) en la que se encuentren, ya que el stress por búsqueda de alimento (sangre) y el *fitness* reproductivo genera un desbalance en la población. Esto puede generar el vuelo de los adultos desde sectores con alta infestación de triatominos silvestres hacia viviendas en búsqueda de alimento, disminuyendo la presencia de triatominos a nivel silvestre. Esto se observó, mientras mayor infestación existe a nivel silvestre, la infestación en viviendas se reduce y viceversa. Esto se puede deber al ciclo silvestre, peridomicilio y domicilio que se presenta en Manabí (Villacis, datos no publicados). Varios factores pueden estar afectando a infestaciones domiciliarias y silvestres, entre estas uno de los principales factores se encuentra en la presencia de triatominos no-domiciliados los cuales presentan un reto mayor, ya que es necesario estrategias alternativas en el control de estos vectores (Ferral *et al.*, 2010).

6.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRIATOMINOS: FUNCIÓN $G(r)$ PARA DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS POSITIVOS y MAPAS DE PLOTS EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRIATOMINOS SILVESTRES

Estudios previos en químicos generados por triatominos y en análisis espaciales de triatominos han determinado que el comportamiento de estos es la agregación espacial, y postulan que esta es una estrategia para la sobrevivencia de la población (Minoli *et al.*, 2007; Suarez-Davalos *et al.*, 2010). Estos estudios sobre semioquímicos y hormonas se han

realizado a corta escala focalizándose en ciertos sectores, ciertos patrones o han sido experimentos de laboratorio (Ceballos *et al.*, 2005).

Nuestros datos indican que la distribución es totalmente aleatoria, este patrón puede estar relacionado con varios factores entre ellos tenemos: se consideró en el área de estudio sectores con cultivos y deforestados, aumentando la escala de estudio. Con lo cual van a ingresar al estudio factores fuertes que no se pudieron estar considerando anteriormente. Como es el caso del trabajo de Suarez-Davalos *et al.* (2010) el cual se realizó en la misma comunidad de nuestro trabajo, en el estudio de Suarez-Davalos *et al.* (2010) el área de estudio se localizó en un sector de la comunidad con una alta densidad de palmeras, un área silvestre sin presencia de cultivos, en este estudio se pudo encontrar agregación de los triatominos. Esto nos indica que la fragmentación del hábitat puede estar jugando un papel importante en la distribución de los triatominos. Otro factor que puede estar influenciando es la presencia de vertebrados de sangre caliente que sirven de alimento para los triatominos (Pinto *et al.*, 2006) van a tener una distribución aleatoria o más extensa en zonas disturbadas, mientras que en el estudio previo realizado por Suarez-Davalos *et al.* (2010) las palmeras sirven como refugios para los mamíferos (Franch-Abad *et al.*, 2005) concentrando su población en un área. Esto es comparable con nuestro estudio, ya que en los mapas de plots generados en las visitas de Junio 2010 y Agosto en el cual existió una mayor cantidad de triatominos colectados se produjeron sectores con una alta infestación en una zona del cuadrantes esta zona es que fue considerada por Suarez-Davalos *et al.* (2010) para su estudio en la cual existe mayor presencia de palmera y vegetación.

Con los mapas de plots se pudo observar como con el paso del tiempo y el cambio del ambiente disminuye la densidad de los triatominos en el cuadrante, esto se pudo deber a

el comportamiento que presentan los triatominos en los periodos en los cuales baja la temperatura, en estos periodos triatominos presentan una baja metabólica con lo cual evitan la perdida de agua (Schilman y Lazzari, 2004). Con la disminución de la tasa metabólica el siguiente paso es la conservación de nutrientes evitando el gasto de energía en la dispersión, esta disminución del metabolismo se produce hasta que los niveles de inanición son altos, en los cuales se activa el comportamiento de búsqueda de alimento, en especial de las hembras que al tener que poner huevos y dar nutrientes para estos necesita mayor cantidad de alimento (Schilman y Lazzari, 2004).

Los mapas de plots generados nos dan a entender, el cómo los triatominos cambian sus patrones de distribución en el área de estudio conjuntamente con cambios de la estructura de su ambiente causada por la estacionalidad. Estos nos ayudaron a entender como a medida que pasa el tiempo y existen cambios en la estacionalidad existen movimientos en los sectores de infestación a nivel silvestre y la densidad de las poblaciones varía en ciertos sectores del área de estudio. Caracterizando las zonas de riesgo que presentan ciertos sectores en un área de estudio para la infestación (Oslfeld *et al.*, 2005). Los mapas de infestación han sido utilizados en epidemiología con diferentes propósitos, en especial son usados en la actualidad como una herramienta para la toma de decisiones en el control (Schofield, 2001).

6.4. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MICROHÁBITATS

Muchos factores y procesos han sido invocados en la explicación de patrones regionales de diversificación biológica (Abad-Franch y Monterio, 2007). Condiciones microambientales adecuadas son indispensables para la proliferación de triatominos.

VARIABLES como temperatura, humedad, altitud de los microhábitats influyen en la distribución a nivel regional (Bustamante *et al.*, 2007; Schofield, 1994). Las correlaciones realizadas con factores considerados en el presente estudio mostraron que existe una relación entre la presencia de triatominos en un microhábitat, el tipo de planta, el tipo de animal, la altura del suelo y la fecha. La importancia del factor “fecha” puede ser relacionado a la presencia de lluvias y ausencia de las mismas (Schilman y Lazzari, 2004). Esto produce periodos de floración y fructificación en los cuales mamíferos y aves van a estar anidando en lugares cercanos a la fuente de alimentación, sean estos árboles frutales o cultivos (Reichman y Smith, 1990). También se considera la fecha con relación a los periodos en los cuales aumenta la humedad relativa, ya que se sabe que el óptimo para el desarrollo de poblaciones de *R. ecuadoriensis* en la provincia de Manabí es de $75 \pm 5\%$ (Villacis *et al.*, 2008). Lo cual se pudo observar en las fechas de Junio y Agosto en las cuales existe la mayor humedad y en las cuales se colectó la mayor cantidad de triatominos.

El tipo de planta determina la posibilidad de tener nidos de mamíferos y aves (Nour *et al.*, 1993; Reichman y Smith, 1990). Aunque se sabe que existe una alta correlación entre palmas y triatominos, como se ha podido observar en estudios previos en los cuales colonias de *R. ecuadoriensis* están asociadas primariamente a una palma endémica *Phytelephas aequatorialis* en la región costera central (Abad Franch *et al.*, 2001b), se observa esta relación por que estos son hospederos de organismos de sangre caliente los cuales son fuente de alimentación de los triatominos (Pinto *et al.*, 2006; Roque *et al.*, 2008). No se pudo observar este patrón por el contrario en este estudio se observó una correlación entre la presencia de triatominos y varias especies de plantas. Varios factores en la actualidad pueden estar influenciando para que los triatominos no se encuentren

relacionados con las palmas, dando a entender que no existe una influencia directa del tipo de planta sobre los triatominos,

Se observó que el tipo de microhábitat y el animal que lo hospeda son factores que están determinando la presencia de triatominos ya que estos se encuentran asociados con una variedad de mamíferos (Magallo *et al.*, 2004). Hemos podido observar en especial que los nidos de ardillas fueron los más incidentes en la presencia de triatominos, aunque existió presencia de triatominos en nidos de ratones, nidos de aves y en huecos esto no es tan frecuente como lo son los nidos de ardilla. Esto puede estar relacionado al tamaño de los nidos y sobre todo tamaño corporal de las ardillas, lo cual da una mayor superficie de picada para la alimentación de los triatominos. Adicionalmente se debe considerar la cantidad de alimento que puede proveer una ardilla a los triatominos con relación a un ratón (Guarneri *et al.*, 2000).

La altura del suelo en que se encontraron los nidos, está relacionada con la presencia de triatominos. Esto se observó también en un estudio previo realizado por Suarez-Davalos *et al.* (2010), en el cual se capturó triatominos a una altura mayor a 5 metros. En el presente estudio se capturaron la mayoría de triatominos a alturas mayores a los 8 metros. Se debe considerar que la altura está relacionada con el comportamiento de los hospederos, en este caso relacionado a los nidos de ardillas, los cuales realizan sus nidos a alturas a las cuales puedan estar protegidos de depredadores y puedan estar cerca de fuentes de alimento.

Hay que considerar que varios de estos factores van a estar relacionados empíricamente ya que la estacionalidad producida genera variaciones en el comportamiento como en los ciclos biológicos, tanto de las especies de animales como de plantas presentes

en las áreas de estudio. Esto va a influenciar en el comportamiento de los triatominos tanto en su reproductividad, en su desarrollo, en su movilidad, y por lo tanto en su densidad.

6.5. CORRELACIÓN DE FACTORES ECOLÓGICOS Y PRESENCIA DE TRIATOMINOS EN MACROHÁBITATS

Los triatominos son capaces de moverse entre microclimas cuando requieren de condiciones favorables para la mantención de la población; estas condiciones pueden ser alimento, protección o temperatura y humedad adecuadas para reproducción (Bustamante *et al.*, 2007). Esto se pudo observar con el análisis MANOVA/CVA, en el cual con el paso del ciclo temporal las preferencias de los triatominos por cierto tipo de ambiente se observan de una manera marcada, cambiando de los nidos de ardilla en la planta de *G. ulmifolia*, a nidos de ardilla en la planta *C. lutea*, para luego estar en nidos de ratón en cultivos. Este ciclo temporal puede estar relacionado con la humedad relativa y temperatura, presentes en ciertas épocas del año. Esto se ha podido observar en estudios en los cuales la presencia de ciertas variables como: temperatura del aire, uso del suelo, altitud, precipitación media están explicando la presencia o ausencia de triatominos de un cierto ambiente. Un modelo empírico en *T. infestans* predice que el inicio del vuelo en triatominos de laboratorio se encuentra asociado al bajo nivel nutricional y altas temperaturas (Vazquez-Prokopec *et al.*, 2006), se prevé que la máxima tasa de vuelo es en verano, cuando hay mayor abundancia de adultos (Ceballos *et al.*, 2005).

Aunque la idea de que la vegetación tendría poca o ninguna asociación directa con los insectos hematófagos, se debe considerar que la vegetación circundante en zonas silvestres va a estar influenciando indirectamente en la presencia de triatominos (Figueiras y Lazzari, 2000), ya que el tipo de vegetación presente va a influenciar directamente en los

animales, fuentes de alimentos para los triatominos (Bustamante *et al.*, 2007). La vegetación circundante en zonas silvestres y como está variando su panorama con la estacionalidad, sea volviéndose más seco con pérdida de hojas de los árboles y la falta de frutos para la alimentación de animales, o más húmedo con presencia de mayor cantidad de frutos y flores, y mayor o menor presencia de cultivos, van a estar influenciando en la presencia de triatominos. Estudios han determinado que la preferencia por ciertas temperaturas ambientales resultan de la interacción entre muchos parámetros fisiológicos y adaptaciones a condiciones ecológicas (Schilman y Lazzari, 2004).

La abundancia y la presencia de triatominos en ciertos ambientes van a estar relacionados con la tasa de alimentación que van a presentar en ciertas épocas de año, ha esto se lo ha denominado como termopreferencia (Schilman y Lazzari, 2004). Estudios han determinado que esta termopreferencia es la encargada de la disminución en la tasa metabólica en los triatominos y la encargada de la iniciación de la dispersión al aumentar la temperatura y aumentar la inanición.

Adicionalmente se ha podido observar en estudio previos que las tasas de alimentación en triatominos varían con las estaciones, siendo la época más productiva en alimentación para los triatominos las épocas calientes-húmedas y reduciéndose significativamente en verano (la más seca) (Ceballos *et al.*, 2005; Schilman y Lazzari, 2004). Nuestros datos indican que la mayor cantidad de triatominos se presentó en la época de invierno en la cual, la temperatura del área de estudio aumento considerablemente y existió un gran descenso en la densidad de la población en el verano.

También se ha podido observar que la fecundidad y las tasas de crecimiento en triatomíneos se encuentran relacionadas con la cantidad y calidad de refugios que estén disponibles, ya que al no tener un ambiente viable, estos van a trasladarse en búsqueda de zonas que permitan estabilidad en la población (Cecere *et al.*, 2003), también la fecundidad va a estar relacionada con la termopreferencia, ya que estudios previos en *R. prolixus* determinaron que las hembras van a bajar su metabolismo en épocas frías, guardando de esta manera nutrientes, para el momento de la dispersión, pero sobre todo la puesta de huevos lo cual va a estar determinado con el aumento de la temperatura (Schilman y Lazzari, 2004) . Estos patrones se los pudo observar con nuestros datos, ya que con la variación de la estacionalidad, se generó un cambio en el panorama total del área de estudio, eliminándose refugios para triatomíneos con el movimiento de sus animales hospederos. De esta manera se observó que estos iniciaron su movimiento en búsqueda de alimento, esto puede estar relacionado con un estatus alimenticio, o por búsqueda de ambientes viables para la reproducción y estabilización de la población. La búsqueda de alimento va a estar relacionada con la cantidad de fuentes de alimento que tengan a su disposición. Esta cantidad de fuentes de alimento va a estar relacionada indirectamente con los movimientos de animales vertebrados en búsqueda de su ambiente idóneo. Los cuales cambian su comportamiento relacionado con los cambios ambientales que se presentan, ya sean estos por búsqueda de refugio, búsqueda de apareamiento o búsqueda de alimento.

