

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad
Subprograma Biología

Informe Final de la Práctica de EDC

Sección de Entomología Médica del MSPAS

Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología (LENAP)

Julio 2003 - Julio 2004

Alejandro José Fuentes Velásquez
Profesora Supervisora: Licda. María Eunice Enríquez
Asesor Institucional (MSPAS): MsC. Jaime Abraham Juárez

Vo. Bo.

Asesora Institucional (LENAP): Licda. Antonieta Rodas

Vo. Bo.

I. INDICE

	Pág.
I. Índice	01
II. Introducción	02
III. Cuadro Resumen de las Actividades de EDC	03
IV. Actividades Realizadas Durante la Práctica de EDC	04
IV.I Actividades de Servicio	04
IV.II Actividades de Docencia	07
IV.III Actividades No Planificadas	09
IV.IV Actividades de Investigación	10
V. Resumen de la Investigación	14
VI. Informe Final de la Investigación	15
VII. Anexos	49

II. INTRODUCCION

En Los estatutos de la Carrera Universitaria se establece que la docencia, la investigación y el servicio son actividades inherentes al que hacer del Universitario, en beneficio de la sociedad guatemalteca.

La práctica del programa de Experiencias Docentes con la Comunidad (EDC), es el primer ejercicio profesional por el que pasa el estudiante de la carrera de Biología, y está elaborado para contribuir a la formación profesional del estudiante, induciéndolo en la práctica en forma de servicio, investigación y docencia.

El EDC Integrado permite que el estudiante realice la práctica en una sola institución o Unidad de Práctica en donde desarrolla las actividades de docencia, servicio y un solo proyecto de investigación. Por la continuidad y la optimización del tiempo y la supervisión por parte de uno de los dos profesores supervisores el estudiante tiene la oportunidad de prepararse de una mejor manera para realizar su práctica del EPS, así como su desarrollo personal y profesional.

El estudiante brinda un servicio a la, o las Unidades de Práctica, así como a las instituciones de la Universidad de San Carlos que lo requieran. Brinda servicio al Herbario de la Escuela de Biología (BIGUA) y/o al Herbario USCG (CECON-USAC).

Las practicas se realizaron en dos Instituciones distintas: Sección de Entomología Médica del MSPAS y en el Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología (LENAP), para el período comprendido.

El presente Informe Final de la práctica de EDC Integrado tiene como propósito el analizar las actividades de Servicio, Docencia e Investigación, realizadas por el estudiante de EDC, que conforman la quinta etapa de la fase de finalización de las prácticas de EDC Integrado , para el período comprendido Julio 2003 – Julio 2004.

III. CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC

Unidad de Práctica	Programa Universitario	Nombre de la Actividad	Fecha de la Actividad	Horas EDC ejecutadas
	Docencia	Realización y presentación del Diagnóstico de la Unidad de Práctica	Ago 2003	40
	Docencia	Realización y presentación del Plan de Trabajo de las Unidades de Práctica	Ago 2003	40
	Servicio	Realización 60 horas de servicio en el Herbario USCG CECON-USAC	Durante toda la práctica	60
LENAP	Servicio	Limpieza del Bioterio del LENAP	Oct – Nov 2003	9
LENAP	Servicio	Arreglo parcial de la colección de referencia	Nov 2003 - Abril 2004	17
LENAP	Servicio	Gira de Campo: Colecta de Abejas sin Aguijón	Dic 2003	24
LENAP	Servicio	Elaboración de un trifoliar	Jul 2004	10
LENAP	Investigación	Realización y presentación del Perfil de Investigación	Sep 2003	40
LENAP	Investigación	Realización y presentación del Protocolo de Investigación	Oct 2003	80
LENAP	Investigación	Morfometría de <i>Triatoma dimidiata</i>	En - Jun 2004	500
MSPAS	Servicio	Elaboración del protocolo sobre el mosquito <i>Toxorhynchites</i> spp.	Ene – May 2004	70
MSPAS	Servicio	Identificación de diferentes ejemplares de artrópodos	Durante toda la práctica	20
MSPAS	Servicio	Identificación de diferentes ejemplares de arácnidos	Durante toda la práctica	20
MSPAS	Servicio	Salida de Campo	Jun 2004	17
MSPAS	Docencia	Mantenimiento de las colonias de mosquitos	Ene - May 2004	3
MSPAS	Docencia	Identificación y confirmación de larvas de mosquitos	Ene - May 2004	10
MSPAS	Docencia	Bionomía de <i>Aedes aegypti</i> , <i>Anopheles albimanus</i> y <i>Culex quinquefasciatus</i>	Feb 2004	3
MSPAS	Docencia	Curso básico de Invertebrados	Feb 2004	7
MSPAS	Docencia	Curso sobre plaguicidas impartido por Yuichiru Tabaru PhD.	Mar 2004	6

IV. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRACTICA DE EDC

IV.I Actividades de Servicio

Actividad 1

Realización 60 horas de servicio en el Herbario USCG CECON-USAC.

Objetivos: Colaborar con las actividades que se realizan en el Herbario.

Procedimiento: Se realizaron actividades correspondientes al herbario como el llenado a mano de fichas de especímenes colectados, ingreso en registro e intercalación en la colección del herbario, e ingreso de especímenes en la colección de intercambio.

Resultados: Se realizaron las actividades antes mencionadas y otras de acuerdo a los objetivos del encargado del herbario, para el mantenimiento del Herbario en condiciones óptimas.

Limitaciones: Ninguna.

IV.I.I Actividades en el LENAP

Actividad 1

Limpieza del Bioterio del LENAP.

Objetivos: Mantener el orden y la limpieza general de las instalaciones del bioterio.

Procedimiento: Cada 3 semanas por turno se procedió con la limpieza general de las instalaciones, la que consistió en el cambio de las cajas de los ratones de laboratorio utilizados para alimentar a las cepas de chinches, cambio de aserrín, alimento y agua y la limpieza de las áreas de trabajo.

Resultados: Colaboración con la limpieza y orden del bioterio para la realización de las actividades necesarias.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 2

Arreglo parcial de la colección de referencia del LENAP.

Objetivos: Ordenar la colección de referencia del LENAP para el fácil acceso a la información y mantenerla en buen estado.

Procedimiento: Se ordenó y limpió parte de la colección de chinches en orden correspondiente con los libros de registro identificándola numéricamente.

Resultados: Se completó el arreglo de buena parte de la colección del laboratorio.

Limitaciones: La colección se encontraba en mal estado por lo que el tiempo de realización de dicha actividad tomo más tiempo de lo planeado.

Actividad 3

Gira de Campo: colecta de abejas meliponas sin aguijón.

Objetivos: Ayudar al laboratorio con las giras de campo programadas. Colectar abejas sin aguijón como contribución al Proyecto de Investigación de Abejas Meliponas en el área del Trifinio, Esquipulas, Chiquimula.

Procedimiento: Se realizó la salida de campo con el personal del proyecto de investigación.

Resultados: Se colaboró con la colecta de diferentes especies de abejas meliponas.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 4

Elaboración del trifoliar del LENAP.

Objetivos: Elaboración del trifoliar del LENAP, para mostrar el trabajo que realiza dicha institución.

Procedimiento: Por medio de software se realizaron los bosquejos generales del trifoliar.

Resultados: Finalización del trifoliar

Limitaciones: Se dieron problemas con los software utilizados y con las revisiones del trifoliar.

Ver Anexo 1

IV.I.II Actividades en la Sección de Entomología Médica

Actividad 1

Elaboración del protocolo sobre el mosquito *Toxorhynchites* spp.

Objetivos: Establecer una colonia en el insectario y probar su uso como agente potencial de control biológico contra *Aedes aegypti*.

Procedimiento: Se elaboró el protocolo como primera fase de la actividad.

Resultados: Se elaboró el protocolo de investigación "Establecimiento de una colonia de *Toxorhynchites* spp. (Díptera: Culicidae) y el potencial uso de esta especie como control biológico contra *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae), vector de la enfermedad del Dengue"; obteniéndose los datos necesarios para implementar la colonia dentro del insectario de la S. E. M del MSPAS.

Limitaciones: Por problemas con el cambio de Gobierno, la fase de campo no se pudo realizar.

Ver Anexo 2

Actividad 2

Identificación de diferentes ejemplares de artrópodos.

Objetivos: Conocer otros órdenes de insectos, además del Díptera, estudiando su morfología y su hábitat.

Procedimiento: Se revisaron distintos ejemplares de diferentes órdenes de la Clase Artropoda, que se encuentran en la Entomoteca de la Sección de Entomología Médica.

Resultados: Se estudiaron y revisaron los órdenes: Aranae, Escorpionidae, Collenbola, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemíptera, Neuroptera, Megaloptera, Trichoptera, Coleoptera y Díptera.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 3

Identificación de diferentes ejemplares de arácnidos.

Objetivos: Conocer los diferentes órdenes de la Clase Arácnida, estudiando su morfología y su biología.

Procedimiento: Clase magistral sobre el Subphylum Quelicerata por parte del MsC. Jaime Juárez, y revisión de ejemplares de diferentes órdenes de la Clase Arácnida que se encuentran en la colección de la Sección de Entomología Médica.

Resultados: Se estudiaron y revisaron la mayoría de órdenes de arácnidos.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 4

Salida de Campo para la Caracterización de la Entomofauna de un cementerio.

Objetivos: Determinar el tipo de entomofauna acuática presente en el cementerio del municipio de San Juan Sacatepéquez.

Procedimiento: Se realizó una visita al cementerio de San Juan Sacatepéquez donde se colectó la entomofauna acuática de diferentes nichos tratando de abarcar la mayor área posible. En el laboratorio se identificaron los especímenes hasta familia como mínimo.

Resultados: Se determinó que insectos habitaban en el área dentro del cementerio de San Juan Sacatepéquez.

Limitaciones: Ninguna.

Ver Anexo 3

IV.II Actividades de Docencia

Actividad 1

Realización y presentación del Diagnóstico de la Unidad de Práctica.

Objetivos: Realizar un diagnóstico de las Unidades de Práctica, así como su presentación ante profesores y estudiantes EDC.

Procedimiento: Se elaboro el documento escrito en computadora de la información consultada vía oral y escrita, así como la presentación ante profesores y estudiantes EDC.

Resultados: Elaboración del documento escrito y presentación oral.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 2

Realización y presentación del Plan de Trabajo de las Unidades de Práctica.

Objetivos: Realizar un plan de trabajo de las Unidades de Práctica, así como su presentación oral y escrita.

Procedimiento: Se elaboro el documento escrito utilizando las referencias consultadas, así como su respectiva presentación ante profesores y estudiantes EDC.

Resultados: Elaboración del documento y su presentación oral.

Limitaciones: Ninguna.

IV.II.I Actividades en la Sección de Entomología Médica

Actividad 1

Mantenimiento de las colonias de mosquitos *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus* y *Culex quinquefasciatus*.

Objetivos: Conocer las condiciones mínimas de laboratorio que necesitan los mosquitos para mantener a las colonias vivas.

Procedimiento: Se alimentaron las larvas y adultos, se realizaron conteos de pupas y verificación de las condiciones de laboratorio.

Resultados: Conocimiento del manejo de las colonias de mosquitos del insectario de la S. E. M. del MSPAS.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 2

Identificación y confirmación de larvas de mosquitos.

Objetivos: Identificar larvas de 4° estadio y adultos de *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus* y *Culex quinquefasciatus*.

Procedimiento: Por medio de ayuda de auxiliares en entomología se procedió a diferencias entre machos y hembras, y estadios de las especies mencionadas.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 3

Bionomía de *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus* y *Culex quinquefasciatus*

Objetivos: Conocer la biología de los huevecillos, larvas, pupas y adultos de las diferentes especies de mosquitos de la familia Culicidae presentes en el insectario

Procedimiento: Análisis de muestras de los diferentes fases de desarrollo de *A. aegypti*, *An. albimanus* y *C. quinquefasciatus*

Resultados: Conocimiento general de la biología de las diferentes fases del desarrollo de las tres especies de mosquitos de la familia Culicidae.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 4

Curso básico de Invertebrados con énfasis en Phylum Artropoda.

Objetivos: Proporcionar a los auxiliares de entomología de la S.E.M. conocimientos generales sobre los invertebrados con énfasis en las Clase Insecta y Arácnida

Procedimiento: Se realizó una conferencia dirigida a los auxiliares de entomología de la S.E.M del MSPAS.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 5

El uso de plaguicidas para combatir la enfermedad de Chagas (MsC. Jaime A. Juárez y Dr. Yaichiro Tabaru)

Objetivo: Conocer los diferentes tipos de plaguicidas usados para combatir la enfermedad de Chagas. Conocer el efecto de los plaguicidas en los organismos.

Procedimiento: Recibir una clase magistral del tema por parte de especialistas.

Resultados: Conocimiento del mecanismo de acción de los diferentes tipos de plaguicidas utilizados en nuestro país.

Limitaciones: Ninguna.

IV.III Actividades No Planificadas

IV.III.I Actividades realizadas fuera de las Unidades de Práctica

Actividad 1

Asistencia a la actividad del 1^{er} Presimposio de Botánica: "Análisis de Datos en vegetación, fundamentos estadístico-matemáticos y Aplicación de Software".

Objetivos: Dar a conocer fundamentos estadísticos-matemáticos y aplicaciones del software para el análisis de datos de vegetación.

Procedimiento: Conferencia dictada por profesionales en el tema y práctica en laboratorio de computo.

Limitaciones: Ninguna.

Ver Anexos 4

IV.III.II Actividades en la Sección de Entomología Médica

Actividad 1

Curso concerniente a la Enfermedad de Chagas, impartida por Dra. Miriam Lorca, Parasitóloga JICA.

Objetivos: Obtener conocimiento sobre la enfermedad de Chagas.

Procedimiento: Curso impartido en forma de conferencia.

Resultados: Se realizó la actividad a cabalidad.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 2

Curso sobre las relaciones hombre-vector en la enfermedades transmitidas por vectores impartido por MsC. Abraham Juárez, responsable entomología MSPAS.

Objetivos: Obtener conocimiento sobre las ETV.

Procedimiento: Curso impartido en forma de conferencia.

Resultados: Se realizó la actividad a cabalidad.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 3

Práctica de laboratorio sobre Enfermedades Transmitidas por Vectores, impartida a los estudiantes del curso Entomología Médica de la Escuela de Biología, USAC.

Objetivos: Proporcionar conocimientos básicos de identificación de los principales vectores de el Dengue y la Malaria en Guatemala.

Procedimiento: Se realizó una práctica de laboratorio donde se mostraron los vectores transmisores del Dengue y la Malaria en Guatemala.

Resultados: Se realizó la actividad a cabalidad.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 4

Procedimiento para evaluar la calidad del insecticida Deltametrina al 5%.

