



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



CARACTERIZACIÓN MEDIANTE MORFOMETRÍA
GEOMÉTRICA DE CABEZAS DE *Triatoma infestans*
PROVENIENTES DE FOCOS SILVESTRES Y DE
LABORATORIO

NATALIA ANDREA LÁRTIGA FATTAH

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

MEMORIA FINANCIADA POR PROYECTO FONDECYT N°1070960

PROFESOR GUÍA: DR. PEDRO CATTAN AYALA

**SANTIAGO, CHILE
2010**



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



CARACTERIZACIÓN MEDIANTE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA DE CABEZAS DE *Triatoma infestans* PROVENIENTES DE FOCOS SILVESTRES Y DE LABORATORIO

NATALIA ANDREA LÁRTIGA FATTAH

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

NOTA FINAL:

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA : PEDRO CATTAN AYALA
PROFESOR CONSEJERO: FERNANDO FREDES MARTÍNEZ
PROFESOR CONSEJERO: VICTOR TOLEDO GONZÁLEZ

SANTIAGO, CHILE
2010

A mis padres, por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

- A mi profesor guía Doctor Pedro Cattán, por todo el apoyo, cariño y conocimientos brindados durante la realización de esta Memoria de Título.
- A mi familia por el inmenso amor, paciencia y apoyo incondicional durante este largo proceso.
- A mi compañera de Universidad Mariela Puebla por todos sus conocimientos y ayuda desinteresada fundamentales para este estudio.
- A Antonella Bacigalupo, Cristina Kretschmer, Juana P. Correa y Lucila Moreno por el imprescindible apoyo durante la labor en terreno.
- A Don Roberto, auxiliar del Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, por su amabilidad y ayuda entregada durante el trabajo de laboratorio.

ÍNDICE

RESUMEN	6
SUMMARY	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
1. Enfermedad de Chagas	10
2. Triatomíneos	12
2.1. Distribución	12
2.2. Características	13
3. Morfometría geométrica	14
3.1. Definición	14
3.2. Contribución genética y ambiental a la variación métrica	14
3.3. Puntos homólogos o "landmarks"	16
3.4. Coordenadas y variables de conformación	16
3.5. Análisis multivariados	18
III. OBJETIVOS	21
1. Objetivo general	21
2. Objetivos específicos	21
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	22
1. Materiales	22
2. Método	23
V. RESULTADOS	25
VI. DISCUSIÓN	30
VII. CONCLUSIONES	38
VIII. BIBLIOGRAFÍA	39
IX. FIGURAS Y TABLAS	45

RESUMEN

Triatoma infestans es el principal vector de la enfermedad de Chagas en Chile. Tradicionalmente se le ha asociado a ambientes domiciliarios, pero en los últimos años se ha detectado su presencia en ambientes silvestres, en sectores suburbanos de algunas comunas de las regiones Metropolitana y de Valparaíso. Frente a estos nuevos hallazgos, surgió la inquietud de caracterizar morfológicamente estas nuevas poblaciones, y compararlas con triatominos criados en condiciones de laboratorio, los que se asemejan a aquellos que habitan ambientes domiciliarios. Mediante morfometría geométrica se estudiaron las cabezas de ninfas de estadio V de *T. infestans* provenientes de laboratorio y de los focos silvestres de Calera de Tango, Región Metropolitana y Putaendo, Región de Valparaíso. Se analizaron 49 ejemplares criados en condiciones de laboratorio correspondientes a la generación número cuarenta y ocho de *T. infestans*, capturados en domicilios de la Región de Coquimbo durante el año 1960 y 50 ejemplares de los focos silvestres, 28 de los cuales de Calera de Tango y los 22 restantes de Putaendo, capturados entre Noviembre del año 2008 y Diciembre del año 2009. No se observaron diferencias significativas de tamaño ni conformación entre las cabezas de los individuos de laboratorio y los individuos de los focos silvestres, ni entre los individuos de Calera de Tango y los de Putaendo. De los resultados del estudio se concluye que las tres poblaciones analizadas no difieren significativamente en cuanto a su morfometría.

SUMMARY

Triatoma infestans is the main vector of Chagas disease in Chile. It has been traditionally associated with domestic habitat, but in recent years, its presence has been detected in wild habitat, in suburban areas of some areas of Metropolitana Region and Valparaíso Region. Considering these new findings, it is desirable to morphologically characterize these new populations and to compare them with triatomines reared under laboratory conditions, which resemble those inhabiting household environments. The heads of fifth instar nymphs of *T. infestans* from laboratory-grown and wild foci of Calera de Tango, Metropolitana Region and Putaendo, Valparaíso Region were studied by using geometric morphometrics. The study includes analyzing: 49 specimens reared under laboratory conditions, which corresponds to the forty-eighth generation of *T. infestans* collected in dwellings in the Coquimbo Region during 1960, and 50 specimens from wild foci collected between November 2008 and December 2009, 28 of them from Calera de Tango and the remaining 22 from Putaendo. No significant differences were observed in size and shape between either the heads of individuals from laboratory and individuals from wild foci, or between individuals from Calera de Tango and individuals from Putaendo. The results allow concluding that the three populations analyzed are not significantly different in terms of morphometry.

I. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas es una zoonosis parasitaria producida por un protozoo flagelado, el *Trypanosoma cruzi*, y su principal vía de transmisión es la vectorial, en la que participan los insectos triatominos (Apt *et al.*, 2008).

Se encuentra en forma natural en América desde el sur de California hasta la región central de Argentina, donde existen 12 millones de personas infectadas y 80 a 100 millones de personas en riesgo de adquirir la infección, constituyendo un importante problema de salud pública en la mayoría de los países latinoamericanos (Acuña, 2002; Apt *et al.*, 2008).

En Chile, la zona endémica se extiende desde el paralelo 18°30' al 34°36' latitud sur, y el principal vector de la enfermedad es el *Triatoma infestans*, un triatomo de hábitos preferentemente domésticos (Acuña, 2002). Se estima que el número de personas infectadas en esta zona alcanzaría aproximadamente a 142 mil habitantes y la seroprevalencia sería igual a 0,6% anual a nivel nacional (Apt *et al.*, 2008).

En el mundo en general y en Chile en particular los mayores esfuerzos para el control de esta enfermedad se han enfocado en intentar disminuir la transmisión vectorial. Es así como en nuestro país, desde la década del 80, se han implementado múltiples campañas para el control de *T. infestans*. La última de ellas, impulsada por la Organización Mundial de la Salud desde 1991 en Latinoamérica, ha consolidado los esfuerzos anteriores y logrado, que a partir del año 1999, Chile se considere libre de transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas (Canals *et al.*, 1998; Lorca *et al.*, 2001; Acuña, 2002; Zulantay *et al.*, 2004).

