


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



“Comparación de la funcionalidad de las alas en subpoblaciones geográficas y ecológicas de *Triatoma dimidiata* el principal vector de la enfermedad de Chagas en Guatemala, mediante análisis de asimetría.”

Informe presentado por

BÁRBARA BEATRIZ MOGUEL RODRÍGUEZ

Para optar al título de

BIOLOGA

Guatemala, septiembre de 2006

1. RESUMEN

La enfermedad de Chagas, en un mal que categoriza, define pobreza, y marca las dificultades político-administrativas de la América Latina. Su control constituye una obligación moral y ética (João Carlos Pinto Dias, 1988), que debe ser tomada en cuenta en el área de salud pública de todos los países en los que se observan casos de esta enfermedad.

El control de los vectores de la enfermedad de Chagas requiere estudios de su biología, comportamiento, ambiente y movilidad (Schoofield 2000). Según el lugar de origen, presentan diferentes características que deben estudiarse para proponer estrategias de control efectivas (Monroy 2003).

En esta investigación se estudiaron subpoblaciones domésticas, silvestres y peri domésticas del norte y oriente del país. Con el objetivo de poder establecer la movilidad de las mismas por medio del vuelo, a través del análisis de la funcionalidad de sus alas.

Para determinar esta movilidad se trabajó con la técnica de morfometría de la Asimetría Fluctuante –AF-, ya que estudios anteriores evidencian la relación entre ésta, la Inestabilidad del Desarrollo y la funcionalidad de los genes (Clarke 1993, Palmer 1996, Palmer & Strobeck 2001).

Al analizar las diferencias entre el ala Derecha y el ala Izquierda, de las distintas subpoblaciones, se observó que la subpoblación de Petén (norte) exhibió diferencias significativas respecto al resto de subpoblaciones, aunque se esperaba que ésta subpoblación presentará los índices de asimetría menores, por ser una subpoblación silvestre y supuestamente más heterocigoto que las subpoblaciones domésticas, se debe tomar en cuenta que estos datos podrían estar sugiriendo un estrés muy fuerte en este ambiente y generando procesos de especiación.

No se observó diferencias significativas entre las subpoblaciones intra domiciliarias y peri domiciliarias; del norte y oriente, sin embargo hay una leve tendencia a una mayor AF, en las subpoblaciones peri domésticas. Esta tendencia puede estar proponiendo movilidad de adentro de la vivienda hacia afuera, lo cual es importante tomar en cuenta para las estrategias de control.

En cuanto a las subpoblaciones domésticas se puede proponer que se encuentran en un ambiente más estable para el desarrollo de *T. dimidiata*, y que las obliga a moverse cuando la densidad de la población aumenta y por ende la competencia por alimento (Gorla & Scofield, 1989), esto coincide con el modelo de carga K (krebs 1989). Esto es una posible explicación a los resultados que presentan estas subpoblaciones, respecto a índices de asimetría menores.

En cuanto a las subpoblaciones peri domésticas, se se podría proponer que se encuentran en hábitats muy inestables, en los que pueden presentarse períodos de ayuno prolongados, por lo que debe haber mayor número de ninfas en comparación a adultos en estos ambientes. Por otro lado los adultos pueden migrar al interior de las viviendas sin necesidad de utilizar el vuelo como medio de dispersión, ya que por lo general los gallineros, cochiqueras y cúmulos de materiales se encuentran cercanos a la vivienda.

Se recomienda realizar asimetrías de patas de *Triatoma dimidiata* y compararlas con los resultados de las alas, esto podría brindar más información sobre la movilidad de este vector de tanta importancia en la transmisión de la Enfermedad de Chagas en Guatemala y para el resto de Centro América.

2. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas es una de las enfermedades parasitarias más importantes en Latinoamérica (Monroy, 2003a). En Guatemala esfuerzos conjuntos entre grupos de investigadores y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia social, han logrado ejercer cierto control de los vectores de esta enfermedad que ataca a los sectores más pobres del país, tiene un diagnóstico difícil y un tratamiento con consecuencias secundarias severas.

Tres especies son reconocidas por su importancia vectorial en América Central (Schofield 2000), *Triatoma dimidiata*, *Rhodnius prolixus* y *Rhodnius pallescens*, de las cuales *T. dimidiata* y *R. prolixus* están presentes en Guatemala.

Triatoma dimidiata es una especie endémica para Mesoamérica (Jaramillo 2000; Usinger 1994) con un alto grado de adaptación a diferentes ambientes, presenta características muy heterogéneas en forma, tamaño, coloración, habitats y aspectos epidemiológicos (Lent 79; Schofield 2000; Bustamante 2001; Monroy 2003a), por las cuales se deben estudiar a profundidad sus subpoblaciones y sugerir alternativas de control.

Los estudios poblacionales de esta especie requieren indicadores de movilidad, debido a que no es susceptible de erradicación por ocupar diversos ambientes tanto silvestres como domésticos (Calderón 2004; Pentana 1971; Monroy 2003a; Dumontiel 2004), además muestra reinfestación de viviendas después del rociamiento (Dumontiel 2004, Nakagawa 2003a), tiene movilidad por medio de migraciones anuales (Pentana 1971; Monroy 2003c) y existe flujo genético entre las subpoblaciones (Dorn 2002; Dorn 2003; Calderón 2004; Melgar 2005).

El estudio de la estabilidad del desarrollo¹ de las alas, indirectamente ayuda a hacer inferencia sobre la capacidad de vuelo (Palmer 2003), y por lo tanto sirve como un indicador de movilidad. La asimetría fluctuante -AF- ha sido utilizada para medir la inestabilidad del desarrollo², por lo que a mayor AF, se supone mayor inestabilidad del desarrollo y menor capacidad en el vuelo. Por lo

¹ Se refiere a la capacidad de un organismo para aislar su desarrollo de perturbaciones.

² Se refiere a la capacidad de medir la influencia del ambiente sobre un individuo o subpoblación.

tanto las subpoblaciones que presentaron mayor AF probablemente son las subpoblaciones con menor habilidad de dispersión, colonización por vuelo a nuevos hábitats y menor habilidad para soportar las presiones durante el desarrollo.

En este estudio se analizó el tipo de asimetría que presentaron los nueve caracteres medidos, en las alas derecha e izquierda, de 20 machos de *Triatoma dimidiata* de cinco subpoblaciones provenientes de diferentes lugares del país, con el objetivo de evaluar la funcionalidad de las alas en distintas subpoblaciones geográficas y ecológicas de *T. dimidiata*.

3. ANTECEDENTES

3.1 Enfermedad de Chagas

En 1909 el médico brasileño Carlos Chagas, reconoció y describió la tripanosomiasis americana (Monroy 2003a; Argueta 1994). La cual con el tiempo se fue reconociendo en varios países del continente americano.

Actualmente, la enfermedad de Chagas causada por el *Trypanosoma cruzi*, es uno de los problemas de salud más importantes en América latina. Se estima que entre 16 – 18 millones de personas en el hemisferio Oeste están infectados y más de 90 millones en riesgo de adquirirla (Mark 1991; Matta 1994). La migración de la enfermedad de Chagas hacia nuevas regiones geográficas, hace que el número de personas en riesgo aumente, por ejemplo en Estados Unidos, se estima que 100,000 personas están infectadas (Rocha 1994). Esta enfermedad está relacionada al área rural y a la pobreza socioeconómica de los países latinoamericanos (Tabaru 1999).

3.1.1 Formas de Transmisión

Existen varios tipos de transmisión: Transmisión por vectores, por transfusión de sangre, congénita, por trasplante de órganos, oral y factores ecológicos (OMS 2002). A continuación se describen las tres primeras formas de transmisión, por ser las de mayor riesgo.

3.1.1.1 Transmisión vectorial

T. cruzi es transmitido de forma vectorial a través de las excretas infectadas de los triatominos. La mayoría de los casos de enfermedad de Chagas se pueden atribuir a las principales especies de vectores domiciliados, a saber, *Pastrongilus megitus*, *Rhodnius prolixus*, *Triatoma brasiliensis*, *Triatoma guasayana*, *Triatoma dimidiata* y *Triatoma infestans*. Dichas especies son características de medios abiertos del sur de México, Centro y Sudamérica, ya sea zonas naturales (sabanas y praderas, mosaicos de praderas y bosques, bosques áridos y los valles andinos desérticos y semidesérticos) o ecotopos creados por el hombre. Dentro de los habitats naturales se les encuentra en

palmeras, epifitas, cactáceas, en madrigueras de roedores, cuevas, etc. (OMS 2002; Gaunt M 2000; Besanni D 2001; Pentana 1971; Monroy, et al. 2003c).

El tamaño de la subpoblación de los triatominos depende de la disponibilidad de huéspedes para su alimentación. Cuando hay un número fijo de huéspedes, inicialmente se produce un aumento en la subpoblación, pero, cuando aumenta la densidad de los triatominos, cada insecto tiende a consumir menos sangre por efecto de la competencia. Finalmente, la disminución de la nutrición reduce el desarrollo de las ninfas y la puesta de huevos por las hembras, lo que lleva a los machos a alejarse. Esos factores tienden a reducir la densidad de subpoblación de los triatominos (OMS 2002).

Los triatominos tienen dos mecanismos de dispersión, a saber, pasiva y activa y, en el caso de los adultos alados, terrestre y aéreo. La dispersión pasiva depende de la conducta humana: por ejemplo, el transporte pasivo en ropas, vehículos, etc., o la recogida de leña en el entorno peri doméstico. Las aves con huevos o ninfas de triatominos es sus plumas también pueden contribuir a la dispersión (OMS 2002).

La dispersión activa mediante el vuelo está relacionada con la necesidad de alimentarse. En los triatominos domiciliados, una alta densidad de la subpoblación provoca escasez de alimento y causa la dispersión activa de los adultos a otras casas (OMS 2002).

En las subpoblaciones silvestres, la destrucción del hábitat y la desaparición de los huéspedes pueden causar la dispersión de los triatominos a viviendas rurales. La distancia de vuelo no supera los 200 metros en el caso de *T. infestans*, pero otras especies domésticas, como *Rhodnius prolixus*, o silvestres como *T. sordida* y *T. guasayana*, pueden volar más de 500 metros (OMS 2002).

3.1.1.2 Transmisión por transfusión de sangre

Los movimientos migratorios de las zonas rurales a las zonas urbanas que se produjeron en América Latina a partir de los años sesenta cambiaron las características epidemiológicas tradicionales de la transmisión de *Trypanosoma cruzi*. La infección, que había sido primordialmente rural, pasó a ser urbana y transmisible por transfusión de sangre (OMS 2002; Rocha 1994). La infección

por *Trypanosoma cruzi*, en mujeres, antes o después del embarazo es un riesgo para la transmisión (Bittencourt 1992). Este riesgo parece variar según diferentes factores epidemiológicos, tales como la cepa del parásito, la parasitemia de la madre, la existencia de lesiones en la placenta y la región geográfica.

3.2 Situación de la Enfermedad de Chagas en Guatemala

En 1935, Reichnow describe el primer reporte de un caso de la enfermedad de Chagas en Guatemala (Matta 1994). En 1986, no se encontraba dentro de las primeras diez causas de mortandad, pero los casos en los hospitales nacionales estudiados, no se registraron de la mejor forma, por el desconocimiento de la Enfermedad. En 1990, ya se conocen los departamentos endémicos y no endémicos en que se presenta la enfermedad, observándose una alta mortandad por enfermedades cardiacas en los departamentos endémicos. Se considera como área endémica de la Enfermedad de Chagas, los siguientes departamentos: El Progreso, Santa Rosa, Zacapa, Guatemala, Jutiapa, Baja Verapaz, Jalapa, Escuintla, Quetzaltenango, Chiquimula, San Marcos, Retalhuleu y Suchitepéquez (Hurtarte, 1994) (Tabaru, 1999). En 1999, se estima que 330,000 personas viven en las áreas de riesgo de infección (Tabaru 1999).

Reportes de cinco años de recolección de los vectores domiciliarios en 22 departamentos de la República de Guatemala, muestran que de 4,128 triatomíneos colectados: 40.6% eran *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811), 56.8% eran *Rhodnius prolixus* (Stal 1859) y 2.64% eran *Triatoma nitida* (Usinger 1939). El parásito *Trypanosoma cruzi* fue encontrado en tres especies. (Monroy 2003a) Estos datos actualmente han cambiado drásticamente ya que con los esfuerzos de control de varios años las subpoblaciones de *Rhodnius prolixus* se han reducido notablemente (Rodas 1995), como se observa en un estudio realizado de 1995 a 1997, de un total de 1,131 vectores colectados: el 64.6% eran *Triatoma dimidiata*, 30.7% eran *Rhodnius prolixus* y el 4.7% era *Triatoma nitida* (Tabaru 1999). El censo nacional que se realizó en 1994 muestra que fueron colectados vectores en 16 de los 22 departamentos, con énfasis en los departamentos del medio y del este, del país, detalles entomológicos sugieren

especial interés en dos especies, *Rhodnius prolixus* y *Triatoma dimidiata*. *Rhodnius prolixus* muestra una mayor tasa en los departamentos del oriente: 79.5%. (Tabaru, et al. 1999)

3.3 *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811)

3.3.1 Clasificación

La subfamilia de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) incluye 122 especies de insectos hematófagos, que se dividen en 5 tribus y 15 géneros. El género más numeroso es *Triatoma* con 70 especies. Dentro del género *Triatoma*, varios grupos de especies están asociados por sus características morfológicas y ecológicas. Actualmente, casi todas las especies, son vectores potenciales de *Trypanosoma cruzi* (Panzera 1997). Dentro de estas especies se encuentra el principal vector en Guatemala y otros países de Centroamérica, *Triatoma dimidiata* (Monroy 2003a; Monroy 1998; Rodas 1995).

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Clase | Insecta |
| Orden | Hemiptera |
| Suborden | Gynocerata |
| Familia | Reduviidae |
| Subfamilia | Triatominae |
| Tribu | Triatomini |
| Complejo | Phyllosoma |
| Subgrupo | Rubrofaciata |
| Género | <i>Triatoma</i> |
| Especie | <i>Triatoma dimidiata</i> |

(Clasificación taxonómica de Dujardin, et al. Tomado de Menes 2003)

Sinónimos: *Reduvius dimidiatus* (Latreille, 1811),
Conorhinus maculipennis Stal, 1859
Triatoma capitata Usinger, 1941.

3.3.2 Biología

Triatoma dimidiata, es una especie bastante grande, con un color distintivo en el cuerpo, que va desde café oscuro hasta negro. El conxivo y el

corium tienen una coloración que va desde amarillo pálido hasta amarillo naranja ó rojo. La cabeza es alargada, un tanto cónica, el protórax se hace angosto hacia el frente, las alas se cruzan en forma plana sobre el dorso y tienen de dos a tres celdas en la membrana. La orilla del abdomen parecen placas planas a los lados de las alas; estas placas están marcadas con barras de color rojo o anaranjado. El macho mide entre 24.5 a 32.0 mm, mientras que la hembra mide entre 24.5 a 35.0 mm (Lent & Wygodzinsky 1979). En la figura No. 1 se muestra la morfología de *Triatoma dimidiata*.

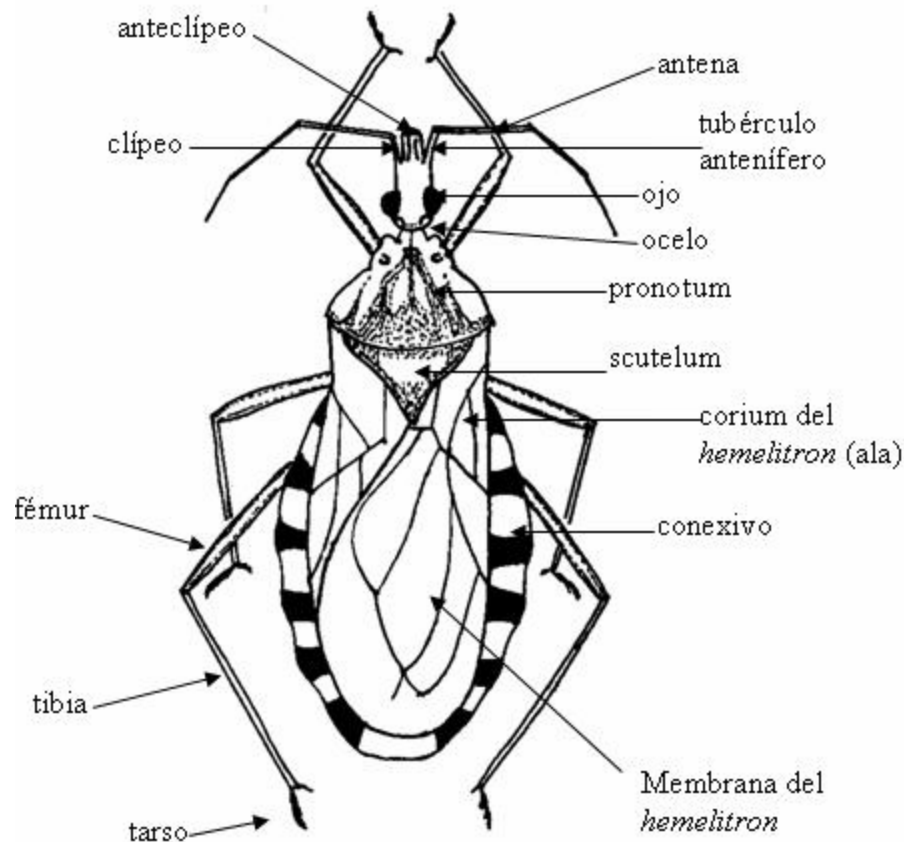
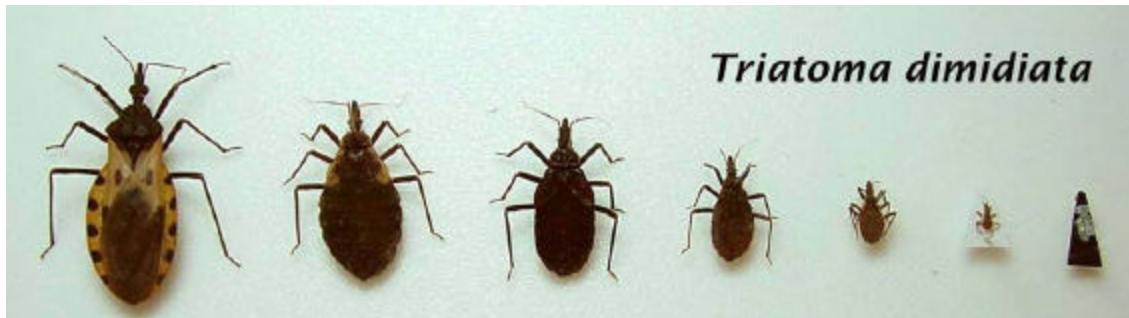


Figura 1:
Descripción morfológica de *Triatoma dimidiata*. (Tomado de Menes, 2004)

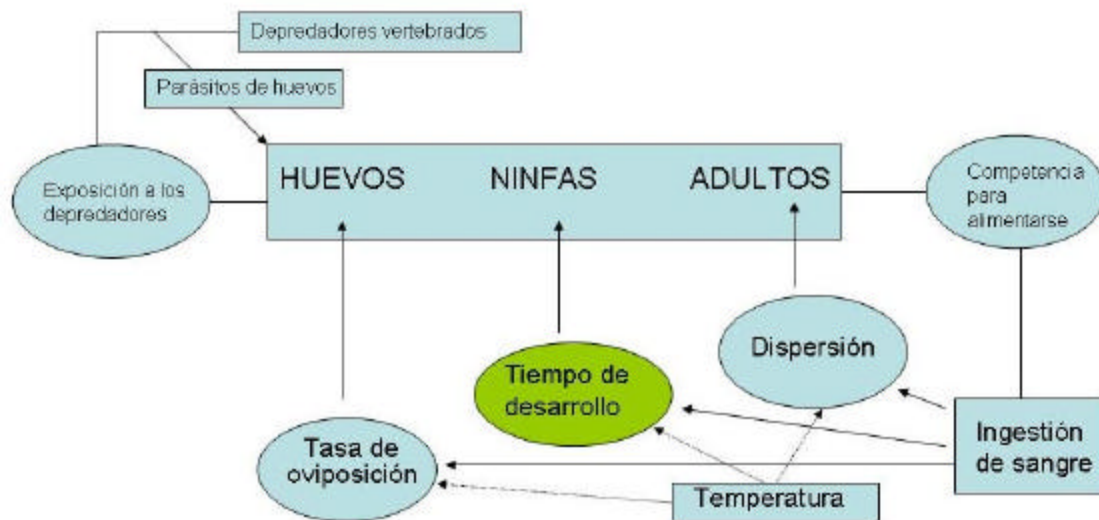
El ciclo de vida de *Triatoma dimidiata* en laboratorio (29°C y 75% de humedad) es en promedio de 11 meses. El ciclo es probablemente considerado largo en la naturaleza (ver figura No. 2). La ingestación de sangre en promedio, aumenta con los estadios en un rango que va, desde 4.5 mg. en el primer estadio a 421.3 mg. en el quinto estadio (Zeledón 1970).

Figura 2: Ciclo de vida de *Triatoma dimidiata*. (Tomado de la página de OMS)



El estadio ninfal representa el más importante en el momento del desarrollo, por lo que cualquier estrés como el aumento en la temperatura ó la disminución de oportunidades de ingestión, pueden causar alteraciones (Schofield, 1994), observar el esquema 1.

Tabla 1. Representación esquemática de los factores implicados en la regulación de la densidad de las subpoblaciones. Tomado de Schofield, 1994.