Objetivos: Evaluación de Deltametrina al 5%.

Procedimiento: Conocer las técnicas utilizadas para evaluar un agente químico utilizado para el rociamiento contra insectos vectores.

Resultados: Prueba de susceptibilidad por técnica de inversión para determinar la calidad del piretroide Deltametrina al 5%.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 5

Curso sobre entomología acuática, impartida por MsC. Jaime Juárez.

Objetivos: Obtener conocimientos básicos sobre los insectos acuáticos.

Procedimiento: Curso impartido como conferencia.

Resultados: Se obtuvieron conocimientos generales sobre distintos órdenes de insectos acuáticos: Collembola, Plecoptera, Ephemeroptera y Díptera.

Limitaciones: Ninguna.

IV.IV Actividades de Investigación

“Estudio de la Variabilidad Intraespecífica de poblaciones de *Triatoma dimidiata* al Norte y Sur de la Cadena Montañosa Central de Guatemala”

IV.IV.I Actividades en el LENAP

Actividad 1

Realización y presentación del Perfil de Investigación.

Objetivos: Realizar el Perfil de la Investigación y su presentación oral y escrita.

Procedimiento: Elaboración del documento en computadora utilizando las referencias adecuadas e información obtenida por entrevistas.

Resultados: Elaboración del documento y su presentación.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 2

Realización y presentación del Protocolo de Investigación.

Objetivos: Establecer el procedimiento adecuado para la realización de la investigación, así como obtener toda la información posible sobre el tema del proyecto.

Procedimiento: Elaboración del documento escrito del protocolo, así como su presentación oral.

Resultados: Se establecieron las bases necesarias para poder llevar a cabo la investigación.

Limitaciones: Ninguna

Actividad 3

Título: "Estudio de la Variabilidad Intraespecífica de poblaciones de *Triatoma dimidiata* al Norte y Sur de la cadena montañosa central de Guatemala"

Objetivos: Estudiar las diferencias métricas de poblaciones de *T. dimidiata* al Norte y Sur de la cadena montañosa central de Guatemala. Evaluar si Alta Verapaz constituye una zona de transición entre las poblaciones de chinches silvestres del Norte y las domiciliarias del Sur oriente del país.

Resultados: Aprendizaje del montaje de las cabezas de las chinches, conocimiento básico del ingreso y toma de puntos con la ayuda de software.

Limitaciones: Disponibilidad de tiempo de la Asesora y del estudiante para el avance en el aprendizaje de las técnicas.

Actividad 4

Remoción de la cabeza de las chinches

Objetivo: Separar las cabezas del cuerpo de la chinche para la posterior toma de imágenes.

Procedimiento: Después de buscar y encontrar cada una de las chinches en la colección de referencia de LENAP, se les removió la cabeza a las chinches, con ayuda de pinzas entomológicas. Teniendo cuidado de que el cuello de la chinche no se quedara con el resto del cuerpo o se hiciera pedazos.

Resultados: Se les removió la cabeza a todas las chinches que serían utilizadas en el estudio. No se utilizaron en la toma de imágenes, dos cabezas debido a que el cuello se destruyó durante el procedimiento de remoción de cabezas.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 5

Toma de imágenes de las cabezas de las chinches

Objetivo: Guardar las imágenes de las cabezas en archivos dentro de la computadora del LENAP, para poder utilizar el software TvX.

Procedimiento: Cada cabeza se identificaba claramente y se montaban sobre alfileres entomológicos, para luego colocarlos sobre una base a modo de que todas quedaran a la misma altura y distancia del lente del estereoscopio. Con el programa TvX, se tomaban las imágenes una por una, con un aumento de 1.5X, y se guardaban dentro de archivos, los machos separados de las hembras.

Resultados: Se guardaron todas las imágenes que iban a ser utilizadas en el estudio en archivos en la computadora del LENAP.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 6

Marcaje de los puntos homólogos sobre las cabezas de las chinches

Objetivo: Determinar las distancias entre los puntos homólogos, y aplicarles análisis multivariados a tales distancias.

Procedimiento: Ya con las imágenes ingresadas en la computadora, se procedió a marcar los puntos con ayuda del software NTSYS. Se marcaron 14 puntos homólogos para cada individuo, los cuales quedaron guardados en Bloc de notas, la cual se modificó posteriormente, obteniendo así la matriz de distancias.

Resultados: Se obtuvieron 2 matrices de distancias, una para machos y otras para hembras. Éstas fueron las matrices a las cuales se les aplicó análisis de componentes principales y análisis discriminante, para realizar el análisis de isometría. También se les aplicó un análisis de alometría (alometry free), efectuando análisis de componentes principales comunes y análisis discriminante, con ayuda del software SPSS.

Limitaciones: Ninguna.

Actividad 7

Análisis de los datos obtenidos a partir de los puntos homólogos aplicando estadística multivariada.

Objetivo: Analizar las poblaciones silvestres y domésticas mediante morfometría tradicional.

Procedimiento: Las matrices de distancias obtenidas con el marcaje de los puntos homólogos, se analizaron con ayuda de los software SPSS, NTSYS, realizando un análisis de isometría y de alometría, tanto a los datos de los machos como de las hembras.

Resultados: Con la aplicación de la estadística multivariada se obtuvieron

los índices de Kappa, de Wilks Lamda, y las gráficas que representaban los factores discriminantes y los componentes principales. Visualizando todos estos resultados y analizándolos, se discutió sobre los resultados obtenidos.

Limitaciones: Ninguna.

V. RESUMEN DE LA INVESTIGACION

Br. Alejandro J. Fuentes V
alexfuvel@hispavista.com

La enfermedad de Chagas tiene gran impacto médico y socioeconómico, en Guatemala el 8% de la población esta infectada y cuatro millones en riesgo (Calderón, 2002).

Triatoma dimidiata es el principal vector de la enfermedad en el país; por su variabilidad y características representa un problema para su control, por lo que es necesario estudiar el comportamiento y la estructura de las poblaciones de chinches.

En el presente trabajo se estudió la variabilidad intraespecífica de poblaciones de *Triatoma dimidiata* al Norte y Sur de la cadena montañosa central de Guatemala. El propósito fue comparar las diferencias métricas de poblaciones de *Triatoma dimidiata* del Norte y Sur de la Cadena Montañosa Central de Guatemala y determinar si Alta Verapaz constituye una zona de transición entre estas.

Para esto se aplicaron métodos de morfometría tradicional utilizando caracteres métricos de la cabeza de 204 insectos provenientes de 7 localidades de Guatemala, se realizaron análisis libres de isometría y alometría, para lograr la máxima discriminación entre grupos, con el fin de explorar las diferencias entre los grupos. Los resultados mostraron que existe diferenciación en tamaño y forma de las poblaciones silvestres y las domésticas y una separación bien marcada de los insectos de cuevas de Alta Verapaz. Lo datos muestran diferencias significativas (Wilk's Lamda con valores cercanos a 0, significancia < 0.05 ; Kappa 0.41 – 0.80, sig. < 0.05), en hembras y machos, indicando la separación de las poblaciones, por ejemplo Lanquín, Alta Verapaz separándose inequívocamente de las demás poblaciones.

La población doméstica de la Brea tiende claramente a diferenciarse, no tan notoriamente como Lanquín, de las domésticas de Alta Verapaz, mostrando que no constituye una zona de transición entre las poblaciones del Norte y del Sur.

Se recomienda coleccionar más insectos que pertenezcan a ecotopos silvestres de Alta Verapaz para compararse con poblaciones de cuevas de Lanquín, además de seguir con los estudios, y otros más detallados sobre la estructura poblacional de *T. dimidiata*, para conocer más la dinámica de sus poblaciones.

Palabras clave: Intraespecífica, Zona de Transición, Morfometría Tradicional, Análisis Libre de Isometría, Análisis Libre de Alometría, Tamaño, Forma, Ecotopo.

VI. INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGIA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“Estudio de la Variabilidad Intraespecifica de poblaciones de
Triatoma dimidiata al Norte y Sur de la Cadena Montañosa Central de
Guatemala”**

ALEJANDRO JOSE FUENTES VELASQUEZ
Profesora Supervisora: LICDA.: MARIA EUNICE ENRIQUEZ
Asesora de Investigación: BR. MARIANELA MENES

Vo.Bo. Asesora de Investigación

INDICE

	Pág.
I. Resumen	17
II. Introducción	18
III. Referente Teórico	19
IV. Planteamiento del Problema	29
V. Justificación	29
VI. Objetivos	30
VII. Hipótesis	30
VIII. Métodos	30
IX. Resultados	37
X. Discusión de Resultados	40
XI. Conclusiones	42
XII. Recomendaciones	42
XIII. Referencias Bibliográficas	43
XIV. Anexos	45

I. RESUMEN

La enfermedad de Chagas tiene gran impacto médico y socioeconómico, en Guatemala el 8% de la población esta infectada y cuatro millones en riesgo (Calderón, 2002).

Triatoma dimidiata es el principal vector de la enfermedad en el país; por su variabilidad y características representa un problema para su control, por lo que es necesario estudiar el comportamiento y la estructura de las poblaciones de chinches.

En el presente trabajo se estudió la variabilidad intraespecífica de poblaciones de *Triatoma dimidiata* al Norte y Sur de la cadena montañosa central de Guatemala. El propósito fue comparar las diferencias métricas de poblaciones de *Triatoma dimidiata* del Norte y Sur de la Cadena Montañosa Central de Guatemala y determinar si Alta Verapaz constituye una zona de transición entre estas.

Para esto se aplicaron métodos de morfometría tradicional utilizando caracteres métricos de la cabeza de 204 insectos provenientes de 7 localidades de Guatemala, se realizaron análisis libres de isometría y alometría, para lograr la máxima discriminación entre grupos, con el fin de explorar las diferencias entre los grupos. Los resultados mostraron que existe diferenciación en tamaño y forma de las poblaciones silvestres y las domésticas y una separación bien marcada de los insectos de cuevas de Alta Verapaz. Los datos muestran diferencias significativas (Wilk's Lambda con valores cercanos a 0, significancia < 0.05 ; Kappa 0.41 – 0.80, sig. < 0.05), en hembras y machos, indicando la separación de las poblaciones, por ejemplo Lanquín, Alta Verapaz separándose inequívocamente de las demás poblaciones.

La población doméstica de la Brea tiende claramente a diferenciarse, no tan notoriamente como Lanquín, de las domésticas de Alta Verapaz, mostrando que no constituye una zona de transición entre las poblaciones del Norte y del Sur.

Se recomienda coleccionar más insectos que pertenezcan a ecotopos silvestres de Alta Verapaz para compararse con poblaciones de cuevas de Lanquín, además de seguir con los estudios, y otros más detallados sobre la estructura poblacional de *T. dimidiata*, para conocer más la dinámica de sus poblaciones.

II. INTRODUCCION

La Tripanosomiasis Americana, también conocida como Enfermedad de Chagas es una enfermedad parasitaria crónica causada por el agente etiológico *Trypanosoma cruzi*, un protozooario flagelado (Zeledón, 1981).

La región Latinoamericana es la más afectada dada las condiciones socioeconómicas de la mayoría de las poblaciones rurales, por lo que el Banco Mundial la considera una de las enfermedades tropicales parasitarias más importantes, ocupando el tercer lugar después de la Malaria y la Esquistosomosis (Schofield, 1994; Schofield, et.al. 1997).

El control de la enfermedad depende mucho de la eliminación de las poblaciones domésticas de los insectos vectores y de la educación sanitaria que se le brinda a las personas, debido a esto el conocimiento de la biología de la chinche es fundamental.

Triatoma dimidiata es el principal vector de la enfermedad en Guatemala encontrándose distribuida en 21 de los 22 departamentos del país (Calderón, 2002).

La morfometría es la medición de la forma de los organismos biológicos, agrupando métodos para la descripción cuantitativa, análisis, interpretación y variación de la misma. Esta técnica ha sido utilizada en estudios de estructuración geográfica de la especie, representación de relaciones filogenéticas, detección de cambios fenéticos asociados a la domesticación y estudios de la historia de migraciones (Dujardin, 2000; Bustamante, 2001).

En el presente trabajo, técnicas de morfometría tradicional fueron utilizadas para el estudio de la Variabilidad intraespecífica de poblaciones de *Triatoma dimidiata* al Norte y Sur de la cadena montañosa central de Guatemala. Con el objetivo de comparar las diferencias métricas de poblaciones de *Triatoma dimidiata* del Norte y Sur; y determinar si las poblaciones de Alta Verapaz, por su alta variabilidad, constituyen una zona de transición en dichas poblaciones.

Para los fines del estudio se aplicaron análisis libres de isometría y alometría, para lograr la máxima discriminación entre grupos, con el fin de explorar las diferencias entre los grupos.

Los métodos de morfometría tradicional fueron aplicados a caracteres métricos medidos en la cabeza de los insectos. Las poblaciones domésticas provenían de Jutiapa y Alta Verapaz; las poblaciones silvestres provenían de la selva del Petén y de cuevas en Alta Verapaz.

III. REFERENTE TEORICO

III.I Generalidades sobre la Enfermedad de Chagas

La Tripanosomiasis Americana, también conocida como Enfermedad de Chagas es una enfermedad parasitaria crónica causada por el agente etiológico *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) un protozooario flagelado (**Anexo 1**). Esta enfermedad deriva su nombre del médico brasileño, Dr. Carlos Ribeiro Justiniano das Chagas, quien fue el primero en describir la enfermedad en 1909 (Schofield, 1994; Calderón 2002).

Este padecimiento no es un problema mundial, y a pesar de que solo existe en las Américas, Latinoamérica es la región más afectada (**Anexo 2**) dada las condiciones socioeconómicas de la mayoría de las poblaciones rurales, por lo que el Banco Mundial la considera una de las enfermedades parasitarias más importantes, ocupando el tercer lugar después de la Malaria y la Esquistosomosis (Schofield, 1994; Schofield, et.al. 1997).

La infección de esta enfermedad es incurable y puede ser mortal, salvo durante las primeras fases. A menudo conduce a lesiones muy debilitantes de los órganos vitales, especialmente el corazón y el tracto digestivo. Debido a que no existe una vacuna y a que pocas veces resulta factible tratarla con distintos medicamentos por su costo y los efectos secundarios, el control depende mucho de la eliminación de las poblaciones domésticas de los insectos vectores de la enfermedad y de la educación sanitaria (Schofield, 1994; Calderón, 2002).

Trypanosoma cruzi se transmite mayoritariamente al ser humano a través de insectos hematófagos triatomínidos de la familia Reduviidae (80% de la transmisión total del parásito), aunque también puede transmitirse por transfusiones sanguíneas, trasplantes de órganos desde donantes infectados, y de vez en cuando por vía oral por ingestión de chinches infectadas u otro material contaminado con el parásito (Schofield, 1994).