6.6. ANÁLISIS PARASITOLÓGICO

Se puede ver que aunque la población de triatomíneos disminuya con el paso del tiempo la presencia de *T. cruzi*, agente causante de la ECh, se presenta en todas las visitas. Se debe considerar que la biología de *T. cruzi* es compleja y que aunque se reduzca la

población de los vectores este tiene que mantenerse. Va a existir puntos en el ciclo de los vectores en los cuales va existir mayor densidad en la población, aumentando el riesgo de transmisión de la ECh (Jansen *et al.*, 1999). Así como va a existir puntos en el ciclo de los vectores en los cuales tan solo se va a mantenerse hasta que la población aumente. Esta reducción en la población de vectores está relacionada con el ciclo de vida de los mismos, y que *T. cruzi* ha generado estrategias a lo largo de su parasitismo, para sobrevivir a esta reducción, es por esto que presenta características de una vida parasítica exitosa (Jansen *et al.*, 1999), pudiendo encontrarse en ciertas épocas en hospederos mamíferos los cuales son considerados reservorios, ya que al momento de ser utilizados por los vectores como fuente de alimento van a pasar el parasito hacia los vectores, los cuales van a transmitir el parasito al resto de la población por su comportamiento coprófago (Jansen *et al.*, 1999).

Se debe considerar este tipo de datos para nuevos estudios relacionados con el comportamiento de *T. cruzi* en poblaciones silvestres y como la dinámica de los vectores van a estar aumentando la incidencia de casos. Se debe considerar estudios con los diferentes linajes que presenta el parasito y como estos pueden estar variando temporalmente en la presencia de vectores (Jansen *et al.*, 1999).

Estudios previos han indicado que existe reinfestación de las viviendas presentes en la comunidad. Estas reinfestaciones pueden ser causadas por triatomíneos provenientes de ambientes silvestres. Esta reinfestación puede también estar relacionado con factores ambientales como los que se observaron a lo largo del estudio, los cuales pueden estar influenciando en el comportamiento de los triatomíneos, ya sea por reproducción o alimentación, generando periodos en los cuales estos tienen preferencias por cierto tipo de hábitats. Este cambio de hábitats de los triatomíneos ha sido estudiado a corta escala,

basándose en la espacio-temporalidad diaria que presentan estos, pero no se ha realizado trabajos extensos para determinar como los triatominos varían espacio-temporalmente con relación a cambios en la estacionalidad. Es por esto que se pensó en este estudio, con el cual se pudo esclarecer el panorama de cómo la temperatura y variación ambiental en el transcurso de un año, puede estar influenciando en la dinámica de los triatominos, lo cual a su vez va a estar incidiendo en una mayor o menor prevalencia de la ECh en la población.

El lograr entender la dinámica tanto espacial como temporal de los triatominos silvestres es un paso fundamental para estudios en los cuales se tome a estos como focos de reinfestación en viviendas. Ya que con este estudio se pudo determinar que con las variaciones climáticas, poblaciones silvestres se encuentran afectadas en su comportamiento, dándose cierto tipo de preferencias en ausencia o presencia de factores, lográndose evidenciar que los cambios temporales juegan un papel importante en la densidad de los triatominos y en su estructura espacial. Es por esto que se recomienda realizar estudios a nivel silvestres en los cuales se consideren factores detallados como tamaño de cultivos, densidad de plantas, comportamiento de mamíferos temporalmente y como varían los linajes de *T. cruzi* temporalmente. Así también estudios comportamentales de los triatominos en búsqueda de ambientes idóneos en laboratorio. Se recomienda también realizar trabajos con insecticidas o medios químicos en condiciones controladas, ya que se sabe la utilización de este en zonas no ecuatoriales, pero en Ecuador esto puede estar variando por la mayor incidencia de luz solar. También el profundizar y aumentar los controles no químicos como son la utilización de mallas, toldos y sobre todo aumentar la educación a las comunidades sobre la ECh ya que esto es un pilar fundamental en el control.

7. LITERATURA CITADA

- Abad-Franch, F., Monteiro, F. 2005. Molecular research and the control of Chagas disease vectors. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 77(3): 437-454.
- Abad-Franch, F., Palomeque, F.S., Aguilar, A.M., Miles, A. 2005. Field ecology of selvatic *Rhodnius* populations (Heteroptera, Triatominae); risk factors for palm tree infestation in western Ecuador. *Tropical Medicine and International Health* 10(12): 1258-1256.
- Abad-Franch, F., Aguilar, M., Paucar, C., Lorosa, E., Noireau, F. 2002. Observations on the domestic ecology of *Rhodnius ecuadoriensis* (Triatominae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 97: 199-202
- Abad-Franch, F., Monteiro, F. 2007. Biogeography and evaluation of Amazonian triatomines (Heteroptera: Reduviidae): implications for Chagas disease surveillance in humid forest ecoregions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 102(1): 57-69.
- Abad-Franch, F., Monteiro, F., Jaramillo, N., Gurgel-Gonc, R., Stehling, B., Diotaiuti, L. 2009. Ecology, evolution, and the long-term surveillance of vector-borne Chagas disease: A multi-scale appraisal of the tribe Rhodniini (Triatominae). *Acta Tropica* 110: 159-177.
- Abad-Franch, F., Palomeque, F.S., Aguilar, H.M. 2001b. Control de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en el Ecuador. FASBASE. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Quito. 9 pp.
- Abad-Franch, F., Paucar, A., Carpio, C., Cuba Cuba, C., Aguilar, M., Miles, M. 2001a. Biogeography of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) in Ecuador: Implications for the Design of Control Strategies. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 96(5): 611-620.
- Aguilar, H.M., Abad-Franch, F., Racines, J., Paucar, A. 1999. Epidemiology of Chagas Disease in Ecuador. A Brief Review. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 94 (1): 387-393.
- Alzogaray, R. 2003. El control químico en *Triatoma infestans* en Argentina. Centro de investigaciones de Plagas e insecticidas. *Revista de Toxicología en Línea RETEL*. <http://www.sertox.com.ar/retel/default.htm>.
- Aufderheide, A., Salo, W., Madden, M., Streitz, J., Buikstra, J., Guhl, F., Arriaza, B., Renier, C., Wittmers, L., Fornaciari, G., Allison, M. A. 2004. 9,000-year record of Chagas disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101(7):2034-2039.
- Bacigapulo, A., Segura, J.A., Gascía, A., Hidalgo, J., Galuppo, S., Cattán, P.E. 2006. First finding of Chagas disease vectors associated with wild bushes in the Metropolitan Region of Chile. *Revista Médica de Chile* 134: 1230-1236.

- Barbosa, S.E., Soares, R.P.P, Pires, H.H.R., Diotaiuti, L. 2001. Experimental Evidence for a Demographic Cline in *Panstrongylus megistus* Populations. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 96(6): 773-775.
- Bustamante, D., Monroy, M., Rodas, A., Juarez, J., Malone, J. 2007. Environmental determinants of the distribution Chagas disease vectors in south-eastern Guatemala. *Geospatial Health* 2: 199-211.
- Castañeda, M.B., Aparicio, J.P., Gutler, R.E. 2003. A stage-structured stochastic model of the population dynamics of *Triatoma infestans*, the main vector of Chagas disease. *Ecological Modelling* 162:33-53.
- Carcavallo, R.U., Galíndez, I., Jumberg, J., Lent, H. 1998. Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas. Vol. I. Editorial Fiocruz. Rio de Janeiro – Brasil.
- Ceballos, L., Vasquez-Prokopec, G., Cecere, M., Marcet, P., Gurtler, R. 2005. Feeding rates, nutritional status and flight dispersal potential of peridomestic populations of *Triatoma infestans* in rural northwestern Argentina. *Acta Tropica* 95: 149-159.
- Cecere, C., Canale, D., Gurtler, R. 2003. Effects of refuge availability on the population dynamics of *Triatoma infestans*. *Journal of applied Ecology* 40: 742-756.
- Cecere, M., Vasquez-Prokopec, G., Gurtler, R., Kiltron, U. 2006. Reinfestation Sources for Chagas Disease Vector, *Triatoma infestans*, Argentina. *Emerging Infectious Diseases* 12(7).
- Cecere, M., Vasquez-Prokopec, G., Gurtler, R., Kiltron, U. 2004. Spatio-Temporal analysis of reinfestation by *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) following insecticide spraying in a rural community in northwestern Argentina. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene* 71(6): 803-810.
- Chagas, C. 1909. Nova tripanozomíase humana: Estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo do *Schizotrypanum cruzi* n. gen., n. sp., agente etiológico de nova entidade morbida do homem. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 1(2):159-218.
- Coura, J., Borges-Pereira, J. 2010. Chagas disease: 100 years its discovery. A systemic review. *Acta Tropica* 115:5-13.
- Coura, J.R. 2007. Chagas disease: what is known and what is needed – A background article. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 102(1): 113-122.
- Cruz-López, L., Malo, E.A., Rojas, J.C., Morgan, E.D. 2001. Chemical ecology of triatomine bugs: vectors of Chagas disease. *Medical and Veterinary Entomology* 15: 351-357.
- Da Silva, A.J., Moser, M. Center for Disease Control and Prevention. En: J. Clayton. 2010. Chagas Disease 101. *Nature Outlook*.465.
- Dias, J.C. 1994. Ecological Aspects of The Vectorial Control of Chagas Disease in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública* 10(2): 352-358.

- Dias, J.C. Silveira, A.C. Schofield, C.J. 2002. The Impact of Chagas Disease Control in Latin America-A Review. *Memórias do Oswaldo Cruz* 97(5): 603-612.
- Diggle, P.J. 1983. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Academic press, London, UK.
- Dumonteil, E., Ruiz-Piña, H., Rodriguez-Félix, E., Barrera-Pérez, M., Ramirez-Sierra, J., Rabinovich, J., Menu, F. 2004. Re-infestation of Houses by *Triatoma dimidiata* after Intradomicile Insecticide Application in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 99(3):253-256.
- Fait, A., Iversent, B., Taramani, M., Visentin, S. 2004. Prevención de los riesgos para la salud derivados del uso de plaguicidas en la agricultura. Edición 1. Organización Mundial de la Salud. Francia 6-35.
- Ferral, J., Chavez-Nuñez, L., Auan-Garcia, M., Ramirez-Sierra, M., Najera-Vazquez, R., Dumonteil, E. 2010. Comparative Field Trial of Alternative Vector Control Strategies for Non-Domiciliated *Triatoma dimidiata*. *Tropical Medicine and International Health* 82(1): 60-66
- Figueiras, A., Lazzari, C. 2000. Temporal Change of the Aggregation Response in *Triatoma infestans*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 95(6): 889-892.
- Gaunt, M., Miles, M. 2000. The Ecotopes and Evolution of Triatomine Bugs (Triatominae) and their Associates Trypanosomes. *Memórias Instituto Oswaldo Cruz* 95(4): 557-565.
- Gorla, D.E., 2002. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae). *Ecología Austral* 12:117-127.
- Grijalva, M.J. Palomeque-Rodriguez, F.S., Costales, JA., Dávila, S., Arcos-Terán, L. 2005. High household infestation rats by synanthropic vectors of Chagas disease in Southern Ecuador. *Journal of Medical Entomology* 42: 68-74.
- Grijalva, M.J., Villacis, A.G. 2009. Presence of *Rhodnius ecuadoriensis* in Sylvatic Habitats in the Souther Highlandas (Loja Province) of Ecuador. *Journal of Medical Entomology* 48(3): 708-711.
- Guarneri, A.A., Pereira, M.H., Diotaiuti, L. 2000. Influence of the blood meal source on the development of *Triatoma infestans*, *Triatoma brasiliensis*, *Tiatoma sordid*, and *Triatoma pseudomaculata* (Heteroptera, Reduviidae). *Journal of Medical Entomology* 37: 373-379.
- Guhl, F. 2007. Chagas disease in Andean countries. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 102(1): 29-37.
- Guhl, F., Pinto, N., Aguilera, G. 2009. Sylvatic triatominae: a new challenge in vector control transmission. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 104(1): 71-75.