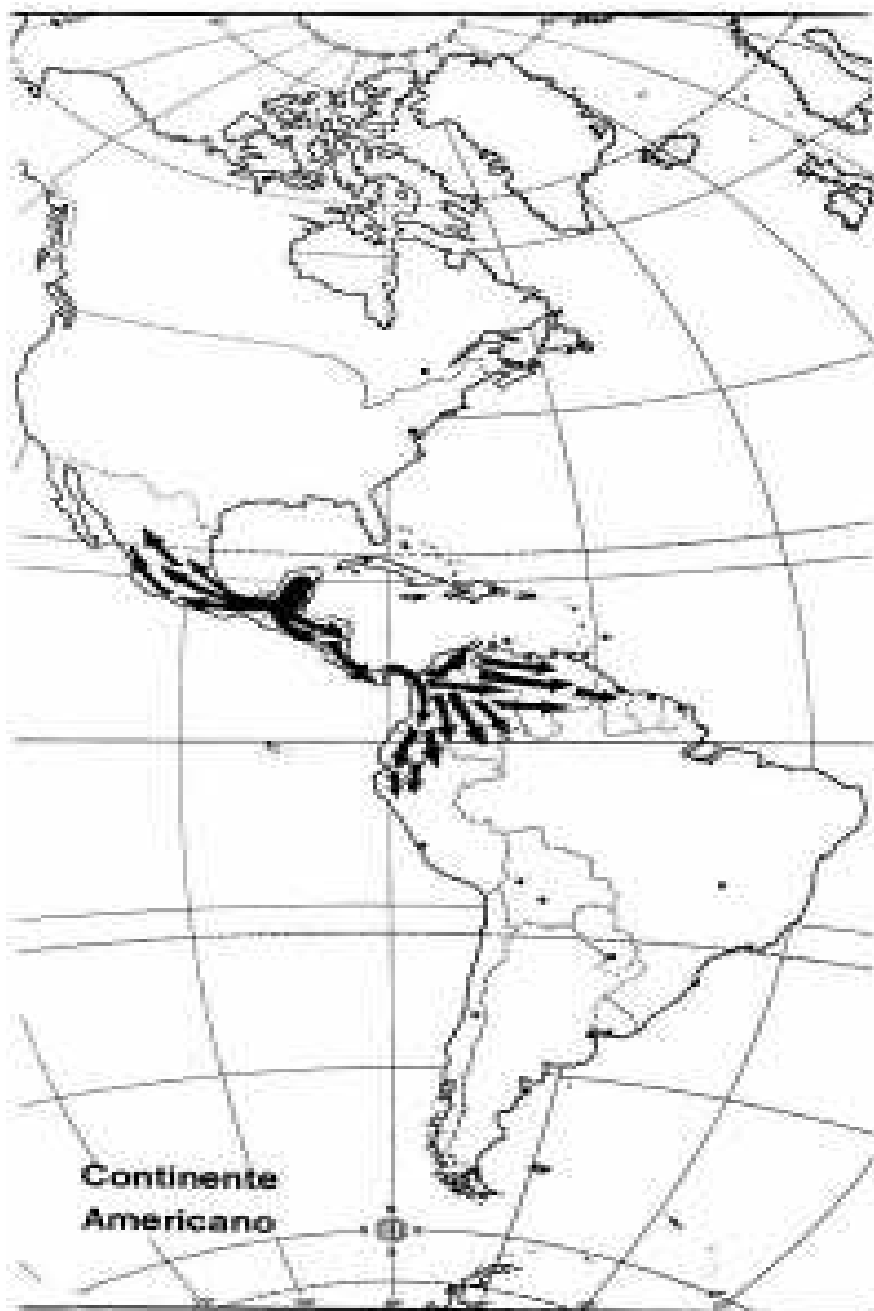
3.2.3 Distribución geográfica

Triatoma dimidiata, es el principal vector reportado de la Enfermedad de Chagas en Guatemala, Costa Rica y el resto Centro y Sudamérica (Zeledón 1970) (Monroy 1998). Se considera una especie endémica de Mesoamérica, ya que se reporta desde México hasta Panamá (Jaramillo 2000; Usinger 1944;

Dumontiel 2004) ha sido encontrado dentro de las viviendas humanas, con especial preferencia por las paredes de adobes y en hábitats naturales. En Costa Rica se distribuye en casi todo el territorio al igual que en Belice y Guatemala, tiene preferencia por áreas de bosque denso, se considera con una capacidad de preferencia de varios ambientes, por lo que no es una especie susceptible de erradicación (Zeledón 1970; Monroy 2003c; Pentana 1971; Calderon 2004).

Triatoma dimidiata, es una especie nativa de Centro América, se ha encontrado en un amplio rango de hábitats silvestres, como también dentro de las viviendas y en diversos hábitats del peri domicilio. En 1971 Petana, reportó que el primer espécimen colectado, fue en 1932 en Belice, esta especie parecía ser claramente un insecto de bosque, prefiriendo áreas de bosques densos y cuevas. Esta situación es muy parecida a la reportada por Dumontiel et al. en el 2002, para Petén Guatemala, en el cual la especie es encontrada mayormente en el bosque primario y de vez en cuando en las viviendas humanas. A diferencia de lo que sucede en La Península de Yucatán en México, un área muy deforestada, en la cual los insectos entran a las viviendas según un patrón estacional (Dumontiel 2004). Los insectos adultos invaden las casas volando, en la época más seca y caliente del año, al mismo tiempo que los adultos de *T. dimidiata* en Petén, se dispersan e invaden diferentes ecotopos en el bosque. Esto es interesante, ya que nos indica que el bosque primario previene la invasión de *T. dimidiata* silvestre a las casas, en Petén y Belice (Monroy 2003).

En el continente americano, *Triatoma dimidiata* se distribuye geográficamente en Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras (16 de los 18 departamentos), México, (Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luís Potosí, Tabasco, Veracruz, Yucatán) Nicaragua, Panamá, Perú, y Venezuela. (OMS 2002). Ver mapa No. 1.



Mapa # 1:

Se muestra el origen y distribución de *Triatoma dimidiata* en el continente americano. (Tomado de la página <http://axxon.com.ar/museoimg/m-020501-07.htm> (insectos de Argentina y el mundo).

En Guatemala, *Triatoma dimidiata* ha sido reportada en 21 de los 22 departamentos (Monroy 2003c), es clara la alta prevalencia de los insectos en los departamentos del Este y Centro, como los son Chiquimula, Jutiapa, Jalapa, santa Rosa y Zacapa. Otros departamentos que presentaron alta prevalencia fueron Quiché en el oeste y Alta Verapaz en el Norte (Tabaru 1999).

**Distribución de
Rhodnius prolixus y *Triatoma dimidiata*
(Centro América, 2004)**



Mapa #2:
Distribución geográfica de *Triatoma dimidiata* y *Rhodnius prolixus* en mesoamérica. Se observa que la distribución en Guatemala es en casi todo el país a excepción de Totonicapán. (Tomado de la página de la OMS).

Múltiples estudios realizados en varios Departamentos de Guatemala, muestran que *Triatoma dimidiata* está altamente asociada a las construcciones de bajareque y adobe sin repello, baja luminosidad, piso de tierra, animales dentro del dormitorio, leña en la cocina, dirección del viento y orientación de los puntos cardinales (Monroy, et al. 1995).

Dentro de los departamentos de Guatemala, en el año 2000, Jutiapa era el que presentaba mayor infestación por *Triatoma dimidiata* (>34% de casas infestadas) y el segundo con mayor riesgo de infección por *Trypanosoma cruzi* (>70,000 personas en riesgo), después de Quiché (Tabaru et al 1999).

3.4 Control

En Guatemala, antes de 1995, no existían políticas de fumigación para áreas endémicas de Chagas, únicamente las regiones que se traslapaban con Malaria o Dengue eran fumigadas (Rodas 1995). Se iniciaron estudios de la efectividad antitriatomínica de insecticidas órgano fosfatados, piretroides y carbamatos, tanto en condiciones de campo como de laboratorio, los resultados obtenidos contribuyeron a presentar una propuesta formal del control de los vectores de la enfermedad de Chagas (Rodas 1995).

Estudios socio – culturales relacionados a la enfermedad de Chagas, han permitido conocer los factores de riesgo que contribuyen con una alta colonización de los vectores a las viviendas (Yamaguchi 1995). Con éste conocimiento se ha trabajado en la búsqueda de vectores dentro de las casas utilizando el método hombre/hora (Monroy 1998), la búsqueda es realizada por técnicos expertos.

Se encontró una cercana relación, al comparar en número de triatominos colectados por el método hombre/hora, con el número de manchas de excremento de los vectores en un papel blanco colocado sobre las paredes, por una semana o más (Monroy 1998).

Los esfuerzos de control han sido varios, desde educación, que incluye el mejoramiento de las paredes con emplastos y pintura, rociamiento con insecticidas efectivos, evaluaciones post mejora y rociamiento. Hasta estudios de las subpoblaciones de los vectores colectados (tanto domésticos, como silvestres), utilizando diferentes técnicas. Con el trabajo realizado durante años se ha observado una disminución en el número de vectores dentro de las viviendas, en la república Guatemalteca (Menes 2004; Díaz 2003; Monroy 2003; Monroy 1998).

En enero del 2000, el Ministerio de Salud en conjunto con la Cooperación Internacional de Japón (JICA), iniciaron una operación de control de los vectores de la enfermedad de Chagas en el oriente del país. Este programa tenía como objetivo la eliminación de *Rhodnius prolixus* y la reducción de las subpoblaciones de *Triatoma dimidiata* en cinco departamentos: Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Santa Rosa y Jalapa. Se les dio entrenamiento a los técnicos del área de entomología de estos departamentos por parte de expertos

de la USAC, UVG y JICA, para conseguir un control a largo plazo. (Nakagawa et al 2003)

3.5 Reinfestación

El control de la enfermedad de Chagas se ha visto afectado por las subpoblaciones reinfestantes de *T. dimidiata*, que se han observado después de seis meses o un año de fumigación dentro de las viviendas, en su estadio adulto (Monroy 2003). Estudios realizados en los departamentos de Jutiapa y Zacapa, y en la Península de Yucatán, muestran la misma tendencia a la reinfestación, después de la fumigación con insecticidas como Deltametrina (Nakagawa 2003a, Nakagawa 2003b).

El impacto de las operaciones de control en contra de las subpoblaciones de *Triatoma dimidiata* en el departamento con la más alta infestación, Jutiapa, fue evaluado pre y post rociamiento. En las casas evaluadas en la etapa basal se encontró un 18.3% de infestación y en 12.1% de las aldeas más de la mitad de las viviendas se encontraron infestadas. En los resultados de esta ronda de fumigaciones, la media estadística de las casas infestadas en cada aldea encuestada dos veces, bajó de 36.0% a 8.9%. Después del rociamiento, el porcentaje de casas infestadas en cada aldea que fue fumigada nunca fue mayor del 50%. La reinfestación y la colonización se observó en el interior de las viviendas, esto probablemente indica que los insectos sobrevivieron al rociamiento. (Nakagawa 2003b).

Otras especies como *Triatoma infestans* han presentado reinfestación en el área rural del noreste de Argentina (Cecere 2002), lo que nos indica que un buen modelo de movimiento se podría aplicar a varias especies que tienden a este fenómeno.

3.6 Asimetría

Para dar un concepto de **Asimetría** primero se plantean los conceptos de Simetría desde el punto de vista matemático, físico y biológico; y así comprender cuando se altera.

3.6.1 Concepto de Simetría

3.6.1.1 **SIMETRÍA** desde el punto de vista Biológico:

Los organismos superiores en general presentan simetría bilateral (plantas radial): el hombre tiene dos brazos, dos ojos, etc., y es de observación común que generalmente estas estructuras bilaterales son de tamaño y de conformación idénticos. Cada lado está bajo el control de los mismos genes, las células de la derecha y las de la izquierda tienen el mismo genoma, de tal modo que la igualdad bilateral debería ser perfecta (Dujardín 2000).

La simetría bilateral se estima a partir del conjunto de las diferencias bilaterales con signo, entre derecha e izquierda, las diferencias pueden ser nulas, negativas o positivas (Dujardín 2000).

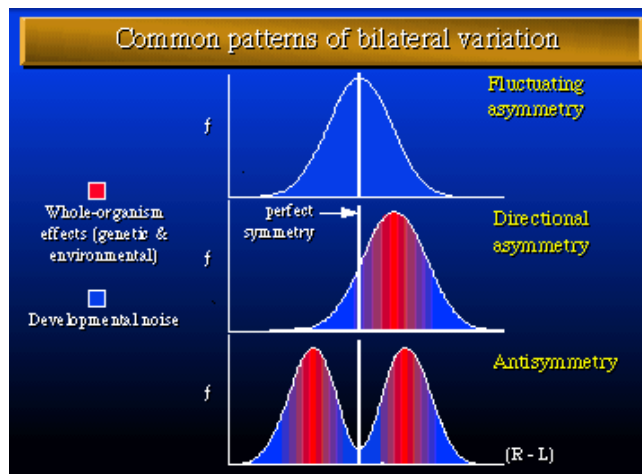
3.6.2 Concepto de Asimetría

La asimetría es el testigo de fenómenos de presiones (stress) ambientales actuando sobre la estabilidad del desarrollo, por otra parte también nos informa la resistencia de un organismo a las presiones ambientales, es decir sobre ciertos aspectos generales (Dujardín 2000; Klingenberg 1998).

3.6.2.1 Tipos de Asimetrías

Se han descifrado dos tipos de asimetría, las cuales probablemente tienen causas intra individuos diferentes: Asimetría Direccional (AD) y Asimetría No Direccional (AND), ésta a su vez se subdivide en: Asimetría Fluctuante (AF) y Antisimetría (AS) (Dujardín 2000).

También se pueden dividir en Asimetrías conspicuas (Direccional o la antisimetría) y no conspicuas (Fluctuante), en animales con simetría bilateral (Palmer 2003). Como se observa en la figura a continuación.



1.6.2.1.1 Asimetrías Direccional (AD)

Se refiere a que el promedio de las diferencias entre el lado derecho e izquierdo no es nulo, un lado es en promedio más grande o más pequeño que el otro (Dujardín 2000).

En algunos casos de Asimetría Direccional es posible predecir el carácter del lado que será más grande antes que comience a crecer. Como es posible predecir que lado será más grande, se podría hablar de algún elemento genético significativo que lo está influenciando, aunque el ruido del desarrollo también puede estar presente, y esto sumado haría que la diferencia del tamaño de asimetría, fuera mayor (Möller 1997).

El sesgo de la dirección, a los lados derecho o izquierdo depende del carácter ó de la especie (Möller 1997).

Es extraño que aunque los cuerpos parezcan ser muy simétricos a la vista, esconden mucha asimetría que no se observa con facilidad (Möller 1997).

3.6.2.1.2 Asimetría No Direccional (AND)

El promedio de las diferencias del lado derecho y el lado izquierdo es nulo. Éste tipo de asimetría a su vez se divide en: Antisimetría y asimetría fluctuante (Palmer & Strobeck 2003; Brian 2000).

3.6.2.1.2.1 Antisimetría (AS)

El valor absoluto de las diferencias bilaterales es siempre el mismo y tiene una distribución platykurtica o bimodal (Dujardín 2000).

Ocurre cuando un carácter de un lado es tan grande como el otro, pero esta no tiene un sesgo hacia un lado específico. Es por esto que no es posible predecir el lado del carácter que va a desarrollarse a un mayor tamaño.

3.6.2.1.2.2 Asimetría Fluctuante (AF)

Es una pequeña diferencia de la simetría bilateral al medir la precisión del desarrollo: el grado de simetría de cada lado desarrollado, aparece como un fenómeno de interés biológico (Palmer, 2003).

El valor absoluto de las diferencias bilaterales es aleatorio y tienen una distribución normal (Dujardín 2000).

La Asimetría Fluctuante se puede observar como una subpoblación estadística, y la expresión de la asimetría dentro de una subpoblación puede ser vista como la propiedad de un individuo (Möller 1997).

Existen diversos factores que pueden influenciar la asimetría fluctuante, que a continuación se enlistan:

- ? La diversidad genética: la AF aumenta en ambientes pobres de diversidad.
- ? El estrés durante el desarrollo, aumenta la AF.
- ? Híbridos: la AF aumenta en híbridos entre especies.
- ? La endogamia aumenta la AF.
- ? La heterocigosis disminuye la AF.
- ? El valor adaptativo: las hembras prefieren a los machos más simétricos (Palmer 2003).

3.6.3 Estabilidad del desarrollo

La estabilidad de desarrollo, se refiere a la capacidad de un organismo para aislar su desarrollo de perturbaciones y producir una forma ideal bajo un grupo particular de condiciones (Leamy 2005; Palmer & Strobeck 2001; Brakefield & Brevker 1996; Palmer 1996; Clarke 1995; Parsons 1992;).

Esta habilidad está directamente relacionada a organismos heterocigotos y a la funcionalidad de los genes, mientras más importante es un gen en cuanto a su funcionalidad, éste será más preservado de cualquier alteración (Palmer & Strobeck 2001). Además esta habilidad es considerada un componente integral del valor adaptativo de un individuo (Clarke 1995)

El desarrollo de cada uno de los órganos pares está controlado por el mismo gen o grupos de genes, por lo que se propuso la hipótesis de que la diferencia entre el lado derecho y el izquierdo de un carácter reflejaría las propiedades intrínsecas del genoma y la capacidad del mismo para resistir las alteraciones ambientales durante su ontogenia (Zamora-Muñoz y Soler, 1999).

Bajo condiciones óptimas, el desarrollo tiene un proceso a lo largo de un patrón determinado genéticamente. Cualquier perturbación menor en el desarrollo está contenida en el mecanismo de la estabilidad del desarrollo, y restaura la trayectoria del patrón original produciendo el fenotipo predeterminado. Bajo condiciones de estrés, la eficiencia del mecanismo de estabilidad es reducida y como consecuencia el desarrollo no puede restaurar la trayectoria original, dando como resultado fenotipos aberrantes³ (Clarke 1995).

3.6.4 Usos de la AF

La asimetría fluctuante ha sido utilizada como una medida de la inestabilidad del desarrollo y se ha convertido en foco de considerable atención (Klingenberg 1998; Clarke 1995). De esta manera, estudios de la variación en el proceso del desarrollo puede generar patrones distintivos en los múltiples caracteres morfológicos afectados. Por lo que, si hay variación en el precursor en crecimiento que está en desarrollo, tiende a generar una correlación positiva entre todas las partes que se deriven de éste, pero si la variación se da en los tejidos fraccionados del precursor, se producirá una correlación negativa en las partes resultantes (Klingenberg 1998).

Estos accidentes en el desarrollo difieren entre individuos y es por esto que algunos individuos tienen mayor resistencia a la inestabilidad durante el desarrollo (Van Valen 1962). Los individuos pueden crear un sistema de amortiguamiento, frente a la perturbación del micro ambiente en el que se desarrollan. En diferentes sistemas un individuo, puede dar como resultado una tendencia a la asimetría fluctuante, que puede ser más alta o más baja que la usual. Esta correlación en las capacidades de amortiguamiento pueden ser producidas por diferencias en los genotipos y ambientes activos, separadamente en diferentes sistemas morfogenéticos (Van valen 1962).

³ Aberrante: que se desvía del curso normal o usual.

La AF, ha sido estudiada con diferentes soportes estadísticos, estableciendo puntos claros, en los caracteres de interés y evaluándolos mediante una distribución normal, un ANDEVA ó con índices asimétricos específicos (Palmer & Strobeck 2003; Dujardín 2000; Leung 2000; Chapman 2000, Leight 1962). Pero también se han realizado estudios apoyados en morfometría geométrica, utilizando el método de Procrustes (Klingenberg 1998), ó con estadística multivariada, que puede ser visualizada por una reconstrucción de imágenes (Rohlf 1996). Aunque se tiene la limitante que al utilizar morfometría geométrica, no se libera la alometría (diferencias debidas al tamaño) (Bustamante 2005).

La AF ha sido utilizada en diferentes organismos, aplicada a la Biología de la conservación (Clarke 1995, Brakefield et al., 2005), etología, en mariposas, aves, abejas (Brakefield 2005; Smith et al., 1997; Dofour & Weatherhead 1998), en bases genéticas en ratones y mariposas (Brakefield et al., 2005; Leamy 2004).

3.6.5 Método para análisis de Asimetrías sugerido por Palmer & Strobek

Se inicia con gráficas de dispersión para aceptar o rechazar las medidas atípicas tanto para los datos como para los individuos, ya que a pesar del cuidado que se tenga, las diferencias entre lados de algunos individuos puede estar influenciada artificialmente por errores de calibración entre las sesiones de toma de medidas separadamente o por el efecto extremo de una plasticidad fenotípica. Estos errores pueden influenciar los valores de la AF entre los individuos heterocigotos por la inestabilidad del desarrollo (DI) (Palmer & Strobeck, 2003).

Para obtener las mejores medidas se deben tener cinco cuidados en cuenta:

1. alta repetibilidad: fácil de medir y que se puedan repetir los puntos.
2. baja plasticidad: no deben ser caracteres donde un lado sea más utilizado que el otro o se afecte por cambios microambientales.
3. baja vulnerabilidad de desgaste.
4. independencia geométrica: múltiples caracteres (son examinados por individuos), deben ser medidas lineares por ejemplo, no tienen

independencia genética, la variación en la posición final en la unión de los puntos pueden afectar ambas dimensiones.

5. no debe tener dependencia del tamaño: independencia de la media e incrementar proporcionalmente al tamaño del carácter. (Palmer & Strobeck 2003).

Un carácter va a ser funcional cuando sea genéticamente importante y por ende va a tener mayor capacidad de amortiguamiento a los cambios ambientales que perciba; por otro lado un carácter no va a ser funcional cuando no sea genéticamente importante, lo que nos indica que estos caracteres van a tener menor capacidad de resistencia y es en estos en los que se espera observar mayor AF. (Palmer & Strobeck 2003). También se espera que un organismo heterocigoto, tenga mayor capacidad de resistencia a los cambios ambientales, es por eso que se dice que las capacidades amortiguadoras pueden ser el producto de diferentes genotipos y ambiente, actuando separadamente o como sistemas morfogenéticos. (Klingenberg 1998).