Existen distintas especies que transmiten el parásito, distribuidas ampliamente en toda Latinoamérica, capaces de ocupar distintos ambientes.

En Guatemala es transmitida por tres especies de chinches (Triatominos), entre las cuales se encuentra *Rhodnius prolixus*, *Triatoma nítida* y la más importante por su amplia distribución y dificultad de control es *Triatoma dimidiata* (Calderón, 2002; Monroy, 1992)

III.II *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811)

III.II.1 Ubicación Taxonómica

CLASE	Insecta
ORDEN	Hemíptera
SUBORDEN	Gynocerata
FAMILIA	Reduviidae
SUBFAMILIA	Triatominae
TRIBU	Triatomini
GRUPO	Rubrofasciata
SUBGRUPO	Rubrofasciata
COMPLEJO	Phyllasoma
GENERO	<i>Triatoma</i>
ESPECIE	<i>Triatoma dimidiata</i>

Los insectos del Orden Hemíptera se caracterizan por poseer alas delanteras con la porción basal engrosada y coriácea, y la apical membranosa (que se denominan Hemelitrón). Las alas traseras son enteramente membranosas. Las partes bucales son del tipo picador chupador y la probóscide está segmentada, presentan ojos compuestos bien desarrollados. Estos insectos tienen una metamorfosis simple y por lo general cinco estadios ninfales (Menes, no publicado).

Los Triatominos, insectos que pueden medir desde 1.6 mm hasta 44 mm, forman una subfamilia bien caracterizada de los Reduviidos dentro del orden de los Hemípteros, definida en base de su hematofagia obligada. Actualmente se reconocen 129 especies de Triatominos distribuidas en 8 tribus y 15 géneros (Schofield, 1994; Carcavallo, et.al., 1999; Brener, 2000.; Bustamante, 2001).

III.II.2 Biología

En condiciones de laboratorio el ciclo de vida de *Triatoma dimidiata* toma un promedio de 11 meses a 23°C y 75% de HR, disminuyendo a 8 meses si la temperatura se eleva a 26.5°C y 50% de HR, aunque se ha reportado algunos insectos que han alcanzado los tres años de vida. El ciclo es probablemente más largo en condiciones naturales (Calderón, 2002; Bustamante, 2001).

Se cree que tiene dos generaciones al año, una en época seca (Febrero – Abril), y la otra en época lluviosa (Julio – Agosto) (Monroy, 1992).

Después de pasar por una etapa de huevo de 25 a 30 días, el triatomino pasa por cinco estadios ninfales. La ovoposición depende mucho de la alimentación, observándose que hembras alimentadas pueden depositar un

promedio de entre 15.4 a 18.5 huevos por día, sumando un total de entre 1025.2 a 1301.1 huevos en su vida (Calderón, 2002; Bustamante, 2001).

Triatoma dimidiata Latreille se encuentra entre los vectores más importantes, los cuales son muy domésticos, presenta colonias relativamente pequeñas en casas, son muy susceptible a la infección con *T. cruzi*, y defecan en el receptor durante o poco después de alimentarse (Zeledón 1981).

III.II.3 Descripción Morfológica

Triatoma dimidiata es una especie que se caracteriza por su gran tamaño y colorido amarillo. El macho mide entre 24.5 mm y 32 mm de largo mientras que la hembra de 24.5 a 35 mm. Se caracteriza porque la cabeza es rugosa dorsalmente, de color uniforme y más o menos el doble de larga que de ancha a la altura de los ojos. Ojos en posición lateral, ocelos grandes y brillantes y los tubérculos anteníferos se encuentran implantados un poco atrás del medio de la región anteocular; el primer segmento es relativamente largo (1.5 mm) con cerdas poco abundantes, el segundo segmento de la antena posee muchas cerdas fuertes con un mayor diámetro del segmento y con numerosos pelos delicados, cortos y erectos. El tercero y cuarto segmento con cerdas de tipo habitual (Schofield, 1994; Monroy; 1992; Calderón, 2002; Zeledón, 1981).

El cuerpo generalmente es colorido que va desde piceo hasta negro con el conexivo y corium desde amarillo pálido hasta amarillo naranja. El tegumento está revestido de pilosidades cortas e inconspicuas, siendo más abundantes en el abdomen y en las patas (Bustamante, 2001)

(Anexo 3)

III.II.4 Hábitat y Distribución

Triatoma dimidiata es endémica para la región centroamericana, aunque se ha reportado desde México hasta la región Norte de Sudamérica. **(Anexo 4)** Se le encuentra desde altitudes que van desde el nivel del mar hasta 1800 msnm, prefiriendo las altitudes que oscilan entre 800 y 1000 msnm desde la orilla del océano Atlántico hasta las costas del pacífico (WHO, 2000; Monroy, 1994; Menes, no publicado).

En Guatemala es el principal vector de la enfermedad y, se encuentra en 21 de los 22 departamentos, no siendo posible encontrarlo únicamente en Totonicapán. En nuestro país parece tener predilección por los ambientes secos de los departamentos Orientales, aunque se le ha encontrado en zonas húmedas. Prefiere los climas templados con temperaturas entre 23°C y 25°C, no siendo muy frecuente en las regiones más cálidas (Calderón, 2002)

Se ha encontrado en variedad de ecotopos selváticos, como cuevas de zarigüeyas (*Didelphys* sp.), de murciélagos (*Desmodus* sp.), en montículos de piedra y adobe, en árboles huecos, en brácteas de palmeras. En Guatemala se ha reportado en palmeras, cuevas y vestigios de los mayas (Monroy, 1992; Zeledón, 1981).

Esta especie es capaz de colonizar viviendas humanas, especialmente aquellas de adobe o bajareque, en las cuales se esconden en las grietas de las paredes. Se cree que el transporte pasivo de leña del campo a las viviendas representa un medio importante para la entrada de la chinche al ambiente humano; otro medio es la atracción por la luz artificial, ya que esta especie tiene gran capacidad de vuelo (Monroy, 1992; Schofield, 1994).

III.II.5 Control Químico

El control del principal vector de la enfermedad de Chagas ha llegado a ser una prioridad de la salud pública en Guatemala. Dicho control de vector ha sido auxiliado por varios avances en investigación, y por características especiales de las poblaciones domésticas de Triatomíneos, tales como su reproducción lenta, poca variabilidad genética, y su alta sensibilidad a los insecticidas modernos (Schofield, 1994).

La mayoría de los métodos potenciales que atacan a las poblaciones incluyen las fumigaciones con insecticidas del grupo lambda-cyhalothrine, el cual ha sido el más recomendado para Guatemala; otro método es la modificación de las casas, utilizando el emplasto y el repello de pared con materiales como cal, cemento y barro. También se ha utilizado trampas, reguladores del crecimiento de insectos, quimioesterilizadores y varios agentes de control biológico incluidos varios parásitos michihymenópteros, nematodos y hongos (Monroy, 1994; Tabaru, et.al. 1998; Schofield, 1994).

III.III Morfometría

Del griego "morph" que significa "conformación", y "metron" que significa "medición" (Jaramillo & Dujardín 2002).

La morfometría es la descripción cuantitativa, análisis e interpretación de la forma y la variación de esta en biología. Es decir, que la morfometría es la medición de la forma de los organismos biológicos. La morfometría puede usarse como una valiosa herramienta en estudios taxonómicos, genéticos y ecológicos, ha sido utilizada en muchos campos: citología, antropología, geología, paleobiología, y entomología (Menes, no publicado; Rohlf; 1990).

La morfometría utiliza tres técnicas generales de medición y análisis:

- a) Tamaño
- b) Proporción
- c) Forma

En la primera, los datos pueden analizarse con métodos univariados y multivariados, en los cuales puede saberse si una serie de datos puede dividirse en grupos significativamente diferentes entre sí. Por otro lado, las proporciones permiten (a) remover la variación en la forma corporal, (b) expresar forma encontrando la proporción de una estructura respecto a otra, y (c) expresar el crecimiento en tamaño de alguna estructura de un estadio ninfal al siguiente. Para comparar entre diferentes organismos se utiliza la forma: la tarea es comparar desde el mismo punto de vista la misma estructura de dos o más organismos (Rohlf, 1990).

Las tres técnicas expuestas se han utilizado con diferentes métodos estadísticos y todas tienen sus ventajas y sus limitantes, y han sido exitosas para ciertos grupos de insectos mientras que para otros no (Rohlf, 1990)

El análisis de las variables está normalmente basado en distancias entre un par de puntos seleccionados o en las coordenadas de los puntos, procedimientos que facilitan el contar con sistemas de captura y análisis de datos. Una meta de la selección de variables en la Morfometría, es reducir el volumen de datos tanto como sea posible, pero sin perder la habilidad de representar la forma de las estructuras adecuadamente (Bookstein, 1982).

Hay varias estrategias para analizar datos. Una de estas es el uso de métodos estadísticos multivariados convencionales para analizar juegos de variables morfométricas. Estos métodos representan el medio más común de análisis de los conjuntos de variables representando formas biológicas.

La aplicación de estadística multivariada a conjuntos de distancias medidas en un organismo se denomina Morfometría Tradicional o Multivariada.

Dentro de los métodos multivariados utilizados encontramos aquellos de clasificación y los de ordenación (Dujardín, 2000).

La morfometría geométrica es una técnica que preserva la información de la geometría (arreglo espacial) del organismo o de la estructura estudiada.

Para ello no se miden "distancias" (longitudes); pero si coordenadas que graficadas en un espacio cartesiano permiten visualizar diferencias de conformación entre grupos e individuos, variación muestral, y otros resultados en el espacio de los especímenes originales. La parte multivariada de la morfometría geométrica se lleva a cabo usualmente en un espacio planar, tangente a un espacio de conformación curvo (espacio no-Euclidiano de Kendall). Los métodos

computacionales actuales eliminan el cambio isométrico del tamaño pero no la influencia del crecimiento sobre la conformación (alometría), a pesar de que existe la posibilidad matemática de hacerlo (Dujardín, 2000; Rohlf, 1990).

III.III.1 Morfometría Tradicional

La Morfometría Tradicional provee al investigador de un conjunto de técnicas analíticas muy poderosas para cuantificar la variación morfométrica y tentativamente eliminar los componentes genético y ambiental de los rasgos examinados. El objetivo de los análisis es estudiar por separado la conformación y el tamaño, relacionando estos componentes morfométricos con el entorno interno y externo de las poblaciones, suponiendo que ambos son modificados por razones biológicas diferentes. (Jaramillo & Dujardín 2002)

La Morfometría Tradicional parte de medir distancias entre puntos de referencia. A partir de matrices de varianza-covarianza construidas con distancias convertidas a logaritmos naturales, utiliza los análisis multivariados para hacer combinaciones lineales de todas las variables originales en unas pocas no relacionadas entre sí, cada una de las cuales da cuenta de una porción de la variación original. Los análisis convencionales se dividen en:

- Análisis de Componentes Principales: utilizado para analizar muestras únicas, sin una asignación "a priori" de los individuos en grupos previamente definidos.
- Análisis de Componentes Principales Comunes y Análisis Discriminante: utilizado para analizar dos o más grupos de individuos.

(Dujardín, 2000; Menes, no publicado)

Las nuevas variables derivadas de la Morfometría Tradicional corresponden a componentes principales o a factores, con una serie de propiedades útiles:

1. Son ortogonales; es decir, que los valores de cada componente no se correlacionan con los valores de los otros componentes.
2. Los componentes se organizan en orden decreciente de acuerdo al porcentaje de varianza original por el que cada uno responde, es decir que el primer componente será el que dará cuenta del mayor porcentaje de variación original.
3. La suma de las varianzas explicadas por cada componente igualará la suma de las varianzas originales.

(Dujardín, 2000; Menes, no publicado)

Estas propiedades significan que al resumir los datos iniciales en unas pocas dimensiones, pero sin perder la información original, podemos representar de la mejor manera los objetos de estudio y sus relaciones en función de los caracteres estudiados.

III.III.2 Crecimiento en Morfometría Tradicional

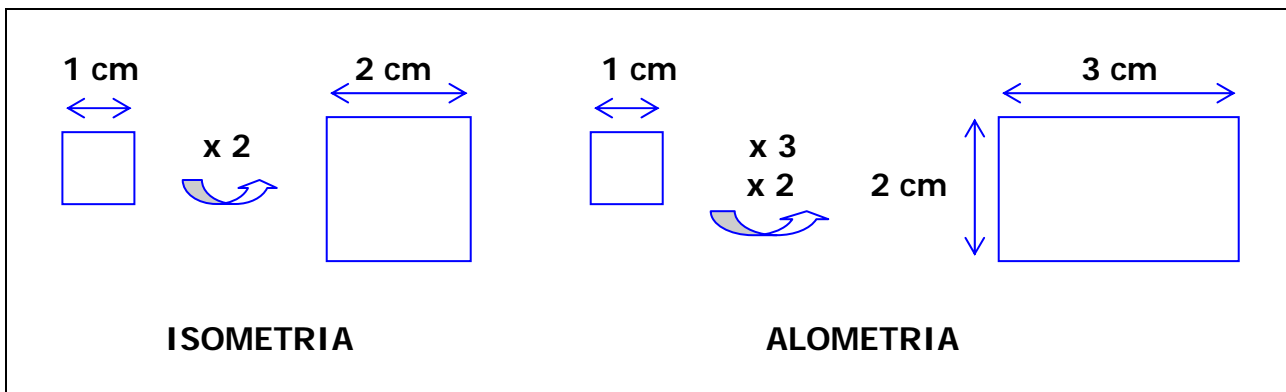
De acuerdo a Dujardín (2000) se pueden definir matemáticamente dos tipos de crecimiento:

Crecimiento Alométrico

La alometría se refiere al cambio en función del tamaño que sufre la forma; resulta de la multiplicación de cada carácter por un coeficiente diferente cuando crece el conjunto, lo que produce un individuo más grande pero de aspecto diferente, es decir, con una silueta diferente.

Crecimiento Isométrico

El crecimiento isométrico resulta de la multiplicación de todas las dimensiones por un mismo coeficiente. Es el tipo de crecimiento que rara vez se da en la naturaleza (Dujardín, 2000).