- Gurtler, R. 1999. Monitoreo poblacional de *Triatoma infestans* durante la fase de vigilancia en una comunidad rural de noroeste argentino. Simposio internacional. Academia Nacional de Medicina 59(2): 47-54
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan., P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Jansen, A.M., Santos de Pinho, A.P., Lisboa, C.V., Cupolillo, E., Mangia, R.H., Fernandes, O. 1999. The Cylvatic Cycle of *Trypanosoma cruzi*: a Still Unsolved Puzzle. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 94(1): 203-204.
- Khambay, B. 2002. Pyrethroid Insecticides. The royal society of Chemistry. Outlook.
- Lent, H., Wygodzonsky, P. 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas disease. Bulletin of the American Museum of Natural History 163: 127-520.
- Magallón-Gatélum, E., Lozano-Kasten, F., Bosseno, M., Cárdenas-Contreras, R., Ouaiissi, A., Brenière, S. 2004. Colonization of Rock Pile Boundary Walls in Fields by Sylvatic Triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in Jalisco Satate, Mexico. Journal of Medical Entomology 43(3): 484-488.
- Medina-Torres, I., Vazquez-Chagoyán, C., Rodriguez-Vivas, R., Montes de Oca-Jiménez, R. 2010. Risk Factors Associated with Triatomines and Its Infection with *Trypanosoma cruzi* in Rural Communities from the Southern Region of the State of Mexico. Tropical Medicine and International Health 82(1):49-54.
- Minoli, S.A., Baravalle, S., Lorenzo Figueiras, A.N. 2007. Daily rhythm of aggregation in the haematophagous bug *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.
- Monroy, C. 2003. Ecology and Control of Triatomine (Hemiptera: Reduviidae) Vectors of Chagas Disease in Guatemala, Central America. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology. 895:22 pp.
- Nature. 2010. CHAGAS DISEASE OUTLOOK. www.nature.com/outlooks.
- Noireau, F., Carbajal-de-la-Fuente, C., Diotiuti, L. 2005. Some considerations about the ecology of Triatominae. Academia Brasileira de Ciencia 77(3).
- Nour, N., HattHysen, E., Dhondt, A. 1993. Artificial nest predation and habitat fragmentation: different trends in birds and mammal predators. Ecography 16(2):111-116.
- Oslfeld, R., Glass, G., Keesing, F. 2005. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. TRENDS in Ecology and Evolution 6.
- PAHO - Pan American Health Organization. 2006. Technical Report: Quantitative Chagas disease estimates. OPS/HDMCD/425-06.

- Palomino, M., León, W., Valencia, P., Cárdenas, F., Ancca, J. 2007. Evaluación de Campo del Efecto Residual de la Deltametrina sobre la Mortalidad y Knockdown en *Triatoma infestans*, según tipo de Superficie en Arequipa, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 24(2): 136-143.
- Pinto, C.M., Ocaña-Mayorga, S., Lascano, M., Grijalva, M.J. 2006. Infection by trypanosomes in Marsupials and Rodents Associated with Human Dwellings in Ecuador. *Journal of Parasitology* 92(6): 1251-1255.
- Pruss-Ustun, A., Corvalán, C. 2007. How Much Disease Burden can be Prevented by Environmental Interventions?. *Epidemiology* 18: 167-178.
- Rassi, A., Rassi, M.D., Little, W.C. 2000. Chagas Heart Disease. *Clinical Cardiology* 23: 883-889.
- Reichman, O.S. y Smith, S.C. 1990. Burrows and Burrowing Behavior by Mammals. *Current Mammalogy*. 197-244.
- Rojas de Arias, A., Lehane, M.J., Schofield, C.J., Maldonado, M. 2004. Pyrethroid Insecticide Evaluation on Different House Structures in a Chagas Disease Endemic Area of the Paraguayan Chaco. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 99(6): 657-662.
- Roque, A.L., Marconny, S., Duarte, A., Andrea, P., Jansen, A. 2008. *Trypanosoma cruzi* Transmission Cycle Among Wild and Domestic Mammals in Three Areas of Orally Transmitted Chagas Disease Outbreaks. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene* 79(5): 742-749.
- Salvatella, R. 2007. Andean subregional Chagas disease area and the Andean Initiative of Chagas Disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 102(1): 39-40.
- Schilman, P.E. y Lazzari, C.R. 2004. Temperature preference in *Rhodnius prolixus*, effects and possible consequences. *Acta Tropica* 90:115-122.
- Schofield C.J. 2001. Field Testing and Evaluation of Insecticides for Indoor Residual spraying against domestic Vectors of Chagas Disease. (WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2001.1) WHO, Geneva. 54pp.
- Schofield, C.J. 1994. *Triatominae: Biology and control*. Eurocommunica Publications (Eds) 76 pp. West Sussex, UK.
- Schofield, C.J., Galvao, C. 2009. Classification, evolution, and species groups within the *Triatominae*. *Acta Tropica* 110: 88-100
- Sierra, R. (Ed). 1999. Propuesta preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF Y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Suarez-Davalos, V., Dangles, O., Villacis, A., Grijalva, M.J. 2010. Microdistribution of Sylvatic *Triatominae* Population in Central-Coastal Ecuador. *Journal of Medical Entomology*. 47(1): 80-88.

- Teixeira, A.R.L., Nitz, N., Guimaro, M.C., Gomes, C., Santos-Buch, C.A. 2006. Chagas disease. *Postgraduated Journal of Medical Entomology*. 82: 788-798.
- Teixeira, A.r:l, Monteiro, P.S., Rebelo, J.M., Argañaz, E.R., Viera, D., Laurita-Pires, L., Nascimento, R., Vexenat, C. A., Silva, A.R., Ault, S.K., Costa, J.m. 2001. Emerging Chagas Disease: Trophic Network and Cycle of Transmission of *Trypanosoma cruzi* from Palm Trees in the Amazon. *Emerging Infectious Disease* 7(1): 100-112.
- Vallejo, GA, Guhl, F, Chiari, E, Macedo, A. 1999. Species specific detection of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* in vector and mammalian host by polimerase chain reaction amplification of kinetoplast minicircle DNA. *Acta Tropica* 72: 203-212.
- Vazquez-Prokopec, G.M., Ceballos, L.A., Marcet, P.L., Cecere, M.C., Cardinal, M.V., Kitron, U., Gutler, R.E. 2006. Seasonal variations in activie dispersal of natural population of *Triatoma infestans* in rural north-western Argentina. *Medical Veterinary Entomology* 20(3): 273-279.
- Villacis, A.G., Arcos-Terán, L., Grijalva, M.J. 2008. Life cycle, feeding and defecation patterns of *Rhodnius ecuadoriensis* (Lent & León 1958) (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) under laboratory conditions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 103(7): 690-695.
- Villegas-García, J., Santillán-Alarcón, S. 2001. Sylvatic focus of American Trypanosomiasis in the State of Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49(2): 685-688.
- WHO - World Health Organization 2002. Control of Chagas disease. Second report of the WHO Expert Committee, WHO, Genebra, 107 pp.
- WHO - World Health Organization. 2007. Update of American Trypanosomiasis and Leishmaniasis Control and Research: Final Report. PAHO. 5:12.

8. FIGURAS

Who, how, what and where?

Chagas disease is a disease of Latin America. In spite of extensive control efforts it is so prevalent that in some areas, such as within the Gran Chaco (see Chagas disease in the Chaco, on page S18), one person in 16 is infected.



Figura 1. Mapa de de distribución de la ECh en las Américas. Se observa los niveles de infestación (Jannin y Salvatella, 2006. En nature.com/outlooks, 2010).

Trypanosomiasis, American (Chagas disease)
(Trypanosoma cruzi)

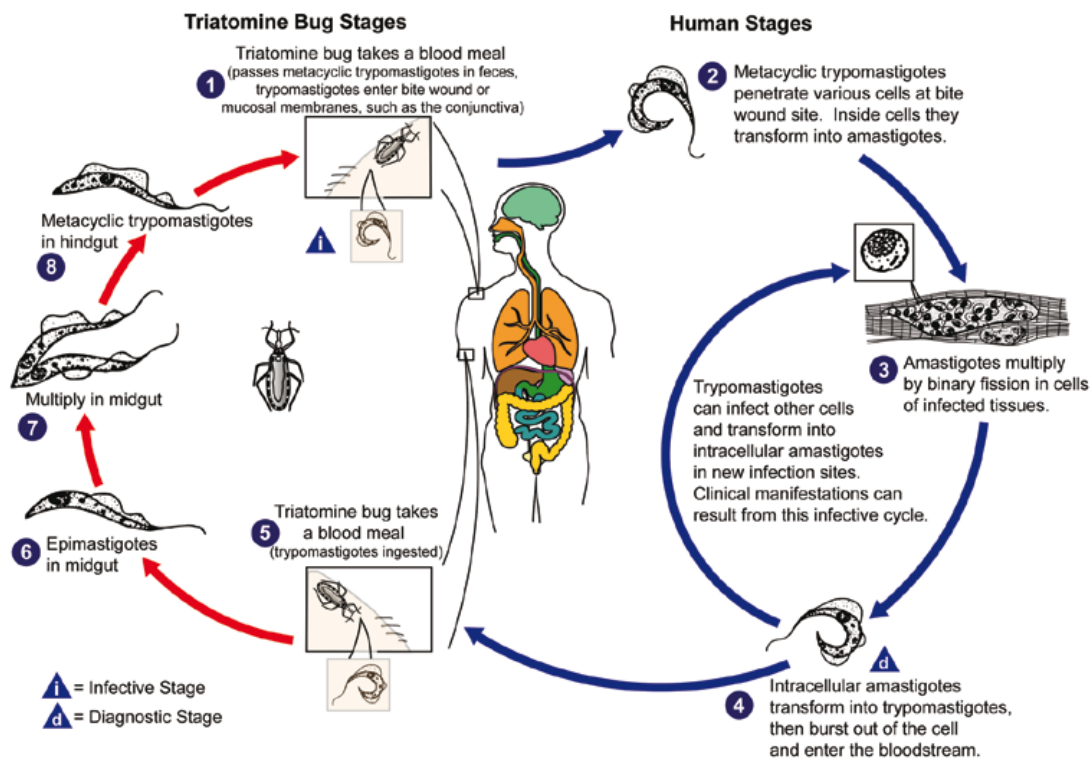


Figura 2. Ciclo de vida de *Trypanosoma cruzi*. Se observa los diferentes estadios de *T. cruzi* y como estos varían con el cambio de hospedero a vector (da Silva and M. Moser. En Clayton, 2010).

A)



B)

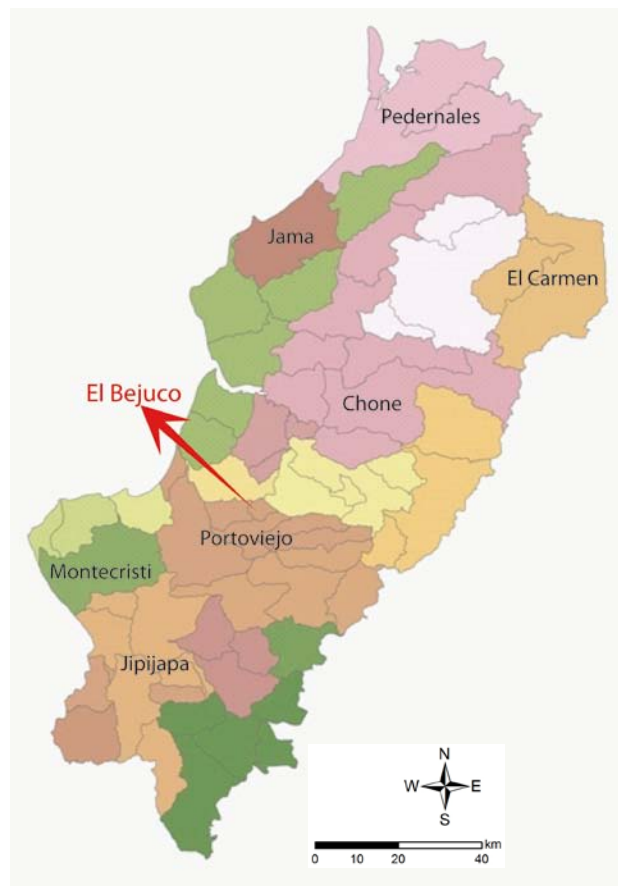


Figura 3. Ubicación de la comunidad seleccionada para el estudio. A) Se observa la ubicación del cantón Portoviejo en la Provincia de Manabí en el mapa de Ecuador. B) Se observa la ubicación de la comunidad El Bejuco en El cantón Portoviejo.