Pese al éxito de estos programas, en Chile aún se detectan *T. infestans* colonizando viviendas humanas, aunque su presencia es, por cierto, más escasa. Una situación que podría complicar el control de este triatomo, es que en años recientes se han pesquisado focos silvestres (fuera de ambientes domiciliarios y peridomiciliarios) en sectores suburbanos de las regiones Metropolitana y de Valparaíso. Frente a estos

hallazgos, surge la inquietud de caracterizar estas nuevas poblaciones y establecer cuan similares o disímiles son a las poblaciones domésticas ya conocidas. Una técnica de estudio que puede ser empleada para este fin es la morfometría (Lorca *et al.*, 2001; Bacigalupo *et al.*, 2006; Bacigalupo *et al.*, 2010).

La morfometría es el estudio de la variación de la forma y su covariación con otras variables. Se reconocen dos tipos, la morfometría tradicional, que trabaja en base a distancias entre puntos anatómicos, y la morfometría geométrica, que lo hace en base a las coordenadas de esos puntos. La principal ventaja de esta última es permitir obtener representaciones gráficas, mediante las cuales es posible la visualización de la conformación de los ejemplares estudiados y su variación entre individuos o grupos (Adams *et al.*, 2004; Dujardin, 2008).

Esta técnica puede ser de gran utilidad a la hora de cuantificar la efectividad de las medidas implementadas en el control vectorial de la enfermedad de Chagas, empleándose en distintos estudios de reinfestación para determinar el origen de triatominos presentes luego de la aplicación de insecticidas. Su utilidad no solo radica en esto, también se emplea en la identificación de especies (siendo de menor costo que los estudios moleculares) y en estudios de estructuración de poblaciones ayudando a determinar si las poblaciones se comportan de forma aislada o como grupos conectados. Además, muchos investigadores se han valido de esta técnica para realizar estudios en diferentes especies de triatominos, a modo de caracterizar las distintas poblaciones o de comparar grupos provenientes de diferentes lugares (Dujardin, 2008).

El propósito de la presente Memoria de Título fue utilizar la morfometría geométrica con el fin de caracterizar y comparar dos poblaciones silvestres de *T. infestans* provenientes de las localidades de Calera de Tango, Región Metropolitana y Putaendo, Región de Valparaíso. Seguidamente, comparar ambas poblaciones con los resultados obtenidos de la caracterización morfométrica de individuos de la misma especie criados en condiciones de laboratorio. Importante es destacar que estas son dos de las únicas tres localidades chilenas en donde se han detectado focos silvestres de *T. infestans* hasta la fecha (la tercera localidad es Til Til, en la Región Metropolitana).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Enfermedad de Chagas

La enfermedad de Chagas o tripanosomiasis americana es una zoonosis parasitaria de carácter crónico en inmunocompetentes y oportunista en inmunocomprometidos. Fue descrita por primera vez en Minas Gerais, Brasil por Carlos Ribeiro Justiniano Chagas en el año 1909 (Atías, 1998a; Apt *et al.*, 2008).

Su agente causal es el *T. cruzi*, un protozoo flagelado en cuyo ciclo biológico intervienen mamíferos y un insecto vector (los triatomíneos). En sus diversos hospederos (hombre y animales) y en los vectores, el parásito presenta tres aspectos morfológicos fundamentales: tripomastigote (forma infectante presente en la sangre de mamíferos e intestino posterior de triatomíneos), epimastigote (forma de multiplicación en el intestino medio del triatoma) y amastigote (forma de multiplicación en el interior de las células de mamíferos) (Atías, 1998a).

La principal vía de transmisión es la vectorial, de menor importancia es la transmisión a través de la placenta (lo que determina la infección congénita), transfusiones sanguíneas, trasplantes de órganos, por la manipulación de sangre y animales infectados, o por el consumo de alimentos contaminados (Apt *et al.*, 2008).

Los hábitos domiciliarios o selváticos de los diversos géneros y especies de triatomíneos (vectores) determinan un ciclo de transmisión del *T. cruzi* del tipo doméstico (que involucra al hombre) o silvestre (Atías, 1998a).

En el hombre, la infección puede ser congénita o adquirida. Particularmente en esta última existen tres períodos bien definidos: el agudo, el latente o indeterminado y el crónico. El período crónico se caracteriza por el daño irreversible de algunos parénquimas, especialmente el corazón y los órganos huecos, manifestándose como cardiopatía, megaesófago o megacolon, y pudiendo ocurrir separadamente o coexistir en un mismo enfermo. Un 10 a 15% de los infectados presentan discapacidad como consecuencia de

los daños, y la muerte puede ocurrir en cualquiera de las etapas. Las distintas manifestaciones clínicas varían entre los países donde la enfermedad es endémica. En Chile, la cardiopatía corresponde a un 30% de los casos y dentro de los megasíndromes digestivos el megacolon es el más frecuente; las formas agudas, excepto la transmisión congénita, son raras (Atías, 1998a; Apt *et al.*, 2008).

La infección se encuentra en forma natural en América desde el sur de California (paralelo 43 latitud norte) hasta la región central de Argentina (paralelo 49 de latitud sur), zona donde habita el vector biológico. Al menos 12 millones de personas procedentes de áreas urbanas y periurbanas están infectadas y 80 a 100 millones de personas están en riesgo de adquirir la infección (Apt *et al.*, 2008). Según informes del Banco Mundial, la Enfermedad de Chagas es la cuarta causa de pérdida económica debida a la morbilidad, cuando se mide en años de vida perdidos por discapacidad, la preceden únicamente las enfermedades respiratorias agudas, las enfermedades diarreicas y el SIDA (Moncayo, 1999).

Dado que no existe una vacuna eficaz para prevenir la enfermedad, las estrategias de control están focalizadas en disminuir la transmisión, principalmente vectorial, por tratarse de la forma de transmisión más importante. Estudios de costo-beneficio en diversos países demuestran que por cada dólar invertido en prevención, se ahorran entre 11 y 17 dólares en el manejo y tratamiento de pacientes en fase crónica (Apt *et al.*, 2008).

En el año 1991, los países del extremo sur de América, entre ellos Chile, lanzaron la Iniciativa del Cono Sur para eliminar la transmisión vectorial de esta enfermedad, enfocándose en *T. infestans*, el principal vector en esta región. Los programas de control aplicados, tanto en esta iniciativa como en las que involucran otros países, se han basado en la fumigación de las viviendas con insecticidas de efecto residual y en la vigilancia continua de su reinfestación (Moncayo, 1999).

En Chile, el área endémica se extiende desde la región de Arica y Parinacota hasta la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, el número de personas infectadas alcanza aproximadamente a 142 mil habitantes y los Bancos de Sangre de dicha área

tienen la obligación de someter la sangre de donantes al tamizaje para *T. cruzi*. A nivel nacional se estima una seroprevalencia de alrededor de 0,6% anual, y pese a que existe vigilancia pasiva de la enfermedad, se asume que hay una subnotificación. En el año 1999, la Comisión Internacional de certificación de interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas, catalogó a Chile libre de la transmisión a través de *T. infestans* (Lorca *et al.*, 2001; Apt *et al.*, 2008).