En este estudio se utilizó la técnica de Asimetría para medir la funcionalidad de las alas de *T. dimidiata*, basándose en el procedimiento sugerido por Palmer & Strobek.

4. JUSTIFICACIÓN

La enfermedad de Chagas, causada por *Trypanosoma cruzi*, es un problema grave de salud pública en América Latina (Jaramillo 2002).

En los países andinos y centroamericanos se reportan entre 5 y 6 millones de personas infectadas y 25 millones corren el riesgo de contraer la infección (OMS 2002). En Guatemala, de enero de 1999 a marzo del 2003, se diagnosticaron 561 pacientes con la enfermedad. Estos pacientes provienen en su mayoría (85% del total) de la región oriental del país, específicamente de los departamentos de Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, Santa Rosa y Zacapa. No existe un registro adecuado de mortalidad causada por la enfermedad de Chagas, sin embargo las enfermedades cardiovasculares están en las 10 primeras causas de mortalidad a nivel nacional durante los últimos cinco años, hasta 2003. En el año 2000 los departamentos de Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, Santa Rosa, El Progreso y Jalapa presentaron tasas de mortalidad arriba de 60 por cada 100,000 habitantes relacionadas con éstas enfermedades (Mizuno 2003).

A pesar que la transmisión transfusional constituye un alto riesgo, más del 80% de los casos de infección en humanos se debe a la presencia de insectos vectores domiciliarios (Jaramillo 2002). Sin embargo, como los vectores de la enfermedad de Chagas implicados no son estrictamente domiciliarios, sino que pueden reinfestar las viviendas desde los ecotopos silvestres, será necesario formular estrategias de control apropiadas para las condiciones entomológicas locales (OMS 2002).

Este hecho sumado a la ausencia de vacunas o quimioterapia efectiva para controlar el parásito ha obligado que el control de esta enfermedad se oriente hacia la eliminación de las subpoblaciones domésticas de vectores (Jaramillo 2002).

Triatoma dimidiata, que es una especie nativa de Centro América y México (Dumoneil 2004), se ha encontrado en muchos hábitats silvestres, como

también dentro de las viviendas y en diversos hábitats del peri domicilio (Monroy 2003). Debido a esta diversidad de ambientes en los que se distribuye, no es una especie susceptible a la erradicación, además presenta una alta movilidad en migraciones anuales (Dumonteil et al 2004; Monroy et al 2003), por lo que un indicador de movilidad para estas subpoblaciones podría brindar información para su control.

Por lo aneriormente expuesto, se propuso este estudio utilizando la asimetría morfológica de las alas, la cual permite estimar la capacidad de resistencia de los individuos a la inestabilidad durante el desarrollo (ID). El desarrollo de cada uno de los órganos pares está controlado por el mismo gen o grupo de genes, por lo que se propuso que la diferencia entre lado derecho e izquierdo de un carácter reflejaría propiedades intrínsecas del genoma y la capacidad del mismo para resistir las alteraciones ambientales durante su ontogenia (Zamora-Muñoz y Soler, 1999). Las diferencias bilaterales (asimetría) inconspicuas pueden ser detectadas mediante análisis de Asimetría Fluctuante, la cual está directamente relacionada con la ID que sufren los individuos y la capacidad de estos para soportarla (Klingenberg 1998; Clarke 1995; Van Valen 1962; Palmer & Strobeck 2003). Estas diferencias no pueden ser detectadas a simple vista, ni con métodos convencionales, por lo que se ha utilizado la AF para detectar el estrés durante el desarrollo (Clarke 1995; Palmer & Strobeck 2003).

Estos conocimientos servirán como un indicador poblacional, al establecer las subpoblaciones con mayor asimetría fluctuante entre las domésticas, peri doméstica y silvestre; ya que un tipo de movilidad activa que utiliza esta especie, es el vuelo, y se espera que las subpoblaciones con mayor asimetría fluctuante tiendan a moverse menos debido a que las alas van perdiendo funcionalidad.

5. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

Evaluar la funcionalidad de las alas en subpoblaciones geográficas y ecológicas de *Triatoma dimidiata*, por medio del estudio de la asimetría fluctuante en las mismas.

4.2 Objetivos específicos:

4.2.1 Estudiar el tipo de asimetría en caracteres métricos del ala de *Triatoma dimidiata*.

4.2.2 Determinar si el ecotopo doméstico, peri doméstico o silvestre es un factor relacionado con diferencias en la funcionalidad del ala.

4.2.3 Determinar si el origen geográfico de subpoblaciones domésticas, peri domésticas o silvestre es un factor que produce diferencias en la funcionalidad alar.

4.2.4 Contribuir al estudio de las subpoblaciones de *T. dimidiata* para el establecimiento de estrategias de control más efectivas.

6. HIPÓTESIS

Las alas de *Triatoma dimidiata* en subpoblaciones silvestres tienen a mayor AF que las de las subpoblaciones peri domesticas y estas a su vez que las de las subpoblaciones domesticas.

Teniendo como supuesto que a menor AF de los caracteres mayor capacidad de vuelo y por ende mayor capacidad de dispersión.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Tipo de estudio y Diseño general

Para la realización de este estudio, se utilizaron chinches *Triatoma dimidiata*, de la colección de referencia del Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología (LENAP), de la Escuela de Biología. Procedentes de Quiché, Jutiapa y Petén (ver tabla 1).

Las variables utilizadas fueron las distancias entre los nueve puntos medidos en las alas, izquierda y derecha, para observar el tipo y grado de asimetrías, y establecer la funcionalidad de las mismas según la subpoblación a la que pertenecen.

Variable independiente: Asimetría

Variable dependiente: Subpoblaciones de *Triatoma dimidiata* procedentes de Quiché, Jutiapa y Petén.

Para el análisis de Asimetrías se evaluaron los caracteres de las alas de chinches de la colección de referencia, las cuales tienen un código ya establecido y todos sus datos como procedencia, lugar de colecta, si fue capturada en el domicilio ó en el peri domicilio y fecha de colecta, nombre del jefe de la casa donde se colectó y si se colectó pre rociamiento o post rociamiento.

7.2 Universo de estudio, selección y tamaño de muestra

Se utilizaron especímenes de *Triatoma dimidiata*, de la colección de referencia del Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología .

Se trabajará únicamente con los machos ya que estudios anteriores, (Menes, 2004; Díaz, 2003), han demostrado que los machos tienen mayor capacidad de vuelo que las hembras. Es por esto que se cree son ellos los que ayudan a la dispersión e invasión de estas subpoblaciones a las viviendas. Además por el papel sexual se cree que las hembras prefieren a los machos más simétricos, esto es una presión de selección para los ellos. (Palmer, 2003)

Tabla 1. Procedencia geográfica y ecológica de las subpoblaciones de *Triatoma dimidiata* y número de machos estudiados.

| Subpoblaciones (geográficas y ecológicas) | Domésticas | Peri domésticas | Silvestres |
|--|------------|--------------------|------------|
| Quiché | 20 | 19 | 0 |
| Jutiapa | 19 | 20 | 0 |
| Petén | 0 | 0 | 20 |

El tamaño de muestra requerido para detectar una verdadera diferencia entre varianzas, es de por lo menos 20 individuos (Palmer 1996, Smith et al., 1982). Mientras menor sea el tamaño de muestra y se tenga que repetir las mediciones más veces, aumenta el error de medición (Palmer 1996).

7.3 Preparación del material

Para la preparación del material, a cada insecto se le removieron las alas mesotorácicas (Hemelitra) con ayuda de pinzas y tijeras de disección, sin perder el lado de cada una (el ala izquierda en el insecto se coloca del lado izquierdo en el porta objetos), luego de ser removidas se colocaron entre un porta y cubre objetos, con ayuda de la solución de Hoyer.

7.4 Datos

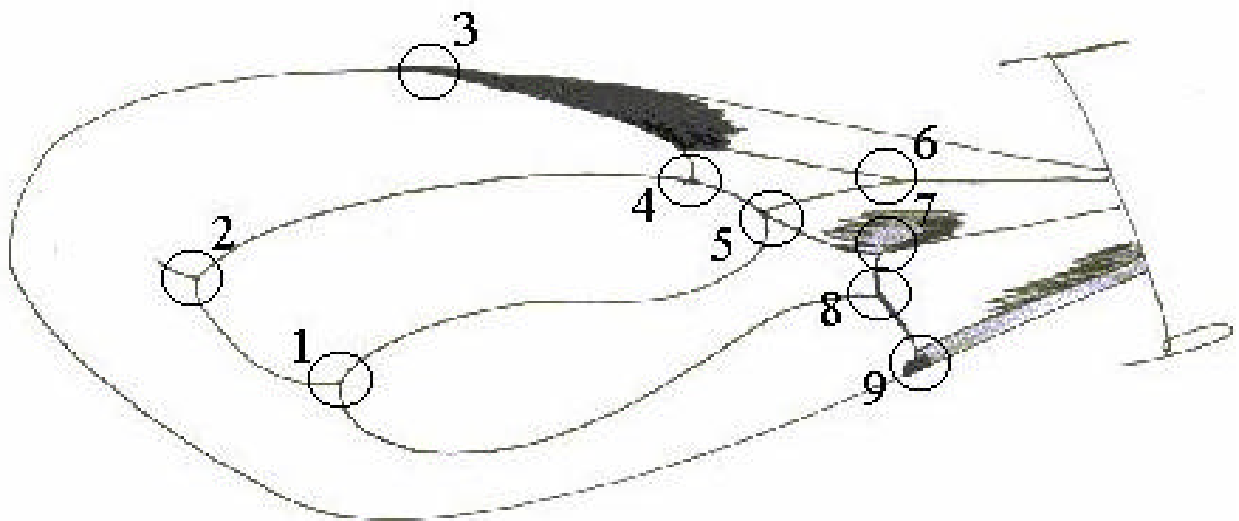
El procedimiento de montaje y digitalización de las distancias entre los puntos se realizó por completo por el investigador (importante que lo realice una sola persona) para evitar sesgos, además se tomaron las medidas de todas las alas, dos veces para estimar el error de medición. Las imágenes de las alas derechas e izquierdas se captaron por medio de un escáner hewlett-packard scanjet 3970, se colocaron las alas montadas entre cubre y porta objetos, como si se fuera a escanear una diapositiva. Se ingresaron las imágenes en una base de datos, con la cual se elaboraron las matrices a las cuales se les aplicaron los análisis correspondientes.

7.5 Plan de análisis de los resultados de las Asimetrías

El método a utilizar es el sugerido por Palmer & Strobeck 2003, con algunas modificaciones sugeridas por (Bustamante 2005):

Ya que se han ingresado las imágenes a la computadora, con el programa tpsDig® (Rohlf 2001), se digitalizaron los puntos para establecer las distancias (ver figura 1) y con el programa TETwin (Dujardín 1999), se calcularon las distancias y se transformaron los datos a logaritmo natural (ln).

Figura # 1. Esquema del ala de *Triatoma dimidiata*, se muestran los 9 puntos con los cuales se calcularon las distancias.



Para obtener las mejores medidas se tomaron en cuenta los cinco cuidados descritos en el inciso 3.6.5 (de los antecedentes), de esta manera se establecieron cuatro grupos, tomando cuatro distancias en cada uno, respetando su independencia geométrica. De estos cuatro grupos se trabajaron únicamente con tres, debido a que las gráficas de dispersión mostraban datos muy segregados, los cuales no pudieron ser corregidos, este fenómeno se supuso debido a la falta de replicabilidad en el grupo 1; las distancias escogidas se muestran gráficamente en el anexo 1 (figura1, figura2, figura3 y figura 4).

Las distancias (longitud = L) que se tomaron en cada grupo son las siguientes:

Grupo 1: L1L2, L3L4, L5L6, L7L9

Grupo 2: L1L9, L2L6, L3L8, L4L7

Grupo 3: L1L7, L2L6, L3L9, L4L8

Grupo 4: L1L6, L2L9, L3L8, L4L9

A continuación se detalla paso a paso el procedimiento que se utilizó para el análisis de Asimetría Fluctuante (AF).

En este análisis se realizaron, transformaciones a logaritmos que ayudaron a remover la dependencia del tamaño de las asimetrías inconspicuas ya que la heterogeneidad de varianzas puede surgir como consecuencia de esa dependencia; además, valores críticos apropiados para distribuciones normales (Kurtosis) proporcionaron pruebas estadísticas más confiables; los índices que combinan información para caracteres múltiples produjeron estimaciones más confiables de la inestabilidad del desarrollo en un individuo y las pruebas de heterogeneidad de varianzas (ANDEVAS) facilitaron y respaldaron los análisis para encontrar diferencias entre individuos, variables ó grupos (Palmer & Strobeck, 2001).

El error de medición (EM) es de suma importancia en estos análisis, debido a que las diferencias entre lados dependen fundamentalmente de la AF y del EM, además las diferencias entre lados debidas al EM son indistinguibles de las diferencias entre lados, por lo que una estimación segura del EM es esencial para cualquier análisis de AF (Palmer & Strobeck, 2001).

En este estudio se buscaba comparar entre grupos (subpoblaciones) las diferencias encontradas por AF, por medio de las variables (L) que se establecieron, además observar si había diferencia entre estas.

PASO 1

Estimación del error de medición (EM) para el análisis de AF

Tres precauciones importantes fueron tomadas para estimar el error de medición, estas precauciones son importantes para asegurar la integridad de los datos.

1. Medidas de las alas fueron tomadas a ciegas.
2. La primera y la segunda medición de cada tratamiento fueron tomadas en días separados, sin tener ninguna referencia de la medición anterior.
3. Todas las medidas fueron tomadas por una misma persona.

Se realizó una inspección de los datos

Una inspección visual de los puntos dispersos y medidas replicadas son un primer paso esencial para cualquier análisis de la AF.

Casi siempre, en grupos grandes de datos se tiende a errores que no siempre están relacionados con una simple medida imprecisa. Por ejemplo errores de transcripción, de grabación, de calibración, de clasificación, etc. Y esto tiende a inflar la estimación del error de medición y dar una falsa interpretación de la AF.

Para estimar los individuos atípicos en el error de medición, se utilizaron gráficas de dispersión de la primera medición (M1) versus la segunda medición (M2) descritos en el inciso 3.6.5, para obtener las mejores medidas (ver anexo 1).

PASO2

Se verificó, si los aparentes individuos atípicos se desviaron significativamente de resto

Las gráficas de dispersión revelaron aparentemente varios individuos atípicos, estos datos pueden ser eliminados o remedidos, siempre y cuando se les haya sometido a un criterio estadístico. Para esto se pueden utilizar diferentes pruebas estadísticas para datos atípicos.

En este caso se utilizó la prueba estadística de Cochran 1980 (Larsson), este es usado para identificar datos atípicos en resultados que se duplican, para examinar si un valor puede considerarse como un dato atípico, la fórmula que se utilizó fue la siguiente:

$$\frac{(a-b)_{\max}^2}{\sum (a-b)^2} \leq 100$$

Donde $(a-b)_{\max}$ = la diferencia mayor del grupo de datos entre M1 y M2.

Y $\sum(a-b)^2$ = el cuadrado de la suma de todos los datos (Larsson).

El valor de Cochran obtenido se compara con un valor crítico (ver anexo 2) y si el valor observado para un individuo es mayor que el valor crítico, el individuo es considerado atípico.

En este estudio se pudo aplicar ya que se realizaron dos mediciones por individuo. Con este criterio estadístico, los individuos que fueron atípicamente significativos se remidieron.

PASO3

Se inspeccionaron los datos para individuos atípicos (tratamientos vrs. Asimetría)

A pesar del cuidado que se tenga durante las mediciones, dferencias entre los lados en algunos individuos puede ser inflado artificialmente debido a lesiones, desgastes, disturbios durante el desarrollo no relacionados a la inestabilidad en el desarrollo, también se pueden dar errores de calibración entre sesiones de mediciones separadas o efectos extremos de plasticidad fenotípica. Estos errores tienden a inflar artificialmente los valores de AF.

En este caso se realizó una inspección visual por medio de una gráfica de dispersión, entre el promedio de M1 y M2 para el ala Izquierda Vrs. el promedio de M1 y M2 para el ala Derecha, en cada tratamiento.

PASO 4

Se inspeccionaron los datos para individuos atípicos (características asimétricas)

Las gráficas de dispersión de derecha vrs. izquierda generaron información para las características extremas relacionadas al tamaño y valores extremos de asimetría. Esto no podría revelar más datos atípicos inconspicuos en el que las características de tamaño son consideradas diferencias entre individuos. Las gráficas de dispersión en asimetrías de un tratamiento vrs. Asimetría, son un segundo paso, para revelar diferencias de AF que fueron infladas artificialmente por un agravio, problemas en el desarrollo que no están relacionados con la ID, errores de calibración entre sesiones de medición separadas, etc.

En este paso se realizó una inspección visual por medio de una gráfica de dispersión entre (D-I) de una variable vrs. (D-I) de otra variable, en cada grupo. Los individuos atípicos al igual que en las otras gráficas, se seleccionaron los

que más se alejaban del grupo y se les aplicó la prueba de Cochran. En este caso no se detectaron individuos atípicos.

PASO 5

Se verificaron los datos atípicos revelados en las gráficas de dispersión.

En este paso se les aplicó a los datos atípicos la prueba estadística de Cochran, descrita en el paso 2. A diferencia del paso 2, los individuos atípicamente significativos fueron eliminados, ya que se consideraron individuos raros.

PASO 6

Se detectó, si la asimetría inconspicua fue significativamente más grande que el error

Las diferencias entre lados en estudios de asimetrías inconspicuas son cerca del 1% características de tamaño (Palmer, 1996^a). En estudios normales morfológicos ó ecológicos raramente se tiene un alto grado de precisión como en éste. Claramente, para tener cualquier esperanza de detectar las mínimas diferencias en AF entre grupos de interés, las diferencias entre lados debidas a AF podrían ser significativamente más grandes que las diferencias entre lados debidas al error de medición.

Para establecer estas diferencias se realizó un ANDEVA (SPSS 10.1) de dos vías (lado x individuo).

Un simple ANDEVA de dos vías, es una prueba muy sensible para detectar si existe asimetría no direccional y si esas diferencias entre lados debidas a AF son mayores que el EM. El ANDEVA se realizó para cada variable, donde todos los individuos con sus dos réplicas fueron incluidos, a excepción de los individuos atípicos que fueron removidos en el paso 5.

Es muy importante hacer el ANDEVA para cada subpoblación, ya que se pueden detectar con mayor claridad las diferencias dadas por el EM y no por diferencias entre grupos (AF).

Los factores para estos ANDEVAS fueron: Lado, Individuo y su interacción. La variable de respuesta fue la diferencia entre Izquierda y derecha (AF).

La prueba para la interacción Lado*Individuo compara si la variación entre lados es significativamente diferente del error de medición. Los valores de F que no son significativamente menores ó diferentes de 1, indican que el error de medición es igual ó mayor que la variación entre lados.

PASO7

Se determinó si el error de medición era comparable entre medidas y entre subpoblaciones

Si las diferencias entre mediciones o entre subpoblaciones son debidas al EM, las diferencias en AF pueden surgir como consecuencia de las diferencias por el EM. Esta prueba se utilizó para saber si el EM es semejante entre subpoblaciones para una variable. Las pruebas para diferenciar el EM entre subpoblaciones o mediciones fueron un paso preliminar esencial para el análisis de la AF.

En este caso, se realizaron ANDEVAS (SPSS 10.1) de heterogeneidad de varianzas para el error de medición expresado como $|M1-M2|$, después de promediar Izquierda+Derecha para cada subpoblación y cada variable.

Los factores para estos ANDEVAS fueron: Medida = Tratamiento, Origen y su interacción. Las pruebas buscaban demostrar si el EM dependía del origen (significancia de la interacción), y si el EM era diferente entre medidas.

PASO 8

Se verificó si los tratamientos exhiben una AF ideal.

Usar las desviaciones de la simetría como una medida de la precisión del desarrollo, podría exhibir una AF ideal (media = 0, distribución normal de las variaciones $D - I$). Desviaciones de la AF ideal incluye Asimetría direccional y antisimetría.

Una prueba convencional paramétrica que indique una distribución normal puede ser de gran utilidad para determinar si los datos exhiben AF, ya que éstas asimetrías son pequeñas desviaciones aleatorias de caracteres con simetría bilateral.

Para observar el tipo de distribución en la media de los datos se utilizó la prueba estadística kolmogorov-Smirnov (SPSS 10.1).

PASO 9

Se observó si había diferencia significativa de AF entre mediciones o entre subpoblaciones

La prueba para observar las diferencias entre individuos, mediciones o subpoblaciones, son fundamentalmente pruebas de heterogeneidad de varianzas.

Se realizaron ANDEVAS de heterogeneidad de varianzas, para estudiar diferencias entre subpoblaciones y variables, luego de remover las subpoblaciones y variables, que el error era diferente al resto de los grupos. Los factores para estos ANDEVAS fueron: Origen, medida y su interacción. La variable de respuesta fue la diferencia entre izquierda y derecha (AF).

PASO 10

Índices utilizados

Para este paso se escogieron dos índices para el EM (EM3 Y EM5) (Palmer 2001) y para diferencias debido a AF se utilizaron tres índices (AF10b, AF4, AF5, AF11) (Palmer 1996).