Proyecto de Investigación, Control y Vigilancia de la Enfermedad de Chagas en la Provincia de Manabí

Mapa de Infestación domiciliar y peridomiciliar por Triatominos

Cantón: Portoviejo

Comunidad: El Bejuco de Riochico

(Lat -0,9495°; Lon -80,3314°; Altitud 65-400 msnm)

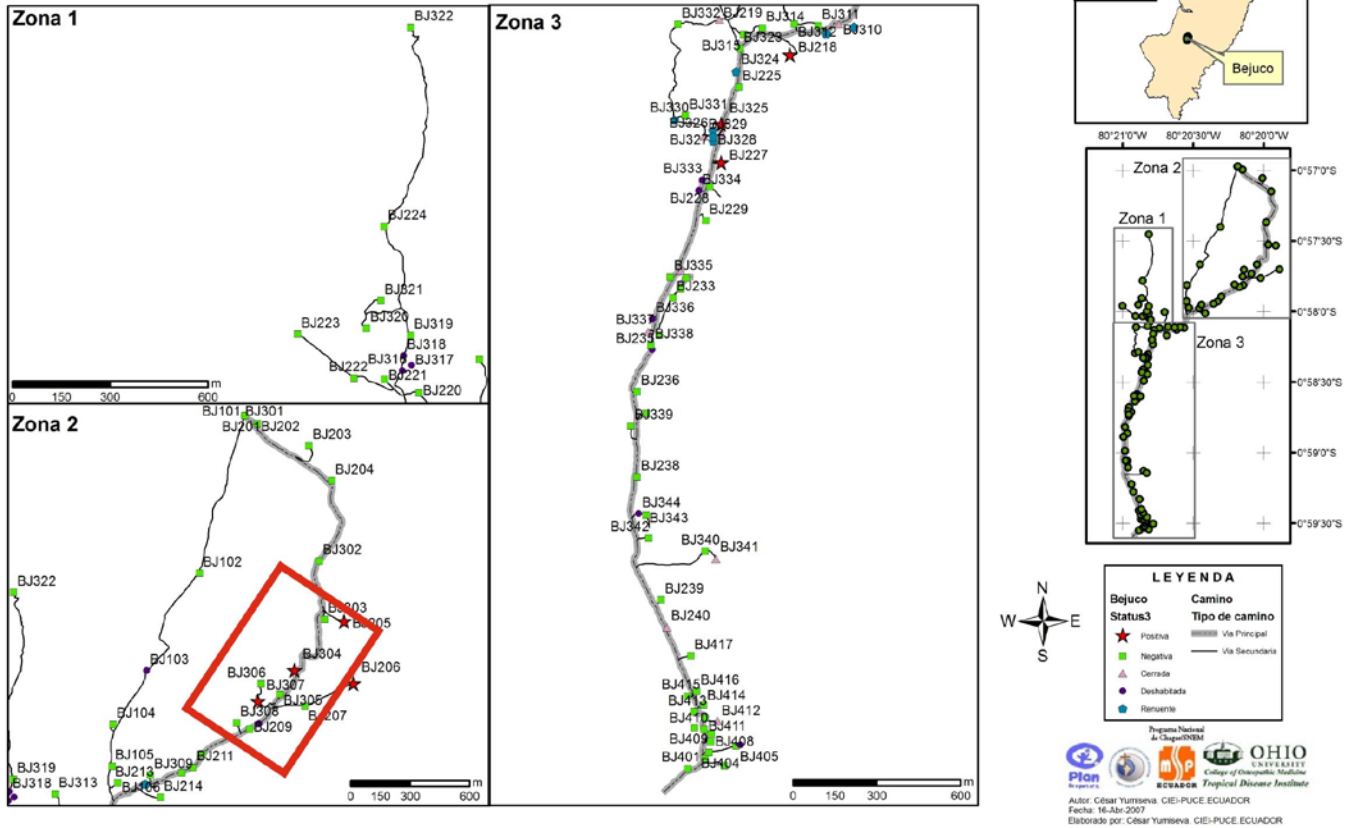


Figura 4. Mapa de infestación de la comunidad El Bejuco 2008. En rojo se observa las viviendas que presentaron infestación, en verde las viviendas que no presentaron infestación. El rectángulo rojo representa el cuadrante de 1000 metros x 400 metros tomada como nuestra área de estudio.

A) PERIDOMICILIO

B) INTRADOMICILIO



Figura 5. Ambientes muestreados en viviendas del área de estudio. A) Se observa la estructura de peridomicilio de una vivienda típica de zona rural en la provincia de Manabí. B) Se observa la estructura del intradomicilio de una vivienda típica de zona rural en la provincia de Manabí.



Figura 6. Rociada de una vivienda con presencia de triatominos. Se observa el rociado con deltametrina, por parte de un miembro de personal del PNCh, en la cual se colectaron triatominos. Este trabajo se lo realizó con ayuda de una bomba Hudson Expert, mascarilla, guantes y uniforme del personal.



Figura 7. Procedimiento utilizado para la recolección de triatominos en los diferentes microhábitats silvestres muestreados. En la figura se puede observar la recolección de triatominos de un nido de ardilla en el cual se procede a la búsqueda minuciosa de forma manual. Los triatominos se colectan en un recipiente de plástico, el cual se encuentra cerca del colector.

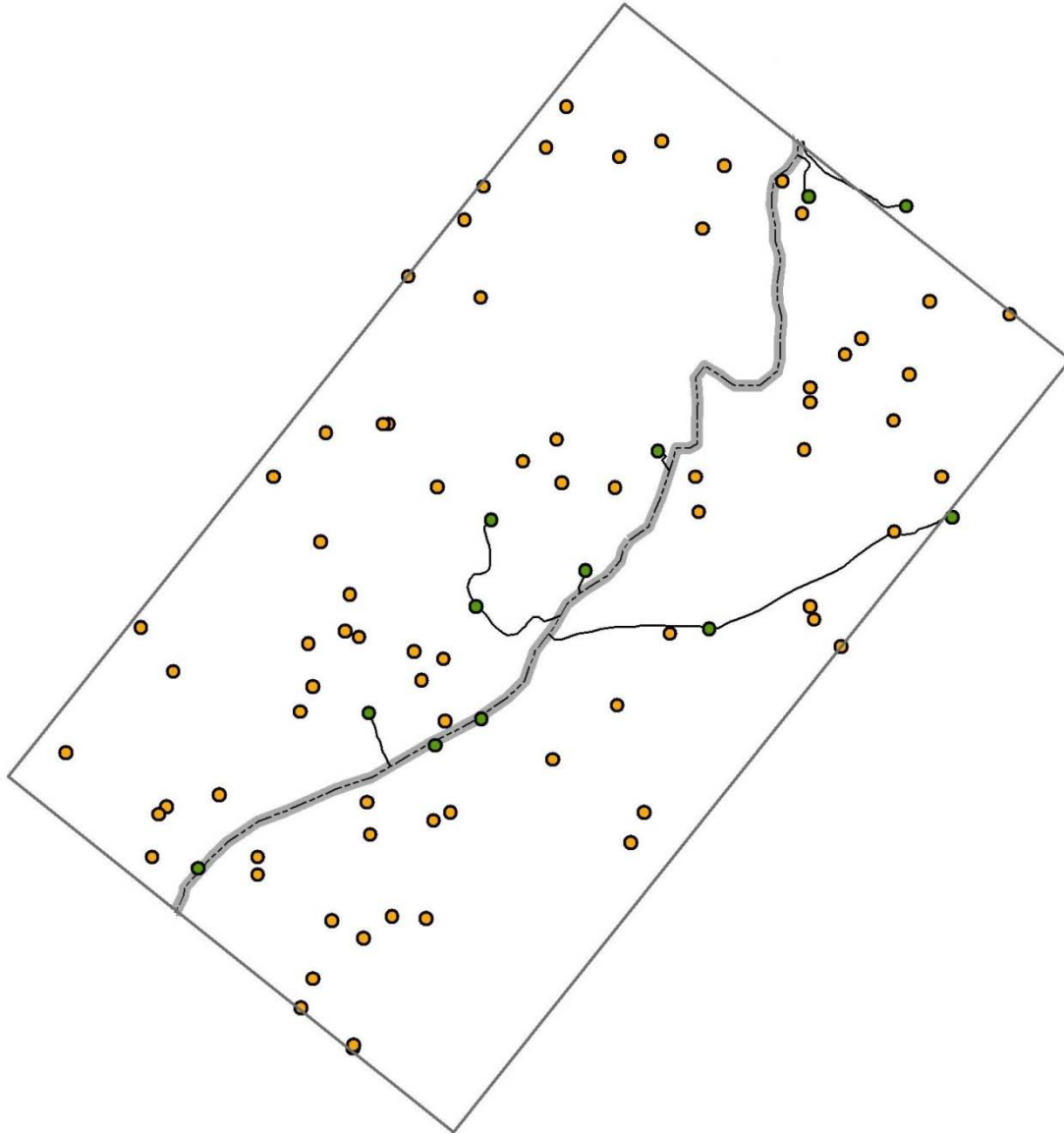
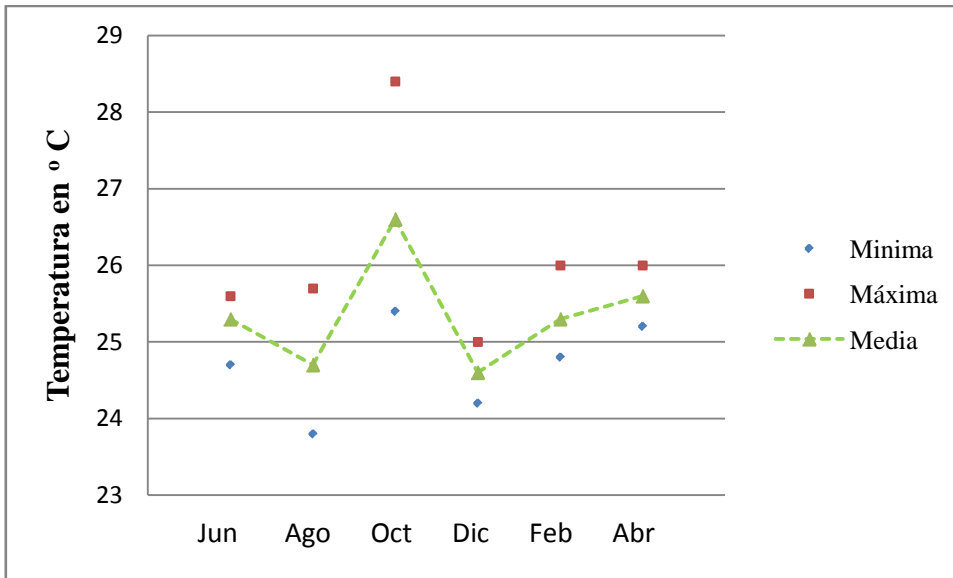


Figura 8. Mapa representativo de los puntos muestreados dentro del cuadrante. Se observa la posición del cuadrante con relación a la vía principal en plomo y vías secundarias de la comunidad en negro. En verde se puede observar la ubicación de las viviendas, las cuales fueron visitadas y revisadas con el consentimiento de los propietarios en cada una de las visitas. En amarillo se puede observar un set de puntos aleatorios, este set de puntos se generó para el mes de junio-2009.

A)



B)

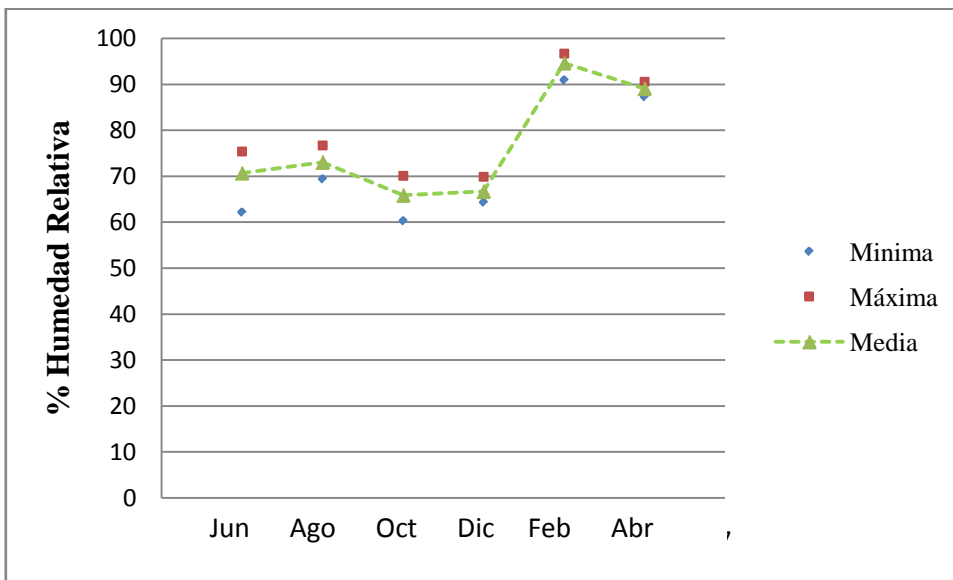


Figura 9. Temperatura y humedad tomadas en las visitas a la comunidad. A) Se observa en rojo la variación en temperatura que se produjo en las diferentes visitas. B) Se observa en azul la variación en la humedad que se observó en las visitas a la comunidad.