2. Triatominos

2.1. Distribución

Los triatominos pertenecen al orden Hemiptera, familia Reduviidae, subfamilia Triatominae (Del Ponte, 1958). Habitan el continente americano, desde el Sur de los Estados Unidos (35° latitud norte), hasta Chile y Argentina (34,5° latitud sur en Chile y 45° latitud sur en la región patagónica), zona donde se han descrito al menos 126 especies, todas ellas potencialmente infectables por *T. cruzi* (Acuña, 2002).

La mayoría de estos triatominos son de hábitos silvestres asociados a una gran diversidad de hospederos vertebrados (particularmente nidos de mamíferos y aves), otros ocupan ambientes peridomésticos como gallineros y corrales de animales de granja, pero los de mayor importancia del punto de vista vectorial son aquellos de hábitats domésticos o domiciliarios (Schofield *et al.*, 1999).

Las especies domésticas más relevantes son *T. infestans* en Sudamérica y *Rhodnius prolixus* en Centroamérica, su control se ha logrado progresivamente a través de iniciativas regionales y nacionales que apuntan a eliminar triatominos domésticos con insecticidas residuales. Una situación preocupante, y que viene a complicar el control vectorial de esta enfermedad, es el incremento que se ha visto en años recientes, en la colonización de ambientes domésticos por especies silvestres (Schofield *et al.*, 1999).

En Chile se describen tres especies de triatominos: *T. infestans*, de hábitos domésticos y *Mepraia spinolai* y *Mepraia gajardoii*, de hábitos silvestres. El primero se

distribuye entre los paralelos 18° 30' y 34° 36' de latitud sur, *M. spinolai* lo hace entre los paralelos 26° y 33° S y *M. gajardoii* entre los paralelos 18° y 26° S (Acuña, 2002). *Triatoma infestans* es el vector más importante en la transmisión de la enfermedad de Chagas en el país (Canals *et al.*, 1998). Tradicionalmente se le ha considerado habitante de viviendas humanas, pero registros recientes le ubican fuera de ambientes domiciliarios y peridomiciliarios, en sectores suburbanos de las comunas de Calera de Tango y Til Til, Región Metropolitana (Bacigalupo *et al.*, 2006), y en Putaendo, Región de Valparaíso (Cattan, 2009¹; Bacigalupo *et al.*, 2010). En Bolivia, Paraguay y Argentina también se han detectado focos silvestres de esta especie (Noireau, 2009).

2.2. Características

Los triatominos poseen una cabeza alargada, de rostro recto, con una probóscide articulada que en reposo se ubica debajo de la cabeza. Sus antenas están insertas en la porción anteocular, las patas caminadoras tienen tres artejos y el abdomen puede presentar manchas en su margen lateral (Del Ponte, 1958). Tienen un par de ojos compuestos laterales y ocelos dorsales. Las alas anteriores tienen un área basal esclerosada y una porción distal membranosa. Las posteriores son completamente membranosas. En estado de ayuno el abdomen es casi plano y una vez que el insecto se alimenta se distiende. El individuo adulto mide 20-28mm de largo y 8-10mm de ancho (Kettle, 1990).

Son ovíparos, poniendo sus huevos en la tierra o lugares de refugio. Los huevos son blancos, operculados y elípticos, y al desarrollarse el embrión van volviéndose rosados, viéndose por transparencia los ojos de la futura ninfa (Del Ponte, 1958).

Presentan metamorfosis incompleta con fases de huevo, cinco estados ninfales y adulto, y su duración depende de la especie, temperatura, humedad del ambiente y disponibilidad de alimento. En todos sus estados son hematófagos (Del Ponte, 1958; Atías,

¹ **CATTAN, P.** 2009. [Comunicación Personal]. U. de Chile, Fac. de Cs. Veterinarias y Pecuarias, Depto. de Cs. Biológicas Animales.

1998b), y en laboratorio tienen larga vida, soportando incluso prolongados periodos de ayuno (Kettle, 1990).

Los huevos de *T. infestans* toman la coloración rosada después de 10 días. A 26° – 27°C y 60% de humedad relativa el huevo eclosiona a las tres semanas y los cinco estados ninfales tardan 20 semanas en llegar a ser adultos (Kettle, 1990). El ciclo completo dura 240 días y el adulto puede vivir hasta 15 meses (Del Ponte, 1958).

3. Morfometría geométrica

3.1. Definición

La morfometría se define como el estudio de la variación de la forma y su covariación con otras variables (Adams *et al.*, 2004). Su objetivo es definir la conformación de un individuo y obtener una representación estable libre de las variaciones fisiológicas de tamaño, busca eliminar la variación de tamaño que resulta del crecimiento individual, el que tiene frecuentemente causas ambientales, y diferenciar este cambio de tamaño del cambio que resulta de causas genéticas evolutivas (Dujardin, 2008).

Se reconocen dos tipos de técnicas morfométricas, la morfometría tradicional que trabaja en base a distancias entre puntos anatómicos, y la morfometría geométrica que utiliza las coordenadas de éstos puntos. La ventaja de esta última es que las coordenadas no sólo contienen información de tamaño, como lo hacen las distancias, sino también de conformación y posición relativa, y además, permiten la visualización de la conformación y su variación entre individuos o grupos (Dujardin, 2008).

3.2. Contribución genética y ambiental a la variación métrica

Para cualquier carácter fenotípico, incluido los caracteres métricos, podemos considerar al individuo como el producto de dos influencias distintas, el medio ambiente y el sustrato genético. En la mayoría de los individuos o poblaciones estudiadas se desconoce el determinismo genético de los caracteres fenotípicos. Por este motivo, es

necesario intentar separar el efecto de las diferencias genéticas del efecto ambiental, para interpretar de mejor forma las variaciones entre poblaciones o entre especies. Es aquí donde la morfometría juega un rol importante, cuantificando la variación de los caracteres métricos y ayudando a detectar adaptaciones locales y divergencias genéticas entre las poblaciones (Cristi, 2001; Dujardin, 2001; Dujardin y Slice, 2007).

Dos métodos son útiles para explorar el origen de las diferencias métricas, es decir, para discriminar si es el efecto genético o el ambiental el factor principal en dichas discrepancias. El primer método intenta eliminar las variaciones ambientales, con la idea de que si persisten las diferencias fenotípicas o si aparecen nuevas en un mismo ambiente, dichas diferencias probablemente reflejan variaciones genéticas. El segundo método se basa en la distinción entre tamaño y contorno, entendiendo a este último como la forma o conformación. El contorno se considera un carácter menos influenciado por el ambiente, por lo que al momento de explicar su variación tendrá mayor importancia el efecto genético. Por su parte, el tamaño es una variable fácilmente afectada por factores externos y su modificación puede tener dos significados biológicos: estar asociado al cambio que se produce por diferencias de crecimiento (cambio fisiológico inducido por el ambiente) o relacionado a causas genéticas (cambio evolutivo que se expresa como diferencias entre especies, poblaciones geográficas o individuos que están en vías de especiación). En morfometría lo que se busca es eliminar el cambio de tamaño atribuible a causas no evolutivas, aquel que se produce por diferencias de crecimiento (Dujardin, 2001).