III.III.3 El Tamaño y su importancia en estudios morfométricos

El tamaño es frecuentemente el primer componente principal (CP-1) de los análisis morfométricos tradicionales (ACP). Se asume que el CP-1 da cuenta del tamaño cuando combina las variables iniciales en coeficientes del mismo signo, de magnitud alta y cuando los valores del CP-1 están bien correlacionados con cada variable original (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

Si las distancias iniciales se transformaron previamente en logaritmos, se considera que los coeficientes del CP-1 representan la extensión del incremento en tamaño (crecimiento) de todas las variables, permitiendo conocer el coeficiente de alometría respectivo (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

Si todos los coeficientes son de igual magnitud, se supone que el cambio de tamaño es igual para todas las variables y se habla de crecimiento isométrico; el cual es un evento excepcional para los organismos. Por el contrario si los coeficientes son del mismo signo, pero de magnitud desigual se tiene una variable de crecimiento alométrico (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

La causa más frecuente de diferencias de tamaño entre individuos de la misma especie es fisiológica: el crecimiento desigual. Pero las diferencias de tamaño no siempre se explican por diferencias de crecimiento. La variación de tamaño resulta de causas ambientales y genéticas (Jaramillo & Dujardín 2002).

El crecimiento es la principal causa fisiológica que afecta el tamaño, pero también influye la divergencia genética causada por el aislamiento geográfico (Diferenciación Geográfica) y la selección natural de genotipos que expresan un fenotipo de tamaño ligado a caracteres con mayor eficacia biológica ("fitness") (Jaramillo & Dujardín 2002).

El tamaño no es una variable monofactorial. Responde a causas fisiológicas cuando consideramos el crecimiento, pero también responde a procesos de diferenciación geográfica y de divergencia evolutiva con bases genéticas. (Jaramillo & Dujardín 2002).

Debido a que en morfometría se utilizan métodos matemáticos para definir fenómenos biológicos, se asignan propiedades biológicas a construcciones matemáticas. Pero los objetos matemáticos producidos son sólo aproximaciones de los principales conceptos biológicos que se consideran en morfometría. Tales conceptos son: El cambio de tamaño isométrico, el cambio de tamaño alométrico, y la variación métrica libre de cambios isométricos (la conformación, "*shape*" en inglés) o libre de cambios alométricos (Jaramillo & Dujardín 2002).

El crecimiento, es decir el cambio de tamaño por causas fisiológicas, es quizá el fenómeno biológico más estudiado matemáticamente en morfometría. En los análisis CPC se estiman coeficientes para cada variable métrica; los cuales se combinan en los vectores matemáticos llamados componentes principales o factores. Cuando tal vector corresponde al primer componente se le atribuye la propiedad de ser un estimador del cambio de tamaño si se deriva de mediciones transformadas a logaritmos. El cambio de tamaño que difiere de una dimensión anatómica a otra del mismo organismo, se denomina alometría la cual se puede representar por la dirección del primer componente principal. (Jaramillo & Dujardín 2002).

Una vez se han identificado los vectores que dan cuenta del cambio de tamaño se pueden definir matemáticamente variables de "forma" ("*allometry-free variables*", en inglés) y "conformación" ("*shape*", o "*isometry-free variables*" en inglés). (Jaramillo & Dujardín 2002).

III.III.4 Conformación y Forma

La conformación tiene propiedades, las cuales son:

- 1) Cambios alométricos debidos al crecimiento modifican la conformación;
- 2) La conformación es libre de diferencias de tamaño isométrico y, por ende, los cambios isométricos no la modifican;
- 3) Cambios evolutivos y/o adaptativos pueden modificar la conformación (y/o la manera de crecer).

La conformación es la geometría del individuo o de una estructura anatómica. Es su configuración, su apariencia, su aspecto. Una manera indirecta de conocer si las variables de conformación están libres o casi libres de cambios causados por la alometría es hacer análisis de regresión multivariada de las variables de conformación en función del tamaño-centroide.

Cuando la regresión es significativa se admite que los cambios alométricos no fueron completamente removidos (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

La forma es la variación métrica residual después de remover la alometría de crecimiento. Las variables de forma necesitan aplicarse en un contexto claro: misma especie, mismo lugar. Los análisis de componentes principales proveen de un estimador de la dirección del cambio de tamaño global: el primer componente principal (PC-1). La exclusión de este cambio deja una variación que no se puede explicar por causas fisiológicas y que se denomina forma (variables libres de alometría) (Dujardín, 2000).

Algunas propiedades de la forma son:

- 1) la forma es libre de los cambios de conformación inducidos por el crecimiento (alometría).
- 2) cambios alométricos inducidos por el crecimiento no modifican la forma.
- 3) cambios isométricos pueden modificar la forma, así como cambios alométricos de origen genético.

Encontrar diferencias de forma, significa que el crecimiento no es capaz de explicar por sí solo toda la variación métrica observada. Entonces, se deben considerar otras causas; probablemente de origen genético (Dujardín, 2001).

En caso de encontrar que dos estructuras no comparten la misma manera de crecer podemos suponer cambios evolutivos o adaptativos, responsables de la divergencia observada. El concepto forma se aplica entonces a estructuras biológicas que crecen de manera alométrica. Un estudio de la conformación libre de alometría es válido al nivel infraespecífico, porque esperamos una misma manera de crecer (igual alometría) dentro de una especie. (Dujardín, 2000)

La variación métrica que sigue existiendo, aún después de remover los efectos del crecimiento es conformación y tamaño. Conformación, ya que la geometría de la estructura está siempre incluida dentro de las dimensiones o coordenadas usadas; y tamaño, porque la eliminación de los efectos del crecimiento podría no remover las otras causas de la variación de tamaño.

El análisis de la forma significa remover tentativamente los cambios alométricos debidos al crecimiento. La condición de este análisis es que no haya diferencia significativa en la manera de crecer de diferentes individuos. Si existen varios grupos con diferentes alometrías de crecimiento es lógicamente, poco probable encontrar un eje común de crecimiento entre todos (Dujardín, 2000).

III.III.5 Aplicaciones en entomología

Las estructuras externas de los insectos son susceptibles de medición y han sido aplicadas para describir ciclos de vida, estudios ecológicos, sistemática, genética, variación intraespecífica, etc. Se reconoce que en las formas y dimensiones del exoesqueleto de un insecto se refleja su forma de vida.

Las aplicaciones más ampliamente dadas a la morfometría en la entomología son:

- Identificar y determinar el número de estados inmaduros,
- Investigar la correspondencia entre variación morfométrica y genética,
- Investigar la influencia de la variación ambiental en la forma y el tamaño,
- Sistemática y clasificación.

(Jaramillo & Dujardin 2002).

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hasta la fecha los estudios realizados sobre el principal vector de la enfermedad de Chagas en Guatemala se han enfocado en las poblaciones puramente domésticas y silvestres, sin embargo, en observaciones recientes se ha visto que las poblaciones de Izabal (Chocón Machacas) y Alta Verapaz, presentan una alta variabilidad que abarca formas silvestres y domésticas, por lo cual se debe estudiar estas poblaciones que no son enteramente domésticas pero que parecen pertenecer a una zona de transición entre las poblaciones silvestres del Norte y las domésticas del Centro y Sur Oriente del país.

Debido a que *Triatoma dimidiata* es el principal vector de la enfermedad de Chagas en Guatemala siendo una especie nativa de la región, que por su variabilidad y características intraespecíficas hacen que esta conserve múltiples ecotopos silvestres, domésticos y peri domésticos, representando un problema para su control y/o erradicación de las viviendas humanas, es necesario estudiar como es que se comportan estas poblaciones ya que puede ser que en estos sitios se encuentren en un rápido proceso de domesticación, por lo que se requeriría un mejor manejo del hábitat de las poblaciones silvestres.

V. JUSTIFICACION

La enfermedad de Chagas tiene un gran impacto médico y socioeconómico, estimándose que en Guatemala el 8% de la población esta infectada con el agente etiológico y cuatro millones se encuentran en riesgo (Calderón, 2002).

Una forma de prevenir la enfermedad es la educación sanitaria y controlando sus vectores, por lo que se hace necesario estudiar el comportamiento y la estructura de las poblaciones de chinches.

Debido a que la especie *Triatoma dimidiata* es el principal vector de la enfermedad de Chagas en Guatemala, y por su variabilidad y características intraespecíficas hacen que esta conserve múltiples ecotopos silvestres, domésticos y peri domésticos, representando un problema para su control y/o erradicación de las viviendas humanas, es necesario estudiar el comportamiento de las poblaciones de Alta Verapaz e Izabal, ya que puede ser que en estos sitios se encuentren en un proceso rápido de domesticación.

Es por ello que la realización de este estudio permitirá obtener un mayor conocimiento de la especie y el grado de domesticación de las poblaciones, ya que esto es importante para el planteamiento de estrategias de control específicas.

VI. OBJETIVOS

1. Comparar las diferencias métricas de poblaciones de *Triatoma dimidiata* procedentes del Norte y Sur de la Cadena Montañosa Central de Guatemala.
2. Determinar si Alta Verapaz constituye una zona de transición entre las poblaciones de *Triatoma dimidiata* del Norte y Sur de la cadena montañosa central de Guatemala.

VII. HIPOTESIS

¿Constituirá Alta Verapaz una zona de Transición entre las poblaciones de *Triatoma dimidiata* del Norte y Sur de la Cadena montañosa central de Guatemala?

VIII. METODOS

VIII.I Diseño

VIII.I.I Población

Poblaciones de chinches de la especie *Triatoma dimidiata*, de Guatemala.

VIII.I.II Muestra¹

Departamento	Municipio	Localidad	Ecotopo	No. Muestra	
				Machos	Hembras
Petén	Melchor de Mencos	Yaxhá	Silvestre	24	25
Jutiapa	Quezada	La Brea	Domestica	23	14
Alta Verapaz	Tucurú	Tucurú	Domesticas	29	23
Alta Verapaz	Fray Bartolomé de las Casas	Fray Bartolomé de las Casas	Domesticas	3	2
Alta Verapaz	Cobán	Cobán	Domesticas	5	4
Alta Verapaz	Cahabón	Cahabón	Domesticas	24	20
Alta Verapaz		Lanquín	Silvestre	12	15

¹ Se trabajó con adultos debido a que debe hacerse basándose en un mismo grupo etéreo. Se utilizaron 204 individuos seleccionándose 12 individuos machos y 12 individuos hembras (esto dado a que existe dimorfismo sexual), como mínimo de cada localidad, para que cumplan con los análisis estadísticos. Las poblaciones de Fray Bartolomé de las Casas y las de Cobán contaron con un número pequeño de muestra por lo que fueron excluidas de los análisis libres de alometría, esto por la regla de mínima prudencia que admite un número de variables que no sea más grande que la mitad del número de individuos en el grupo más pequeño.

VIII.II Técnicas Utilizadas en el Proceso de Investigación

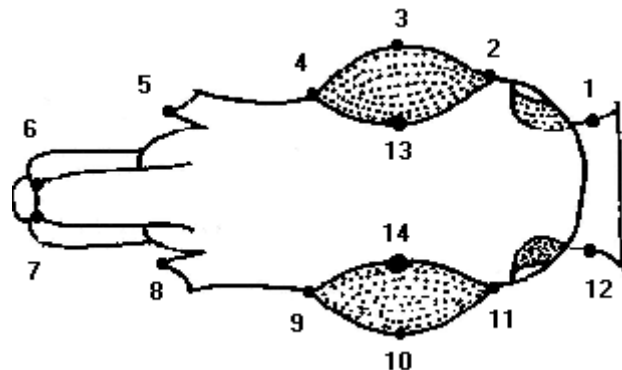
VIII.II.1 Recolección de los Datos

Los especímenes utilizados fueron colectados por los investigadores del Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología de la Escuela de Biología, USAC. Estos especímenes se encuentran en la colección de referencia, conservados en una solución de alcohol con glicerina (95:5) en un refrigerador a 4°C.

Para la elección de los especímenes se revisó su lugar y fecha de colecta en la base de datos de dicho laboratorio.

A cada insecto se le removió la cabeza con ayuda de pinzas de disección, y se montaron en alfileres, fijándolas con esmalte de uñas en triángulos de acetato como soporte. En un triángulo de papel bond se colocó la identificación de cada muestra.

Para las mediciones morfométricas se tomaron 14 puntos a partir de los cuales se obtuvieron las 91 distancias posibles utilizando el programa de computadora Tet_14.



VIII.II.2 Análisis de los Datos

VIII.II.2.1 Morfometría Tradicional

Es una aplicación de métodos estadísticos multivariados a colecciones arbitrarias de variables de tamaño o conformación.

Difiere de la morfometría geométrica en que se definen las longitudes o mediciones con el objetivo de registrar aspectos biológicos significativos del organismo, pero no se toman en cuenta las relaciones geométricas (los arreglos espaciales) entre esas mediciones (Dujardin, 2000; Jaramillo & Dujardin 2002).

La morfometría tradicional se emplea para eliminar el cambio alométrico del tamaño y estudiar las diferencias de conformación libres de alometría (la forma) mientras que usamos la morfometría geométrica para extraer el cambio isométrico del tamaño y estudiar las diferencias de conformación libres de isometría (Dujardin, 2000; Jaramillo & Dujardin 2002).

A partir de matrices de varianza-covarianza construidas con las distancias transformadas a logaritmos naturales, la morfometría tradicional utiliza los análisis multivariados para hacer combinaciones lineales de todas las variables originales en unas pocas no relacionadas entre sí; cada una de las cuales da cuenta de una porción de la variación (varianza estadística) original. (Dujardín, 2000)

Los análisis convencionales se dividen en:

- 1) Los utilizados para el análisis de muestras únicas, sin una asignación "a priori" de los individuos en grupos previamente definidos; estando entre los más utilizados el Análisis de Componentes Principales (ACP) y
- 2) Los utilizados para el análisis de dos o más muestras, como por ejemplo el Análisis de Componentes Principales Comunes (ACPC), el Análisis de Componentes Principales Multigrupo (ACPmg) o el Análisis Discriminante (AD)

Las nuevas variables derivadas de la morfometría tradicional corresponden a componentes principales o a factores, con una serie de propiedades útiles: 1) Son ortogonales; es decir, los valores de cada componente no se correlacionan con los valores de los otros componentes, 2) los componentes se organizan en orden decreciente de acuerdo al porcentaje de varianza original por el que cada uno responde; en otras palabras, el primer componente será el que dará cuenta del mayor porcentaje de variación original y 3) la suma de las varianzas explicadas por cada componente igualará la suma de las varianzas originales. Estas propiedades significan que al resumir los datos iniciales en unas pocas dimensiones (componentes), pero sin perder la información original, podemos representar de la mejor manera los objetos de estudio y sus relaciones en función de los caracteres

estudiados. Tales relaciones se pueden observar en gráficas de dispersión (“scatter plots”) donde cada objeto se proyecta sobre ejes correspondientes a los componentes principales (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardin 2002).

VIII.II.2.2 Análisis Multivariado

Los análisis multivariados se caracterizan por considerar muchas variables relacionadas (no independientes) simultáneamente.

Se habla de análisis multivariados cuando se comparan grupos combinando la información de la totalidad de las medidas, cuando se unen las variables iniciales en nuevas variables o factores (Dujardín, 2000).