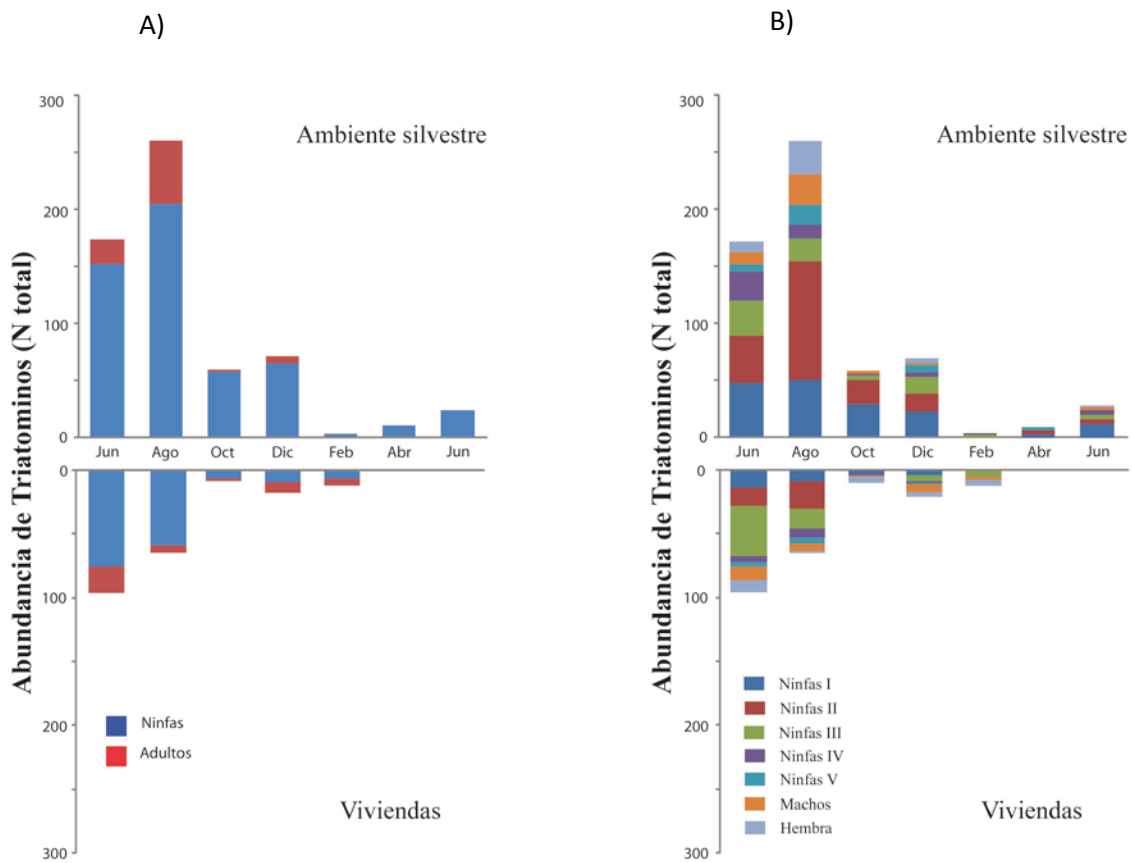


Figura 10. Estructura poblacional de triatominos en puntos silvestres y en intra-peridomicilio en la comunidad de El Bejuco, Provincia de Manabí. A) Se detalla la proporción de ninfas y adultos colectados por visita a la comunidad: junio 2009-Jun, agosto 2009-Ago, octubre 2009-Oct, diciembre 2009-Dic, febrero 2010-Feb, abril 2010-Abr, junio 2010-Jun. B) Se detalla la proporción de ninfas y adultos colectados por visita a la comunidad. El esfuerzo de muestreo por día fue de: 1,6 hora/hombre a nivel selvático y 4,33 horas/hombre en viviendas. En cada visita a la comunidad las viviendas que tuvieron triatominos fueron rociadas.

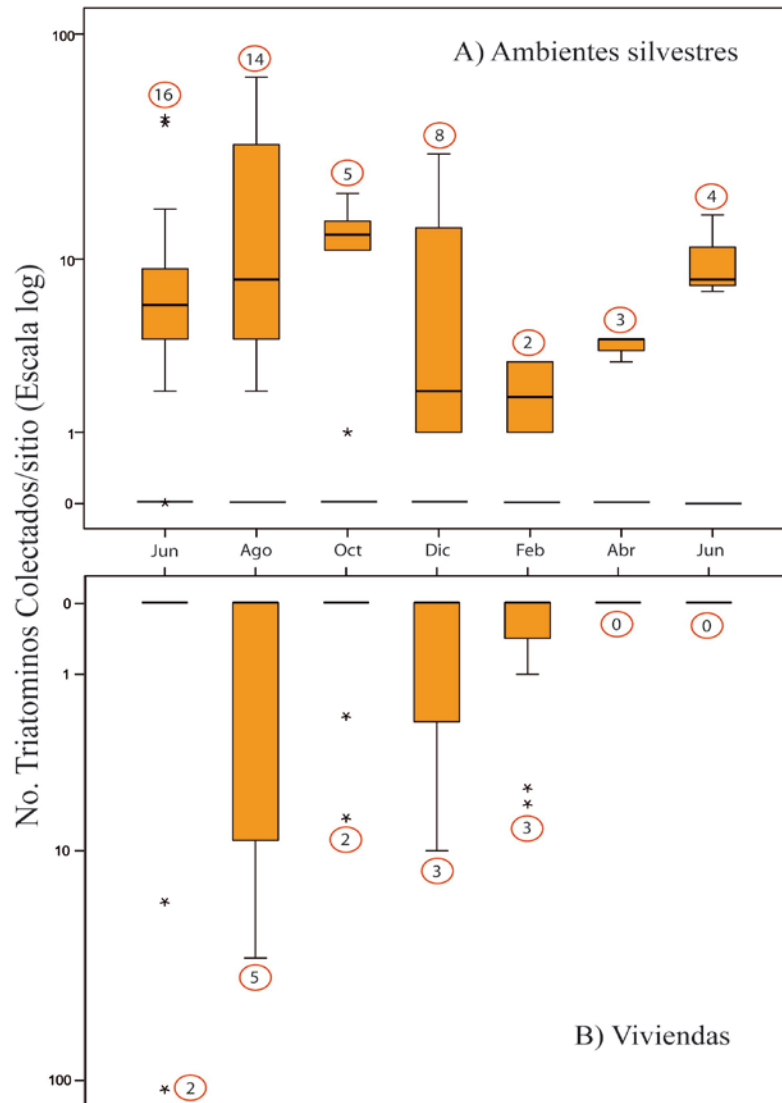


Figura 11. Comparación en Boxplot de triatomines colectados por visita a la comunidad. Se observa en naranja los cuartiles, la línea negra en los rectángulos naranjas representa la mediana, la líneas negras salientes desde los rectángulos naranjas representan los límites superior e inferior, los asteriscos representan los datos atípicos. Los números en los círculos rojos representan el número de puntos silvestres y viviendas positivas. Se observa la variación en la colección de triatomines tanto en viviendas como en puntos silvestres.

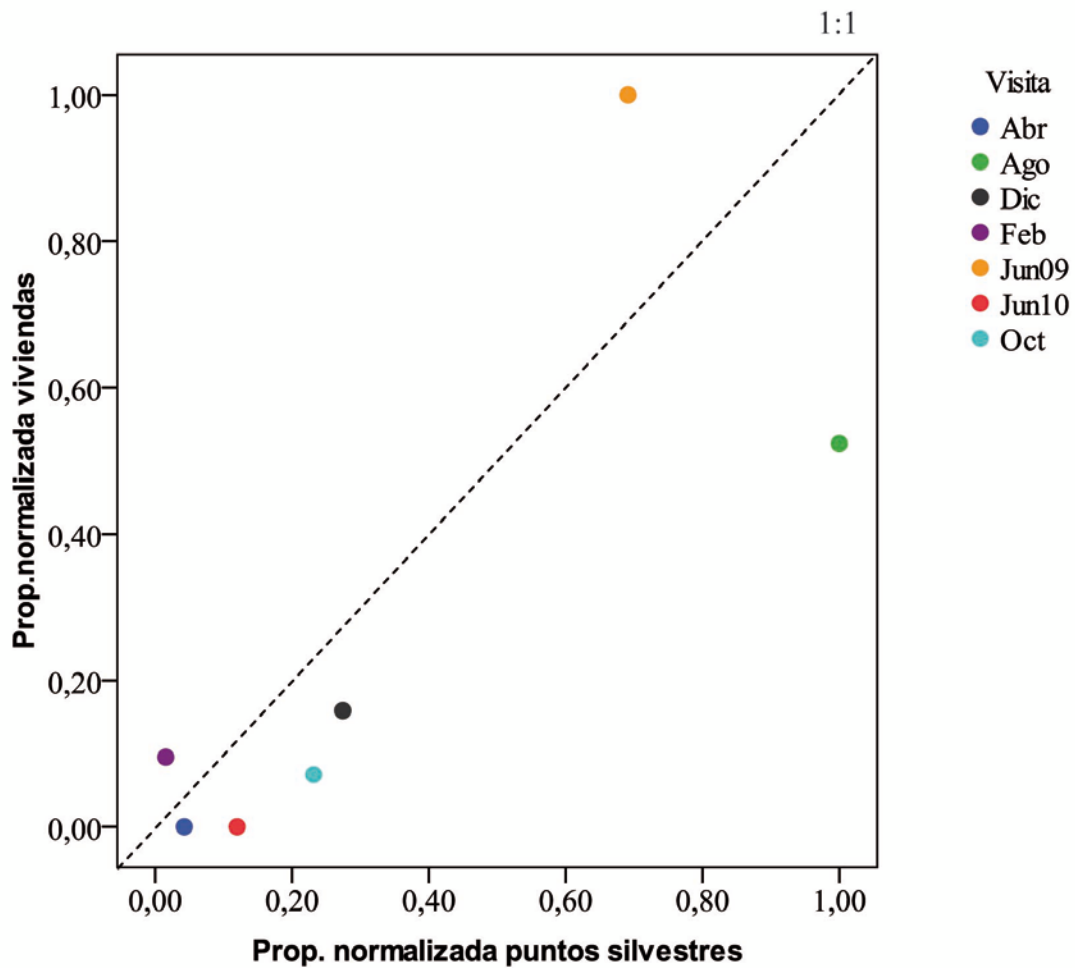


Figura 12. Comparación entre la infestación de viviendas e infestación de puntos silvestres. Se observa la proporción normalizada 1:1 representada por la línea entrecortada, de viviendas positivas y su relación con puntos positivos silvestres, para las diferentes visitas a la comunidad.

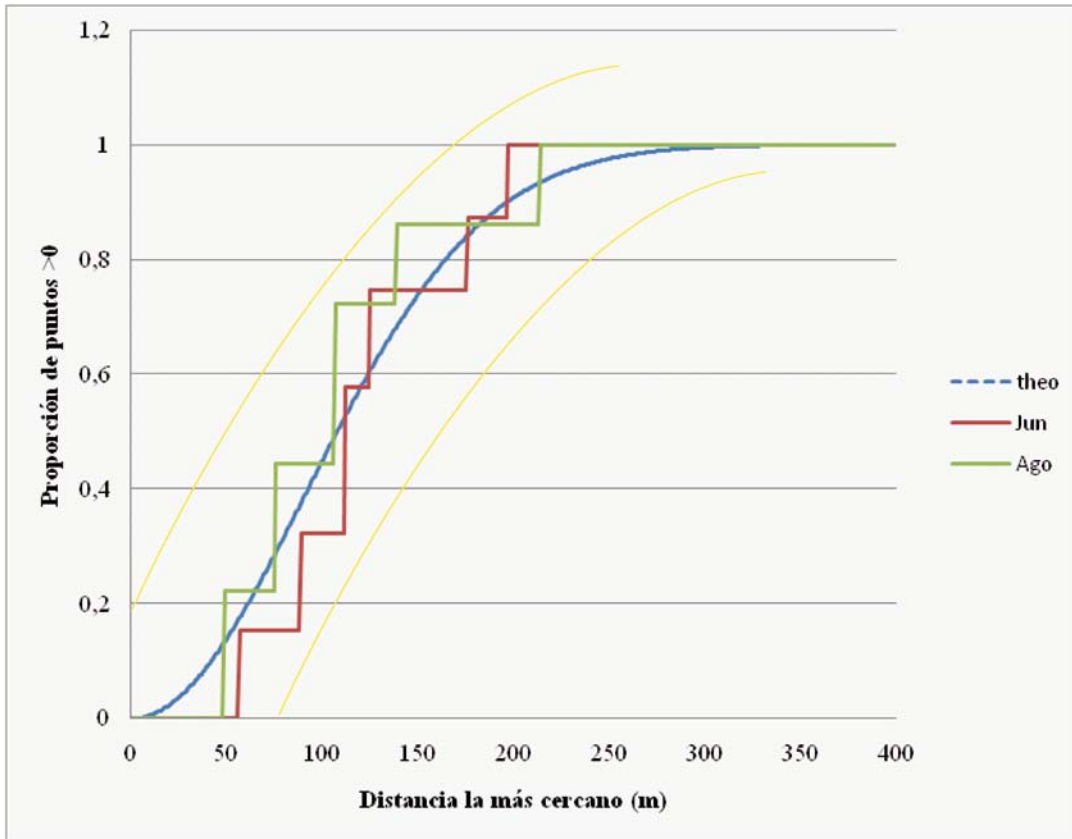


Figura 13. Función G(r) para el cuadrante silvestre en las visitas a la comunidad 1 (Jun-2009) 2 (Ago). Se puede observar la función de la ecuación en la línea azul continua, los intervalos de confianza en amarillo y las funciones para las dos visitas representadas con las líneas continuas roja (junio-2009) y verde (agosto) respectivamente.