Las fórmulas de estos índices se detallan abajo.

$$EM3 = MSc / MSe$$

$$EM5 = (MSc - Mse) / (MSc + (N) \times MSe)$$

$$FA10b = \sqrt{(MSc - Mse) * 0.798}$$

FA11= asimetría para un individuo $A_i = \sum |Der - Izq|$ para todos los tratamientos; el índice para una muestra es $\sum A_i / N$, donde N es el número de individuos en la muestra (Leary, et al., 1985).

$$FA4 = Var (D - I)$$

$$FA5 = \sum (D - I)^2 / N$$

7.6 Programas de computación

- ? TETwin, Jean Pierre Dujardín (Dujardín 1999).
- ? CrespiData_forError y CrespiData_forFA (Palmer & Strobeck 2003).
- ? SPSS for Windows 10.1 (SPSS Inc. 1999).
- ? Programa NTSys pc 2.02j (Applied Bioestadistics Inc. 1998).
- ? Excel de Microsoft, Windows XP

8. RESULTADOS

La estabilidad del desarrollo en un organismo refleja su habilidad de producir una forma ideal ante un grupo de condiciones (Palmer 96). Al disminuir esta estabilidad, aumenta la probabilidad de desviarse de la forma ideal. De cualquier manera, cuando estas desviaciones se pueden comparar proveen un método conveniente para medir las que se separan de la normal, y estudiar los factores que pueden influenciarlas (Palmer 96).

Los términos AF, AD o antisimetría se refieren a patrones de variación en un carácter particular exhibido en una muestra de individuos. En un carácter que muestra AF, no se puede concluir que estén ausentes la AD o antisimetría. Lo único que se puede concluir es que dado el tamaño de muestra utilizada y la precisión en la medición, las desviaciones detectadas fueron las de AF (Palmer 96).

En este estudio se definieron, según los pasos descritos en la metodología, las diferencias entre el ala derecha e izquierda, calculando las desviaciones para AF.

A continuación se detallan los resultados obtenidos.

PASO 1

Para la estimación del error de medición, se siguieron las tres precauciones requeridas, mencionadas en la metodología. Luego se realizó la inspección de datos, por medio de gráficas de dispersión para cada grupo de datos.

Se graficó M1-M2 para cada subpoblación y cada grupo, obteniendo los siguientes individuos atípicos (ver tabla # 2), (Ver gráficas en anexo 3).

Tabla 2. Número de individuos atípicos que se registraron en la primera inspección de datos, en cada distancia. Estos fueron remediados.

| DISTANCIA | GRUPO | DERECHA | IZQUIERDA | TOTAL |
|-----------|-------|---------|-----------|-------|
| L1L2 | 1 | 9 | 8 | 17 |
| L3L4 | 1 | 7 | 9 | 16 |
| L5L6 | 1 | 10 | 12 | 22 |
| L7L8 | 1 | 10 | 4 | 14 |
| L1L9 | 2 | 9 | 8 | 17 |

| | | | | |
|------|---|----|----|----|
| L2L6 | 2 | 7 | 7 | 14 |
| L3L8 | 2 | 6 | 6 | 12 |
| L4L7 | 2 | 9 | 6 | 15 |
| L1L7 | 3 | 16 | 12 | 28 |
| L2L6 | 3 | 7 | 7 | 14 |
| L3L9 | 3 | 8 | 5 | 13 |
| L4L8 | 3 | 4 | 6 | 10 |
| L1L6 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| L2L9 | 4 | 1 | 1 | 2 |
| L3L8 | 4 | 6 | 6 | 12 |
| L4L9 | 4 | 1 | 2 | 3 |

Las gráficas se realizaron todas bajo la siguiente escala:

Mínima: -0.5

Máxima: 0.5

Unidad Mayor: 0.1

Unidad menor: 0.02

PASO 2:

Todas las gráficas revelaron un grupo de individuos atípicos, a éstos se les aplicó la prueba estadística de Cochran, los que dieron un error de medición mayor al esperado (Ver tabla 3, en anexo 2) se remidieron.

En este paso se eliminó el grupo 1, debido a que las gráficas mostraban que la mayoría de datos se encontraban muy segregados, por lo que se pensó que eran medidas difíciles de replicar. Por lo que se estableció un nuevo grupo, al que se le llamó el grupo 4 (ver gráficas en anexos 3).

Al remedir los individuos atípicos se localizaron varios errores. Estos errores fueron corregidos y en la última inspección de datos se obtuvieron 17 individuos atípicos en general, los cuales se muestran en la tabla # 4, con los valores críticos que presentaron. Estos fueron remedidos, obteniendo errores de medición más bajos de los esperados, por lo que se pudo continuar al siguiente paso.

Tabla 4. Individuos que se registraron en la última inspección de datos, y el valor de la prueba de Cochran que registraron.

| Subpoblación | N | Individuo | Valor Cochran |
|---------------------|----------|------------------|----------------------|
| Jutiapa Intra | 19 | 3358 | 37.42 |
| Jutiapa Intra | 19 | 3368 | 38.52 |
| Jutiapa Intra | 19 | 3393 | 74.53 |
| Jutiapa Intra | 19 | 3433 | 30.44 |
| Jutiapa Peri | 20 | 1071 | 29.37 |
| Jutiapa Peri | 20 | 1072 | 40.37 |
| Jutiapa Peri | 20 | 1083 | 84.85 |
| Jutiapa Peri | 20 | 1084 | 48.7 |
| Petén | 20 | 2549 | 97.67 |
| Quiché Intra | 20 | 1942 | 81.66 |
| Quiché Intra | 20 | 1963 | 48.77 |
| Quiché Intra | 20 | 2024 | 39.65 |
| Quiché Intra | 20 | 3001 | 31.14 |
| Quiché Intra | 20 | 3081 | 65.75 |
| Quiché Peri | 19 | 2062 | 36.87 |
| Quiché Peri | 19 | 2063 | 62.31 |
| Quiché Peri | 19 | 2796 | 66.6 |

PASO 3:

Las gráficas de dispersión entre el ala Izquierda y Derecha, revelaron varios individuos atípicos. Estas gráficas se realizaron por grupo, para cada variable por separado.

PASO 4:

Las gráficas de dispersión entre tratamientos, mostraron algunos individuos atípicos.

PASO 5:

Según el criterio de valores atípicos de Cochran (Larsson) (ver tabla 3, en anexo2), se obtuvieron ocho individuos con valores críticos significativos, basados en las gráficas de dispersión efectuadas en los pasos 3 y 4. Los individuos 2241, 1963 y 2063 también se tomaron en cuenta en este criterio debido a que se repetían en todas las subpoblaciones y dieron valores altos en la prueba de Cochran (Larsson) aunque no hayan sido significativos. Estos individuos se eliminaron ya que no se consideran error entre la primera y la segunda sesión de medición, sino se les puede llamar individuos raros ó diferentes al resto de la subpoblación y pueden alterar los resultados. Estos individuos pueden ser raros debido a la plasticidad fenotípica o problemas en el desarrollo que no están relacionados con la ID (Palmer 2001).

En la tabla # 5 se presentan los valores críticos más altos que presentaron los individuos atípicos que fueron eliminados.

Tabla 5. Se muestran 8 individuos que se registraron en las gráficas de dispersión en los pasos 3 y 4, con sus valores de Cochran.

| Subpoblación | N | Individuo | Valor Cochran |
|---------------------|----------|------------------|----------------------|
| Jutiapa Intra | 19 | 3372 | 86.05 |
| Jutiapa Peri | 20 | 1083 | 83.67 |
| Petén | 20 | 2241 | 36.65 |
| Petén | 20 | 2734 | 47.4 |
| Quiché Intra | 20 | 1963 | 40.88 |
| Quiché Intra | 20 | 3081 | 50.49 |
| Quiché Peri | 19 | 2063 | 34.52 |
| Quiché Peri | 19 | 2795 | 41.43 |

El valor crítico de Cochran para N=19 es 44.3 y para N=20 es 42.8

A pesar que el valor de la prueba de Cochran para los individuos 2241 de Petén, 1963 Quiché intra, 2063 Quiché peri y 2795 Quiché peri, es menor que el valor crítico, se decidió eliminarlos debido a que en las gráficas se separaron del grupo notablemente y obtuvieron valores altos, además se buscaba eliminar cualquier fuente que inflara el error. Las tablas completas se pueden observar, en anexo 4.

PASO 6:

En estudios morfológicos o ecológicos raramente las medidas son tomadas con una alta precisión, como en estudios de asimetrías inconspicuas. Las diferencias entre lados debidas a la AF deberían ser considerablemente más grandes que las diferencias entre lados debidas al EM, para tener la certeza de estar detectando diferencias significativas entre grupos de interés por AF.

Se realizó un ANDEVA de dos vías, con interacción lado * individuo (L*I), esté análisis se llevó a cabo sin los individuos atípicos que se detectaron en el paso anterior. Este paso es de los más importantes para detectar EM, después de encontrar los individuos atípicos para EM y para AF, de manera que ni el EM ni la AF sean inflados por valores sospechosos.

Se realizaron ANDEVAS para todas las subpoblaciones y todas las variables utilizadas, en cada grupo establecido. A continuación se presentan los resultados para cada grupo, en las tablas número 6, 7 y 8.

Tabla 6. Se observan los resultados de las interacciones Lado (L), Lado * individuo (I), media cuadrática de la interacción L*I (MS L*I) y la media cuadrática del error (MS error), en los ANDEVAS para el grupo 2.

| Subpoblación/Variable | | L1L9 | L2L6 | L3L8 | L4L7 |
|---------------------------|----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jutiapa intradomicilio | L | 0.207 | 0.300 | 0.534 | 0.642 |
| | P | 3.52×10^{-13} | 0.002 | 0.0049 | 0.056 |
| | MSc L*I | 0.0004 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0004 |
| | MS error | 2.04×10^{-5} | 5.30×10^{-5} | 3.94×10^{-5} | 0.0002 |
| Jutiapa peridomicilio | L | 0.632 | 0.101 | 0.076 | 0.442 |
| | P | 1.43×10^{-14} | 1.01×10^{-5} | 0.0042 | 0.0002 |
| | MS L*I | 0.0002 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0009 |
| | MS error | 1.14×10^{-5} | 5.54×10^{-5} | 9.17×10^{-5} | 0.0002 |
| Petén | L | 0.661 | 0.173 | 0.352 | 0.092 |
| | P | 1.74×10^{-10} | 2.90×10^{-6} | 0.0001 | 1.20×10^{-6} |
| | MS L*I | 0.0002 | 0.0004 | 0.0003 | 0.002 |
| | MS error | 1.41×10^{-5} | 6.83×10^{-5} | 6.77×10^{-5} | 0.0002 |
| Quiché intradomicilio | L | 0.730 | 0.412 | 0.203 | 0.792 |
| | P | 0.00029 | 0.002 | 0.115 | 4.23×10^{-5} |
| | MS L*I | 0.0001 | 0.0003 | 6.29×10^{-5} | 0.0006 |

| | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | MS error | 3.18×10^{-5} | 8.80×10^{-5} | 3.10×10^{-5} | 0.0001 |
| Quiché peridomicilio | L | 0.575 | 0.792 | 0.013 | 0.756 |
| | P | 1.50×10^{-9} | 6.81×10^{-6} | 0.001 | 0.02 |
| | MS L*I | 0.0004 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0004 |
| | MS error | 3.22×10^{-5} | 6.53×10^{-5} | 2.73×10^{-5} | 0.0002 |

Tabla 7. Resultados de las interacciones obtenidas en los ANDEVAS para el grupo 3.

| Subpoblación/Variable | | L1L7 | L2L6 | L3L9 | L4L8 |
|---------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jutiapa intradomicilio | L | 0.017 | 0.300 | 0.537 | 0.775 |
| | P | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.070 |
| | MS L*I | 0.002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 |
| | MS error | 7.80×10^{-5} | 5.30×10^{-5} | 4.63×10^{-5} | 0.0001 |
| Jutiapa peridomicilio | L | 0.967 | 0.101 | 0.175 | 0.642 |
| | P | 1.72×10^{-6} | 1.01×10^{-5} | 0.036 | 1.68×10^{-7} |
| | MS L*I | 0.0004 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0007 |
| | MS error | 5.97×10^{-5} | 5.54×10^{-5} | 7.75×10^{-5} | 0.0001 |
| Petén | L | 0.824 | 0.173 | 0.451 | 0.079 |
| | P | 4.99×10^{-7} | 2.90×10^{-6} | 3.61×10^{-6} | 0.0003 |
| | MS L*I | 0.0002 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0008 |
| | MS error | 2.80×10^{-5} | 6.83×10^{-5} | 4.37×10^{-5} | 0.0002 |
| Quiché intradomicilio | L | 0.236 | 0.412 | 0.031 | 0.779 |
| | P | 1.42×10^{-5} | 0.002 | 2.80×10^{-5} | 2.74×10^{-5} |
| | MS L*I | 0.0002 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0004 |
| | MS error | 4.28×10^{-5} | 8.80×10^{-5} | 2.62×10^{-5} | 8.93×10^{-5} |
| Quiché peridomicilio | L | 0.949 | 0.792 | 0.296 | 0.411 |
| | P | 5.49×10^{-6} | 6.81×10^{-6} | 0.005 | 0.001 |
| | MS L*I | 0.0004 | 0.0004 | 6.97×10^{-5} | 0.0006 |
| | MS error | 5.89×10^{-5} | 6.53×10^{-5} | 2.41×10^{-5} | 0.0002 |

Tabla 8. Resultados de las interacciones obtenidas en los ANDEVAS para el grupo 4.

| Subpoblación/Variable | L1L6 | L2L9 | L3L8 | L4L9 |
|-----------------------|------|------|------|------|
|-----------------------|------|------|------|------|

| | | | | | |
|---------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jutiapa intradomicilio | L | 0.07 | 0.655 | 0.534 | 0.708 |
| | P | 6.53×10^{-5} | 8.11×10^{-6} | 0.0049 | 3.51×10^{-6} |
| | MS L*I | 0.0003 | 7.61×10^{-5} | 0.0001 | 0.0003 |
| | MS error | 7.02×10^{-5} | 1.37×10^{-5} | 3.94×10^{-5} | 5.45×10^{-5} |
| Jutiapa peridomicilio | L | 0.275 | 0.777 | 0.076 | 0.851 |
| | P | 4.14×10^{-7} | 9.32×10^{-6} | 0.0042 | 7.51×10^{-8} |
| | MS L*I | 0.0005 | 6.38×10^{-5} | 0.0002 | 0.0004 |
| | MS error | 7.01×10^{-5} | 1.22×10^{-5} | 9.17×10^{-5} | 5.45×10^{-5} |
| Petén | L | 0.235 | 0.735 | 0.352 | 0.215 |
| | P | 1.55×10^{-6} | 6.07×10^{-6} | 0.0001 | 5.35×10^{-7} |
| | MS L*I | 0.0006 | 4.05×10^{-5} | 0.0003 | 0.001 |
| | MS error | 9.69×10^{-5} | 7.13×10^{-6} | 6.77×10^{-5} | 0.0002 |
| Quiché intradomicilio | L | 0.219 | 0.278 | 0.203 | 0.151 |
| | P | 0.003 | 1.10×10^{-5} | 0.115 | 3.29×10^{-8} |
| | MS L*I | 0.0004 | 8.24×10^{-5} | 6.29×10^{-5} | 0.0005 |
| | MS error | 0.0002 | 1.62×10^{-5} | 3.10×10^{-5} | 5.60×10^{-5} |
| Quiché peridomicilio | L | 0.849 | 0.442 | 0.013 | 0.562 |
| | P | 9.14×10^{-9} | 0.00014 | 0.001 | 0.060 |
| | MS L*I | 0.0009 | 8.08×10^{-5} | 0.0001 | 0.0002 |
| | MS error | 8.41×10^{-5} | 1.84×10^{-5} | 2.73×10^{-5} | 8.23×10^{-5} |

Con estos datos se observó el comportamiento del error de medición, utilizando el EM3 y el EM5.

Las fórmulas de estos dos índices del EM son las siguientes:

EM3= MSe / MSc , es el porcentaje de la variación entre lados (interacción) que el error de medición representa.

EM5= $(MSc - Mse)/(MSc+(N)xMSe)$, es la proporción de AF (interacción'error) respecto a la variación total (interacción+error), también se le llama repetibilidad.

En la tabla 9 se presentan los resultados del EM3 y EM5, para todas las variables por grupo y subpoblación, como se puede observar a continuación, la variación entre lados debida al EM en general esta abajo del 50%, y la proporción de la interacción que se esta dando entre la AF y el EM, respecto a la

variación total se encuentra entre 0.1 y 0.7, lo que indica una repetibilidad aceptable.

Tabla 9 Resultados del EM3 y el EM5 en relación a la AF.

| grupo | subpoblación | Variable | EM3 | EM5 |
|-------|---------------|----------|---------------|--------------|
| 2 | Jutiapa intra | L1L9 | 5.192 | 0.490 |
| 2 | Jutiapa peri | L1L9 | 4.676 | 0.505 |
| 2 | Petén | L1L9 | 7.849 | 0.370 |
| 2 | Quiché intra | L1L9 | 25.609 | 0.127 |
| 2 | Quiché peri | L1L9 | 8.457 | 0.363 |
| 2 | Jutiapa intra | L2L6 | 31.488 | 0.103 |
| 2 | Jutiapa peri | L2L6 | 19.298 | 0.173 |
| 2 | Petén | L2L6 | 16.489 | 0.202 |
| 2 | Quiché intra | L2L6 | 32.143 | 0.095 |
| 2 | Quiché peri | L2L6 | 16.863 | 0.206 |
| 2 | Jutiapa intra | L3L8 | 35.541 | 0.087 |
| 2 | Jutiapa peri | L3L8 | 36.197 | 0.085 |
| 2 | Petén | L3L8 | 23.873 | 0.144 |
| 2 | Quiché intra | L3L8 | 62.361 | 0.031 |
| 2 | Quiché peri | L3L8 | 26.672 | 0.126 |
| 2 | Jutiapa intra | L4L7 | 53.653 | 0.043 |
| 2 | Jutiapa peri | L4L7 | 25.001 | 0.136 |
| 2 | Petén | L4L7 | 15.290 | 0.226 |
| 2 | Quiché intra | L4L7 | 21.059 | 0.165 |
| 2 | Quiché peri | L4L7 | 43.251 | 0.065 |
| 3 | Jutiapa intra | L1L7 | 31.317 | 0.103 |
| 3 | Jutiapa peri | L1L7 | 16.600 | 0.201 |
| 3 | Petén | L1L7 | 14.219 | 0.232 |
| 3 | Quiché intra | L1L7 | 18.999 | 0.176 |
| 3 | Quiché peri | L1L7 | 16.534 | 0.210 |
| 3 | Jutiapa intra | L3L9 | 26.826 | 0.126 |
| 3 | Jutiapa peri | L3L9 | 49.928 | 0.048 |
| 3 | Petén | L3L9 | 11.556 | 0.277 |
| 3 | Quiché intra | L3L9 | 20.207 | 0.165 |
| 3 | Quiché peri | L3L9 | 34.591 | 0.091 |
| 3 | Jutiapa intra | L4L8 | 55.934 | 0.040 |
| 3 | Jutiapa peri | L4L8 | 13.807 | 0.247 |
| 3 | Petén | L4L8 | 26.005 | 0.130 |
| 3 | Quiché intra | L4L8 | 20.196 | 0.172 |
| 3 | Quiché peri | L4L8 | 27.655 | 0.121 |
| 4 | Jutiapa intra | L1L6 | 2.197 | 0.701 |
| 4 | Jutiapa peri | L1L6 | 14.806 | 0.223 |
| 4 | Petén | L1L6 | 15.627 | 0.213 |
| 4 | Quiché intra | L1L6 | 33.643 | 0.090 |
| 4 | Quiché peri | L1L6 | 9.699 | 0.329 |
| 4 | Jutiapa intra | L2L9 | 18.053 | 0.193 |
| 4 | Jutiapa peri | L2L9 | 19.157 | 0.174 |
| 4 | Petén | L2L9 | 17.588 | 0.190 |
| 4 | Quiché intra | L2L9 | 19.614 | 0.170 |
| 4 | Quiché peri | L2L9 | 22.748 | 0.152 |
| 4 | Jutiapa intra | L4L9 | 16.764 | 0.207 |
| 4 | Jutiapa peri | L4L9 | 12.983 | 0.261 |
| 4 | Petén | L4L9 | 14.300 | 0.240 |
| 4 | Quiché intra | L4L9 | 11.476 | 0.289 |
| 4 | Quiché peri | L4L9 | 53.152 | 0.044 |

Se detectó que las siguientes variables para las siguientes subpoblaciones, tienen un error de medición mayor que la variación entre lados (es decir, mayor que la AF):

| Subpoblación | Variable | P | EM3 | EM5 |
|-------------------------|----------|------|-------|-------|
| Quiché intra doméstico | L3L8 | 0.11 | 62.36 | 0.031 |
| Jutiapa intra doméstico | L4L7 | 0.06 | 53.65 | 0.043 |
| Jutiapa intra doméstico | L4L8 | 0.07 | 55.93 | 0.040 |
| Quiché peri doméstico | L4L9 | 0.06 | 53.15 | 0.047 |

Para estas cuatro variables, se muestra que el error de medición representa arriba del 50% de la variación total (ME3). La repetibilidad es baja (ME5 es una cantidad de 0-1), lo que nos está indicando que para estas variables la fidelidad al analizar las diferencias por AF es baja. Por ser pocas variables se siguieron considerando en los análisis.

PASO 7:

Se realizaron ANDEVAS de heterogeneidad, con interacción medida-origen, para descartar que las diferencias entre subpoblaciones fueran debidas al EM. Los resultados de las pruebas post-ANDEVA en las cuales se detallan las diferencias entre pares de subpoblaciones se muestran a continuación en las tablas 10, 11 y 12:

Tabla 10. Resultados del ANDEVA de heterogeneidad de varianzas para el grupo 2 y de la prueba para valores r (Tukey's studentized range), según la interacción entre subpoblaciones. Se observa la interacción entre subpoblaciones, utilizando todas las variables (medidas), por medio de las diferencias entre medias, con límites del 95% de confianza.