- **Análisis de Componentes Principales (ACP)**

Este análisis produce factores que rinden cuenta del rango máximo de la variación generada por la totalidad de los individuos, sin tomar en cuenta su pertenencia a cual o tal grupo. Estos factores son independientes por lo que se pueden utilizar como coordenadas cartesianas para proyectar a los individuos en un espacio de dos o tres dimensiones, que son los componentes principales (Dujardín, 2000).

- **Análisis de Componentes Principales Comunes (ACPC)**

Es un análisis en componentes principales sobre varios grupos. Su objetivo es encontrar una dirección del eje de crecimiento que no se aleje demasiado de las direcciones individuales de cada grupo. Examina las diferentes matrices de Varianza-Covarianza analizando sus estructuras. Una de las ventajas evidentes de este análisis es el de no requerir igualdad de varianzas entre grupos (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

- **Análisis Discriminante (AD)**

Al igual que el ACP, el AD genera factores independientes no correlacionados entre sí, sobre los cuales los individuos se proyectan sobre un gráfico de dos o tres dimensiones. Estos factores son llamados Funciones Discriminantes (FD) o Variables Canónicas (VC) (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

La diferencia fundamental con el ACP es que el AD compara grupos, no individuos, su objetivo es separar los grupos definidos previamente por el observador, es decir discriminarlos de la mejor manera posible, guardando una

ausencia total de correlación entre los factores (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002).

REGLA: El AD es más exigente en cuanto al número de individuos por grupo. Una regla de mínima prudencia es admitir un número de variables que no sea más grande que la mitad del número de individuos en el grupo más pequeño (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín, 2002).

Existen dos formas de definir el tamaño: **Isometría y alometría**, los cuales se analizan por medio de diferentes métodos, en el caso de las mediciones hechas en la cabeza de los especímenes, se realizaron dos tipos de análisis de Morfometría Tradicional para lograr la corrección de los efectos del tamaño en los grupos (Dujardín, 2000).

- **Análisis Libre de Tamaño Alométrico**

Es el que provee mayor información. Indica que la eliminación del efecto del crecimiento implícito en los datos multivariados (tamaño) se logra proyectando los puntos de datos sobre un espacio que es ortogonal al vector de crecimiento. (Dujardín, 2000).

Para que este análisis pudiera ser aplicado fue necesario probar la compatibilidad del conjunto de variables con el modelo del eje alométrico común, es decir, el modelo de los componentes principales comunes, ya que muchas veces cuando se analizan poblaciones muy diferentes, rara vez siguen el modelo requerido.

Además este análisis es muy riguroso en cuanto al número de variables que pueden ser utilizadas para el análisis, ya que deben ser la mitad del número de individuos del grupo más pequeño que va a ser analizado (Dujardín, 2000).

Para este caso se escogieron 5 variables que representaban el largo y el ancho de las cabezas, siendo estas: Largo total, distancia Post-ocular, distancia del Tubérculo antenífero, distancia Externa entre Ojos, y Distancia Interna entre los Ojos, (LT / V1,2 / V4,5 / V3,10 / V13,14), respectivamente.

En el caso de las Hembras el conjunto de variables siguió el modelo, mientras que para los Machos sucedió lo contrario por lo que a partir del conjunto de variables originales se probaron 5 combinaciones de 4 variables cada una, y ninguna de las cuales siguió el modelo, por lo que no se realizó este análisis.

En las Hembras el vector de crecimiento fue el primer componente principal común (CPC1) derivado del análisis de componentes principales comunes (ACPC).

El resto de componentes se consideraron como representaciones de aspectos significativos de la forma ó *variables libres de tamaño alométrico*, y se

utilizaron como datos en un Análisis Discriminante. Los individuos se proyectaron en diagramas sobre los dos primeros factores discriminantes para examinar la diferenciación de los grupos (Dujardín, 2000).

- **Análisis Libre de Tamaño Isométrico**

También se denomina *Análisis de la Conformación* o *Mossiman*, el cual indica que la conformación (C) puede ser definida de la siguiente manera:

$$C = X / T$$

donde X es un conjunto de distancias entre puntos, y T es una variable de tamaño global. Si esta ecuación se transforma en logaritmos obtenemos:

$$\log C = \log (X / T) = \log X - \log T$$

Las 91 distancias medidas se transformaron a logaritmo y se les restó el valor de la variable de tamaño global, denominada *tamaño isométrico* (promedio de las mediciones de cada individuo), obteniendo *variables de conformación* o *variables libres de tamaño isométrico* (Dujardín, 2000).

Las variables de conformación deben luego ser sometidas a un análisis de componentes principales (ACP), debido a que después de retirar el tamaño isométrico se pierde un grado de libertad, ya que la suma de los valores de las variables de conformación para un individuo siempre suma cero. Entonces, después de efectuar el (ACP) se tiene que el último de los componentes principales no contribuye a la variación de los datos. Este componente puede ser excluido de los análisis, y así se corrige el problema de que una variable tiene contribución nula (Dujardín, 2000).

Los componentes principales que si contribuyen a la variación pasan a denominarse *componentes de conformación* (o *variables libres de isometría*) y pueden ser utilizados como datos en un Análisis Discriminante (AD). De nuevo, los individuos pueden luego ser proyectados en diagramas sobre los factores discriminantes para examinar la diferenciación de los grupos (Dujardín, 2000).

Ambos tipos de análisis morfométricos estuvieron acompañados de un test de significancia que indica que tan separadas están las medias (centroides) de los grupos después de la discriminación. El estadístico *Wilks' Lambda* se utilizó para probar la hipótesis que las medias de los grupos (centroides) son iguales. Lambda tiene valores entre 0 y 1, valores pequeños indican fuertes diferencias entre grupos, valores cercanos a 1, no hay diferencias. Ya que este análisis no conoce

los grupos a priori que se analizan, no es riguroso con el número de variables que se pueden estudiar, es por esto que este análisis se aplicó, en las poblaciones que no cumplieron con los requerimientos del primer análisis (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín, 2002).

El índice Kappa es un método de clasificación, después de un AD, con el cual se puede atribuir a un nuevo individuo de grupo desconocido a su grupo más probable; la medida Kappa estimó la concordancia entre dos clasificaciones: La clasificación deducida del análisis, y una clasificación completamente aleatoria. La escala va de 0 a 1, valores entre 0 y 0.20 indican una concordancia leve (cerca al azar); entre 0.21 y 0.40, regular; entre 0.41 y 0.60, moderada; entre 0.61 y 0.80, sustancial, y mayor de 0.80, casi perfecta. (Dujardín, 2000; Jaramillo & Dujardín 2002; Landis y Koch 1977, citado por Pinto Soares et al 1999).

VIII.II.3 Para el Análisis de Datos

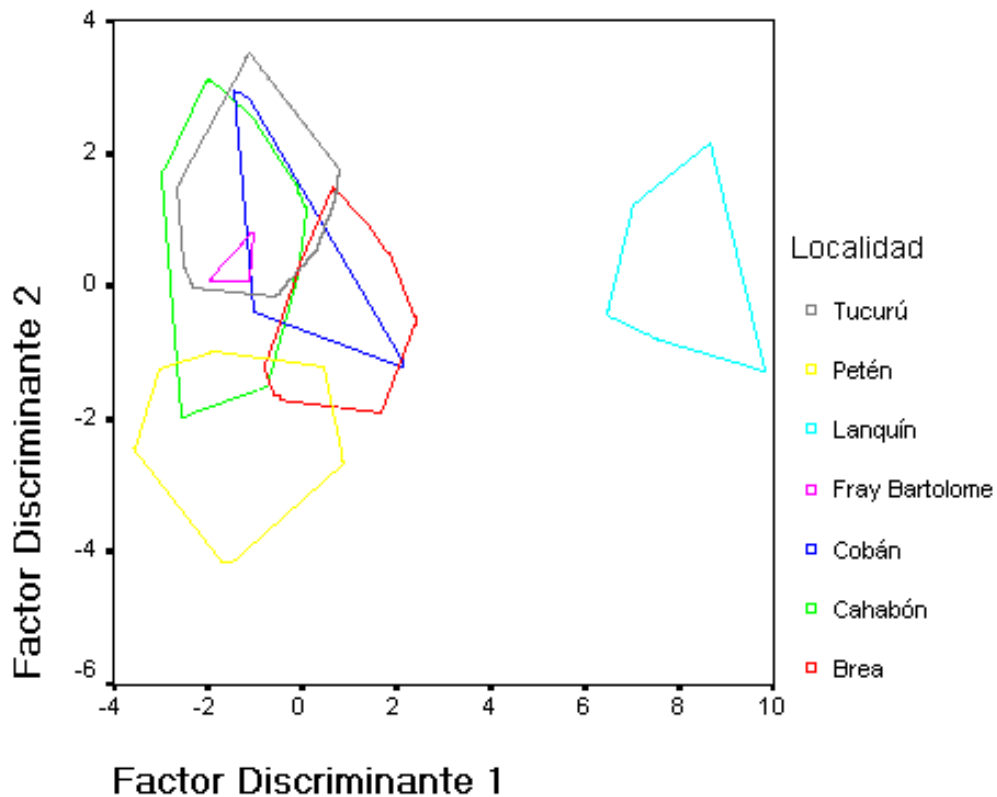
Se utilizaron los programas estadísticos:

- NTSYS pc 2.02 (Applied Bioestatistics Inc. 1998), para ACPC.
- SPSS for Windows 10.1 (SPSS Inc. 1999) para ACP y AD.
- PAD win 0.44 (Jean Pierre Dujardin)
- Tet_14 (Jean Pierre Dujardin)
- Tpsdig. (James Rholff)
- TvX.
- Past.exe

VIII.III Instrumentos para registro y medición de las observaciones

La colecta de los datos morfométricos se realizó por una misma persona para evitar sesgos. Las imágenes de la cabeza de cada espécimen fueron captadas utilizando un sistema de video: Cámara Olympus OLY-750, la cual estaba conectada a un estereoscopio Olympus SZ-ST5, con magnificación 15X, transmitidas a una computadora IBM Aptiva, guardadas como un archivo de imagen (*.bmp), por medio del Software Video Highway Xtreme (AIMS Lab, Inc. 1997).

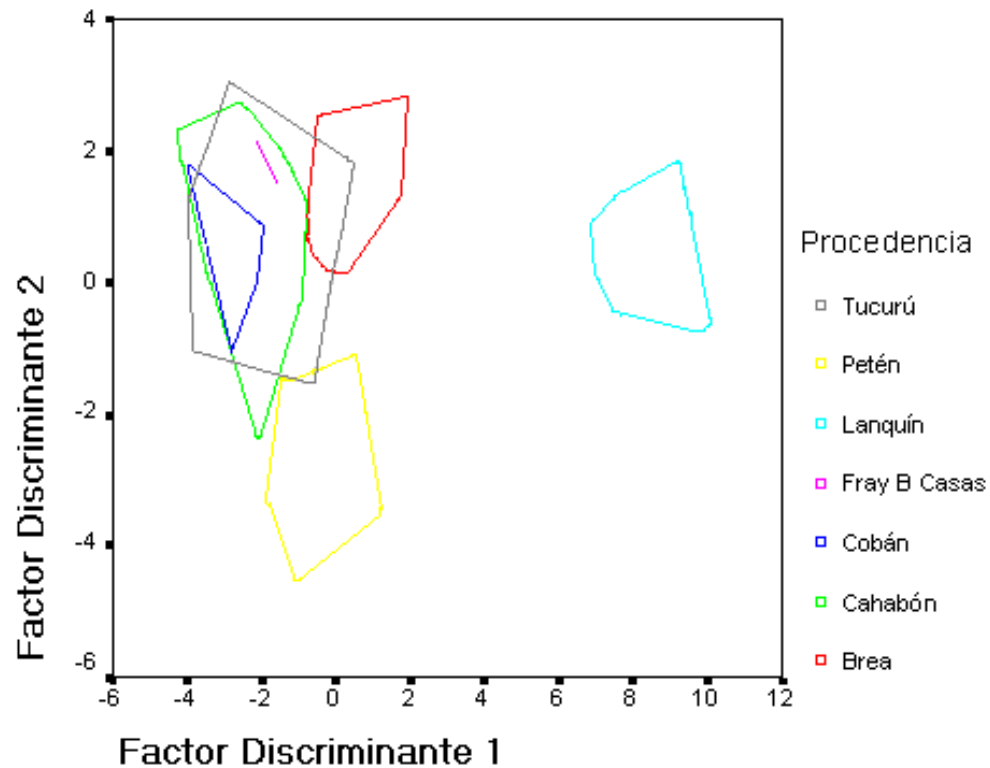
IX. RESULTADOS



Gráfica 1: Análisis libre de Isometría sobre conjuntos de variables procedentes de un AD realizado sobre 4 variables de conformación (4 CP derivados de un ACP sobre 91 variables libres de isometría) en cabezas de machos de *T. dimidiata*.

La gráfica esta realizada sobre los dos primeros factores discriminantes que representan un 96.1% de la variación, contribuyendo el primer factor en un 75.0% y el segundo factor en 21.1%.

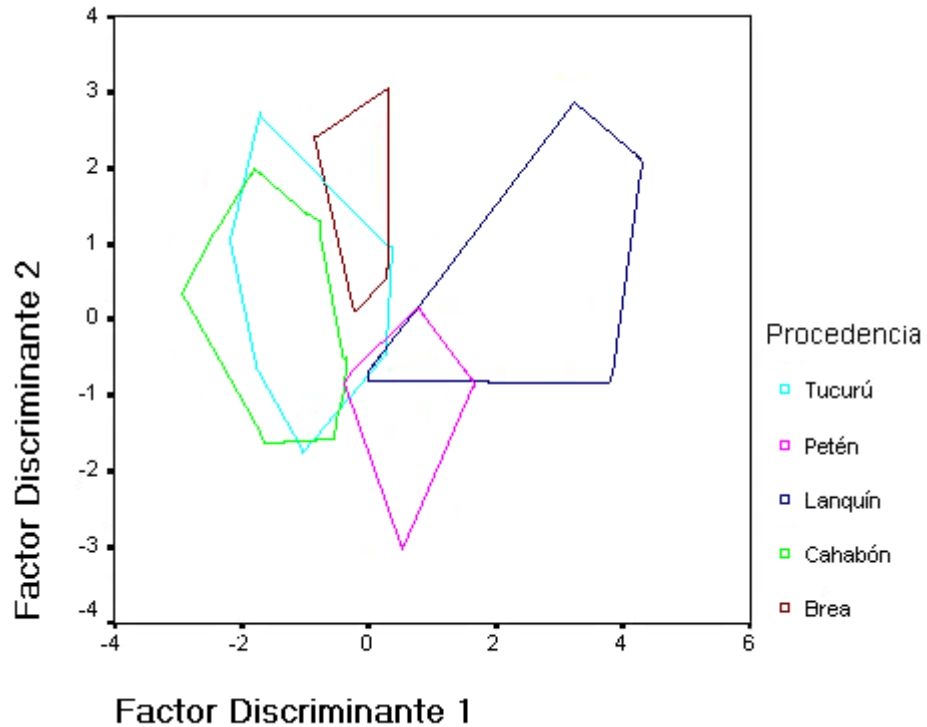
El valor del estadístico de Wilk's Lamda es de 0.34, con $p = 0.000$ y el valor del estadístico de Kappa es 0.556, con $p = 0.000$. P menor a 0.005 quiere decir que es significativo.