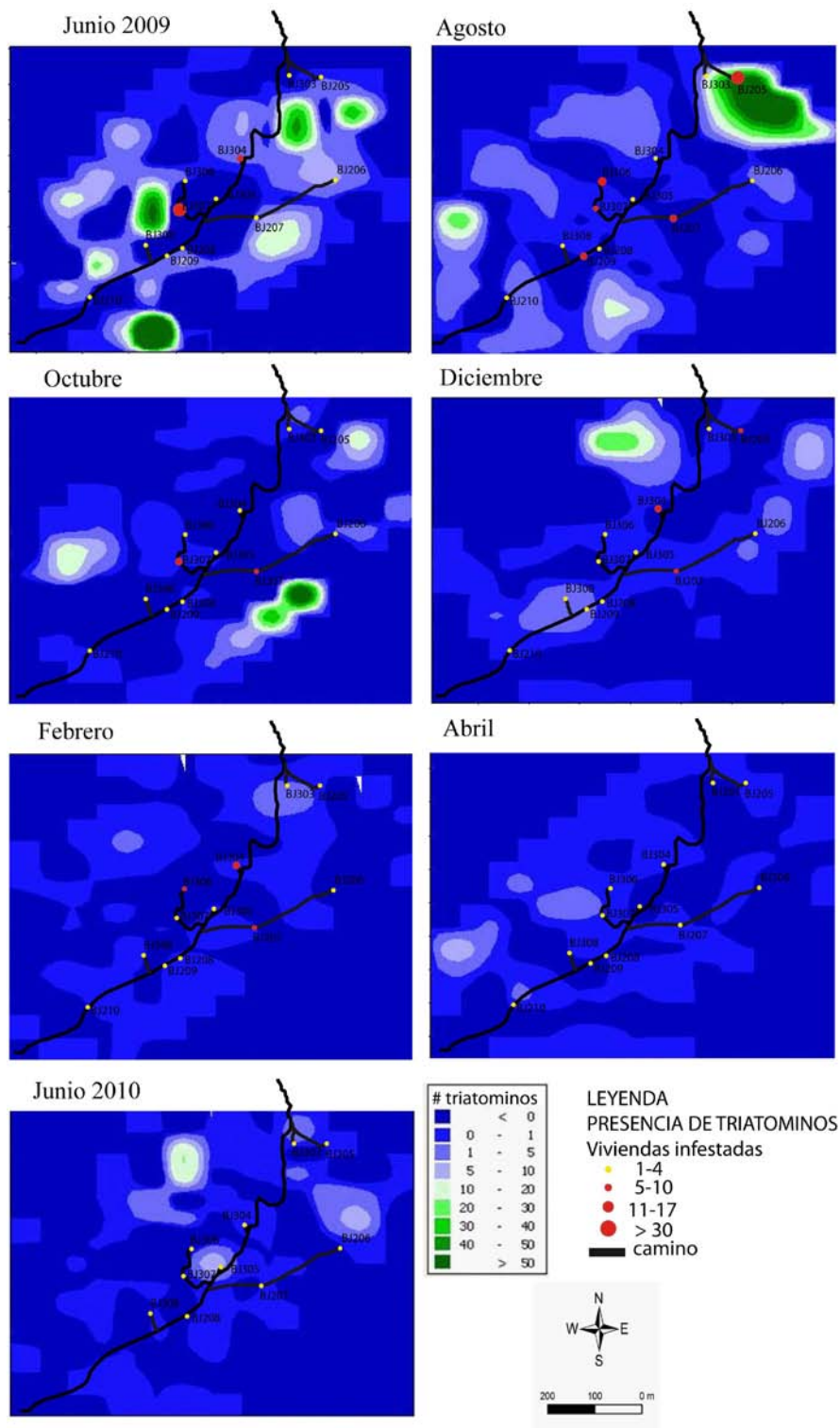


Figura 14. Mapas en función de la densidad de triatominos en el cuadrante silvestre y viviendas, en las diferentes visitas a la comunidad.

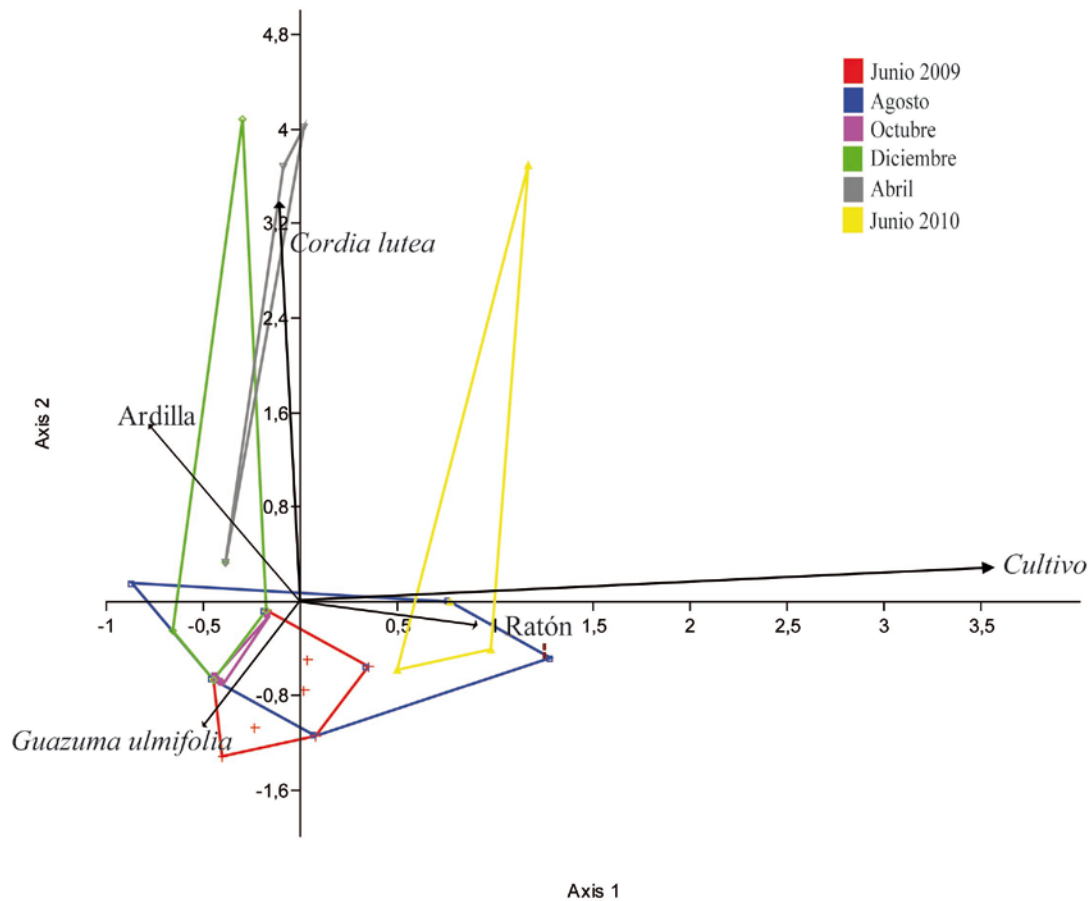


Figura 15. Representación gráfica del análisis de MANOVA/CVA para puntos silvestres positivos. Los polígonos de diferentes colores indican las diferentes visitas que se realizaron a la comunidad, así tenemos: en rojo (junio-2009), azul (agosto), morado (octubre), verde (diciembre), plomo (abril) y amarillo (junio 2010). Los vectores representados por las flechas continuas negras, representan los Eigenvalues de las variables explicativas (abundancia de *Sciurus stramineus*, *Cordia lutea*, *Guazuma ulmifolia*, *Mus musculus* y cultivo), el tamaño del vector representa la fuerza del mismo. Los Axis representan el peso o la fuerza que tienen las variables al explicar los puntos positivos, representados en los polígonos.

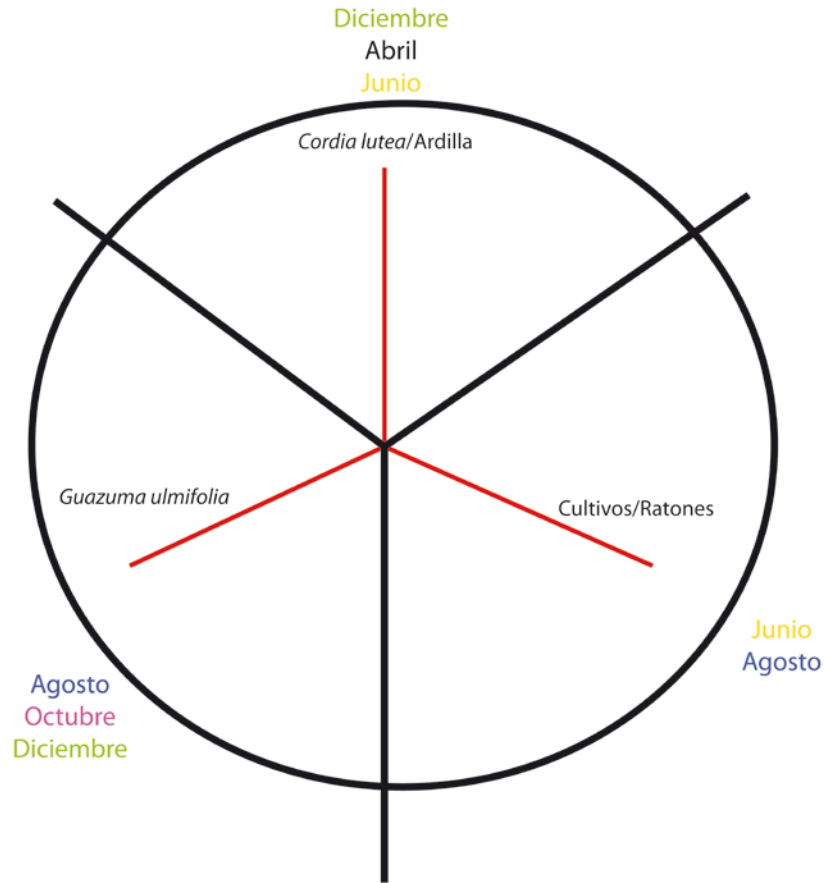
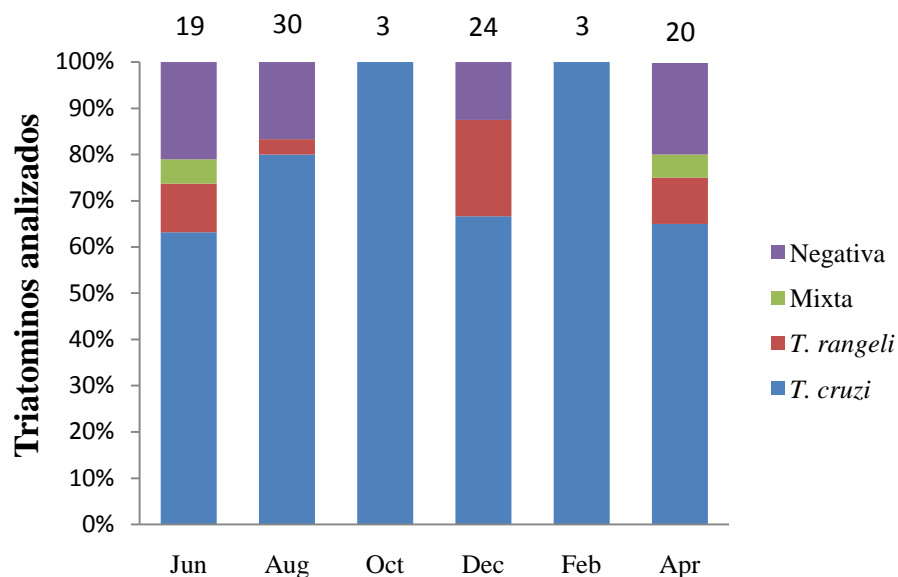


Figura 16. Representación de un ciclo de presencia de triatominos con las diferentes variables en las diferentes vivitas a la comunidad. El círculo negro representa el periodo de estudio (12 meses), las líneas de color negro representan los periodos de transición de las variables estudiadas y en rojo se observan las interacciones de las variables presentes en los diferentes periodos.