Grupo 2: interacción medida-origen con $p = 0.1286$

| Interacción entre subpoblaciones | Diferencias entre medias | límites con 95% de confianza |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Jutiapa peri – Petén | 0.0164 | 0.0119 0.0209 |
| Jutiapa peri - Quiché intra | 0.0168 | 0.0123 0.0213 |
| Jutiapa peri - Quiché peri | 0.0178 | 0.0131 0.0222 |
| Jutiapa peri - Jutiapa intra | 0.0181 | 0.0135 0.0226 |
| Petén - Quiché intra | 0.0004 | -0.0041 0.0050 |
| Petén - Quiché peri | 0.0013 | -0.0033 0.0059 |
| Petén - Jutiapa intra | 0.0017 | -0.0029 0.0062 |
| Quiché intra - Quiché peri | 0.0009 | -0.0037 0.0055 |
| Quiché intra - Jutiapa intra | 0.0012 | -0.0033 0.0056 |
| Quiché peri - Jutiapa intra | 0.0003 | -0.0043 0.0050 |

No se registró interacción medida-origen debida al EM. La subpoblación de Jutiapa peri doméstico se diferencia del resto de subpoblaciones.

Tabla 11. Resultados del ANDEVA de heterogeneidad para el grupo 3, y de la prueba para valores r (Tukey's studentized range), según la interacción entre subpoblaciones.

Grupo 3: interacción medida-origen con $p= 0.2791$

| Interacción entre subpoblaciones | Diferencias entre medias | Limites con 95% de confianza |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| Jutiapa peri – Petén | 0.0165 | 0.0120 0.0209 |
| Jutiapa peri - Quiché intra | 0.0169 | 0.0125 0.0214 |
| Jutiapa peri - Quiché peri | 0.0172 | 0.0127 0.0217 |
| Jutiapa peri - Jutiapa intra | 0.0174 | 0.0129 0.0218 |
| Petén - Quiché intra | 0.0005 | -0.0040 0.0050 |
| Petén - Quiché peri | 0.0007 | -0.0038 0.0053 |
| Petén - Jutiapa intra | 0.0009 | -0.0036 0.0054 |
| Quiché intra – Quiché peri | 0.0003 | -0.0043 0.0048 |
| Quiché intra – Jutiapa intra | 0.0004 | -0.0041 0.0050 |
| Quiché peri - Jutiapa intra | 0.0001 | -0.0044 0.0047 |

No se registró interacción medida-origen debida al EM. LA subpoblación de Jutiapa peri doméstica se diferencia del resto de subpoblaciones.

Tabla 12. Resultados del ANDEVA de heterogeneidad para el grupo 4, y de la prueba para valores r (Tukey's studentized range), según la interacción entre subpoblaciones.

Grupo 4: interacción medida-origen con $p=0.5358$

| Interacción entre subpoblaciones | Diferencias entre medias | Limites con 95% de confianza |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| Jutiapa peri – Petén | 0.0159 | 0.0117 0.0200 |
| Jutiapa peri - Quiché intra | 0.0161 | 0.0120 0.0202 |
| Jutiapa peri - Quiché peri | 0.0168 | 0.0126 0.0209 |
| Jutiapa peri - Jutiapa intra | 0.0174 | 0.0133 0.0215 |
| Petén - Quiché intra | 0.0003 | -0.0039 0.0044 |
| Petén - Quiché peri | 0.0009 | -0.0033 0.0051 |
| Petén - Jutiapa intra | 0.0015 | -0.0026 0.0057 |
| Quiché intra – Quiché peri | 0.0006 | -0.0036 0.0049 |
| Quiché intra – Jutiapa intra | 0.0012 | -0.0029 0.0054 |
| Quiché peri - Jutiapa intra | 0.0006 | -0.0036 0.0049 |

Al igual que en los grupos anteriores, no se registró interacción medida-origen debida al EM. Y la subpoblación de Jutiapa peri doméstica, se diferencia del resto de subpoblaciones, pudiendo darse esta diferencia debido a que las alas de esta subpoblación ya se encontraban montadas desde hace un tiempo y el hoyer estaba ya muy seco, dificultando la visibilidad en algunos puntos. Se utilizaron estas alas debido a que no se contaba con individuos nuevos de esta subpoblación y no había otra subpoblación de Jutiapa que contara con individuos colectados dentro y fuera de la vivienda.

Dado que ningún grupo presentó interacción medida-origen debida la EM, se puede continuar con el análisis, teniendo la certeza que el EM no establece relación entre la medida tomada y el origen del individuo.

Al realizar las interacciones entre subpoblaciones se observó que Jutiapa peri doméstico tiene un error de medición que le permite diferenciarse del resto de subpoblaciones, los valores marcados con rojo están indicando diferencias significativas; b que nos indica que no se puede tomar en cuenta para el resto del análisis, ya que las diferencias encontradas no estarían dadas por AF sino por EM.

A continuación se realizaron pruebas post-ANDEVA para todos los grupos de variables, tomando en conjunto las subpoblaciones y así poder descartar que la diferencia entre medidas, no esta dada por el EM. En la tabla 13 se detallan los resultados:

Tabla 13. Resultados de la prueba para valores r (Tukey's studentized range), para todos los tres grupos de variables.

| Grupo | Medida | N | Media | agrupación Tukey |
|-------|--------|----|--------|------------------|
| 2 | L4L7 | 90 | 0.0158 | A |
| 2 | L2L6 | 90 | 0.0104 | B |
| 2 | L3L8 | 90 | 0.0089 | B C |
| 2 | L1L9 | 90 | 0.0061 | C |
| | | | | |
| 3 | L4L8 | 90 | 0.0142 | A |
| 3 | L2L6 | 90 | 0.0103 | B |
| 3 | L3L9 | 90 | 0.0088 | B |
| 3 | L1L7 | 90 | 0.0088 | B |
| | | | | |
| 4 | L1L6 | 90 | 0.0112 | A |
| 4 | L4L9 | 90 | 0.0111 | A |
| 4 | L3L8 | 90 | 0.0089 | A |
| 4 | L2L9 | 90 | 0.0053 | B |

Esta prueba establece cuales variables tienen una media para el EM significativamente diferente de las demas variables en su grupo. Se puede concluir que las medidas L4L7, L4L8 y L2L9 tiene un error de medición significativamente diferente del EM del resto de variables en su grupo.

PASO 8:

Se exhibe evidencia a favor de AF, ya que todos los datos registraron una distribución Normal como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Se observan los resultados dentro del rango de normalidad >0.05 , para todas las variables.

| Grupo | Subpoblación | Variable | normalidad | grupo | Subpoblación | Variable | normalidad |
|-------|---------------|----------|--------------|-------|---------------|----------|--------------|
| 2 | Jutiapa intra | L1L9 | 0.991 | 3 | Jutiapa intra | L3L9 | 0.741 |
| 2 | jutiapa peri | L1L9 | 0.771 | 3 | jutiapa peri | L3L9 | 0.508 |
| 2 | peten | L1L9 | 0.997 | 3 | peten | L3L9 | 0.937 |
| 2 | quiche intra | L1L9 | 0.948 | 3 | quiche intra | L3L9 | 0.638 |
| 2 | quiche peri | L1L9 | 0.634 | 3 | quiche peri | L3L9 | 0.488 |
| 2 | Jutiapa intra | L2L6 | 0.974 | 3 | Jutiapa intra | L4L8 | 0.981 |
| 2 | jutiapa peri | L2L6 | 0.624 | 3 | jutiapa peri | L4L8 | 0.741 |
| 2 | peten | L2L6 | 0.963 | 3 | peten | L4L8 | 0.982 |
| 2 | quiche intra | L2L6 | 0.994 | 3 | quiche intra | L4L8 | 0.999 |
| 2 | quiche peri | L2L6 | 0.341 | 3 | quiche peri | L4L8 | 0.926 |
| 2 | Jutiapa intra | L3L8 | 0.966 | 4 | Jutiapa intra | L1L6 | 0.98 |
| 2 | jutiapa peri | L3L8 | 0.505 | 4 | jutiapa peri | L1L6 | 0.978 |
| 2 | peten | L3L8 | 0.97 | 4 | peten | L1L6 | 0.842 |
| 2 | quiche intra | L3L8 | 0.748 | 4 | quiche intra | L1L6 | 0.997 |
| 2 | quiche peri | L3L8 | 0.651 | 4 | quiche peri | L1L6 | 0.946 |
| 2 | Jutiapa intra | L4L7 | 0.288 | 4 | Jutiapa intra | L2L9 | 0.819 |
| 2 | jutiapa peri | L4L7 | 0.731 | 4 | jutiapa peri | L2L9 | 0.872 |
| 2 | peten | L4L7 | 0.955 | 4 | peten | L2L9 | 0.904 |
| 2 | quiche intra | L4L7 | 0.396 | 4 | quiche intra | L2L9 | 0.994 |
| 2 | quiche peri | L4L7 | 0.94 | 4 | quiche peri | L2L9 | 0.307 |
| 3 | Jutiapa intra | L1L7 | 0.942 | 4 | Jutiapa intra | L4L9 | 0.646 |
| 3 | jutiapa peri | L1L7 | 0.972 | 4 | jutiapa peri | L4L9 | 0.663 |
| 3 | peten | L1L7 | 0.687 | 4 | peten | L4L9 | 0.428 |
| 3 | quiche intra | L1L7 | 0.796 | 4 | quiche intra | L4L9 | 0.817 |
| 3 | quiche peri | L1L7 | 0.95 | 4 | quiche peri | L4L9 | 0.946 |

PASO 9:

Las pruebas para diferenciar individuos, caracteres o grupos debido a AF, es fundamentalmente una prueba de heterogeneidad de varianzas, ya que los índices de AF son estimados fundamentando la varianza para inestabilidades del desarrollo ID.

Asumiendo que el EM no está afectando la variación entre lados y no difiere significativamente entre variables, se realizaron nuevos ANDEVAS para estudiar diferencias entre subpoblaciones y variables debidas a AF, luego de remover Jutiapa peridomicilio y las variables que presentaron un EM significativo para diferenciarse del resto.

Al realizar ANDEVAS de heterogeneidad de varianzas para cada grupo, no se evidenció interacción medida*origen, lo que nos está indicando que las medidas muestran la misma tendencia de AF dentro de cada población. A

continuación se presentan los valores de significancia de la interacción para cada grupo:

Debido a que no se observó interacción significativa, se procedió a observar si origen y medida tenían un efecto en la variabilidad de la AF. No se encontraron diferencias significativas entre orígenes, ni entre variables para los grupos 2 y 3 ($P=0.1586$ y $P=0.1277$ respectivamente), pero para el grupo 4 la variable L3L8 mostró una AF mayor que la AF de las otras variables (L1L6 y L4L9). El grupo 4 tampoco mostró diferencias significativas entre orígenes ($P=0.0612$).

Debido a que en general no se obtuvieron diferencias significativas se procedió a realizar las pruebas de heterogeneidad para cada variable por separado, obteniendo los siguientes resultados detallados en la tabla 15.

Tabla 15. Variables que presentaron diferencias significativas para algunas subpoblaciones.

| Grupo | Variable | Diferencia significativa | Subpoblación | P | Límites de confianza del 95% |
|-------|----------|--------------------------|---------------------|---------|------------------------------|
| 2 | L1L9 | no | - | - | - |
| 2 | L2L6 | no | - | - | - |
| 2 | L3L8 | si | Petén-Quiché intra | 0.00698 | 0.00076 0.0132 |
| 3 | L1L7 | no | - | - | - |
| 3 | L2L6 | no | - | - | - |
| 3 | L3L9 | si | Petén-Quiché intra | 0.00866 | 0.00133 0.0160 |
| | | | Petén-Quiché peri | 0.00977 | 0.00233 0.0172 |
| 4 | L1L6 | no | - | - | - |
| 4 | L4L9 | si | Petén-Jutiapa intra | 0.01381 | 0.00053 0.0271 |
| | | | Petén-Quiché peri | 0.01772 | 0.00425 0.0312 |

Es importante recordar que estas diferencias se obtuvieron después de remover individuos atípicos, la subpoblación de Jutiapa peri domicilio y las variables L4L7, L4L8 y L2L9.

La subpoblación de Quiché intra doméstico para la variables L3L8 y la subpoblación Quiché peri doméstico para la variable L4L9, presentaron un EM mayor que la AF. Por eso solamente se puede decir que hay que interpretar el resultado con precaución.

Se observa que en general las poblaciones de de *T. dimidiata* de Quiché (domésticas y peri domésticas) y Jutiapa (domésticas) no presentaron diferencias significativas debidas a AF. Solamente Petén registra diferencias

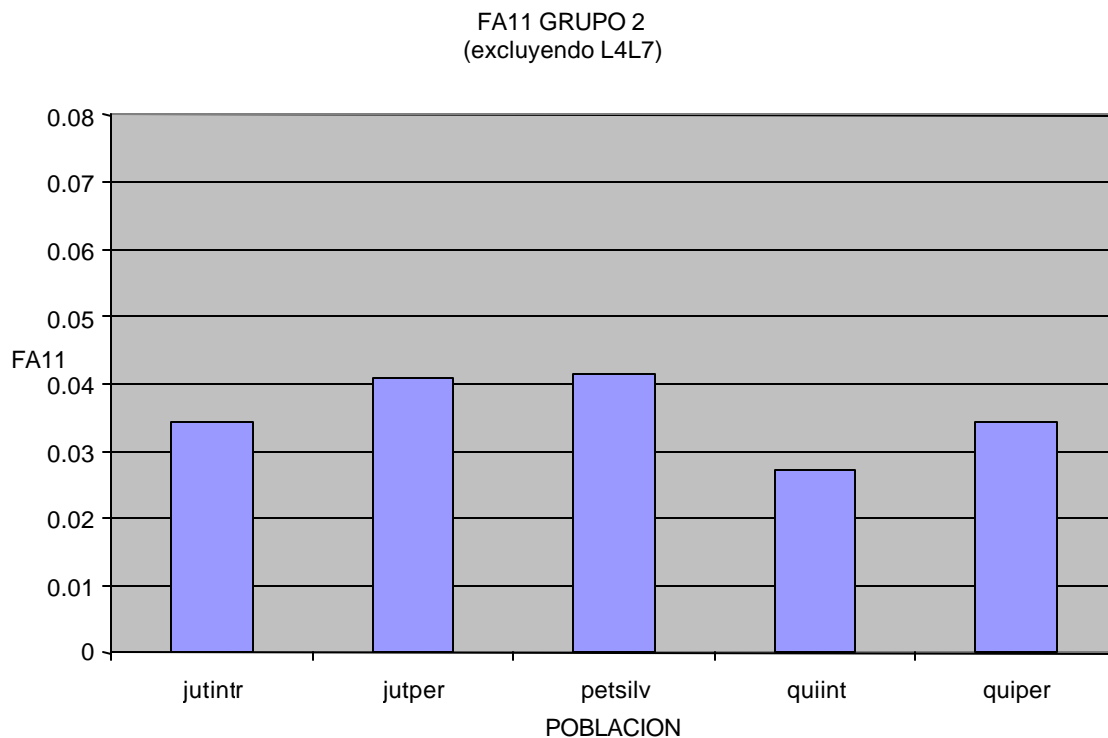
significativas debidas AF respecto a algunas subpoblaciones en ciertas variables.

PASO 10:

Utilizando el índice FA11, que es la suma de AF de las variables, se observan diferencias entre variables, Aunque es muy difícil encontrar un patrón para diferenciar entre las subpoblaciones, en general Petén muestra mayor AF que el resto de subpoblaciones y Quiché peri domicilio tiende a aumentar la AF en algunas variables más que el resto de subpoblaciones, pero esta diferencia se debe posiblemente a un alto error de medición.

Jutiapa Peri domicilio se tomó en cuenta al hacer los índices, pero se debe recordar que presenta un EM diferente al resto de subpoblaciones, por lo que las diferencias encontradas no están dadas por AF.

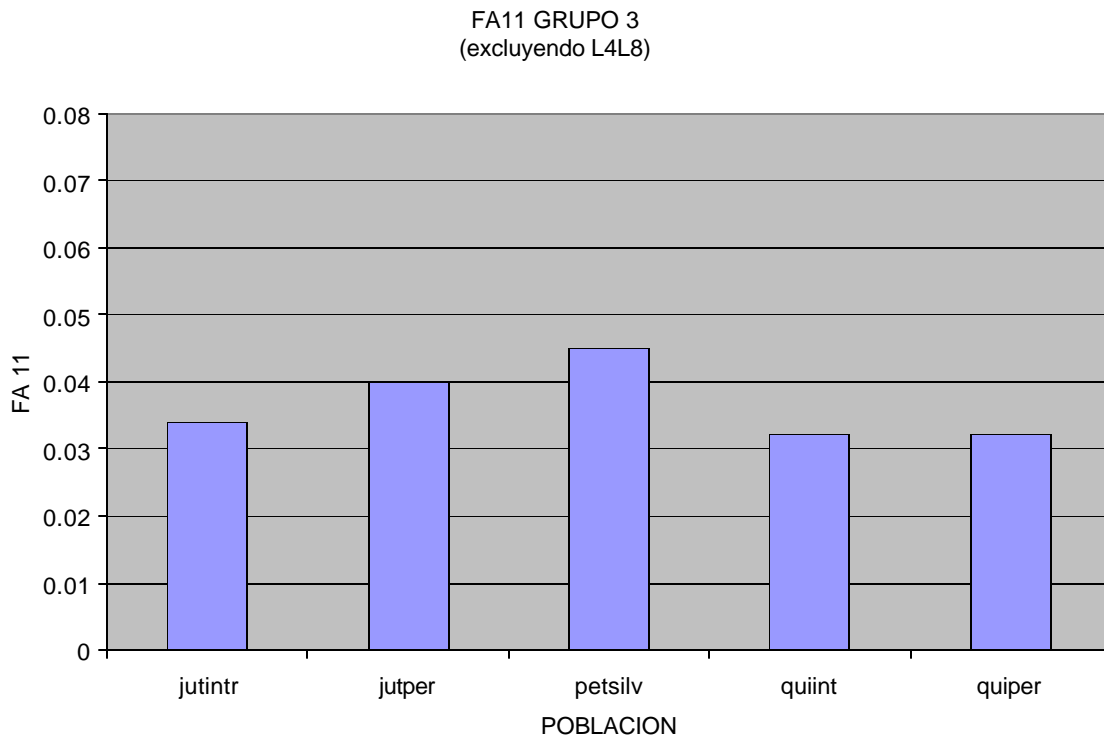
Gráfica 1: resultados del índice AF 11 para el grupo 2, excluyendo L4L7 (presentó un alto EM).



Aunque no se presentaron diferencias significativas en los grupos 2 y 3, para ninguna variable, se puede onbervar una leve tendencia de la subpoblación de Petén a aumentar su AF, presentando diferencias entre lados de 0.042 unidades, mientras las subpoblaciones peridómesticas presentan mayor AF que

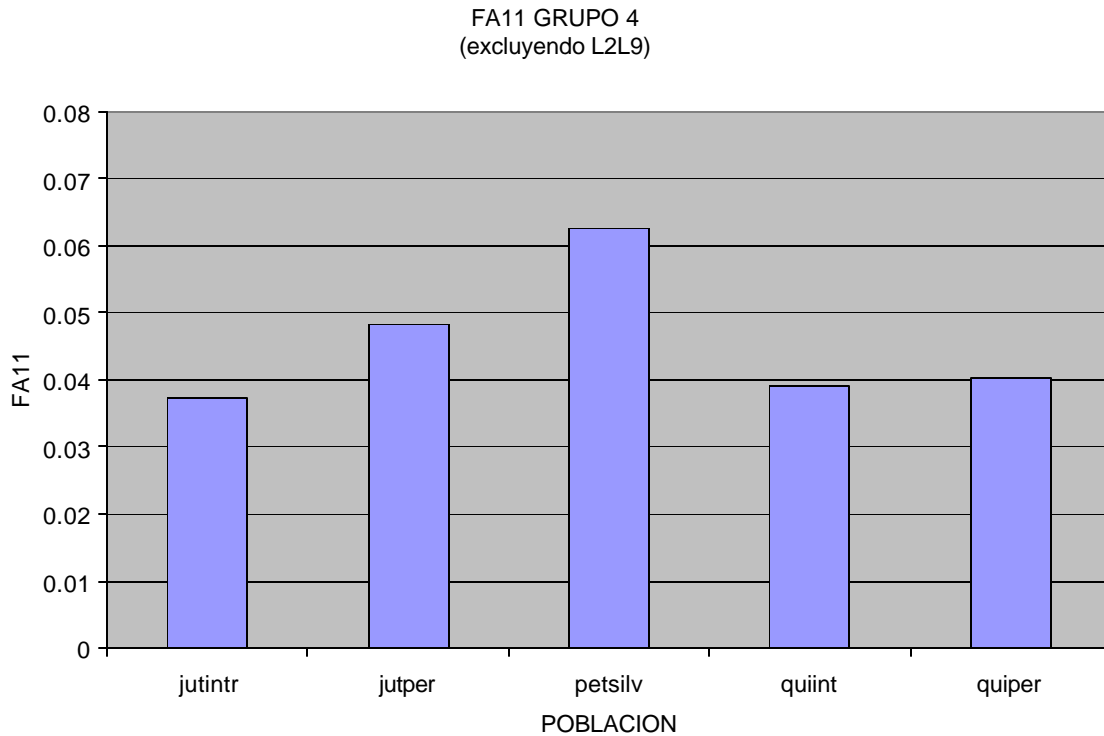
las domésticas. En general se observa que las subpoblaciones de Jutiapa (intra y peri) tienen valores de AF mayores (entre 0.035 y 0.041 unidades) en comparación a las subpoblaciones de Quiché, con diferencias entre lados (entre 0.027 y 0.035 unidades).