Gráfica 2: Análisis libre de Isometría sobre conjuntos de variables procedentes de un AD realizado sobre 4 variables de conformación (4 CP derivados de un ACP sobre 91 variables libres de isometría) en cabezas de hembras de *T. dimidiata*.

La gráfica esta realizada sobre dos factores discriminantes que representan un 98.1% de la variación, contribuyendo el primer factor en un 81.4% y el segundo factor en 16.7%.

El valor de Wilk's Lamda es de 0.019, con $p = 0.000$ y el valor del estadístico de Kappa corresponde a 0.636, con $p = 0.000$.



Gráfica 3: La gráfica muestra el resultado de un AD sobre los CPC 2, 3 y 4 provenientes de un ACPC sobre 5 mediciones (Ver Métodos, Análisis Libre de Tamaño Alométrico) realizadas en la cabeza de hembras de *T. dimidiata*.

El Wilk's Lamda de 0.185 con un valor de $p = 0.000$ demuestra que hay una diferenciación significativa entre las poblaciones. Si p es menor de 0.05 si se diferencian las poblaciones.

El Factor Discriminante 1 separa a las poblaciones domésticas de las silvestres.

X. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos por los métodos de morfometría tradicional demostraron que existen diferencias entre las poblaciones silvestres y las poblaciones domésticas de *Triatoma dimidiata*.

En este trabajo se observa una separación marcada de tres grupos, tanto para machos como para hembras: insectos domésticos, insectos silvestres de Petén e insectos silvestres de cuevas de Alta Verapaz (Lanquín).

Las diferencias que se observan en los análisis libres de isometría están fuertemente influenciadas por el tamaño, dado que se es removido en parte un factor común a todas las poblaciones (factor genético), quedando la influencia del ambiente. Esto quiere decir que las diferencias que se observan entre las poblaciones silvestres y domésticas de hembras son de tamaño de la cabeza. Este tamaño puede estar influenciado por el crecimiento (causa fisiológica), pero también puede influir la divergencia genética ocasionada por un aislamiento geográfico. Esto se observa en la gráfica 2, donde la población de Petén se diferencia bien de las poblaciones de Alta Verapaz y La Brea, aunque dicha separación no es tan evidente comparando la población de las cuevas de Lanquín.

Las poblaciones de insectos domésticos pertenecientes a la región de Alta Verapaz, a excepción de Lanquín, se traslapan, lo cual indica que presentan una misma forma.

La población de la Brea se traslapa con la de Tukurú y no con la de Cahabón (tanto para machos como para hembras, en isometría). Los insectos de Tukurú son poblaciones domésticas posiblemente más adaptadas a esta condición que la población de Cahabón, que a pesar de ser también de ambiente doméstico se encuentran en bajas densidades y con bajas tasas de colonización de las viviendas.

Los valores de Wilk's Lamda y Kappa (gráfica 2), mostrados para éste análisis, recalcan las fuertes diferencias (valores cercanos a 0 con Wilk's Lamda) entre los grupos, y que la reclasificación generada es substancialmente diferente a una reclasificación producida al azar. Además los factores discriminantes representan muy bien la variación intra grupo (98%).

Mientras que en los análisis libres de alometría donde se remueve en parte la influencia alométrica en el crecimiento (primer componente principal común, CPC1), deja la variación que no se puede explicar por causas fisiológicas (ambientales), denominándose la forma. Al encontrarse diferencias en la forma de las poblaciones, como se observan en la gráfica 3, donde Alta Verapaz forma un bloque, y las poblaciones de Lanquín y Petén se separan claramente, a pesar de su pequeño traslape que se puede deber a un solo individuo, significa que el

crecimiento no es capaz de explicar por sí solo toda la variación métrica, debiéndose considerar otras causas, probablemente de origen genético.

Los valores de Wilk's Lamda (gráfica 3), muestran las diferencias entre los grupos, y los factores discriminantes representan un 91.4% de la variación intra grupo.

En este análisis se excluyó a los municipios de Cobán y Fray Bartolomé de las Casas dado que no cumplieron con la regla de mínima prudencia. (Ver Métodos, Análisis Discriminante), ya que para que este método pueda ser aplicado a un conjunto de variables, en primer lugar debe probarse la compatibilidad de los datos con el modelo de un eje alométrico común, es decir, el modelo de los componentes principales comunes (Dujardín, 2000).

En el análisis libre de isometría en machos, se observan igual la separación entre la población de Petén y las poblaciones de Alta Verapaz. La Brea en igual situación a la gráfica de hembras (gráfica 2), no se traslapa con Cahabón, además el traslape que existe con Alta Verapaz corresponde a un individuo del municipio de Cobán, permitiendo a pesar de esto diferenciarse de la Brea. Esta separación se corrobora con los valores de Wilk's Lamda pequeños, además de que la reclasificación generada es moderada; los factores discriminantes 1 y 2 representan el 96.2 % de la variación entre los grupos.

Los análisis morfométricos muestran una clara separación entre poblaciones. Tanto para hembras como para machos, La Brea tiende a separarse de las poblaciones domésticas de Alta Verapaz (bloque sólido) aunque esta separación no es tan evidente como la separación con las poblaciones silvestres, por lo que se deduce, en contraposición a lo que se observaba por la alta variabilidad que existe en esta zona, que Alta Verapaz no se considera una zona de transición entre las poblaciones del Norte y del Sur de la cadena montañosa central de Guatemala. Por otra parte se debe de tomar en cuenta que algunas muestras no se pudieron utilizar en ciertos análisis por su pequeño número, por lo que es recordable que dichos números de muestra sean ampliados, así como las áreas geográficas a estudiar.

XI. CONCLUSIONES

Por medio de los métodos de morfometría tradicional se observan marcadas diferencias en las poblaciones del Norte y Sur de la cadena Montañosa de Guatemala.

Alta Verapaz no constituye una zona de transición entre las poblaciones silvestres del Norte y las domésticas del Sur de la Cadena montañosa Central de Guatemala.

La técnica de la morfometría sirve para diferencias poblaciones domésticas y poblaciones silvestres de Guatemala.

La población silvestre de las cuevas de Lanquín presentan una mayor separación respecto a los grupos estudiados.

Las poblaciones domésticas de Alta Verapaz no se diferencian morfométricamente formando un solo bloque sólido.

XII. RECOMENDACIONES

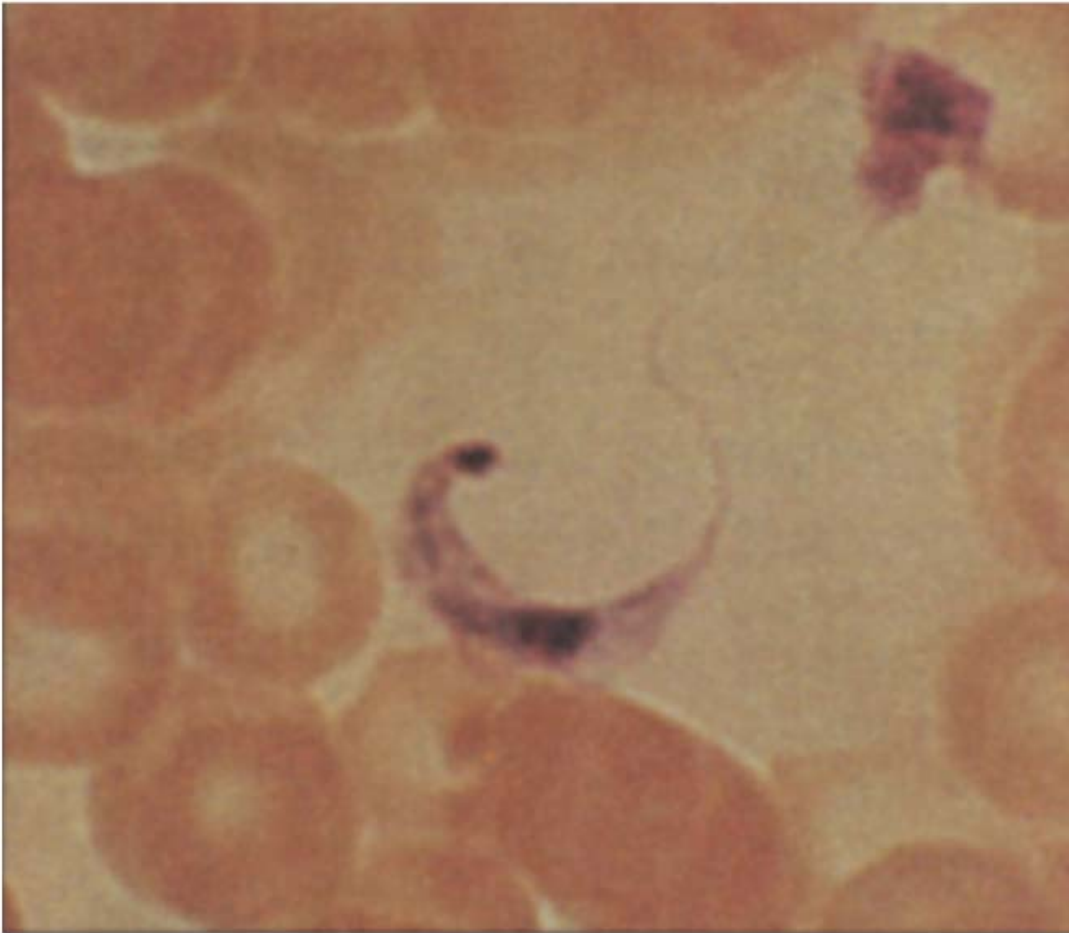
Se recomienda ampliar el número de muestra de las poblaciones de Cobán y de Fray Bartolomé de las Casas, para que puedan ser incluidas en los análisis, además de conseguir más insectos que pertenezcan a ecotopos silvestres de la región de Alta Verapaz para que se puedan comparar con las poblaciones de las cuevas de Lanquín. Además se recomienda seguir con los estudios, y otros más detallados sobre la estructura poblacional de *T. dimidiata*, para conocer más la dinámica de sus poblaciones, y verificar el estatus taxonómico del área de Lanquín.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Bookstein, F. 1982. Foundations of Morphometrics. Ann.Rev. Ecol. Syst. 13:451-470.
- 2) Brener, Z., Andrade, Z, Barral-Netto, M. 2000. *Trypanosoma cruzi* e doenca de Chagas. 2 ed. Guanabara, Koogan, Río de Janeiro, Brazil.
- 3) Bustamante, D.M. 2001. Morfometría de seis poblaciones del principal vector de la enfermedad de Chagas en Guatemala, *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811) (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), para la caracterización geográfica de la especie. Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC. Guatemala.
- 4) Calderón, C.I. 2002. Variabilidad genética de *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811) en tres poblaciones silvestres del Atlántico y tres poblaciones domésticas del Pacífico de Guatemala, utilizando la técnica de amplificación aleatoria de ADN polimórfico (RAPD). Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAS. Guatemala.
- 5) Carcavallo, R., et.al., 1999. Dos Vetores da doenca de Chagas nas América. Editora Fiocruz. Vol. 1 y 3, Rio de Janeiro, Brazil.
- 6) Dujardin, JP. 2000. *Introducción a la Morfometría* (Con énfasis en Phlebotominae y Triatominae). No publicado, La Paz, Bolivia.
- 7) Monroy, C. 1992. Vectores de la enfermedad de Chagas en Guatemala. Mem 1 Seminario Internacional de Enfermedades Tropicales, JICA, Guatemala 128.
- 8) Monroy, C., Mejía, M y Rodas A., 1994. Ecología intradomiciliar de *Rhodnius prolixus*, *Triatoma dimidiata* y *Triatoma nitida*. Mem Informe Anual No. 3 de Enfermedades Tropicales, JICA, Guatemala 207.
- 9) Monroy, C., Mejía, M y Rodas A., 1994. Emplastos y repellos de pared como control de vectores de la enfermedad de Chagas. Mem Informe Anual No. 3 de Enfermedades Tropicales, JICA, Guatemala 207.
- 10) Rohlf, J. 1990. Morphometrics. Annu. Rev. Ecol. Syst. 21:299-316.
- 11) Schofield, CJ. 2000. Challenges of Chagas Disease Vector Control in Central America. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2000.1. 36 pp.

- 12) Schofield, C.J. 1994. Triatominae. (Biología y Control). Trad. S. Tims y C.J. Schofield. Eurocommunica Publications. Reino Unido. 80pp.
- 13) Schofield, C.J., Dujardín, J., et.al. 1997. Memorias Curso Posgrado Genética Poblacional de Triatomineos aplicada al Control Vectorial de la enfermedad de Chagas. Corcas Editores, Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- 14) Tabaru, Y., et.al., 1998. Chemical control of *Triatoma dimidiata* and *Rhodnius prolixus* (Reduviidae: Triatominae), The principal vectors of Chagas Disease in Guatemala. Med. Entomol. Zool. Vol 49. No. 2:87-92
- 15) Zeledón, R. 1981. El *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) y su relación con la Enfermedad de Chagas. EUNED. San José, Costa Rica. 164 pp.