La morfometría puede apoyarse en dos modelos matemáticos para intentar reconocer las causas del cambio de tamaño. El primer modelo se basa en un cambio de tamaño isométrico y el segundo en un cambio de tamaño alométrico. El cambio de tamaño isométrico se refiere a aquel cambio que resulta de la multiplicación por un mismo coeficiente de todas las dimensiones, no se modifican las proporciones del organismo por lo que al aumentar su tamaño no cambia su geometría. El cambio de tamaño alométrico se refiere al cambio de tamaño que se produce cuando cada dimensión corporal tiene su propia tasa de crecimiento, origina un individuo más grande, pero con una silueta diferente. En el crecimiento de los organismos vivos los cambios exclusivamente

isométricos son excepcionales, la regla general es el crecimiento alométrico (Dujardin, 2001; Dujardin y Slice, 2007).

Un análisis morfométrico puede eliminar los cambios de tamaño inducidos por el ambiente y apuntar a las diferencias métricas independientes del crecimiento (Dujardin, 2001).

3.3. Puntos homólogos o "landmarks"

Ya sea que se emplee la distancia entre puntos anatómicos (morfometría tradicional) o sus coordenadas (morfometría geométrica), dichos puntos representan partes fácilmente identificables del cuerpo, reproducibles de un individuo a otro, llamados puntos homólogos o "landmarks". Estos puntos, idealmente deben tener elevado grado de correspondencia anatómica, estar claramente definidos y permitir captar toda la geometría de la estructura (Dujardin, 2001).

Los "landmarks" se pueden clasificar en tres categorías: tipo I, tipo II y tipo III. El "landmark" tipo I es el "óptimo" y corresponde a la yuxtaposición discreta entre dos tejidos diferentes, ejemplos de esta clase son los lugares de intersección de ciertas nervaduras alares de insectos; el "landmark" tipo II es aquel punto ubicado en la mínima o máxima de líneas curvas; el "landmark" tipo III se refiere a puntos extremos, no están definidos por ninguna estructura cercana sino que por estar a una distancia extrema de otro punto, son aquellos ubicados en la parte terminal de una estructura (Bookstein, 1990; Dujardin, 2001; Zelditch *et al.*, 2004).

3.4. Coordenadas y variables de conformación

La morfometría geométrica comienza con la recolección de los puntos homólogos que puede realizarse utilizando un computador conectado a un sistema de video, microscopio o lupa, cámara lúcida o un scanner y computador. Independiente de la forma elegida, al momento de realizar dicha captura los individuos o estructuras siempre deben ubicarse en la misma orientación tridimensional. Otro aspecto importante de considerar es

intentar conseguir la mayor amplificación posible de las estructuras, ya que de este modo se reducen los errores de medición y se está más próximo al verdadero valor de las coordenadas (Dujardin, 2001).

Luego, utilizando los programas computacionales de la serie "Thin-plate spline" (TPS), se elimina el efecto de la variación de tamaño debido al crecimiento individual mediante la remoción del tamaño isométrico, también llamado tamaño centroide. Esto se logra ajustando cada figura o individuo a un tamaño unitario por división entre su propio tamaño centroide. Una vez que se ha removido el tamaño isométrico se obtienen las variables de conformación (Dujardin, 2001).

Las variables de conformación cuantifican las deformaciones que quedan después de remover el tamaño isométrico, entre la configuración de un individuo y la configuración consenso. Matemáticamente se descomponen en cambio uniforme, que se define con dos variables, U_1 y U_2 , y cambio no uniforme que se expresa por un número de variables, X_n e Y_n , dependiente del número de "landmarks" (Dujardin, 2001; Dujardin y Slice, 2007).

En morfometría geométrica no hay programas computacionales disponibles para eliminar el tamaño alométrico, pero la eliminación del cambio isométrico puede producir una reducción secundaria, a veces considerable, de los cambios alométricos. Así, las variables de conformación (que resultan de la eliminación del tamaño isométrico) pueden ser muy próximas a las verdaderas variables de forma, las que se consiguen cuando se eliminan los cambios alométricos (Dujardin, 2001).

Una de las principales ventajas de la morfometría geométrica por sobre la tradicional, es la posibilidad de informar visualmente los desplazamientos de los puntos homólogos entre individuos o grupos. Para esto existe la técnica de placas delgadas o "thin plates" que permite visualizar el esquema de las configuraciones estudiadas y sus diferencias. En esta técnica, después de la normalización por el tamaño centroide, los puntos homólogos son proyectados sobre un plano cuadrículado, y luego este plano es deformado para hacer coincidir los puntos homólogos del objeto de referencia con los del objeto comparado. Las deformaciones que se producen pueden descomponerse

matemáticamente y visualizarse como cambios uniformes y cambios no uniformes, el primero no modifica el paralelismo de las rejillas del plano, el segundo si lo hace puesto que corresponde a deformaciones localizadas (Dujardin, 2001). Los parámetros que describen estas deformaciones ("partial warp scores") pueden ser empleados como variables de conformación para comparaciones estadísticas (Adams *et al.*, 2004).

La métrica de esta técnica es la de la energía de deformación o "bending energy" necesaria para el proceso. Esta energía es inversamente proporcional a la amplitud de la deformación, en otras palabras, una deformación más localizada o restringida a pocos puntos homólogos necesitará más energía que una deformación más generalizada (Dujardin, 2001).

3.5. Análisis multivariados

Los análisis estadísticos multivariados, como el análisis de componentes principales y el análisis discriminante completan el estudio morfométrico. Estos análisis generan nuevas variables o factores que se caracterizan por ser combinaciones lineales de las variables de conformación iniciales, no estar correlacionados entre sí y que frecuentemente se pueden utilizar sólo los dos primeros factores (Dujardin, 2001).

El Análisis de Componentes Principales es una técnica que se utiliza con el propósito de reducir las dimensiones de un conjunto numeroso de variables observadas. Produce un set de factores, llamados componentes principales, que resumen la información presente en las variables iniciales y cuyas varianzas suman el mismo total que la varianza de las variables originales. Dado que estos nuevos factores no deben estar correlacionados entre sí, sus covarianzas deben ser igual a cero (Vivanco, 1999; Zelditch *et al.*, 2004).

El primer componente principal debe cumplir con la condición de explicar la mayor cantidad de varianza de las variables originales, es decir, se debe maximizar su varianza, y la varianza de los factores subsiguientes debe ser decreciente (Zelditch *et al.*, 2004).

Estas nuevas variables o factores rinden cuenta del rango máximo de la variación generada por la totalidad de los individuos, sin tomar en cuenta su pertenencia a un grupo específico. Se pueden usar como coordenadas cartesianas para proyectar a los individuos en un espacio de dos o tres dimensiones. En esta representación los individuos son puntos que forman nubes y los grupos cuestionados son los polígonos o nubes formados por las líneas que conectan a los individuos más externos dentro de cada grupo. La inspección visual de estas nubes es muy informativa, existen tres situaciones que pueden presentarse: los individuos, a pesar de pertenecer a grupos diferentes forman una sola nube, en este caso se puede sospechar que los grupos iniciales no tienen una base reconocida por la morfometría o que son "falsos" grupos sin fundamento; la segunda situación posible es que los individuos formen diferentes nubes, pero que estas no correspondan a los grupos inicialmente definidos por el observador; la tercera opción es que los individuos formen diferentes nubes correspondientes a los grupos conocidos por el observador (Dujardin, 2001).