Ambiente Silvestre



Viviendas

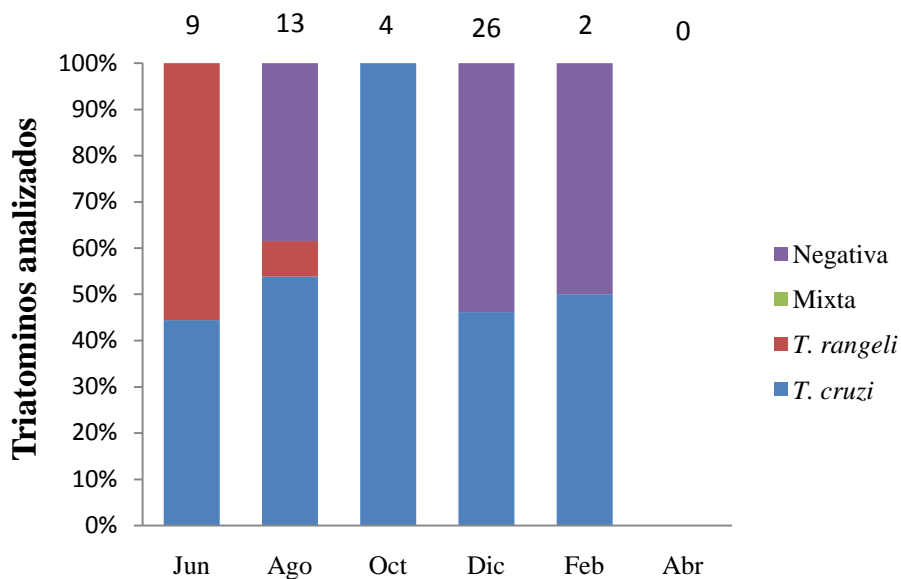


Figura 17. Análisis parasitológico realizado a los triatominos colectados. Se observa el tipo de parásito que presentaban los triatominos representado con las diferentes infecciones que presentaron en los análisis de las diferentes visitas. Los números por encima de las barras representan el número de triatominos analizados.

9. TABLAS

Tabla 1. Características de la comunidad tomadas en las visitas a la comunidad. Se observa la temperatura y la humedad máxima y mínima, que presento la comunidad en las diferentes visitas.

Datos	Fecha de Visita a la comunidad						
	Jun	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	
Minima	62,2	69,4	60,3	64,3	90,9	87,3	
Humedad relativa-cuadrante (%) +							
Máxima	75,4	76,7	70,1	69,9	96,7	90,6	
Media	70,70	73,03	65,85	66,70	94,62	89,07	
Mínima	24,7	23,8	25,4	24,2	24,8	25,2	
Temperatura-cuadrante (°C) +							
Máxima	25,6	25,7	28,4	25,0	26,0	26,0	
Media	25,3	24,7	26,6	24,6	25,3	25,6	
Presencia de cultivos++	SI	SI	NO	NO	NO	NO	
Tipo de cultivos++	Maíz	Maíz	-	-	-	-	

+ Datos obtenidos en la investigación mediante medidores de temperatura

++Observación en el área de trabajo

Tabla 2. Estructura poblacional de triatominos en ambiente silvestre en la comunidad de El Bejuco, Provincia de Manabí. Se detalla el número de de triatominos colectados por estadios ninfales y adultos (machos - ♂ y hembras - ♀) colectados por visita a la comunidad: junio (Jun-2009), agosto (Ago), octubre (Oct), diciembre (Dic), febrero (Feb), abril (Abr), junio (Jun-2010).

Estadio	Visita a la Comunidad						
	Jun-2009	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun-2010
Ninfa I	47	50	28	22	0	3	12
Ninfa II	41	103	22	15	0	3	4
Ninfa III	32	22	5	16	3	2	6
Ninfa IV	25	12	3	5	1	0	4
Ninfa V	8	18	0	7	0	3	1
♂	11	27	2	2	0	0	2
♀	10	29	0	4	0	0	2
Total	174	261	60	71	4	11	31

Tabla 3. Estructura poblacional de triatominos por viviendas en la comunidad de El Bejuco, Provincia de Manabí. Se detalla el número de de triatominos colectados por estadios ninfales y adultos (machos - ♂ y hembras - ♀) colectados por visita a la comunidad: junio (Jun-2009), agosto (Ago), octubre (Oct), diciembre (Dic), febrero (Feb), abril (Abr), junio (Jun-2010).

Estadio	Visita a la Comunidad						
	Jun-2009	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun-2010
Ninfa I	13	8	2	3	0	0	0
Ninfa II	14	22	0	0	0	0	0
Ninfa III	40	15	0	5	4	0	0
Ninfa IV	5	8	1	1	0	0	0
Ninfa V	4	5	0	1	0	0	0
♂	11	6	2	4	3	0	0
♀	9	1	4	4	5	0	0
Total	96	65	9	20	12	0	0

Tabla 4. Determinación de estatus de viviendas muestreadas. Se observa la infestación y reinfestación de las diferentes viviendas visitadas por parte de triatominos tanto en intradomicilio (Intra) como en peridomicilio (Peri) en las diferentes visitas a la comunidad.

Código de vivienda	Visita a la comunidad						
	Jun-2009	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun-2010
BJ205	-	Inf	-	ReInf	-	-	-
BJ206	-	-	-	-	-	-	-
BJ207	-	Inf	ReInf	ReInf	ReInf	-	-
BJ208	-	-	-	-	-	-	-
BJ209	-	Inf	-	-	-	-	-
BJ210	-	-	-	-	-	-	-
BJ303	-	-	-	-	-	-	-
BJ304	Inf	-	-	ReInf	ReInf	-	-
BJ305	-	-	-	-	-	-	-
BJ306	-	Inf	-	ReInf	ReInf	-	-
BJ307	Inf	ReInf	ReInf	-	-	-	-
BJ308	-	-	-	-	-	-	-

Inf: Viviendas en las cuales se colectó triatominos por primera vez

Reinf: Viviendas en las cuales se colectó triatominos por más de una vez

Tabla 5. Especies vegetales presentes en el cuadrante, en las cuales se realizaron búsquedas manuales en nidos, huecos o acumulaciones de material. Se representa las especies en las cuales se realizó cantidad de búsquedas y se consideraron como principales variables y las que no se realizaron gran cantidad de búsquedas por lo cual se las considero como una sola variable.

Nombre común	Familia	Nombre científico
Guasmo	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> +
Muyuyo	Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i> +
Algarrobo	Fabaceae	<i>Ceratonis siliqua</i> +
Piñuela	Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i> +
N/A	Elaeocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i>
Guachapeli	Fabaceae	<i>Pseudosamanea guachapele</i>
Mangle	Verbenaceae	<i>Aegiphila</i> sp.
Guanabana	Anonaceae	<i>Annona muricata</i>
Chala	Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>
Sucharraca	Fabaceae	<i>Erythrina</i> sp.
Uña de gato	Rubiaceae	<i>Uncaria tomentosa</i>
Amarillo	Fabaceae	<i>Centrolobium paraense</i>
Moral	Rosaceae	<i>Morus nigra</i>
Tagua	Arecaceae	<i>Phytelephas aequatorialis</i>
Mango	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>
Pelo caballo	Ulmaceae	<i>Urera micrantha</i>
Laurel	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>
Bototillo	Cochlospermaceae	<i>Cochospermum vitifolium</i>
Corozo	Arecaceae	<i>Aiphanes eggersii</i>
Tierra de monte	Fabaceae	<i>Caesalpinia</i> sp.

+: Representan las especies más representativas en el cuadrante

Tabla 6. Índice de infestación en ambiente silvestre y viviendas (N puntos positivos/N puntos total *100); (N viviendas positivas/N viviendas total *100) (%).

Hábitat	Visita						
	Jun	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun
silv.	22,9	20,0	7,1	11,4	2,9	4,3	5,7
dom.	16,7	41,7	16,7	33,3	25,0	0,0	0,0

silv: 70 puntos silvestre

dom: 12 viviendas

Tabla 7. Probabilidad normalizada para encontrar puntos y viviendas positivas (N puntos positivos/N puntos total)/Proporción mayor; (N viviendas positivas/N viviendas total) /Proporción mayor.

Hábitat	Visita						
	Jun	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun
silv.	0,69	1	0,23	0,27	0,02	0,04	0,12
dom.	1	0,52	0,07	0,16	0,09	0	0

silv: 70 puntos silvestre

dom: 12 viviendas

Tabla 8. Regresión lineal para la probabilidad de infestación de puntos silvestres positivos y viviendas positivas.

ANOVA				
Modelo	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F	Significación
Regresión	0,517	0,51	8,4	0,03
Resido	0,308	0,06		
Total	0,825			

Tabla 9. Índices de colonización (Nº punt.-viv. Con ninfas/Nº punt.-viv. Positivos x 100), Hacinamiento (Nº triatomos recolectados/Nº punt.-viv. Positivos), Densidad (Nº triatomos recolectados/Nº punt.-viv.).

Índice	Hábitat	Visita						
		Jun	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun
Colonización (%)	silv.	93,6	100,0	100,0	87,5	100,0	100,0	100,0
	dom.	100,0	100,0	100,0	50,0	100,0	0,0	0,0
Hacinamiento	silv.	10,9	18,6	12,0	8,89	2,0	3,7	7,8
	dom.	48,0	13,0	4,5	23,0	5,7	0,0	0,0
Densidad	silv.	2,5	3,7	0,9	1,0	0,1	0,2	0,4
	dom.	8,0	5,4	0,8	7,7	1,4	0,0	0,0

N: número total
punt: Puntos
viv: viviendas
silv: silvestre
dom: domicilio

Tabla 10. Análisis de GLM para las diferentes variables en microhábitat. Factores ecológicos correlacionados con la presencia, en abundancia de triatominos en microhábitats silvestres encontrados, en las diferentes visitas a la comunidad El Bejuco. En la parte inferior de las tablas se muestra el nivel de significación de la correlación.

Anova (b, prueba = "F")						
Análisis de Tabla de Desviación						
Modelo: poisson, vínculo: log						
	Df	desv.	Df. Resid.	Desv. Resid.	F	Pr(>F)
NULO			480	3365.9		
Fecha	1	322.3	479	3043.7	3.222.644	<2.2e-16 ***
Altura	1	762.3	477	1640.8	7.622.888	<2.2e-16 ***
Tipo de microhábitat	1	32.5	475	1608.0	325.287	0.00001174 ***
fecha:Altura	1	12.6	472	1584.6	125.855	0.0003888 ***
m	1	31.8	471	1552.8	318.378	1.67e-08 ***
Altura:Tipo de animal	1	17.7	463	1481.8	176.712	0.02626 ***

Signif: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 11. Análisis de puntos positivos para macrohábitats en MANOVA/CVA, en las diferentes visitas a la comunidad para las variables explicativas. Se observa los niveles de significación en la separación de las diferentes variables y el porcentaje que explican los axis. En la parte inferior de las tablas se muestra el nivel de significación.

Wilk's lambda	P(same)	Eigenvalue 1	Eigenvalue 2	% 1	% 2
0,1186	0,000016 **	2,237	0,821	64,66	23,73

Signif: '***' 0.001

Tabla 12. Comparación de pares (Post-Hoc test). Se observa el análisis de puntos positivos para macrohábitats en MANOVA/CVA, para las diferentes visitas a la comunidad con las variables explicativas. Se observa los niveles de significación en la separación de las diferentes variables.

Hotelling's pair wise comparisons, Bonferroni corrected/uncorrected							
	Jun-2009	Ago	Oct	Dic	Feb	Abr	Jun-2010
Jun-2009	0	0,56385	0,399621	0,121726	7,37E-05	0,0026464	3,632E-05
Ago	1	0	0,322487	0,58314	0,28647	0,115838	0,078752
Oct	1	1	0	0,475398	0,093333	0,0141734	0,866242
Dic	1	1	1	0	0,0004683	0,769039	0,54037
Feb	0,001105	1	1	0,0070239	0	Fail	Fail
Abr	0,039696	1	0,2126	1	Fail	0	0,61872
Jun-2010	0,0007629	1	1	1	Fail	1	0

10. ANEXOS

Anexo 1. Formulación, LD₅₀, LC₅₀, y concentraciones de campo de los piretroides utilizados para el rociado del interior de viviendas para el control de triatominos (WHO, 2002).