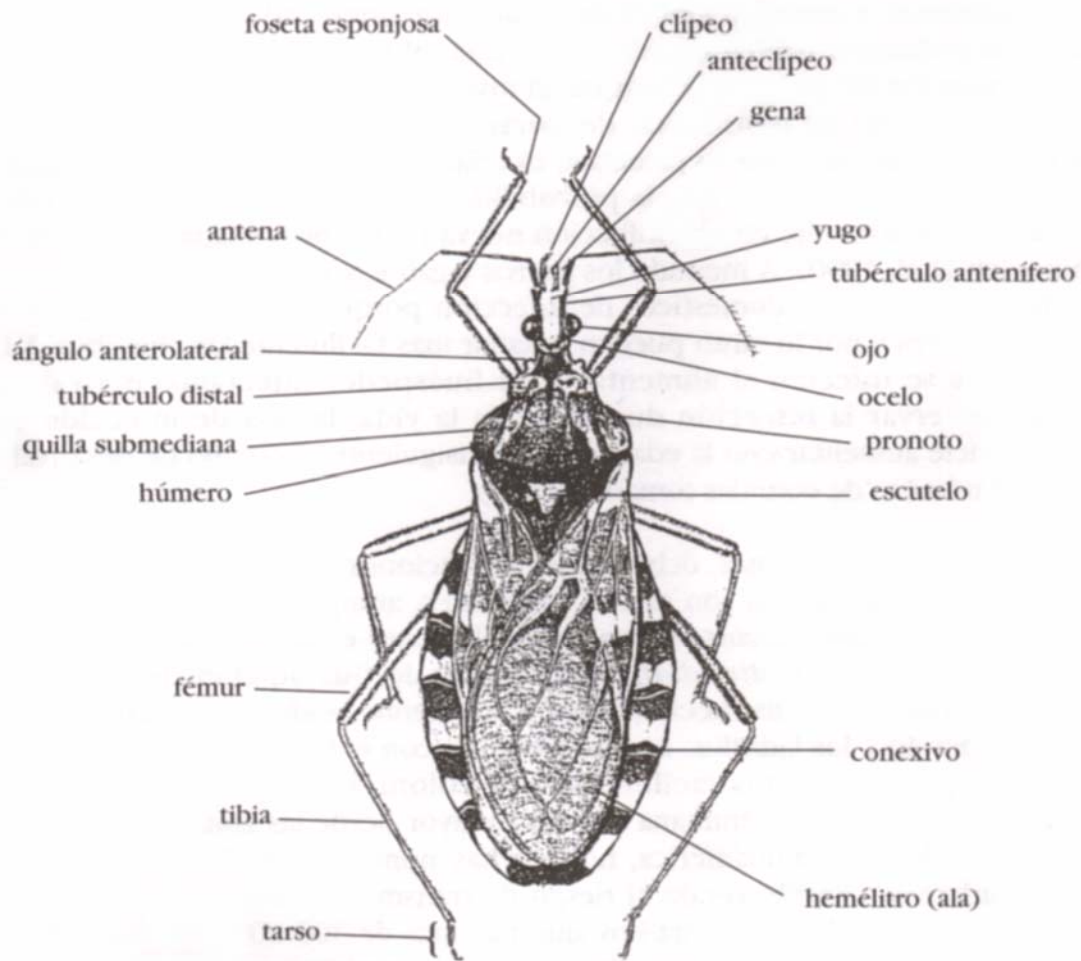
XIV. ANEXOS



Anexo 1: *Trypanosoma cruzi* en un frotis de sangre.



Anexo 2: Distribución aproximada de la enfermedad de Chagas humana.



Anexo 3: Morfología externa de un *Triatoma* macho adulto.



Anexo 4: Distribución aproximada de *Triatoma dimidiata*.

VII. ANEXOS

Listado de Anexos

Anexo 1: Trifoliar del LENAP.

Página 50

Anexo 2: Protocolo de Investigación *Toxorhynchites* spp. realizado en la Sección de Entomología Médica.

Página 51

Anexo 3: Informe sobre Salida de Campo de la Caracterización de la Entomofauna de un Cementerio Capitalino.

Página 63

Anexo 4: Constancia de Participación como Colaborador del Comité Organizador del I Simposio Guatemalteco de Botánica.

Página 65

Sección de Entomología Médica
Programa Nacional de Vectores
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Establecimiento de una colonia de *Toxorhynchites sp.* (Díptera: Culicidae) y el potencial uso de esta especie como agente biológico para el control de *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae), vector de la enfermedad del Dengue en Guatemala

Br. Mauricio José García Recinos
Br. Alejandro José Fuentes Velásquez

INTRODUCCION

Las enfermedades transmitidas por mosquitos vectores están ampliamente distribuidas en los trópicos. En los países latinoamericanos, como en Guatemala, por las condiciones socioeconómicas, culturales, políticas, etc, en las que viven los pueblos, la erradicación de estas enfermedades se hace cada vez más un tema de importancia nacional.

Los métodos tradicionales de erradicación de los vectores por medio de pesticidas químicos ha hecho que los mosquitos generen resistencia a tales pesticidas. Por su parte la rápida expansión en su distribución, también ha sido un factor clave que ha dificultado implementar programas adecuados de erradicación de enfermedades transmitidas por vectores.

Los métodos de control biológico pueden llegar a ser una alternativa eficaz si se estudia tanto la biología y la taxonomía de las especies blanco y la de los agentes control.

En Guatemala se ha estudiado muy poco sobre los agentes potenciales de control biológico para la erradicación y/o control de enfermedades como el dengue y la malaria, transmitidas por mosquitos. Algunos estudios realizados en nuestro país han utilizado peces y, en otros países nematodos o bacterias, pero en Guatemala todavía no se ha utilizado el género del mosquito *Toxorhynchites* spp el cual se alimenta del néctar de las flores, y en sus estadios de larva es depredador de otras larvas de insectos, como *Aedes aegypti*. La utilización de *Toxorhynchites* spp como método de control biológico puede ser eficaz ya que es de bajo costo y mantenimiento.

El presente trabajo tiene como fin establecer una colonia del género *Toxorhynchites* spp. en el insectario de la Sección de Entomología Médica del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y probar su uso como agente potencial de control biológico en un cementerio de la capital.

ANTECEDENTES

DIPTEROS

Es un extenso orden al que pertenecen las moscas verdaderas, jejenes, tábanos y mosquitos. Todos sus miembros poseen alas anteriores funcionales y alas posteriores en forma de maza (halterios) y metamorfosis completa. Las piezas bucales y la forma del cuerpo son variables. Los adultos a menudo son vectores de enfermedades; las larvas con frecuencia dañan los cultivos y a los animales domésticos (Barnes, 1996; Hart, Jr y Fuller, 1974)

PARASITISMO

A menudo el parasitismo de los insectos representa una adaptación de un estado para explotar un hábitat y fuente de alimento no explotada por otros estados del ciclo vital. No obstante, un número relativamente pequeño de insectos son parásitos a lo largo de todo su ciclo de vital y están siempre en contacto con el hospedero.

En muchos insectos el parasitismo proporciona una nueva fuente de alimento y hábitat sólo para los adultos. Este orden contiene un gran número de especies que en estado adulto son hematófagas de aves y mamíferos (Barnes, 1996).

Entre los Dípteros, la familia Culicidae contiene numerosas especies que desempeñan un importante papel como vectores de parásitos de malaria, filariosis, virus de la fiebre amarilla y el dengue entre otras. El dengue ha sido una de las principales enfermedades de transmisión vectorial en las regiones tropicales y subtropicales, incluyendo nuestro país, siendo el vector de la enfermedad un culicino, *Aedes aegypti* (Mosquito Control, 1973).

La familia Culicidae engloba tres subfamilias:

Toxorhynchitinae,
Anophelinae y
Culicinae.

Dentro de la subfamilia Culicinae se encuentra *Aedes aegypti*, el vector de la enfermedad del Dengue. Este mosquito predomina en las áreas tropicales y subtropicales entre los paralelos de latitud 45°N y 35°S; es cosmopolita y se logra diseminar acompañando al hombre en sus migraciones de forma pasiva. *Aedes* acostumbra a invadir recipientes artificiales (creados por el hombre), como llantas, floreros, latas, etc, los cuales acumulan agua de lluvia. Su principal fuente de alimento es la sangre humana, presentando hábitos hematófagos diurnos (Brisola).

La subfamilia Toxorhynchitinae está formada por un solo género: *Toxorhynchites*, con cuatro subgéneros:

Afrorhynchus,
Ankylorhynchus
Lynchiella y
Toxorhynchites.

El género *Toxorhynchites* consta con cerca de 76 especies, la mayoría de regiones tropicales y algunas de América del Norte, Este de Rusia y de Japón (Brisola).

DESCRIPCION GENERAL DE *Toxorhynchites* spp.

UBICACION TAXONOMICA

Reino	Animal
Phylum	Artropoda
Clase	Insecta
Orden	Díptera
Familia	Culicidae
Género	<i>Toxorhynchites</i>

DISTRIBUCION

Los mosquitos del género *Toxorhynchites* spp habitan la mayoría de la regiones tropicales del mundo. Edwards en 1932 describió al grupo como "Tropicospolita" y Horsfall en 1972 dio la distribución del grupo extendiéndose de los 40°N y Sur hasta el borde de los trópicos del sur. Estos también habitan algunas regiones subtropicales y templadas como Rusia y Canadá.

Los bosques tropicales y subtropicales mantienen la vegetación característica en la que las especies del género *Toxorhynchites* spp son encontradas, aunque también habitan en las costas (Collins y Blackwell, 2000).

HUEVOS

Generalmente los huevos de *Toxorhynchites* spp. son ovalados, de color amarillo o blanco, y no son afines al agua, por lo que se mantienen flotando en la superficie de la misma. El período de incubación es de 40 – 60 horas. La viabilidad de los huevos abarca desde un 57% hasta un 100%, y se observa un decremento de dicho valor conforme aumenta la edad de la hembra adulta.

Los huevos no son resistentes a la desecación en comparación con otras especies, proporcionando una característica del género.

La eclosión de los huevos no es sincronizada y ocurre durante el día (Collins y Blackwell, 2000; Mosquito Control, 1973).

LARVAS

Toxorhynchites spp. pasa al igual que los demás mosquitos de la familia Culicidae, por 4 estadios larvales, los cuales presentan un comportamiento peculiar, son depredadores, alimentándose de otras larvas de mosquitos y además, de otros artrópodos, llegando inclusive a alimentarse de detritus. Generalmente, las larvas de *Toxorhynchites* spp consumen larvas de su mismo tamaño, aunque se ha observado que pueden llegar a depredar larvas del doble de su tamaño.

El número de larvas de otras especies de mosquito que pueden llegar a ser consumidos por una sola larva de *Toxorhynchites* spp, depende de varios factores, como el tamaño del contenedor donde se encuentren, el tipo y tamaño de las presas, la temperatura del agua, y nivel de luminosidad. Durante su desarrollo, una larva de *Toxorhynchites* spp. puede llegar a consumir 500 larvas de primer estadio de otros mosquitos, y 300 larvas de cuarto estadio.

Se ha descrito que algunas especies del mosquito depredador presentan un comportamiento "asesino", justo antes de empupar. Algunas larvas de cuarto estadio matan a sus presas, pero no la consumen. Una hipótesis que podría explicar este comportamiento, es la que afirma que cualquier otro depredador potencial que se encuentre el hábitat de *Toxorhynchites* spp, es eliminado antes de que la larva del mosquito se convierta en pupa, fase en la cual es muy vulnerable. Algunos autores afirman que dicho comportamiento es análogo a cambios de alimentación que sufren otros insectos que están en la misma fase de desarrollo, expresando que el comportamiento asesino de *Toxorhynchites* spp también se pueda deber al incremento en los niveles de un tipo especial de esteroides (Collins y Blackwell, 2000).

ADULTOS

Las hembras de *Toxorhynchites* spp. Son no hematófagas, alimentándose únicamente de néctar y de otras fuentes de azúcar.

Las hembras rara vez se posan en la superficie del agua para oviponer, en vez de esto realizan un "vuelo de ovoposición" en cual consiste de 6 a 43 vueltas elípticas, en donde los huevos son sueltos en la última vuelta. Cada hembra puede llegar a poner entre 80 y 100 huevos, los cuales los distribuye en diferentes estanques (Collins y Blackwell., 2000; Control Mosquito, 1973).

Las hembras oviponen en la estación lluviosa pero no durante la seca. Estos sobreviven a la estación seca como larvas de cuarto estadio y completan su desarrollo juvenil y eclosionan en el principio de la época lluviosa.

El ritmo de ovoposición varía, y aun no esta muy claro esta variaciones se cree que se debe a la humedad y a los patrones de lluvia. (Collins y Blackwell, 2000; Mosquito Control, 1985).

CONTROL DE MOSQUITOS TRANSMISORES DE ENFERMEDADES

Actualmente, las enfermedades transmitidas por mosquitos afectan tanto a los países en vías de desarrollo como los ya desarrollados, afectando el progreso de las naciones tanto a nivel, económico y social.

El controlar los vectores transmisores de enfermedades, como los mosquitos, puede resultar un poderoso medio para el control de la enfermedad

misma, ya que el principal objetivo del control de los vectores es el de impedir la vinculación de organismos patógenos con el hombre. Los primeros programas de erradicación mediante control químico, como fue el caso de los insecticidas, fueron exitosos por algún tiempo y en ciertas áreas, pero tales métodos fueron perdiendo confiabilidad debido a diversos problemas técnicos como los altos costos, problemas relacionados con contaminación ambiental y la resistencia contra los insecticidas que fueron adquiriendo los insectos con el paso del tiempo. Los temas de control físico y biológico surgieron como una nueva y mejor alternativa en años recientes, sin dejar de mencionar también el tema de control genético (Mosquito Control, 1973; artículo de plaguicidas; Tropical Disease Research, 1987; portugués).

El control físico abarca todos los aspectos relacionado con la modificación y por ende el saneamiento del medio ambiente donde se encuentran los vectores, como por ejemplo la reducción del número de criaderos de zancudos, o la eliminación de los posibles materiales que en algún momento puedan llegar a contener agua y que luego inicien un nuevo foco de mosquitos. El genético se basa en la alteración del material genético de mosquitos por ejemplo, que los vuelve estériles, por lo que la reproducción es parcialmente inhibida. Sin embargo el control biológico ha sido el más mencionado últimamente (Mosquito Control, 1973).

CONTROL BIOLOGICO

El principio del control biológico es el de utilizar organismos que sean enemigos naturales y reguladores naturales de las poblaciones de los vectores. El uso de estos agentes de control biológico tiende a afectar solamente a cierto número de organismos, y generalmente son más aceptados que los mecanismos de control químico. Pero antes de realizar cualquier experimento con agentes biológicos de control, es importante entender a fondo la ecología tanto del vector como del agente biológico, y además los mecanismos de transmisión de la enfermedad. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que debido a la diversidad de enfermedades transmitidas por vectores y sus hábitos naturales, el control biológico puede representar solo una parte de un programa de control, el cual, para poder llegar a tener éxito, debe de combinar tanto métodos biológicos como químicos, así como tomar en cuenta el manejo ambiental y la participación comunitaria, todos formando parte de un programa integrado (Ver anexo). Un aspecto importante en el desarrollo de exitosos programas de control es el de realizar un constante monitoreo o vigilancia del control, debido a que el ambiente y las poblaciones de mosquitos están sujetos a muchos cambios (Mosquito Control, Tropical Disease; portugués).