El Análisis Discriminante es un procedimiento multivariable utilizado para discriminar y clasificar. Genera factores llamados funciones o factores discriminantes o variables canónicas que tienen como fin maximizar la diferencia entre grupos y sobre los cuales los individuos se pueden proyectar en un gráfico de dos o tres dimensiones (Vivanco, 1999; Dujardin, 2001).

El número de factores discriminantes producidos corresponde al número de grupos menos uno y se obtienen de modo que el primero es el de mayor capacidad discriminatoria y en los siguientes esta va decreciendo (Vivanco, 1999).

En este análisis, además de incluir valores definiendo las variables de cada individuo (como en el análisis de componentes principales) se ingresa información de su pertenencia a los grupos definidos por el observador. El objetivo es discriminar los grupos lo mejor posible (Dujardin, 2001).

Si se cumple con la multinormalidad e igualdad de varianzas entre grupos (condiciones necesarias para realizar un análisis discriminante) es posible utilizar las

funciones discriminantes para realizar predicciones que permitan atribuir individuos (nuevos o aquellos usados en el análisis) a los grupos más probables. Estas predicciones pueden ser comparadas con la clasificación observada, y el grado de concordancia estima el valor discriminante del análisis (Dujardin, 2001).

El análisis de componentes principales requiere un número total de individuos cuatro veces mayor al número de "landmarks" mientras que para el análisis discriminante el número de individuos del grupo más pequeño debe cumplir con esta condición (Dujardin, 2001).

Una vez que se ha extraído el cambio de tamaño isométrico es necesario verificar la independencia de las variables de conformación en relación a la variable de tamaño, en otras palabras, evaluar cuál es todavía la contribución del tamaño a las variables de conformación. Esto se denomina alometría residual y se determina mediante un Análisis de Regresión Múltiple entre el tamaño isométrico (como variable independiente) y los componentes de conformación (como variables dependientes) (Dujardin, 2001).

Considerando todo lo anterior, resultó de interés utilizar la morfometría geométrica para comparar *T. infestans* provenientes de focos silvestres recientemente detectados con individuos de la misma especie criados en condiciones de laboratorio.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Caracterizar y comparar morfológicamente por medio de morfometría geométrica las cabezas de ninfas de estadio V de *T. infestans* provenientes de laboratorio y de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo.

2. Objetivos específicos

- Establecer características morfológicas de las cabezas de ninfas V de *T. infestans* de laboratorio y de los focos silvestres, mediante morfometría geométrica.
- Comparar morfométricamente las cabezas de los *T. infestans* provenientes de los dos focos silvestres.
- Comparar morfométricamente las cabezas de los *T. infestans* de los focos silvestres con aquellos criados en condiciones de laboratorio.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Materiales

Se utilizaron 99 ninfas de estadio V de *T. infestans*, 50 provenientes de focos silvestres y 49 criados en laboratorio. Para la diferenciación de este estadio ninfal se empleó la clave de caracterización de Brewer *et al.* (1981) que se basa en la presencia y características de las pterotecas mesotonales, estructuras ubicadas en el tórax, y que en las ninfas de estadio V cubren totalmente a las pterotecas metanotales (Fig. N° 1).

Los especímenes silvestres fueron capturados durante el periodo comprendido entre Noviembre del año 2008 y Diciembre del año 2009 en focos silvestres de las localidades de Calera de Tango, Región Metropolitana y Putaendo, Región de Valparaíso. Para dichas capturas se utilizaron trampas *ad-hoc* cebadas con hielo seco, ratones de laboratorio o levadura, agua y azúcar, siendo el CO₂ producido en los tres casos el cebo para los triatominos (Kettle, 1990; Noireau *et al.*, 2002; Bacigalupo *at al.*, 2006). Las trampas se adosaron a matorrales (específicamente chaguales) cuando la captura se realizó en Calera de Tango y en pircas en el caso de Putaendo. Los especímenes de laboratorio empleados correspondieron aproximadamente a la generación número cuarenta y ocho de *T. infestans* capturados en domicilios de la Región de Coquimbo, durante el año 1960.

Los ejemplares silvestres fueron mantenidos en cámaras a 27°C y 70% de humedad relativa, y alimentados con sangre de conejos de criadero que se mantuvieron en un recinto tipo bioterio del laboratorio de Ecología del Departamento de Ciencias Biológicas Animales de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, con el fin de que aquellos que no se encontraban en el estado de desarrollo requerido para el estudio (ninfa de estadio V) lo alcanzaran.

Para el estudio morfométrico se emplearon las cabezas de las 99 ninfas de estadio V de *T. infestans* midiendo cinco "landmarks" en cada una de ellas. Según Dujardin (2001), se deben utilizar 4 veces más individuos que "landmarks", por lo que se requieren

al menos 20 individuos de cada grupo, requisito satisfecho puesto que nuestros tamaños muestrales correspondieron a 22 especímenes de la localidad de Putaendo, 28 de la localidad de Calera de Tango y 49 especímenes de laboratorio.

Los aspectos bioéticos relacionados con la mantención y uso de animales en esta Memoria de Título fueron revisados por el comité de bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile para el proyecto del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) n° 1070960.

2. Método

Se observó cada triatomino en una lupa estereoscópica con cámara fotográfica incorporada conectada a un procesador, así la imagen fue capturada y digitalizada.

Una vez recolectadas las fotografías estas se importaron al programa TPSdig ("Thin-plate spline digitizer"), versión 2.12 (Rohlf, 2008a), que permitió obtener y armar una matriz de las coordenadas de los "landmarks" o puntos homólogos.

Los "landmarks" o puntos homólogos se ubicaron en la mitad izquierda de la cabeza y fueron los mismos utilizados por Puebla (2009). Correspondieron al: punto de unión entre el cuello y la cabeza ("landmark" 1), nacimiento del borde posterior del ojo compuesto ("landmark" 2), nacimiento del borde anterior del ojo compuesto ("landmark" 3), punto de inserción interno de la antena en el rostro ("landmark" 4) y punto de inserción de la probóscide en el rostro ("landmark" 5) (Fig. N° 2).

Luego se utilizó el programa TPSregr ("Thin-plate spline regression"), versión 1.36 (Rohlf, 2009), con el que se calculó el tamaño centroide (tamaño isométrico) de cada configuración y el programa TPSrelw ("Thin-plate spline relative warps"), versión 1.46 (Rohlf, 2008b) con el que se obtuvieron las configuraciones de consenso o conformación promedio de cada grupo de individuos y los componentes uniformes y no uniformes de conformación. Más tarde, empleando nuevamente el programa TPSregr, se generaron las

rejas de deformación (técnica de placas delgadas) que esquematizan la variación de la conformación (uniforme y no uniforme) con respecto al tamaño centroide.