Gráfica 2: resultados de índice AF 11 para el grupo 3, excluyendo la variable L4L8 (que presentó un alto EM).



Se puede observar en esta gráfica para el grupo 3, que la diferencia entre lados (AF), para la subpoblación de petén se encuentra arriba de 0.045 unidades por encima del resto de subpoblaciones. Las subpoblaciones de Jutiapa (intra y peri) tienen una tendencia a mayor AF (valores entre 0.034 y 0.04 unidades), mientras que las subpoblaciones de Quiché tienen una menor AF (0.032 unidades). Como en el grupo anterior estas diferencias no son significativas pero están mostrando una tendencia de las variables, en este caso no se observa diferencia entre la población peridoméstica e intra doméstica de Quiché, aunque en Jutiapa siempre la tendencia es a una mayor AF en la subpoblación peri doméstica, pero se debe recordar que esta diferencia entre lados puede estar inflada por el EM.

Gráfica 3: resultados del índice AF11 para el grupo 4, excluyendo la variable L2L9 (presentó un alto EM).



Es el grupo 4 donde se reflejan los resultados significativos que se observaron en el ANDEVA, en el cual Petén presentó la AF más alta. En ésta gráfica se observa que los individuos de Petén, tienen como promedio, una diferencia de 0.063 unidades entre lados (transformados a logaritmos), considerando todas las variables en conjunto. El resto de grupos presentaron diferencias en promedio menores (entre 0.037 y 0.048) unidades entre lados.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los estudios de asimetría fluctuante no son difíciles, pero requieren de estadística sofisticada. Como en cualquier análisis el riesgo de detectar diferencias entre grupos debido al ruido⁴ está presente, por lo que se requiere cuidado considerable cuando se detecta la variación bilateral.

Las variables fueron organizadas en tres grupos, para respetar su independencia geométrica y a la vez obtener mayor control durante el análisis. El grupo 1 fue eliminado del estudio por presentar poca replicabilidad en todas sus variables, las gráficas mostraban una dispersión de los datos muy amplia, la cual no pudo ser corregida. Por lo que se estableció el grupo 4 con el cual se obtuvieron mejores resultados.

En los primeros cinco pasos se trabajó con la estimación del error de medición (EM) con el fin de evitar que ese ruido estuviera presente en el resto del análisis, se realizaron las inspecciones de datos como se sugiere en el protocolo de Palmer 2001, detectando algunos individuos atípicos (ver tabla 2), por medio de la prueba estadística de Cochran, los cuales en el caso del EM fueron medidos varias veces hasta asegurar que no se tuvieran individuos raros debidos a una mala medición u otros errores que fueron detectados (como ingresar con una clave equivocada algún individuo). En el caso de AF los individuos atípicos que se detectaron fueron eliminados, debido a que se les considera raros dentro de la subpoblación, pero estas diferencias que presentan no son debidas a EM, sino son variaciones que han sufrido como plasticidad fenotípica, algún tipo de lesión ó problemas en el desarrollo que no están relacionados a ID (Palmer 2001).

Después de corregir los individuos atípicos y corregirlos para que no influenciaran en la detección de AF, se procedió a realizar un ANDEVA de dos vías, con interacción lado * individuo, con el cual se pretendía detectar otro tipo de errores que no pudieron ser detectados en los pasos anteriores, por ser únicamente una inspección de datos visual. Este paso es más sensible y complejo por lo que se considera uno de los más importantes después de la detección de datos atípicos.

⁴ Ruido: se refiere a los diferentes factores que impiden el normal funcionamiento de un sistema.

La importancia de detectar cualquier tipo de errores en estos análisis, se debe a lo pequeñas que son las diferencias debidas a AF y cualquier error puede contribuir a detectar una diferencia que no este dada por AF y que puede tender a incrementar los resultados.

Con estos ANDEVAS fueron detectadas cuatro variables, dos pertenecientes a la subpoblación de Jutiapa intra domicilio, una a Quiché intra domicilio y una a Quiché peri domicilio (ver datos en negrita, en tablas 6, 7 y 8), las cuales presentaban una media cuadrática de error (EM) mayor que la media cuadrática de la hipótesis (AF).

Con los productos obtenidos se establecieron los índices del error (EM3 y EM5) y los índices de AF10b. Con los índices de error se observó que las cuatro variables que sugirieron un error de medición mayor que la variación entre lados, presentaban un EM arriba del 50% de la variación total (EM3) y una baja repetibilidad, debajo de 0.04 (EM5). Por ser pocas variables se siguieron tomando en cuenta en los análisis posteriores.

De las cuatro variables que presentaron este problema tres estaban dadas por el punto L4, lo que puede estar indicando dificultad para replicarlo de una medición a otra, posiblemente por ser un punto que no se encuentra bien definido en el ala de *Triatoma dimidiata* en general.

El último paso para asegurar que las diferencias encontradas no son debidas al EM, fue realizar ANDEVAS de heterogeneidad, para detectar si el EM era comparable entre subpoblaciones. Se realizó un análisis agrupando todas las variables para observar si se tenía una interacción medida-origen. Con lo cual se observó que no había interacción entre las medidas y el origen, en ningún, lo que nos indica que el EM no es significativo para establecer un relación entre las variables (medidas) tomadas en conjunto y las subpoblaciones (origen). Y que por tanto si se llegara a dar esta interacción se podría asegurar que esta dada por la AF y que hay una relación directa entre el grado de AF encontrado y el origen de la subpoblación.

Además se realizó una prueba del rango de Tukey para observar si existían diferencias entre subpoblaciones y entre variables debidas al EM, con lo cual se obtuvo que la subpoblación de Jutiapa peri doméstica, era significativamente diferente al resto de las subpoblaciones debida al EM. Al igual que las variables

L4L7, L4L8 y L2L9 fueron significativamente diferentes al resto de las variables, como se puede observar las variables L4L7 y L4L8, ya habían sido detectadas con el primer ANDEVA, lo que confirma la importancia de realizar cada paso de éste análisis. Debido a que estas diferencias fueron significativas y que están dadas por el EM, no se siguieron considerando para el resto de los análisis, la subpoblación de Jutiapa peri domicilio y las tres variables descritas anteriormente.

Al tener la certeza que se ha eliminado cualquier error que pueda inflar la información, se procedió a verificar que todos los datos evidenciaran AF, con lo cual a partir de este paso se trabajó considerando las diferencias obtenidas debidas a AF.

Como se pudo observar en el ANDEVA de heterogeneidad realizado en el paso 9, no se pudieron detectar diferencias significativas en cuanto a la relación medida-origen, lo que esta indicando que no hay una relación directa entre la AF y el origen de las subpoblaciones. Debido a éstos resultados se procedió a realizas los análisis para cada variable por separado, observándose diferencias significativas entre la subpoblación de Petén y el resto de subpoblaciones (sin tomar en cuenta Jutiapa peri domicilio) en cinco variables.

9.2 Índices de asimetría

Para observar las asimetrías en cada subpoblación y en cada variable se utilizaron los índices de asimetría FA4, FA54, FA10b y AF 11, ya que cada índice detecta la AF de distinta manera, por lo que se respaldan los resultados de unos con los otros (Palmer, 1996). Como se puede observar las variables L4L8, L4L9 y L3L9 para Petén, mostraron mayor AF en relación al resto de poblaciones, esto evidencia que la unión entre la membrana y la parte esclerotizada del ala, es más inistable para los individuos de la población de Petén, lo que podría estar sugiriendo que esta sección del ala no es tan funcional.

Se tomó en cuenta Jutiapa peri doméstico, únicamente para observar su comportamiento, teniendo siempre presente que estos datos no son los más confiables para la interpretación.

Los índices se respaldan en los resultados obtenidos con el ANDEVA de heterogeneidad del paso 9, ya que claramente se pueden observar en los gráficos las diferencias obtenidas en la subpoblación de Petén (ver gráficos 1 y 2).

No se puede observar un patrón general en todas las variables, algunas muestran subpoblaciones con índices más pequeños y otras las mismas subpoblaciones con índices más grandes, tomando encuenta la teoría de la funcionalidad de los genes (Clarke 1995) se puede sugerir que algunas partes (dadas por las variables en este caso) del ala son de mayor importancia que otras para la movilidad, por lo que las partes (variables) del ala menos importantes en cuanto a su funcionalidad van a ser más susceptibles a variabilidad debida a la ID y es esta variabilidad la que se detectó por medio de los índices de AF.

Por lo tanto los índices indicaron qué variables presentaron mayor AF dentro de las subpoblaciones y así poder estimar que únicamente Petén mostró una clara diferenciación del resto de subpoblaciones.

9.3 Diferencias entre variables

Como se observa en los resultados al hacer el ANDEVA, no se exhibió diferencia significativa entre subpoblaciones, por lo que se realizó por separado para cada variable, para lo cual únicamente en tres variables se pudo registrar diferencia significativa entre la subpoblación de Petén y el resto de subpoblaciones (ver tabla 15).

Como se pudo observar en los datos dos de las variables en las que se pudo registrar diferencia contienen el punto L3 y L9, lo que puede estar sugiriendo que sean puntos susceptibles a variación por ID, por lo que pueden utilizarse como referencia para próximos estudios de AF en estudios poblacionales de *Triatoma dimidiata*.

9.4 Tipo de asimetría encontrado

En general *T. dimidiata* evidencia a favor de AF, para todas las subpoblaciones, lo que significa que esta especie esta bajo estrés durante su desarrollo, pero por ser poblaciones heterocigotas (Landaverde 2004, Calderón

2002), la capacidad genética de soportar ese estrés es alta ya que los resultados apoyan la funcionalidad alar en *T. dimidiata*. Esto respalda los índices bajos de AF obtenidos, tomando en cuenta que en la población de Petén la presión durante el desarrollo puede ser muy alta y el gen o grupo de genes menos funcionales para el ala serían los de la región del ala mencionada.

Por lo que se puede concluir que la especie es capaz de estabilizar el desarrollo de las alas. Lo que apoya la reinfestación de viviendas en Jutiapa, aparición esporádica de chinches en casas en Quiché y la movilidad por medio de migraciones anuales en Petén.

9.5 Subpoblaciones domésticas

En cuanto a las subpoblaciones domésticas se podría estar hablando de un ambiente más estable para el desarrollo de *T. dimidiata*, y que las obliga a movilizarse cuando la densidad de la subpoblación aumenta y por ende la competencia por alimento (Gorla & Scofield, 1989), esto coincide con el modelo de carga K (krebs 1989). Esto es una posible explicación a los resultados que presentan estas subpoblaciones, respecto a índices de asimetría un tanto menores en algunas variables.

No hay un patrón general que sugiera que las subpoblaciones domésticas tienda a menor AF, pero si se pudo observar que la subpoblación de Jutiapa intra doméstica en comparación a las subpoblaciones de Quiché, evidencia una tendencia a menores índices de AF en la mayoría de variables (ver gráficos 3 y 4).

9.6 Subpoblaciones peri domésticas

En general, no se observó diferencia significativa entre las subpoblaciones intra y peri domésticas, por lo que se puede estar hablando de ambientes muy similares, en los cuales hay movilidad continua.

Aunque la subpoblación de Quiché peri domicilio reporta cinco variables con mayor AF para el índice AF4 y cuatro para el AF5, en comparación a cuatro (AF4) y tres (AF3) en la subpoblación de Quiché intra domicilio, no se puede concluir que haya una tendencia de mayor AF para la subpoblación peri doméstica de Quiché, ya que no son datos significativos. Por el contrario al realizar la gráfica comparando las subpoblaciones de Jutiapa intra Y peri

domicilio se encontró una clara tenencia de mayor AF en las variables de la subpoblación peri doméstica, siempre tomando en cuenta que esta diferencia esta inflada debida al EM. Esto esta indicando que existe una leve tendencia de las subpoblaciones peri domésticas a incrementar la AF, aunque esas diferencias sean mínimas, además no son significativas y no se dan en todas las variables como un patrón.

En general las subpoblaciones peri domésticas, podrían estar sugiriendo subpoblaciones en ambientes muy inestables, en los que pueden presentarse períodos de ayuno prolongados, por lo que se esperaría encontrar mayor numero de ninfas en comparación a adultos en estos ambientes. Por otro lado los adultos pueden migrar al interior de las viviendas sin necesidad de utilizar el vuelo como medio de dispersión, ya que por lo general los gallineros, cochiqueras y cúmulos de materiales se encuentran pegados a la vivienda.

9.7 Petén, subpoblación silvestre

Se debe tener en cuenta que no se puede comparar la Inestabilidad del Desarrollo en sistemas que son totalmente diferentes (Schoofield referencia directa). En este caso un sistema silvestre con sistemas domésticos. Ya que se esta hablando de diferentes ruidos en el desarrollo, que afectan de desigual manera a los individuos. En este caso, los resultados sugieren estudios con mayor atención a la subpoblación silvestre de Petén.

El hecho que los pocos resultados significativos incluyen a Petén, podrían estar sugiriendo ser otra especie, una característica de poblaciones silvestres ó una presión muy fuerte durante el desarrollo, la cual no tienen la capacidad de aislar y que podría estar evidenciando una alarma temprana para el monitoreo del efecto de tensiones ambientales sobre las subpoblaciones naturales (Clarke 1995). Además va en contra de lo que se planteó, según la funcionalidad de las alas, ya que se esperaba que en ambientes silvestres los individuos se tuvieran que movilizar más que en ambientes domésticos y por ende utilizar más las alas, esperando que los genes tuvieran mayor capacidad de amortiguamiento ante la ID.

9.8 Influencia de los ambientes

En este caso se pueden comparar los ambientes de las chinches colectadas en los domicilios y peri domicilios de las viviendas, de los departamentos de Jutiapa y Quiché, ya que se refiere a condiciones domiciliarias.

Jutiapa, se considera el Departamento con la más alta infestación (Nakagawa 2003) y el segundo con mayor riesgo de infestación por *T. cruzi* (Tabaru, et al. 1999). Además se ha registrado re infestación por *Triatoma dimidiata* (Nakagawa 2003), lo que a sugerido trabajar con mayor acompañamiento por parte de investigadores en esta región, ya que se han detectado condiciones óptimas (Monroy, et al. 1998) para la colonización del vector, como la gran pérdida de cobertura vegetal, el clima, el hacinamiento dentro y fuera de las viviendas y el desconocimiento por parte de las personas del lugar a cerca de la Enfermedad de Chagas y su transmisión.

Es probable que estas condiciones de alta domiciliación contribuyan a encontrar una leve tendencia de menor AF en Jutiapa intra domicilio que en las subpoblaciones intra y peri domésticas de Quiché.

El Departamento de Quiché también registra una alta tasa de infestación y es el primero en riesgo de infección por *T. cruzi* (Tabaru, et al. 1999).

La ventaja de Quiché sobre Jutiapa, es que ha podido conservar un poco más su cobertura vegetal, lo que ofrece una alternativa de refugio y alimento a los vectores. Aunque los índices de infestación e infección, están indicando mayor cuidado en esta zona del país que esta siendo deforestada a gran escala.

En este caso los índices de asimetría, están proponiendo una alta movilidad de estas subpoblaciones en ambos Departamentos, tanto en el domicilio como en el peri domicilio. Y se podría sugerir que las subpoblaciones hacia en norte mostraron (Quiché y Petén) mayor AF que la subpoblación intra doméstica del oriente (Jutiapa).

En conclusión, el ecotopo no tiene influencia sobre la AF, ya que dentro del mismo origen geográfico no sse observaron diferencias significativas de AF, por lo que Jutiapa peri domicilio no se diferencia de Jutipa intra domicilio y lo mismo para Quiché.

Mientras que el origen geográfico, aparentemente si tiene influencia sobre la AF, ya que Petén mostro diferencias para algunas variables en un sitio muy específico del ala, en comparación a Jutiapa y Quiché. En este caso podría darse una combinación de la influencia del ecotopo (silvestre) y el origen geográfico, además se tienen evidencias a favor de la diferencia de Petén a nivel genético y morfométrico.

9.9 Implicaciones del control vectorial

La subpoblación de Jutiapa, es una subpoblación interesante en cuanto a problemas de re-infestación y por ende de control (Nakagawa 2003), lo que sugiere realizar más análisis o repetir el procedimiento de asimetrías con muestras nuevas para Jutiapa peri domicilio. Ya que en las gráficas que se realizaron para observar su comportamiento respecto a los índices AF4 y AF5, mostraron para la mayoría de variables mayor AF que la subpoblación de Jutiapa intra domicilio. Esto para fines de control es muy importante ya que podría estar sugiriendo movilidad de adentro de la vivienda hacia fuera.

Como se mencionó tanto las subpoblaciones domésticas como peri domésticas, de ambos departamentos, están indicando movilidad, esto implica mayor atención no solo al intra domicilio de la vivienda sino también al peri domicilio, que posiblemente está jugando un papel importante en la re infestación.

Como se mencionó, se puede estar hablando de movilidad de adentro de la vivienda hacia afuera después del rociamiento o de nuevas infestaciones que están aprovechando el peri domicilio para ingresar a la vivienda. De cualquier manera, *Triatoma dimidiata* está mostrando movilidad y eso contribuye a explicar la dificultad de su control, utilizando únicamente rociamiento.

El Departamento de Quiché, es una zona en la cual también hay que enfocar los esfuerzos de control e involucrar a la subpoblación en la vigilancia comunitaria, aunque esto tenga un mayor grado de dificultad en la comunicación, por tener una diversidad lingüística muy amplia y por haber sido la región del país que ha sufrido con mayor severidad las consecuencias del prolongado enfrentamiento armado que finalizó con la Firma de la Paz.

Respecto a Petén, si se estuviera tratando de otra especie es importante observar su comportamiento biológico, y estudiar a fondo su capacidad de infección por *T. cruzi*, ya que puede producir nuevas infestaciones a viviendas (Bustamante 2001) en este sector del país, que esta siendo afectado desmedidamente en cuanto a la tala de árboles y destrucción de habitats naturales.

10. CONCLUSIONES

1. Es importante detectar los individuos con EM ó diferencias debidas al EM, ya que estos pueden evidenciar diferencias por AF falsas.
2. Se eliminó cualquier variable que pudiera afectar los resultados, para asegurar que las diferencias encontradas se trataran de AF y no de Plasticidad Fenotípica⁵ o cualquier otro error no relacionado con la inestabilidad del desarrollo (ID).
3. El ANDEVA es la base para el índice AF10, el cual es muy importante ya que sustrae el EM y comparado con otros índices genera resultados muy confiables.
4. Los datos obtenidos evidenciaron AF para *Triatoma dimidiata*.
5. No existe diferecia significativa entre las subpoblaciones domésticas y peri domésticas.
6. En general las subpoblaciones domésticas evidenciaron menor AF que las subpoblaciones peri domésticas.
7. Los datos obtenidos para las subpoblaciones domésticas mostraron movilidad, ya que presentaron poca asimetría, por lo que las alas pueden tener una alta funcionalidad genética en estos individuos.
8. Jutiapa Peri doméstico evidenció un error de medición diferente al resto de subpoblaciones, probablemente por la poca visibilidad en algunos puntos de las alas. Por lo que sugiere poca confiabilidad los resultados para esta subpoblación.

⁵ Es la capacidad de un organismo de producir organismos diferentes en respuesta a cambios en el ambiente.

9. Los datos para las subpoblaciones peri domésticas podrían estar sugiriendo ambientes muy inestables, pero la funcionalidad de las alas amortiguan un poco la presión durante el desarrollo, ya que no se obtuvo diferencia significativa respecto a las subpoblaciones intra domésticas.
10. No se cumple la hipótesis ya que se observa lo contrario a lo esperado.
11. Todos los índices evidencian mayor AF para la subpoblación de Petén.
12. Las diferencias significativas encontradas en las variables que corresponden a la subpoblación de Petén pueden estar sugiriendo que sea otra especie.
13. Se puede estar hablando de un ambiente más estable y con menor estrés durante el desarrollo dentro del domicilio en comparación al del peri domicilio.
14. Las subpoblaciones domésticas y peri domésticas de los Departamentos de Jutiapa y Quiché, indicaron movilidad. Por lo que el control debe enfocarse no solo en el interior de la vivienda sino también en el peri domicilio, ya que se puede estar registrando migración de adentro hacia afuera de las viviendas.
15. Las subpoblaciones de Quiché requieren un enfoque de control por medio de la vigilancia comunitaria, tomando en cuenta la importancia de capacitar traductores para que la información llegue a todos los pobladores.

11. RECOMENDACIONES

1. En el momento de cuantificar la imagen en un sistema de análisis se puede dar un error de pixellación, en estudios de AF, debido a la resolución con que se trabaje, por lo que se recomienda utilizar la misma resolución en las imágenes ingresadas (600 * 600 es una buena opción).
2. Se recomienda utilizar las patas u otra parte del cuerpo de la chinche y compararla con los resultados de alas, esto podría brindar mayor información sobre la movilidad.
3. Se recomienda utilizar varios índices de asimetría para garantizar los resultados.
4. Jutiapa peri doméstica es una subpoblación importante con fines de control, por lo que se sugiere repetir el procedimiento para esta subpoblación, con muestras nuevas.
5. Se recomienda realizar Asimetría en varias subpoblaciones silvestres, como un indicador de perturbación temprana.
6. Se recomienda enfatizar en el control del peri domicilio, no solo con rociamiento, sino promoviendo la vigilancia comunitaria y el ordenamiento del mismo.
7. Además se recomienda utilizar esta técnica en otras especies para estudios de biología de la conservación.