Las investigaciones sobre el control biológico de vectores persiguen tres objetivos principales (Tropical Disease): 1) la identificación de nuevos posibles agentes; 2) la evaluación de agentes ya identificados como potenciales controles

biológicos; y 3) el desarrollo de agentes que han demostrado ser efectivos y seguros.

Actualmente se conocen una gran cantidad de diversos agentes biológicos. Muchos de éstos han alcanzado cierto nivel de éxito, pero la mayoría han resultado ineficientes a la hora de traspasarlos al campo o han presentando algún tipo de dificultad para producirlos en cantidades suficientes para llevar a cabo el control. Estos agentes biológicos van desde bacterias (*Bacillus thuringiensis*, *B. sphaericus*), pasando por peces larvívoros (*Gambusia affinis*, *Poecilia reticulata*), nemátodos parásitos como los pertenecientes al género *Romanomermis*, protozoos parásitos, hongos parásitos (Coelomomyces, Lagenidium, Culicinomyces), virus, plantas larvicidas (familia Characeae), caracoles competidores, hasta invertebrados depredadores, donde destaca el mosquito depredador *Toxorhynchites* como un potencial agente de control biológico en contra de otros mosquitos de la misma familia Culicidae, muchos de los cuales son importantes vectores de enfermedades tropicales (Mosquito Control, portugués, Tropical Disease).

Toxorhynchites es un efectivo depredador de larvas de mosquitos en pequeños contenedores. Muchos de los vectores transmisores de enfermedades humanas se desarrollan en tales lugares, y son difíciles de controlar debido a lo pequeño del hábitat, a la dispersión de dicho hábitat y su inaccesibilidad. La hembra de *Toxorhynchites* spp. es capaz de encontrar rápidamente estos lugares, de una mejor manera que el trabajador de salud empeñado en eliminar los criaderos de zancudos. Por ello, el potencial detrás del control biológico de *Aedes aegypti*, dependerá de la gran capacidad de dispersión del mosquito depredador. Además, *Toxorhynchites* puede ser cultivado en grandes cantidades con un mínimo de equipo y fácilmente ser liberado en puntos estratégicos (Mosquito control).

Se han efectuado una serie de estudios en los que se ha analizado la habilidad de las larvas de *Toxorhynchites* para reducir la emergencia de mosquitos culicinos; se han determinado ciertos factores que influyen de una manera directa en la capacidad del mosquito como agente biológico, como: la habilidad de la hembra de localizar y oviponer en diferentes tipos de contenedores, como ya se había mencionado anteriormente; la conducta de canibalismo por parte de las larvas de *Toxorhynchites*; y el tiempo de desarrollo de las larvas depredadoras. Otros factores, tales como la protección contra la lluvia, el tipo de lugar y el tipo de contenedores en donde se encuentra el mosquito depredador, la presencia de presas y la frecuencia y el tamaño de la población de *Toxorhynchites* spp. que se liberarán, y la época en que se hará dicha liberación, afectarán de manera indirecta la capacidad del mosquito como agente de control biológico contra *Aedes aegypti*, o cualquier otro mosquito vector de la enfermedad. También se ha encontrado que los contenedores con agua que estén más cerca de vegetación, presentarán una mayor proporción de mosquitos *Toxorhynchites* que aquellos que se encuentren muy alejados de plantas (Ecology of mosquitos, 1985).

Tales tipos de estudios también han llegado a concluir que con el paso del tiempo se establece un equilibrio ecológico entre el depredador y la presa; después de la exitosa introducción del mosquito depredador en algunas áreas, los mosquitos blancos o "target" aún permanecían en cantidades considerables. Esta es la razón por la cual en muchos países tropicales, los ensayos para introducir diferentes especies de *Toxorhynchites*, difícilmente han reducido la transmisión de enfermedades como la filariasis o el dengue como se esperaba. Se han obtenido mejores resultados combinando las larvas de *Toxorhynchites spp.* con otro tipo de agentes biológicos que atacan larvas de mosquitos culicinos, como por ejemplo, un copépodo de la especie *Mesocyclops aspericornis* (Ecology of mosquitos, 1985). Pero, sin embargo, hasta la fecha no se ha llevado a cabo en nuestro país este tipo de investigaciones, ya que la mayoría son trabajos realizados en otros países del nuevo y viejo mundo. Por lo que se considera de gran importancia el empezar a llevar cabo tales tipos de experimentos que logren determinar la capacidad de *Toxorhynchites spp.* para controlar poblaciones de presas en nuestro medio.

JUSTIFICACION

El incremento en la resistencia que han ido desarrollando los mosquitos vectores de enfermedades, como el Dengue y la Malaria, a los métodos tradicionales de eliminación por agentes químicos y el peligro que representan para la salud y el ambiente estos métodos; así como la rápida expansión de estos vectores en sus rangos de distribución ha hecho que se busquen métodos alternativos para su control.

Un método alternativo es el control biológico, el cual utiliza agentes como los mosquitos del género *Toxorhynchites spp.* para la reducción de especies vectoras de enfermedades transmitidas por mosquitos.

El inusual ciclo de vida del género *Toxorhynchites spp.* en el que no se alimenta de sangre animal y en sus estadios de larva es depredador de otras especies, no constituyendo así una plaga ni un potencial vector de enfermedades, lo convierte en un agente potencial de control biológico.

En Guatemala, el MSPAS ha estudiado únicamente el uso de peces para control de dengue y malaria; sin embargo no existen estudios sobre otros agentes de control biológico para la reducción de especies vectoras de estas enfermedades. Por otra parte para el desarrollo de cualquier estrategia de control biológico de plagas es imperativo que la biología y la taxonomía tanto la especie blanco como la del potencial agente sean totalmente conocidas. Debido a esto se hace necesario comenzar a realizar estudios sobre la bionomía del mosquito *Toxorhynchites spp.* que demuestren su uso como potencial agente de control biológico.

OBJETIVOS

General

- Establecer una colonia del mosquito depredador *Toxorhynchites sp.* en el insectario de la Sección de Entomología Médica del MSPAS.
- Probar el uso de *Toxorhynchites sp.* como agente biológico para el control del vector de la enfermedad del Dengue en Guatemala, *Aedes aegypti*.

Específicos

- Establecer las condiciones de laboratorio necesarias para establecer una colonia de *Toxorhynchites sp.* en el insectario.
- Estudiar la bionomía del mosquito depredador *Toxorhynchites sp.*
- Contribuir con el conocimiento del género *Toxorhynchites sp.* en Guatemala.

MATERIAL Y METODOS

Materiales

- Alcohol
- Agua Destilada
- Pinzas
- Agujas de disección
- Micro pipetas
- Coladores
- Bandejas de metal (cuadradas y redondas)
- Botes de plástico
- Frascos de vidrio pequeños
- Estereoscopio
- Microscopio
- Larvas de *Aedes aegypti*
- Solución azucarada
- Jaula
- Plástico negro

Métodos

Colecta de larvas y pupas de *Toxorhynchites sp.*

Los especímenes serán colectados en un cementerio en las cercanías de la ciudad capital, que posea condiciones adecuadas para el desarrollo del mosquito

Toxorhynchites spp. Para ello, se utilizarán larveros para mosquitos, y se muestrearán todos los puntos posibles que reúnan las condiciones idóneas para el desarrollo de larvas y pupas del mosquito *Toxorhynchites* spp., como por ejemplo estar sombreados y presentar agua relativamente limpia. Los individuos capturados serán puestos en frascos de vidrio llenos con la misma agua de donde se extrajeron, y serán trasladados al laboratorio de la Sección de Entomología Médica para su posterior identificación y confirmación como larvas y pupas del género *Toxorhynchites* spp, y la determinación hasta especie.

Establecimiento de una colonia en el Insectario

Las larvas y pupas de *Toxorhynchites* spp colectadas serán mantenidas en el insectario de la Sección de Entomología Médica del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social , a temperatura ambiente, con una humedad relativa de 85%.

Las larvas y pupas serán colocadas en bandejas de metal con agua según el estadio en que se encuentren, y cada estadio será alimentado con larvas de *Aedes aegypti* del mismo estadio, el tercer y cuarto estadio de *Toxorhynchites* spp serán alimentados con larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti*. Al obtener pupas, éstas serán trasladadas a una jaula para su posterior emergencia.

Los adultos de ambos sexos serán alimentados con una solución azucarada, hecha con miel comercial y agua, diluyendo 50 ml de miel en 250 ml de agua, cambiando la solución cada semana.

Determinación del potencial como agente de control biológico para *Aedes aegypti*.

Para determinar el número de larvas que son depredadas por larva de *Toxorhynchites* spp, se colocará una larva de éste en una bandeja de metal a la cual le serán introducidas 25 larvas del estadio correspondiente de *Aedes aegypti*, revisando cada 2 horas el número de larvas consumidas por un período de 8 horas. Este procedimiento se realizará para los cuatro estadios de *Toxorhynchites* spp. El número de larvas de *Aedes aegypti* que serán suministradas como alimento variará dependiendo de las observaciones sobre el comportamiento de depredación de *Toxorhynchites* spp.

Cuando la colonia cuente con suficientes individuos se realizará la fase de prueba como agente de control biológico en el cementerio en el que fueron colectadas las larvas y pupas, esto para garantizar que las condiciones en que serán liberados sean las mismas condiciones ambientales normales del género. Para dicha prueba se liberarán cierta cantidad hembras y machos adultos de *Toxorhynchites* spp.; cada semana se realizará un conteo de larvas de *Aedes aegypti* encontradas en los contenedores naturales, para observar si existe una disminución de la población de *A. aegypti* por el comportamiento depredador de *Toxorhynchites* spp. Para lograr un mejor control, se recomendaría realizar varias liberaciones de adultos al año, o en cada estación, como lo demuestran evidencias de trabajos realizados en otros países (Control Mosquito).

PROGRAMACION

ACTIVIDAD	MARZO				ABRIL				MAYO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración y entrega del Anteproyecto		x										
Colecta de larvas y pupas de <i>Toxorhynchites</i> sp	x	x	x	x								
Establecimiento de la colonia en el Insectario			x	x	x	x						
Pruebas de control biológico							x	x	x	x	x	
Elaboración y entrega del informe final											x	x

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barnes, R., Ruppert, E. 1996. **Zoología de los Invertebrados.** 6° edición. Mc-Graw Hill Interamericana. México.
- Hart, C., Fuller, S. 1974. **Pollution ecology of freshwater invertebrates.** Academic Press Inc. New York, USA.
- Linley, J. 1988. **Laboratory experiments on factors affecting ovoposition site selection in *Toxorhynchites amboinensis* (Diptera: Culicidae), with a report of the occurrence of egg cannibalism.** Medical and Veterinarian Entomology. Volumen 2. pág. 271-277.
- Masathiro, H., Tsukamoto, M. 1984. **Successful laboratory colonization of three Japanese species of *Toxorhynchites* mosquitoes.** Japanese J. Sanit. Zool. Volumen 36. pág. 87-93.
- Machado-Allison, C. E. 1981. **Ecología de los mosquitos (Culicidae) Vol. I-III.** Venezuela.
- Rozendaal, Jan A. 1997. **Vector control. Methods for use by individuals and communities.** World Health Organization (WHO). Geneva, Switzerland.
- Slaff, M. , Reilly, J., Crans, W. 1975. **Colonization of the predacious mosquito, *Toxorhynchites rutilus septentrionalis*.** Press N. J. Mosquito Exterm. Pág. 146-148.
- 1985. **Ecology of Mosquitoes: Proceedings of a workshop.** Florida Medical Entomology Laboratory. Vero Beach, Florida.
- 1990. **Entomología con énfasis en control de vectores.** Organización Panamericana de la Salud. Volumen I. México.
- 2002. **Manual de Campo para la Vigilancia Entomológica.** Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud. Lima, Perú.

- 1984. **Manual de Ordenamiento del Medio para la lucha contra los mosquitos. Con especial referencia a los vectores del paludismo.** Organización Mundial de la Salud. Suiza.
- 1973. **Mosquito control. Some perspectives for developing countries.** National Academy of Sciences. Washington, D.C., USA.
- 1987. **Tropical Disease Research: a Global Partnership.** UNDP/ World Bank/WHO, Special Programme for Research and Training in Tropical Disease.

Sección de Entomología Médica
MSPAS
Mauricio J. García
Alejandro J. Fuentes
Práctica de EDC

Informe de la evaluación entomológica del cementerio de San Juan Sacatepéquez

A continuación presentamos los resultados obtenidos de la investigación entomológica realizada el día 8 de junio por la mañana, al cementerio del municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala.

El grupo de trabajo estuvo conformado por los estudiantes de la carrera de Biología, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Mauricio J. García y Alejandro J. Fuentes, así como del auxiliar de entomología, el Sr. Edy Villegas, del área de Vectores del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Este trabajo se llevó a cabo como parte de las prácticas de Experiencia Docente con la Comunidad (EDC), que forma parte del pensum de la carrera antes citada. El objetivo principal era determinar los principales grupos de insectos que habitan los diferentes hábitats que podemos encontrar en un cementerio típico de nuestro país.

Metodología

Se procedió a recorrer el área del cementerio revisando todos los lugares posibles en busca de insectos, floreros, tambos con agua, mausoleos, árboles, etc. Cada vez que se encontraba un grupo diferente de insectos se procedió a colectarlos con ayuda de pipetas y larveros, y colocados dentro de tubos de vidrio con alcohol al 80%. Cada tubo se identificó debidamente, con la fecha y el lugar de colecta (cementerio de San Juan Sacatepéquez) de un lado de la etiqueta, y del otro, el nombre de los colectores.

Ya colectados, los especímenes se trasladaron al laboratorio de la Sección de Entomología Médica, para el inicio de su identificación, y luego se siguió en la Escuela de Biología. La mayoría de grupos se identificaron hasta orden, mientras que aquellos que eran insectos acuáticos y mosquitos, se trató de llegar hasta familia, e incluso hasta género, por ser los grupos de insectos con los cuales se trabajó con mayor énfasis durante la práctica en la Sección.

Identificación de los especímenes

Se encontraron especímenes correspondientes a 9 órdenes, 6 familias y 3 géneros. Cinco grupos fueron identificados hasta Orden debido a la falta de claves específicas y falta de conocimientos más profundos sobre los taxones.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla de insectos capturados en el cementerio

Nombre común	Orden	Familia	Género
Abejas	Himenóptera	Apidae	Apis melifera <i>Trigona sp.</i>
Hormigas		--	--
Mosquitos	Diptera	Culicidae	<i>Culex sp.</i>
Moscas		Quironomidae	--
Escarabajos	Coleóptera	Curculionidae	--
		Coccinellidae	--
		Carabidae	--
Chicharras	Homóptera	--	--
Colembolos	Collembola	--	--
Arácnidos	Aranae	--	--
Trips	Thysanoptera	--	--
Chinches	Hemíptera	--	--