Insecticide	Formulation	LD ₅₀ (µg/g body weight)	LC ₅₀ (µg/cm ² of glass)	Field concentration (mg active ingredient/m ² treated surface)
Deltamethrin	Suspension concentrate	1.54	0.17	25.00
λ-Cyhalothrin	Wettable powder	0.11	0.26	30.00
Cypermethrin	Wettable powder	2.86	—	125.00
β-Cyfluthrin	Suspension concentrate	0.32	0.14	25.00
β-Cypermethrin	Suspension concentrate	1.56	0.21	50.00

Anexo 2. Consentimiento informado utilizado en la autorización de ingreso a las viviendas en las diferentes visitas.

Investigación de Enfermedad de Chagas en Ecuador
Ohio University, Universidad Católica del Ecuador y Ministerio de Salud Pública del Ecuador
Formulario de Consentimiento Informado. Parte 1A. ENTOMOLOGÍA

Nombres _____ Apellidos _____

Comunidad _____

Objetivo del Proyecto: La enfermedad de Chagas afecta a mucha gente en Ecuador. Este proyecto de investigación quiere saber si hay esta enfermedad en su comunidad y porqué. Pedimos su ayuda voluntaria. Su participación ayudará a obtener información valiosa que ayudará a diseñar maneras de controlar y prevenir esta enfermedad. Este estudio incluirá a unas 2000 viviendas aproximadamente.

Participación voluntaria: Usted puede elegir libremente participar o no participar en absoluto en este proyecto de investigación. No habrá ningún tipo de penalización si usted no desea participar. Si se niega a participar Ud. no perderá ninguno de los beneficios de atención de salud que existen normalmente para Ud. Para que usted pueda participar en este proyecto, es necesario que usted entienda lo que se necesita de usted. Si usted acepta colaborar voluntariamente con nosotros, debe firmar (o poner su huella digital) en la línea disponible abajo en este formulario.

Usted puede dejar de participar en este proyecto en cualquier momento sin necesidad de dar ninguna explicación. De igual manera, los investigadores pueden terminar la participación de Ud. en el mismo. Si éste es el caso, usted será notificado. No hay costo para participar en esta investigación. Si usted tiene dudas sobre la investigación o sobre sus derechos en este proyecto de investigación, por favor pregunte al entrevistador o contacte a las personas nombradas abajo.

Encuesta sobre la vivienda y cuestionario de conocimientos: Un entrevistador solicitará que usted responda a varias preguntas relacionadas con su casa, sus hábitos o costumbres, y sobre usted mismo.

Estas preguntas se refieren a varios factores asociados a la enfermedad de Chagas (tiempo estimado 5 minutos).

Encuesta de insectos: Entomólogos experimentados buscarán la presencia de chinchorros, dentro y alrededor de su casa durante un tiempo de 30 minutos.

Si se encuentran chinchorros, personal del Ministerio de Salud (SNEM) le pedirán permiso para preparar su casa para que ésta sea fumigada con un insecticida piretroide. Si usted acepta esto, el personal del SNEM le ayudará a sacar de su casa toda la comida, los utensilios de cocina, ropa y colchones. La preparación y fumigación de su vivienda se llevará a cabo por un tiempo aproximado de 60 minutos.

Confidencialidad: Toda la información que usted proporcione será mantenida confidencialmente y utilizada solamente para propósitos de la investigación sin conexión a su nombre. Los resultados generales, serán compartidos con el Ministerio de Salud Pública del Ecuador y con su comunidad.

Riesgos: los riesgos potenciales asociados a su participación en esta investigación son la pérdida de la confidencialidad de la información, y posibles molestias ocasionadas por el insecticida. El asignar un código a toda su información y desligarlo de cualquier referencia a su identificación personal reducen al mínimo el riesgo de pérdida de confidencialidad. El insecticida aplicado por el Ministerio de Salud es muy seguro y es recomendado por la Organización Mundial de la Salud para control de insectos dentro de las casas. Sin embargo, en algunos casos puede causar picazón de la piel, dermatitis, alergia, congestión pulmonar o dolor de cabeza. Para reducir este riesgo es importante preparar bien las viviendas antes del rociamiento con los insecticidas sacando toda la ropa, implementos de cocina, comida y ropa de cama fuera de la casa y evitar ingresar a la vivienda por un periodo de 30 minutos. Si se presentan cualquiera de estas molestias, se recomienda lavar el área afectada con agua y jabón, salir de la vivienda a un lugar ventilado hasta que los síntomas desaparezcan. De no desaparecer, se recomienda que se consulte a un médico.

Beneficios

Los beneficios potenciales de su participación incluyen un incremento en el conocimiento sobre la prevención de la enfermedad de Chagas y la futura implementación de actividades de control e intervención, que tienen el potencial de mejorar la salud de su comunidad.

Declaración general de consentimiento: "Al firmar abajo, declaro que los investigadores a cargo de este proyecto me han explicado los propósitos y los beneficios y riesgos de la investigación, y que los he entendido plenamente. Entiendo claramente que no hay compensación monetaria por mi participación ni de parte de la Universidad de Ohio, ni de la PUCE ni de las otras instituciones implicadas, y/o de sus empleados, y que en caso de alguna lesión que pudiese sufrir por mi participación en esta investigación, se buscarán las prestaciones médicas necesarias sin costo para mí a través de las unidades del Ministerio de Salud". Al firmar abajo declaro que entiendo el alcance y los objetivos del Proyecto, y estoy dispuesto a participar voluntariamente.

Firma _____ Fecha: _____ de _____ del 201_

Firma del testigo (en caso de analfabetismo) _____ Fecha: _____ de _____ del 201_

Si tiene preguntas sobre esta investigación por favor comuníquese con el Lcdo. Esteban Baus, CIEI Universidad Católica del Ecuador. Ave. 12 de Octubre 1076 y Roca. Tel. (02) 299 1700 ext. 1856. Fax. (02) 299 1689 Email: egbaus@puce.edu.ec.

Si tiene preguntas sobre sus derechos como participante en esta investigación comuníquese con el Dr. Iván Carvajal, Comité de Ética, Universidad Católica del Ecuador Ave. 12 de Octubre 1076 y Roca. Tel. (02) 299 1533 ext. . Fax. 02 299 1656 Email: ICARVAJAL@puce.edu.ec.

Anexo 3. Programación utilizada en la generación de 70 puntos al azar en un área de 400000 m². La programación fue digitada en el Software R (R Development Core Team 2009).

El Bejuco.-

```
species<-as.matrix(read.table("E:/CIEI/tesis/R/cuadrante tesis.txt "))
```

```
plot(species)
```

```
area<-locator(n=5,type="o","l")
```

```
chagaspoly<-owin(poly=area)
```

```
lambda<-70/area.owin(chagaspoly)
```

```
a<-rpoispp(lambda,win=chagaspoly)
```

```
edit(a)
```

Anexo 4. Ficha utilizada para la toma de datos silvestres.

FICHA DE BUSQUEDAS ENTOMOLOGICAS SELVATICAS

# Estudio <input style="width: 50px;" type="text" value="B 0 1"/>	Fecha <input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> <input style="width: 30px;" type="text" value="2 0 0 9"/> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> día mes año </div>												
<input style="width: 100%;" type="text"/> Localidad	Grupo <input style="width: 30px;" type="text"/>												
<input style="width: 100%;" type="text"/> Cantón	# GPS <input style="width: 30px;" type="text"/>												
<input style="width: 100%;" type="text" value="MANABÍ"/> Provincia	<input style="width: 100%;" type="text"/> # Camara <input style="width: 30px;" type="text"/>												
<input style="width: 100%;" type="text"/> Codigo de microhábitat													
Sección A. Información Geográfica del Punto													
Latitud <input style="width: 100px;" type="text"/> ° coordenadas decimales	Altitud <input style="width: 100px;" type="text"/> metros												
Longitud <input style="width: 100px;" type="text"/> ° coordenadas decimales													
Sección B. Microhábitat	B4. Altura del suelo del microhábitat <input style="width: 50px;" type="text"/> metros												
B1. Tipo <input style="width: 30px;" type="text"/> 1. Nido 2. Madrigera 3. Hueco árbol 4. Bajo rocas 5. Bajo troncos 6. Palmera 7. Otro _____	Sección C. Estructura vegetacional del punto <input style="width: 30px;" type="text"/> 1. Vegetación escasa 2. Herbácea 3. Arbustiva 4. Arbustos y Árboles												
B2. Animal habitante del microhabitad <input style="width: 30px;" type="text"/> 1. Nombre común _____ 2. Especie _____	Sección D. Estatus <input style="width: 30px;" type="text"/> 4. No infestado 5. Infestado												
B3. Lugar del microhábitat <input style="width: 30px;" type="text"/> 1. Especie de planta _____ 2. Nombre común de planta _____ 3. Por determinar _____	Sección E. Contaje Triatominos en el campo <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%; text-align: left;">Especie</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">No. Ninfas</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">No. Adultos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>_____</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 30px;" type="text"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 30px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 30px;" type="text"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 30px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 30px;" type="text"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 30px;" type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	Especie	No. Ninfas	No. Adultos	_____	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	_____	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	_____	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>
Especie	No. Ninfas	No. Adultos											
_____	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>											
_____	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>											
_____	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>											
NOMBRE RESPONSABLE DEL GRUPO _____													
FIRMA RESPONSABLE _____													

Anexo 5. Ficha electrónica utilizada para el ingreso de datos.

datos tesis_fichas selváticas_Bejuco : Base de datos (Access 2007) - Microsoft Access

Inicio Crear Datos externos Herramientas de base de datos Acrobat

Cortar Copiar Pegar Copiar formato Portapapeles Fuente Texto enriquecido Actualizar todo Nuevo Guardar Eliminar Totales Revisión ortográfica Más Registros Filtro Avanzadas Alternar filtro Ordenar y filtrar Buscar Ir a Reemplazar Seleccionar Buscar

Advertencia de seguridad Se ha deshabilitado parte del contenido de la base de datos Opciones...

Todas las tablas << Datos selváticos_Tesis_David Terán_DT-02 Datos selváticos_Tesis_David Terán_DT-02

Datos selváticos_Tesis_David Terán_DT-02

Codigo microhabitat:	BIN018-1	Altura suelo microhabitat categori:	4
Latitud:	00.96300	Estrutura vegetacional:	4
Longitud:	080.33862	Estatus microhabitat:	4
Altitud:	206	Se encontro microhabitat:	1
Tipo de mirohabitat:	1	Fecha de campo:	4
Animal microhabitat:	1	#ninfas:	
Lugar de microhabitat:	5	#adultos:	
Altura suelo mirohabitat real:	16	#triatominos:	
		#huevos:	

Registro: 1 de 551 Sin filtro Buscar

Codigo de Microhabitat

Anexo 6. Programación utiliza en Software R (R Development Core Team 2007) en puntos positivos para la determinación de patrones de distribución.

```
puntosbejuco<-as.matrix(read.table("E:/CIEI/tesis/R/G(r)/coor xy/a1.txt"))
plot(puntosbejuco)
area<-locator(n=5,type="o","l")
chagaspoly<-owin(poly=area)
chagas.ppp<-as.ppp(puntosbejuco,chagaspoly)
chagasG<-Gest(chagas.ppp)

plot(chagasG)
edit(chagasG)

#Calcul des "critical intervals" 95% du G(r) pour une loi de Poisson(100 simulations)
lambda<-chagas.ppp$n/area.owin(chagaspoly)
c<-list()
for(i in 1:1000){
c[[i]]<-Gest(rpoispp(lambda,win=chagaspoly))$rs[1:50]
}
a<-matrix(unlist(c),ncol=100)
b<-t(as.matrix(apply(a,1,quantile,probs=c(0.05,0.95),na.rm=TRUE)))

#Graphique
plot(chagasG,xlim=c(0,150),col="blue")
plot(chagasG$r, chagasG$raw, xlim=c(0,150),col="blue")
lines(chagasG$r, chagasG$theo, xlim=c(0,150),col="blue")
lines(chagasG$r[1:nrow(b)],b[,1],col="red")
lines(chagasG$r[1:nrow(b)],b[,2],col="red")
```

Anexo 7. Programación utilizada en Software R (R Development Core Team 2007) para el análisis de correlaciones entre factores ecológicos y presencia de triatominos (GLM), aplicada para microhábitats positivos.

```
a<-as.matrix(read.table("C:/Documents and Settings/Usuario/Escritorio/GLM/glm1.txt"))
counts<-a[,7]
date<-a[,6]
veg<-a[,5]
altur<-a[,4]
lugar<-a[,3]
animal<-a[,2]
nest<-a[,1]
b<-glm(counts ~
date+veg+altur+lugar+animal+nest+date*veg+date*altur+date*lugar+date*animal+date*ne
st+veg*altur+veg*lugar+veg*animal+veg*nest+altur*lugar+altur*animal+altur*nest+lugar
*animal+lugar*nest+animal*nest+date*date+veg*veg+altur*altur+lugar*lugar+animal*ani
mal+nest*nest, family = poisson(log))
summary (b)
anova(b, test ="F")
```