12. REFERENCIAS

1. **Argueta J.** Anormalidades gastrointestinales en pacientes seropositivos para la Enfermedad de Chagas en el área endémica de Guatemala. *Enfermedades tropicales en Guatemala*. JICA. 1994. pp. (76–80).
2. **Bittencourt A.** Possible risk factors for vertical transmission of Chagas's disease. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo*. Vol. 34. 1992. pp. (403-408).
3. **Brian L, Forbes M, Houle D.** Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of stress: Comparing efficacy of Analyses Involving multiple traits. *The American Naturalist*. Vol. 155, No.1. University of Chicago. 2000.pp. (101-115).
4. **Bustamante D.** Comunicación personal. 2005.
5. **Bustamante D.** Morfometría de seis subpoblaciones del principal vector de la enfermedad de Chagas en Guatemala, *Triatoma dimidiata* (Latreille) 1811 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) para la caracterización geográfica de la especie. Informe de tesis. Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2001. pp. 121.
6. **Calderon C.** Variabilidad genética de *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811) en tres subpoblaciones silvestres del Atlántico y tres subpoblaciones del pacífico de Guatemala, utilizando la técnica de amplificación aleatoria del ADN polimórfico (RAPD). Informe de tesis. Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2002. pp.74.
7. **Carcavallo, R. et al.** Atlas de los vectores de la Enfermedad de Chagas en las Américas. Vol III. Editora Fiocruz. Fundación de Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, Brasil. 2002. pp. 1216.
8. **Chapman J, Goulson D.** Environmental versus genetic influences on fluctuating asymmetry in the house fly, *Musca domestica*. *Biological Journal of the Linnean Society*. Vo. 70. London. 2000. pp.(403-413).
9. **Cecere MC, Gonzalo M. Vazquez-Prokopec, Ricardo E. Gürtler, and Uriel Kitron.** Effects of partial housing improvements and insecticide spraying on the reinfestation dynamics of *Triatoma infestans* in rural northwest Argentina. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 71(6), 2004, pp. 803-810.

10. **Clarke G.** Relationships between Developmental Stability and Fitness: Application for Conservation Biology. *Conservation Biology*, Vol 9, No1, February 1995, pp 18-24.
11. **Díaz, Ligia.** Comparación de la Asimetría entre las subpoblaciones migratorias y lasedentarias del vector de la Enfermedad de Chagas, *Triatoma dimidiata* Latreille, 1811). Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología (LENAP), Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala. EDC. 2003. pp. 20.
12. Dorn, PL , **S Melgar, V Rouzier*, A Gutierrez*, C Combe*, R Rosales, A Rodas, S Kott*, D Salvia*, C. M. Monroy.** The Chagas Vector, *Triatoma dimidiata* (Hemiptera:Reduviidae), is Panmictic Within and Among Adjacent Villages in Guatemala . *J. Med. Entomol.* 2003. 40:436-440
13. **Dujardín JP.** TET win. 1999.
14. **Dujardín, Jean Pierre.** Introducción a la Morfometría. (con énfasis en Phlebotominae y Triatominae). 2000. Inédito.
15. **Dujardín, Jean Pierre.** Introducción a la Morfometría. (con énfasis en Phlebotominae y Triatominae). 2002. Inédito.
16. **Dumonteil, E, Ruiz-Pina, Hugo, Rodríguez-Felix, Eugenia, et al.** Re-infestation of houses by *Triatoma dimidiata* after Intradomicile insecticide application in the Yucatan Peninsular, Mexico. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* vol.99, no.3, mayo 2004, p.253-256. ISSN 0074-0276.
17. **Gaunt M, Miles M.** The ecotopes and evolution of Triatomine bugs (triatominae) and their Associated Trypanosomes. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* Río de Janeiro. Vol. 95(4). 2000.pp. (557-565).
18. **Gorla D.E. & Schofield C. J.** Population dynamics of *Triatoma infestans* under natural climatic conditions in Argentina. *Medical E Veterinary Entomology.* 1989. 3, 179-194.
19. **Hurtarte S, Tamaguchi K, Saito H, Escobar A, Shimada M, Yoshimura T, Ogata K and Tada Isao.** Situación epidemiológica de las enfermedades Cardíacas en Guatemala. *Enfermedades tropicales en Guatemala.* JICA. 1994. pp. (57–75).

20. **Ibarra A.**

http://www.universia.es/html_estatico/portada/actualidad/noticia_actualidad/param/noticia/ibbca.html. 2004.

21. **Jaramillo N.** Partición en el tamaño y forma de los caracteres métricos y su interés en los estudios poblacionales aplicados a los Triatomíneos. Tesis de Doctorado. Universidad de Antioquia. Programa de postgrado en ciencias básicas biomédicas. Medellín, Colombia. 2000. pp.125.
22. **Klingenberg C, McIntyre G.** Geometric Morphometrics of developmental Instability: Analyzing patterns of fluctuating Asymmetry with procrustes methods. *Evolution*. Vol. 52(5). 1998. pp 1363-1375.
23. **Krebs CJ.** *Ecological methodology*. University of British Columbia. 1989. pp 652.
24. **Landaverde P.** Comparación de poblaciones silvestres y domésticas de *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811) de México y Centroamérica por medio de la técnica de amplificación aleatoria del ADN polimórfico (RAPD-PCR). Informe de tesis. Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004. pp 108.
25. **Larsson Lennart.** Examples of the application of statistical methods to exclude outlying results. *La Vet*. Pp. 1-3.
26. **León M, Paredes M, Paz M, Matta V, Calderón G, Morales R, Mejía M, Monroy C, Tabaru Y, Hiroo H, Rosales E and Yanagi T.** Aislamiento de flagelados en humanos y *Triatomas* en Guatemala. *Enfermedades tropicales en Guatemala*. JICA. 1995. pp. (19–21).
27. **Lent H & Wygodzinsky.** Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vector of Chagas disease. *Bulletín of the American Museum of Natural History*. Vol 163 (3). 1979. pp.519.
28. **Mark D, et al.** Chagas's disease risk factors for house infestation by *T. dimidiata*, the major vector of *Trypanosoma cruzi* in Costa Rica. *Am. J. Epidem.* USA. Vol.133 No. 7 1991.
29. **Matta V.** Avances en el diagnóstico serológico de la Enfermedad de Chagas en Guatemala. *Enfermedades tropicales en Guatemala*. JICA. 1994. pp. (40–45).

30. **Mejía M, et al.** Método de control de vectores de la Enfermedad de Chagas en Guatemala. Enfermedades tropicales en Guatemala. JICA. 1995. pp. (120– 125).
31. **Menes, Marianela.** Diferencias Métricas entre subpoblaciones geográficas y ecológicas de *Triatoma dimidiata* Latreille (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) procedentes de México, Centro América y Colombia. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004.pp.53.
32. **Mizuno Keiko & Marroquín LA.** Control antivectorial de Chagas en Guatemala, estado actual. JICA, Guatemala. Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social. Programa de Prevención y Control de la Enfermedad de Chagas. Marzo 2003. pp. 104-108.
33. **Möller A, and Swaddle,J.** Asymmetry, Development Stability and Evolution. Oxford, New York, Tokyo. Oxford9+ University. Press.1997.pp.286.
34. **Monroy C, Rodas A and Mejia M (A).** Epidemiology of Chagas disease in Guatemala: Infection rate of *Triatoma dimidiata*, *Triatoma nitida* and *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, reduviidae) with *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* (Kinetoplastida, trypanosomatidae). Mem Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 98(3). 2003.pp.(305-310).
35. **Monroy C, Bustamante D, Rodas A et al (B).** Geografic distribution and Morphometric differentietion of *Triatoma nitida* Usinger 1939 (Hemiptera Reduviidae: Triatominae) in Guatemala. Mem. Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janiero, Vol. 98(1).2003. pp.(37-43).
36. **Monroy C, Bustamante D, Rodas A, Enriquez E and Rosales R (C).** Habitats, dispersion and invasion of Sylvatic *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Petén, Guatemala. Journal of Medical Entomology. Vol. 40, no. 6. 2003. pp.(800-806).
37. **Monroy C, Rodas A, Mejía M, Tabaru Y.** Wall plastering and paints as methods to control vectors of Chagas disease in Guatemala. Med. Entomol. Zool. Vol.49 No. 3. 1998. pp. (187-193).

38. **Monroy M, Mejía M, Rodas A.** Ecología intradomiciliar de *Rhodnius prolixus*, *Triatoma dimidiata* y *Triatoma nítida*. Enfermedades tropicales en Guatemala. JICA. 1994. pp. (104–109).
39. **Monroy, M.** Ecology and Control of Triatomine (Hemiptera:Reduviidae) Vectors of Chagas Disease in Guatemala, Central America. Act Universitatis Upsaliensis. Comprehensive summaries of Uppsala Dissertations from the faculty of science and Technology 895. Uppsala. 2003. pp. 22.
40. **Monroy C, Mejia M, Rodas A, Rosales R, Horio M and Tabaru Y.** Comparison of indoor searches with whole house demolition collections of vectors of Chagas disease and their indoor distribution. Med. Entomol.Zool. Vol. 49 No. 3. 1998. pp.(195-200).
41. **Nakagawa, J Cordon-Rosales C, Juarez J, et al.** Impact of residual spraying of *Rhodnius prolixus* and *Triatoma dimidiata* in the department of Zacapa in Guatemala. Mem Inst. Oswaldo Cruz. 2003. pp. 98 (2): 277-281.
42. **Nakagawa J, Hashimoto K, Cordón-Rosales, Juarez J, Trampe R and Marroquín L.** The impact of vector control on *Triatoma dimidiata*, in Guatemalan department of Jutiapa. Annals of Tropical Medicine and Parasitology. 2003. pp. 97(3): 289- 298.
43. **Nakagawa J, Hashimoto K, Cordón-Rosales, Juárez J, Trampe R and Marroquín L.** Control de *Triatoma dimidiata* en el Departamento de Jutiapa Guatemala IN Informe de la Iniciativa de Países de Centro América (IPCA) en la Sexta región de la Comisión intergubernamental realizada en Tegucigalpa. Octubre 2003. (OPS/DPC/CD/282/04). Pp. 49.
44. **OMS.** Control de la Enfermedad de Chagas. Serie de informes técnicos. Brasilia, Brasil. 2002. pp. 117.
45. **Palmer Richard A.** Fluctuating Asymmetry Analyses: A Primer. (with corrections & minor revisions 12/6/1996). In T.A. Markow (ed.), Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. Pp. 335-3364.
46. **Palmer & Strobeck.** CrespiData_forError y CrespiData_forFA.2003.

47. **Palmer R, & Strobeck C.** Fluctuating Asymmetry analysis: A Step by step example. Appendix V. Ch 17. 2003. pp.36.
48. **Palmer R, & Strobeck C.** Fluctuating Asymmetry analysis Revisited. Ch. 17. Department of Biological Sciences, University of Alberta. Canada. 2003. pp. (279-319).
49. **Palmer Richard and Strobeck C.** Fluctuating Asymmetry: measurement, Analysis, Patterns. Ann. Rev. ecol. Syst. Inc. Department of Zoology. University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G2E9, Canada and Bamfield Marine Station, British, Columbia V0R 1B0, Canada. Vol. 17. 1986. pp (391-421)
50. **Panzera F, Hornos S, Pereira J, Cestau R, Canale D, Diotaiuti L, Dujardin J, Pérez R.** Genetic variability and geographic differentiation among three species of Triatominae bugs (Hemiptera-Reduviidae). Am. J. Trop. Med. Hyg. Vol. 57(6). 1997. pp.(732-739).
51. **Paz Bailey G, Monroy M, Rodas A, Regina R, Tabaru R, Davies C and Lines J.** Incidence of *Tripanosoma cruzi* infection in two Guatemalan communities. Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene. 2000. pp. 96 (48-52).
52. **Petana W.** American tripanosomiasis in British Honduras: Natural habitats and ecology of *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) in the El Cayo and Toledo districts, and the prevalence of infection with *Tripanosoma (Schizotrupanum) cruzi* in the wild-caught bugs. Annals of tropical Medicine and Parasitology. Vol. 65, No.2. 1971. pp.(169-178).
53. **Pinto Dias JC.** Reseña historica de los conocimientos sobre la Enfermedad de Chagas y reflexiones sobre algunos aspectos políticos y socioeconómicos de la endemia en el contexto latinoamericano. Rev Fed Arg Cardiol. 1998. 17:121.
54. **Rocha A, et al.** pathology of patients with Chagas's disease and acquired immunodeficiency syndrome. Am. J. Med. Hyg. Vol. 50(3). 1994. pp. (261-268).
55. **Rodas A, Tomoyuki H, Mejia M, Monroy M y Tabaru Y.** Estudios preliminares con insecticidas para el control de los vectores de la

- Enfermedad de Chagas en Guatemala. Enfermedades tropicales en Guatemala. JICA. 1995. pp. (126– 131).
56. **Rohlf F, Loy A, Corti M.** Morphometric analysis of 14 world Talpidae (Mammalia, Insectivora) Using partial-Warp Scores. *Sistem. Biol.* Vol. 45(3).1996. pp. (344-362)
57. **Rohlf F.** tpsDig. Version 1.27. Ecology and Evolution. State University of New York. Stony Brook, NY.
58. **Rohlf F.** NTSYSpc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Versión 2.0) Users Guide. Exeter Software. New York.
59. **Rosales E, Yanagi T, Juárez S, Dubón D y Matta V.** Caracterización bioquímica de los aislamientos y cepas de *Trypanosoma cruzi* aislados de la sangre humana y *Triatoma dimidiata* a través de ratón en Guatemala. *Enfermedades tropicales en Guatemala.* JICA. 1995. pp. (48– 50).
60. **SPSS for windows.** SPSS Inc. 1999.
61. **Schofield, CJ.** Challenges of Chagas disease vector in Central America. WHO/WHOPES/GCDPP. 2000. pp. 36.
62. **Schofield, CJ.** TRIATOMINAE, biología y control. Producido en cooperación con Zeneca Public Health. Publicado por Eurocommunica Publications. Berna, Suiza. 1994. pp.77.
63. **Tabaru Y, Monroy C, Rodas A, Mejia M and Rosales R.** The geographical distribution of vectors of Chagas' disease and populations at risk of infection in Guatemala. *Med. Entomol. Zool.* Vol. 50 No. 1. 1999. pp. (9-17).
64. **TV Tuner/ Video Capture Card LIFE VIEW.** 2003. Windows XP.
65. **Usinger, L N.** The triatomine of North and Central America and the West Indies and their public health significance. *Public Health Bulletin.* 1994. pp.288, 83.
66. **Vanvalen, L.** Evolution, *International Journal of Organic Evolution.* Published by the society for the study of evolution. Inst. Oswaldo Cruz. Vol. XVI, June. 1962. No.2. pp142.
67. **Vezzani D.** Characterization of *Triatoma guesayana* biotopes. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* Río de Janeiro. Vol. 96(4). 2001.pp. (460-466).

68. **Zamora-Muñoz C.** y Juan J. Soler. Asimetría y selección sexual en insectos. V Ecología evolutiva. Bol. SEA, 29. 1999. pp. 17-26.
69. **Zeledón R, Guardia V, Zuñiga A, Swartzwelder J.** Biology and Ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811). J. Med. Ent. Vol 7, No.3. 1970. pp.(313-319).
70. **Zill, Dennis G.** Cálculo con geometría analítica. Grupo editorial Iberoamericana, traducido, Loyola, Marymount University. México D.F. traducido por: Eduardo Ojeda P. 1987.pp. 1012.

13. ANEXOS

ANEXO 1

Esquemas de los grupos en que se organizaron las distancias para respetar los cuidados de unas buenas medidas.

Figura # 2. Esquema de las distancias para el grupo 1.

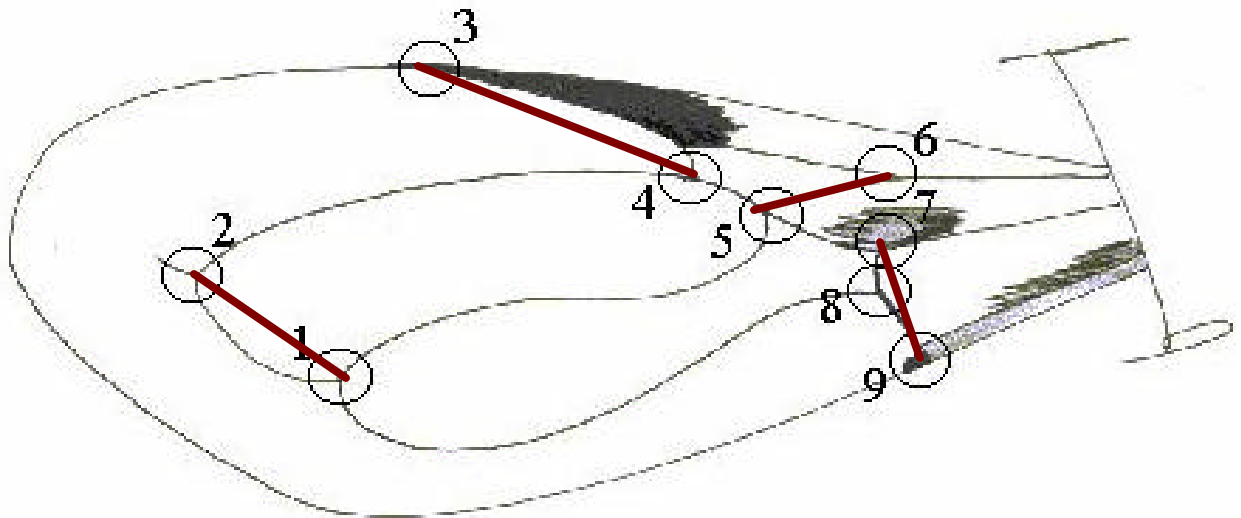


Figura # 3. Esquema de las distancias para el grupo 2.

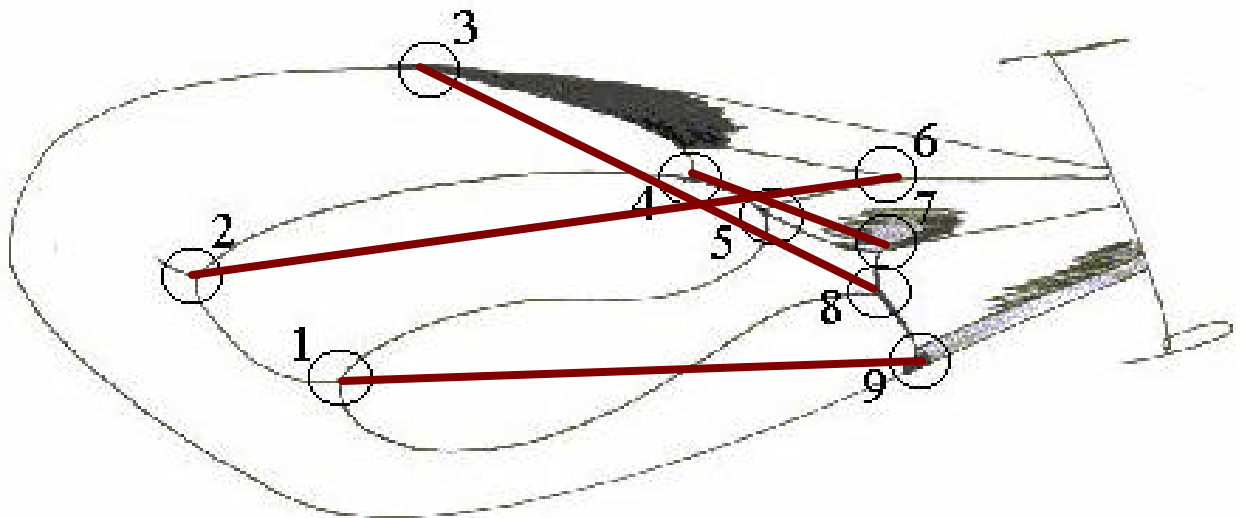


Figura # 4. Esquema de las distancias para el grupo 3.