Todos los programas computacionales de la serie TPS empleados son de uso libre y se encuentran disponibles en <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.

Por último, con el programa JMP® versión 8.0 (S.A.S. Institute Inc. 2008) se efectuó el análisis estadístico que incluyó análisis de componentes principales, análisis discriminante, análisis de predicción y análisis de tamaño.

V. RESULTADOS

1. Análisis de cabezas de ninfas de estadio V de *T. infestans* provenientes de Calera de Tango y Putaendo.

El análisis de componentes principales evidenció que los polígonos formados por los individuos de Calera de Tango y Putaendo se sobreponen entre ellos sin que exista una separación marcada entre los grupos (Fig. N° 3). Los dos primeros componentes principales explican el 57,03% de la variación total generada, aportando cada uno de ellos el 38,41% y el 18,62% respectivamente.

El análisis discriminante no mostró diferencias significativas entre los grupos comparados (Wilks' Lambda=0,9999; $p>0,05$).

El análisis de predicción reveló que de un total de 28 individuos provenientes de Calera de Tango, 14 (50%) fueron clasificados correctamente, mientras que 13 (59,09%) de los 22 individuos de Putaendo fueron clasificados como tales. Las clasificaciones no concordantes fueron 50% y 49,91% respectivamente (Tabla N° 1).

El análisis de tamaño no mostró diferencias significativas ($p>0,05$) entre los grupos (Fig. N° 4).

2. Análisis de cabezas de ninfas de estadio V de *T. infestans* provenientes de Calera de Tango y laboratorio.

Al examinar la formación de nubes producida en el análisis de componentes principales, se evidenció la sobreposición de los polígonos de ambos grupos comparados (Fig. N° 5). Respectivamente, los dos primeros componentes principales explican el 38,39% y el 24,87%, representando en conjunto el 63,26% de la variación total generada.

Al realizar el análisis discriminante no se encontraron diferencias significativas entre los grupos comparados (Wilks' Lambda=0,9999; $p>0,05$).

El análisis de predicción reveló que 16 (57,14%) de los 28 individuos provenientes de Calera de Tango y 24 (48,98%) de los 49 individuos de laboratorio fueron clasificados como tales. Las clasificaciones no concordantes fueron 42,86% y 51,02% respectivamente (Tabla N° 2).

El análisis de tamaño no evidenció diferencias significativas ($p>0,05$) entre los grupos (Fig. N° 6).

3. Análisis de cabezas de ninfas de estadio V de *T. infestans* provenientes de Putaendo y laboratorio.

Mediante el análisis de componentes principales se reveló la sobreposición de las nubes formadas por los individuos provenientes de Putaendo y laboratorio (Fig. N° 7). El primer componente principal representa el 40,73% y el segundo el 20,35%, explicando ambos el 61,08% de la variación total generada.

El análisis discriminante no mostró diferencias significativas de conformación entre los grupos (Wilks' Lambda=0,9999; $p>0,05$).

En el análisis de predicción se apreció que de un total de 22 individuos provenientes de Putaendo, 11 (50%) fueron clasificados correctamente, mientras que 26 (53,06%) de los 49 individuos de laboratorio fueron clasificados como tales. Las clasificaciones no concordantes fueron 50% y 46,94% respectivamente (Tabla N° 3).

No se encontraron diferencias significativas de tamaño entre los grupos comparados ($p>0,05$) (Fig. N° 8).

4. Análisis de cabezas de ninfas de estadio V de *T. infestans* provenientes de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio.

Al evaluar la formación de nubes producida en el análisis de componentes principales, se observó que los individuos provenientes de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio se agrupan en una misma zona, sin una separación marcada entre los grupos (Fig. N° 9). Los dos primeros componentes principales representan el 35,40% y el 24,40% respectivamente, explicando el 59,80% de la variación total generada.

El análisis discriminante no mostró diferencias significativas de conformación entre los grupos comparados (Wilks' Lambda=0,9999; $p>0,05$).

El análisis de predicción reveló que 11 (39,29%) de los 28 individuos provenientes de Calera de Tango, 14 (28,57%) de los 49 individuos de laboratorio y 9 (40,91%) de los 22 individuos de Putaendo fueron clasificados correctamente (Tabla N° 4).

No se encontraron diferencias significativas de tamaño entre los grupos comparados ($p>0,05$) (Fig. N° 10).

Al aplicar la técnica de placas delgadas o "thin plates", y analizar los desplazamientos de los puntos homólogos de los individuos de cada localidad, se evidenció que la variación uniforme y no uniforme en relación al tamaño fue mínima. Para permitir la visualización de las pequeñas variaciones, las configuraciones de "landmarks" (que representan a los individuos) fueron aumentadas diez veces, y es de esta forma como se presentan los resultados (Figs. 11 – 16).

En el análisis de variación uniforme de los *T. infestans* del foco silvestre de Calera de Tango se observó que, en relación a la configuración consenso, los puntos homólogos de los ejemplares de menor tamaño cambiaron de la siguiente forma: los puntos 2 y 3 se desplazaron posteriomedialmente, y el 1 y 5 lo hicieron anterolateralmente. Se produce así una reducción en la distancia entre los "landmarks" 1 y 2, acortándose la región postocular, y un leve angostamiento de la cabeza. En los especímenes de mayor tamaño

los puntos se movieron en el sentido inverso, produciendo un alargamiento de la región postocular y un cabeza ligeramente más ancha. En ambos casos el punto homólogo que más se desplazó fue el 1, y el 4 no experimentó variación (Fig. N° 11).

El análisis de variación no uniforme de los mismos especímenes demostró que los ejemplares de menor tamaño presentaron desplazamiento anteromedial del "landmark" 3, lo que se evidenció como un ligero angostamiento de la cabeza en ese sector, el punto homólogo 4 fue el que experimentó mayor variación, moviéndose posteriormente y ocasionando la contracción de la región anteocular, hubo un desplazamiento anterolateral de los "landmarks" 2 y 5 provocando un alargamiento de la región postocular y de la zona de la probóscide, respectivamente. El desplazamiento de todos los "landmarks" fue inverso en los ejemplares de mayor tamaño, produciendo cabezas más anchas, región anteocular más alargada y contracción de la región postocular y zona de la probóscide. El punto homólogo 1 no experimentó variación (Fig. N° 12).

No se observó variación uniforme de los *T. infestans* de Putaendo en relación al tamaño (Fig. N° 13). El análisis de variación no uniforme mostró que en los ejemplares de menor tamaño los puntos homólogos 2 y 5 se desplazaron hacia lateral, el punto 2 se movió además ligeramente hacia anterior y el 5 hacia posterior, se contrajo la región anteocular y se produjo un leve angostamiento de la cabeza en la zona que compromete el tercer y cuarto "landmark". El desplazamiento fue inverso en los puntos homólogos de los especímenes de mayor tamaño, dando como resultado el alargamiento y leve ensanchamiento de la región anteocular. El punto 1 no experimentó variación y el 3 fue el que más modificó su ubicación (Fig. N° 14).