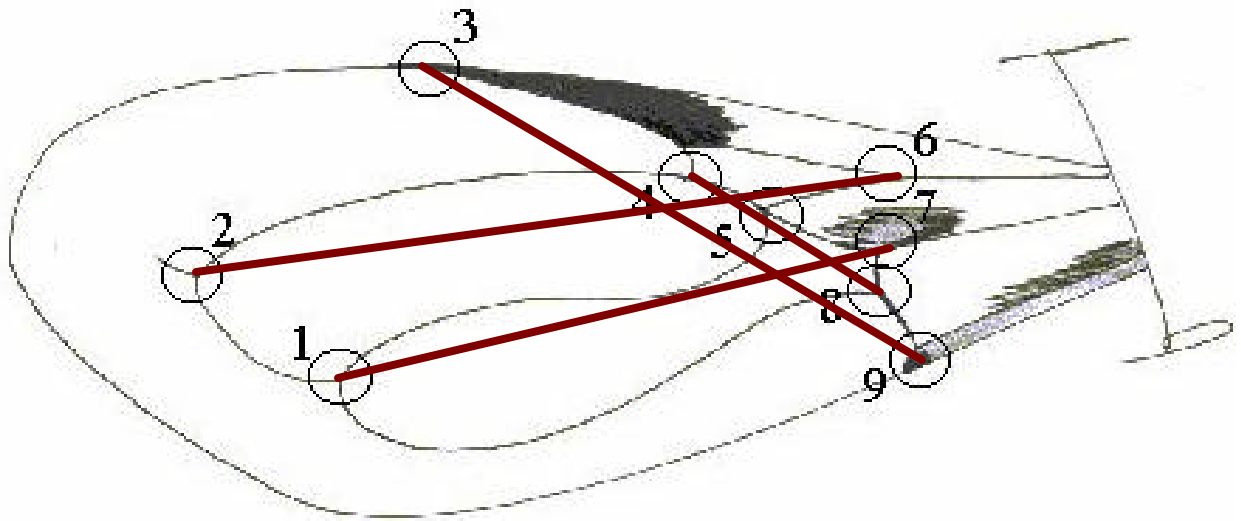
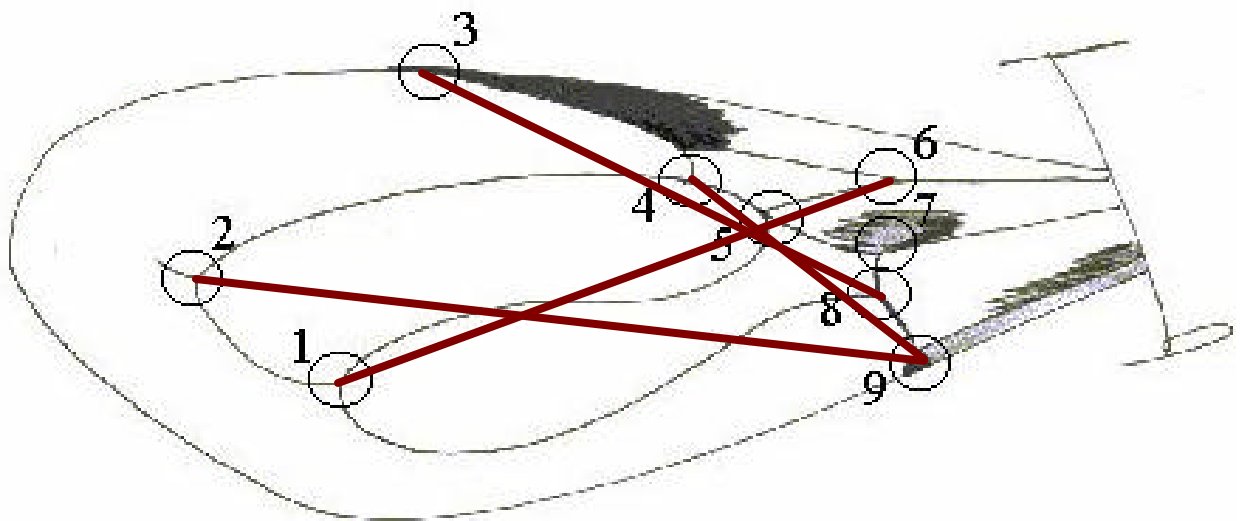


Figura # 5. Esquema de las distancias para el grupo 4. Este grupo se agregó al no tener repetibilidad de las mediciones en el grupo 1.



Anexo 2

Tabla 3: Valores críticos para las pruebas estadísticas de Cochran y Grubbs.

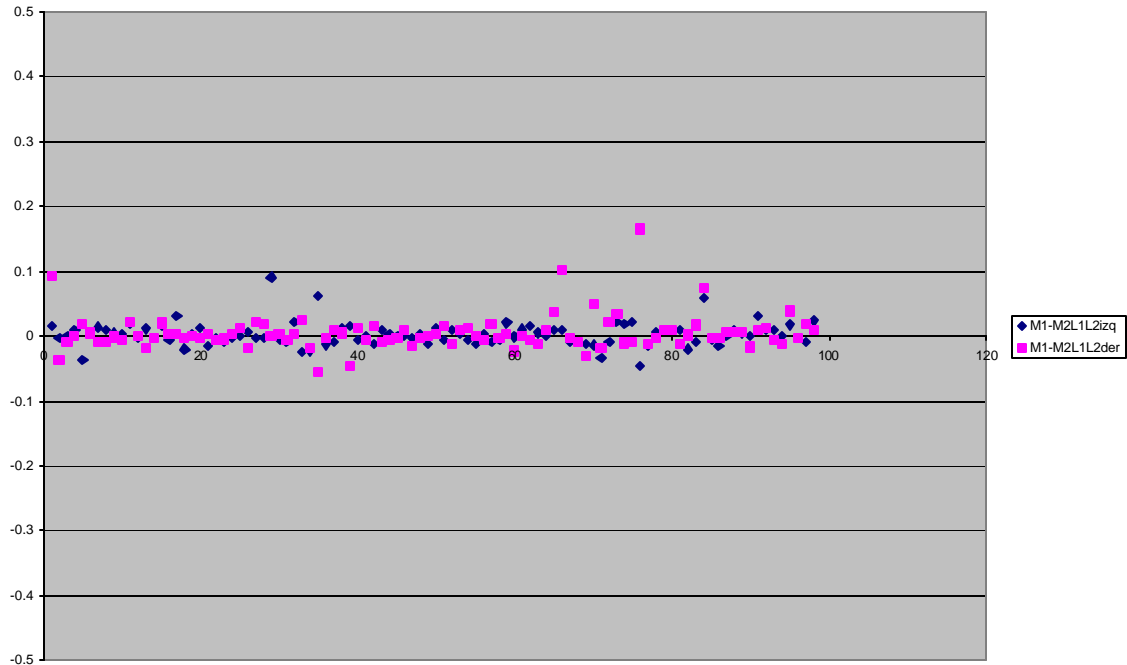
Table. Critical values of the Cochran and Grubbs' tests, 2.5% probability

| Number of results | Cochran values | Single-Grubbs' values, highest or lowest | Double Grubbs' values, 2 highest or 2 lowest | Double Grubbs' values, one highest and one lowest |
|-------------------|----------------|--|--|---|
| 4 | 94.2 | 86.1 | 98.9 | 99.1 |
| 5 | 88.6 | 73.5 | 90.9 | 92.7 |
| 6 | 83.2 | 64.0 | 81.3 | 84.0 |
| 7 | 78.2 | 57.0 | 73.1 | 76.2 |
| 8 | 73.6 | 51.4 | 66.5 | 69.6 |
| 9 | 69.3 | 46.8 | 61.0 | 64.1 |
| 10 | 65.5 | 42.8 | 56.4 | 59.5 |
| 11 | 62.2 | 39.3 | 52.5 | 55.5 |
| 12 | 59.2 | 36.3 | 49.1 | 52.1 |
| 13 | 56.4 | 33.8 | 46.1 | 49.1 |
| 14 | 53.8 | 31.7 | 43.5 | 46.5 |
| 15 | 51.5 | 29.9 | 41.2 | 44.1 |
| 16 | 49.5 | 28.3 | 39.2 | 42.0 |
| 17 | 47.8 | 26.9 | 37.4 | 40.1 |
| 18 | 46.3 | 25.7 | 35.8 | 38.4 |
| 19 | 45.0 | 24.6 | 34.5 | 36.9 |
| 20 | 43.8 | 23.6 | 33.2 | 35.4 |
| 21 | 42.6 | 22.7 | 31.9 | 34.0 |
| 22 | 41.5 | 21.9 | 30.7 | 32.6 |
| 23 | 40.5 | 21.2 | 29.7 | 31.3 |
| 24 | 39.5 | 20.5 | 28.8 | 30.0 |
| 25 | 38.7 | 19.8 | 28.0 | 28.8 |
| 26 | 37.9 | 19.1 | 27.1 | 27.6 |
| 27 | 37.2 | 18.4 | 26.2 | 26.4 |
| 28 | 36.7 | 17.8 | 25.4 | 25.3 |
| 29 | 36.1 | 17.4 | 24.7 | 24.3 |
| 30 | 35.5 | 17.1 | 24.1 | 23.3 |
| 40 | 34.0 | 15.5 | 19.1 | 20.5 |
| 50 | 31.0 | 13.1 | 16.2 | 17.5 |

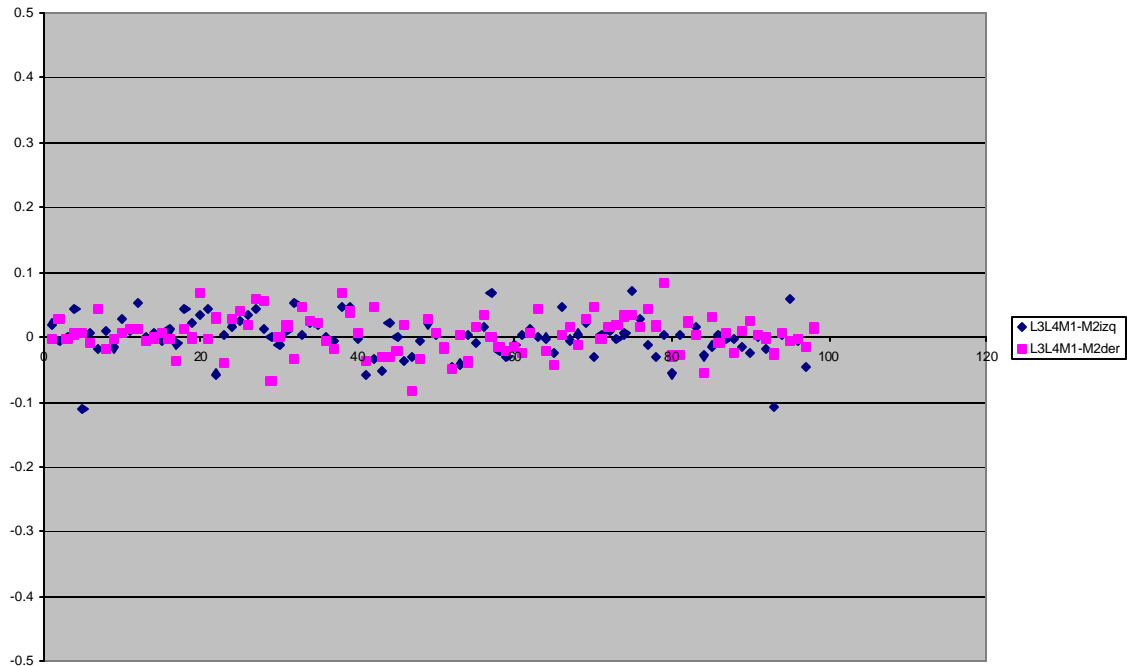
Anexo 3: Gráficas de dispersión de M1-M2, para el grupo 1 y grupo 4, se observa la diferencia en cuanto a la dispersión de los datos. El procedimiento se explica en el paso 1.

Grupo 1a:

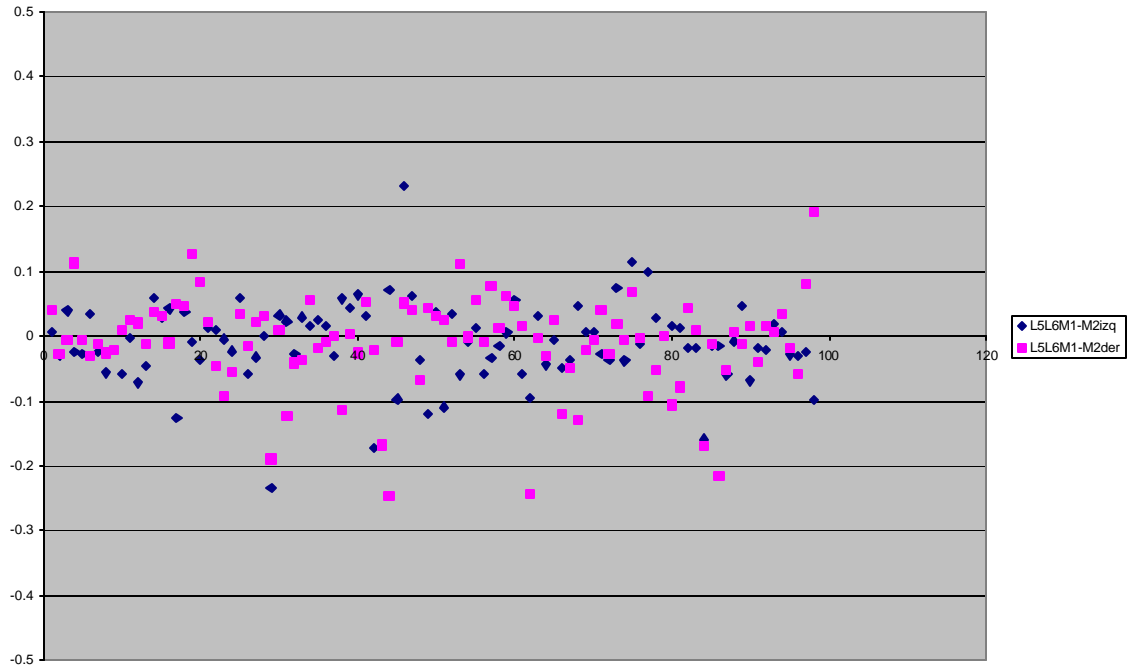
L1L2



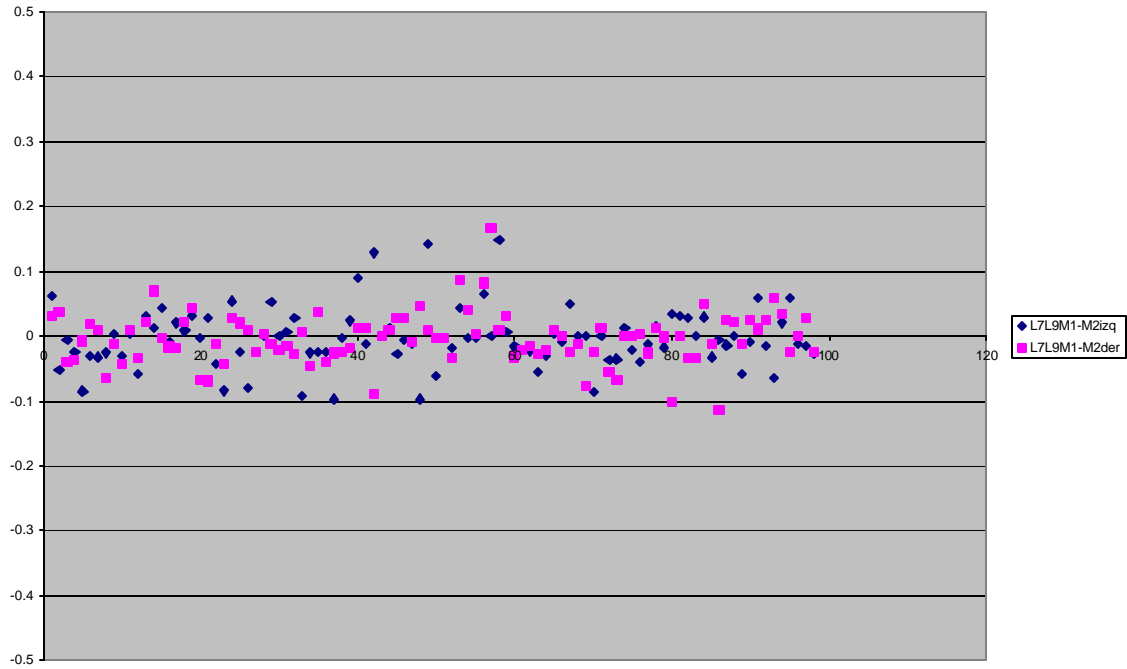
L3L4



L5L6

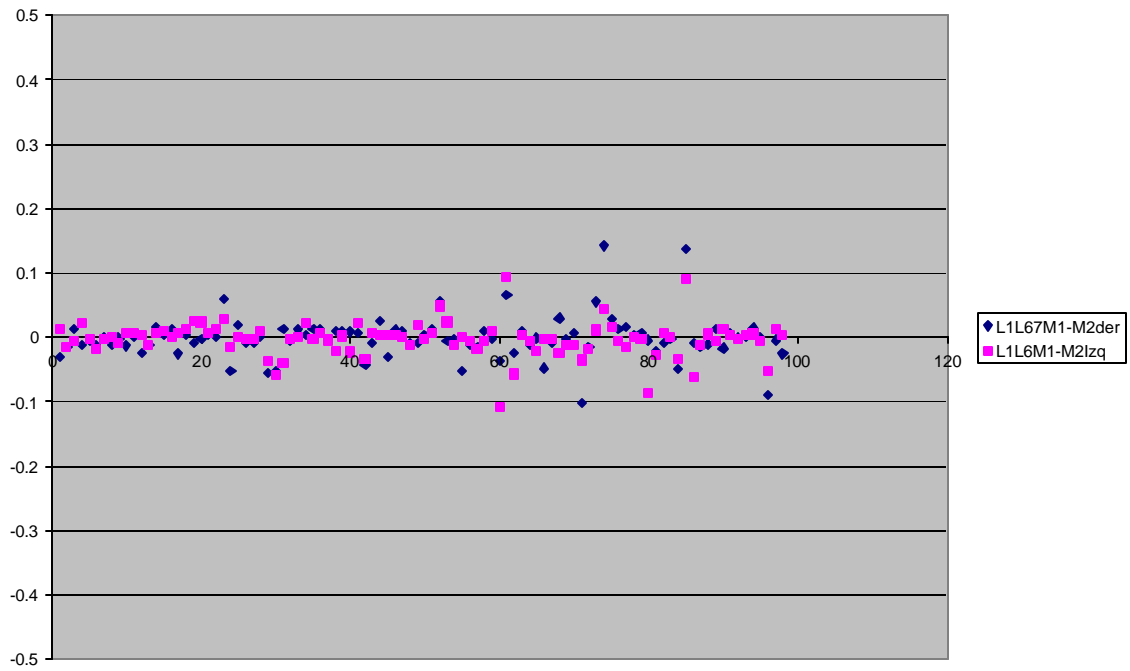


L7L9

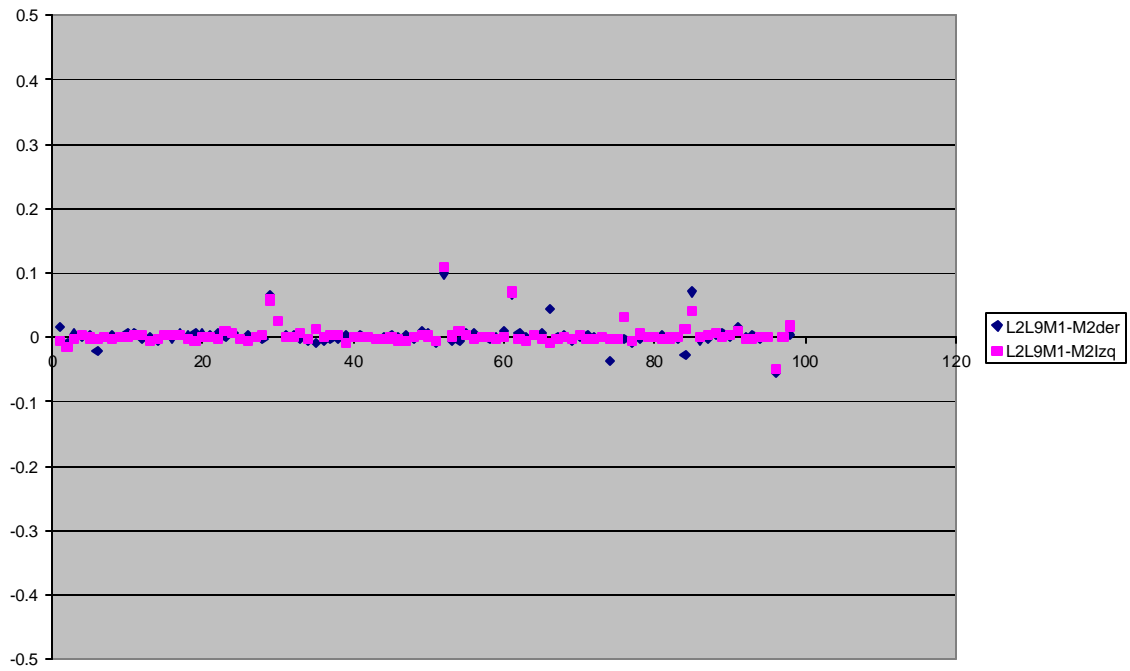


Grupo 4a:

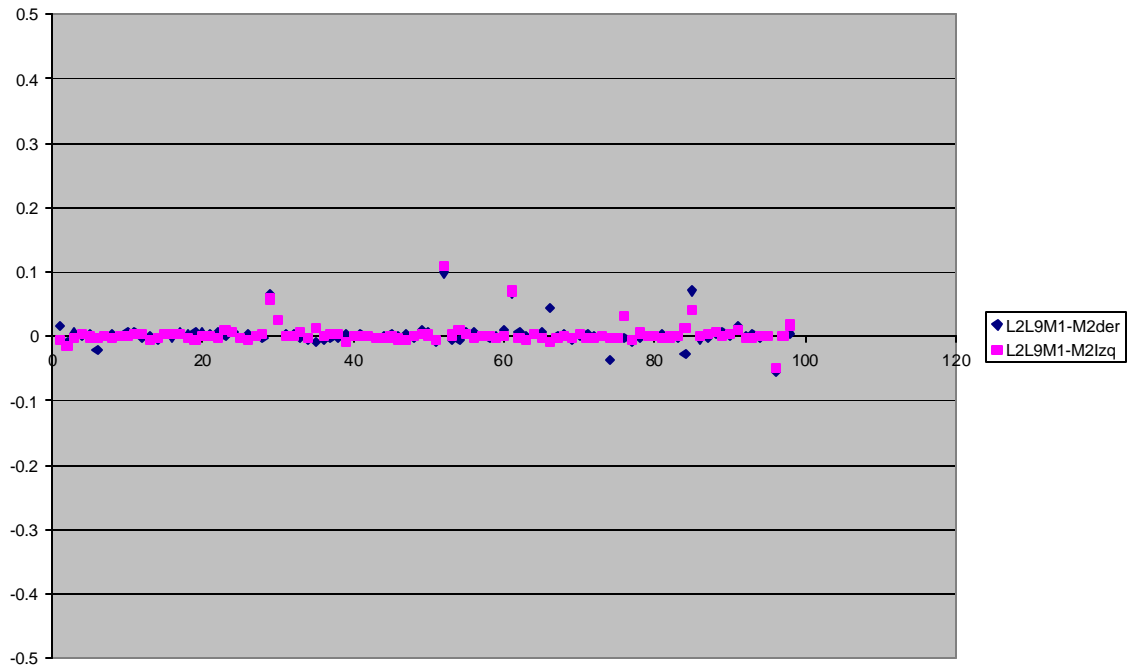
L1L6



L2L9



L2L9



L4L9