El análisis de variación uniforme de los individuos de laboratorio reveló que el desplazamiento de los puntos homólogos fue inverso en los *T. infestans* de menor y mayor tamaño. En los más pequeños los "landmarks" 1 y 5 se desplazaron lateralmente y el 2 y 3 lo hicieron hacia la línea media. El punto 4 no varió en ninguno de los dos extremos, y el 1 tuvo el mayor desplazamiento (Fig. N° 15). En la variación no uniforme se observó la modificación en las posiciones de todos los "landmarks", a excepción del primero, y los puntos 3 y 4 presentaron la mayor variación. En los ejemplares de menor tamaño el

segundo "landmark" se desplazó posterolateralmente, el quinto lo hizo hacia anterior y se contrajo la región antecular. Los *T. infestans* de mayor tamaño mostraron desplazamientos inversos (Fig. Nº 16).

Al comparar la configuración consenso de los *T. infestans* de Putaendo con la de Calera de Tango, se observó que en la primera los "landmarks" 2 y 3 estaban ligeramente más cercanos a la línea media, los puntos 2 – 5 eran más anteriores y había una mayor distancia entre el 1 y 2, y menor entre el 3 y 4. Cuando la comparación es entre Putaendo y laboratorio, la configuración consenso de Putaendo evidencia que todos los "landmarks", menos el primero, están a una mayor distancia de la línea media, los puntos 2 – 4 son más anteriores, y la distancia entre los puntos 1 y 2 es mayor, mientras que entre 4 y 5 es menor.

La configuración consenso de los ejemplares de laboratorio mostró que todos los puntos homólogos, a excepción del 1, se ubican más cerca de la línea media que aquellos de la configuración consenso de Calera de Tango. Además, los "landmarks" 2, 3 y 5 son más anteriores y el 4 más posterior, y la distancia 1 – 2 y 4 – 5 es mayor, mientras que la 3 – 4 es menor.

VI. DISCUSIÓN

Los mayores esfuerzos para el control de la enfermedad de Chagas se han enfocado en intentar disminuir la transmisión vectorial (Apt *et al.*, 2008). Es en este punto donde la morfometría puede ser considerada una herramienta útil, ya sea empleándose en distintos estudios de reinfestación, para dilucidar la procedencia de triatomos luego de la aplicación de insecticidas, o comparando ejemplares provenientes de distintas áreas geográficas y/o distintos tipos de ambientes, permitiendo establecer similitudes, diferencias y el grado de aislamiento físico entre las distintas poblaciones analizadas (Dujardin *et al.*, 1997; Bustamante *et al.*, 2004; Schachter-Broide *et al.*, 2004; Borges *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2005; Dujardin *et al.*, 2007; Feliciangeli *et al.*, 2007; Dujardin, 2008).

En la mayoría de estos tipos de estudios morfométricos, las estructuras utilizadas para la medición de distancias o coordenadas son las alas, por ser casi bidimensionales y reducir así el error de digitalización (Dujardin, 2008). Pese a esto, existen estudios en los cuales se han empleado las cabezas de triatomos para realizar los análisis morfométricos, puesto que sus proporciones son altamente variables, entre y dentro de estas especies, y sus características se encuentran dentro de los caracteres taxonómicos más importantes (Dujardin *et al.*, 1997; Dujardin *et al.*, 1999; Noireau *et al.*, 2000; Jaramillo *et al.*, 2002a; Bustamante *et al.*, 2004; Borges *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2005; Lehmann *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2007; Puebla, 2009; Caro-Riaño *et al.*, 2009). Otros investigadores han usado ambas estructuras simultáneamente, es el caso de López *et al.* (2002) quien comparó diferentes poblaciones de *T. infestans* de Paraguay, obteniendo los mismos resultados de tamaño y conformación al analizar las alas y cabezas por separado. La misma situación observaron Jaramillo *et al.* (2002b) y Dumonteil *et al.* (2007) al cotejar poblaciones de *Rhodnius pallescens* y *Triatoma dimidiata*, respectivamente. Pero no siempre se ha observado concordancia entre los resultados de comparaciones morfométricas de alas y de cabezas (Lehmann *et al.*, 2005; Avendaño, 2008; Caro-Riaño *et al.*, 2009). Mojica *et al.* (2005) empleó la morfometría geométrica para comparar poblaciones domésticas y peridomésticas de *T. dimidiata*, detectando diferencias de tamaño y conformación de alas, y solo diferencias de conformación de las

cabezas entre machos y hembras. Según el autor, esto sugiere que las alas son mejores estructuras de diferenciación sexual en esta especie.

Producto de las capturas en Calera de Tango, Región Metropolitana y Putaendo, Región de Valparaíso, entre Noviembre del año 2008 y Diciembre del 2009, se obtuvieron insuficientes ejemplares adultos de *T. infestans* para la morfometría geométrica, debiendo utilizarse ninfas de estadio V. Los individuos en este estado de desarrollo no presentan estructuras alares, por lo que para las mediciones morfométricas se emplearon las cabezas de estas ninfas, considerando los mismos "landmarks" usados por Puebla (2009). Según dicho autor, los estadios ninfales V de *T. infestans* muestran elevado nivel de predicción en base a las puntuaciones discriminantes, alcanzando un 42% de concordancia en su clasificación en el análisis de predicción, lo que sugiere su factibilidad de utilización en posteriores estudios morfométricos. Dujardin *et al.* (1997) también empleó ninfas V de *T. infestans* en un estudio de reinfestación logrando discriminar el origen de los especímenes reinfestantes.

Tradicionalmente se ha considerado a *T. infestans* como una vinchuca de hábitos domésticos, pero desde los años cuarenta se han documentado poblaciones silvestres de esta especie en localidades de Bolivia, y en años más recientes se ha hecho lo mismo en países como Paraguay y Argentina. Dichos focos silvestres podrían ser la fuente de reinfestaciones de áreas domiciliarias ya fumigadas y complicar, de este modo, el control vectorial de la enfermedad de Chagas (Noireau, 2009). En Chile, gracias al programa de vigilancia epidemiológica, se detectó la presencia reiterada de ejemplares adultos de *T. infestans* en viviendas de las comunas de Calera de Tango y Til-Til, Región Metropolitana, y dado la ausencia completa de estados ninfales, se sugirió la eventual existencia de focos externos a los domicilios. Considerando estos antecedentes, entre Noviembre del año 2003 y Marzo del 2004 se exploraron sectores silvestres aledaños a dichas comunas, logrando la captura de ejemplares adultos y de distintos estados ninfales de *T. infestans* (Bacigalupo *et al.*, 2006). Luego de este importante hallazgo, surgió la inquietud de realizar una caracterización morfométrica de estas poblaciones, intentando dilucidar cuan similares o disímiles son a las poblaciones domésticas ya conocidas.

El análisis de tamaño de los *T. infestans* provenientes de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo no evidenció diferencias significativas según lugar de procedencia (Fig. N° 4). Comparaciones previas de ejemplares domésticos adultos de esta especie tampoco revelaron diferencias significativas de tamaño alar entre la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso (Cristi, 2001). La ausencia de diferencias de tamaño, al comparar poblaciones de triatomos de una misma especie y un mismo ecotopo, también fue documentada por Ancca *et al.* (2008) para ejemplares domésticos de *Panstrongylus herreri* de dos localidades de Perú, quién sugirió que podría tratarse de poblaciones con un origen común y cuya dispersión haya sido favorecida por la migración de los seres humanos. Un origen común también podría ser la razón por la cual no se hayan detectado diferencias entre las poblaciones de Calera de Tango y Putaendo, explicación basada en el antecedente de que la mayor parte de los triatomos chilenos habrían migrado desde la región de Cochabamba, Bolivia hacia la provincia de Salta, Argentina y luego a Chile (Cristi, 2001).

Por otro lado, Jaramillo *et al.* (2002b) detectó diferencias de tamaño entre *R. pallescens* de Colombia y Panamá, variación que fue gradual e inversamente proporcional a la temperatura promedio de los lugares de origen (relación conocida como regla de Bergmann). López *et al.* (2002) también constató diferencias de tamaño entre poblaciones domiciliarias de *T. infestans* de Paraguay, sugiriendo que factores ambientales como la temperatura y humedad, la construcción del ambiente doméstico y el acceso a la fuente de alimentación podrían haber influido en las diferencias observadas.

Considerando que el tamaño es un carácter fácilmente influenciado por el ambiente, y que triatomos que comparten las mismas condiciones microambientales pueden ser significativamente similares (en el aspecto métrico), se podría sospechar que la ausencia de diferencias entre las poblaciones de Calera de Tango y Putaendo se deba a que los *T. infestans* de ambas localidades estén sometidos a factores externos (temperatura, humedad, disponibilidad y fuente de alimento, vegetación, etc.) similares (Dujardin, 2001; Dujardin y Slice, 2007). Por otro lado, la mantención de los ejemplares en condiciones de laboratorio a temperatura constante, podría haber afectado sus tamaños, lo que es cuestionable en base a hallazgos que sostienen que colonias de

laboratorio, mantenidas a temperaturas homogéneas, continúan mostrando diferencias de tamaño según la temperatura del lugar de origen (Dujardin *et al.*, 2009).

El análisis de componentes principales agrupó, en una misma zona del plano cartesiano, a los *T. infestans* provenientes de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo, observándose la no separación entre los grupos (superposición de nubes) (Fig. N° 3). Esto significa que, basándose en la conformación, esta herramienta fue incapaz de separar a los ejemplares de las distintas poblaciones. Mediante el análisis discriminante tampoco se encontraron diferencias significativas de conformación (Wilks' Lambda=0,9999; $p>0,05$), lo que fortalece los hallazgos del primer análisis; y el análisis de predicción logró clasificar correctamente entre el 50-59% de los individuos (Tabla N° 1), porcentaje que se espera más alto cuando los grupos logran una buena discriminación.

Comparaciones previas de poblaciones domésticas de *T. infestans* han revelado diferencias significativas de conformación entre ejemplares provenientes de Argentina, Bolivia y algunas regiones de Chile, pero no se han encontrado diferencias de conformación entre ejemplares de la Región Metropolitana y Región de Valparaíso. (Cristi, 2001). La misma situación fue observada en *R. pallescens* provenientes de Colombia y Panamá, que se discriminaron en tres grandes grupos asociados a las zonas de vida y distancias geográficas (Jaramillo *et al.*, 2002b)

El análisis de tamaño tampoco reveló diferencias significativas entre los *T. infestans* provenientes de laboratorio y aquellos de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo (Fig. N° 10). La misma especie, pero proveniente de Bolivia, ha mostrado diferencias de este tipo entre ejemplares silvestres y domésticos (Dujardin *et al.*, 1997). Según Dujardin *et al.* (1999), las discrepancias observadas entre triatominos domiciliarios y aquellos provenientes de ambientes silvestres, también se producirían entre ejemplares silvestres y de laboratorio. En general, todas las especies de triatominos que crecen bajo condiciones artificiales controladas o que han colonizado viviendas humanas, tienden a mostrar una reducción en el tamaño en comparación a las poblaciones silvestres originales. Al parecer, la selección natural favorecería el desarrollo de fenotipos grandes en hábitats silvestres, por una mayor capacidad para resistir periodos de ayuno

temporales, o lo mismo podría ser el resultado de alimentaciones incompletas y mudas retardadas. Los individuos pequeños, en cambio, sobrevivirían mejor en laboratorio o condiciones sinantrópicas, donde hay menor restricción en la disponibilidad de alimento (Dujardin *et al.*, 1997; Dujardin *et al.*, 1999; Jaramillo *et al.*, 2002a; Rodríguez *et al.*, 2007).

También se han documentado diferencias significativas de tamaño entre poblaciones silvestres y de laboratorio o entre silvestres y domésticas de las especies *Triatoma flavida* y *T. dimidiata*, respectivamente. Para el último caso, las discrepancias, según el autor, se explicarían en mayor grado por la ubicación geográfica y la aislación física de las poblaciones, y no por el tipo de hábitat al que pertenecen, puesto que no siempre aquellas poblaciones de hábitats silvestres exhibieron mayor tamaño (Bustamante *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2005; Lehmann *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2007). Dujardin *et al.* (1999) sugirió que este tipo de diferencias, entre ejemplares de domicilio y silvestres, serían principalmente el resultado del efecto de la densidad poblacional, que aumenta al producirse el proceso de domiciliación, y que afecta la cantidad de sangre que consume el insecto producto de la competencia.

Por otro lado, Caro-Riaño *et al.* (2009) demostró que *R. pallenscens* criados en condiciones de laboratorio que simulaban un ambiente silvestre (baja densidad poblacional y menor frecuencia de alimentación) lograban mayor tamaño que el grupo criado en condiciones que asemejaban ambiente doméstico (alta densidad poblacional y mayor frecuencia de alimentación), y bastaba solo una generación para que estas diferencias métricas se produjeran. Esto sugiere, que la ausencia de diferencias significativas de tamaño entre las poblaciones analizadas en esta Memoria de Título puede deberse a que muchos de los *T. infestans* capturados fueron criados y alimentados en laboratorio hasta que alcanzaron el estadio ninfal V, y la frecuencia de alimentación pudo afectar su crecimiento y por tanto su tamaño final.

La ausencia de diferencias de tamaño entre ejemplares colonizadores de viviendas humanas y de ambientes silvestres ha sido demostrada en las especies *Triatoma brasiliensis*, *T. dimidiata* y *R. prolixus*, atribuyéndola a la falta de aislamiento y a un flujo

constante de ejemplares entre las distintas poblaciones (Borges *et al.*, 2005; Dumonteil *et al.*, 2007; Feliciangeli *et al.*, 2007). Para las comparaciones de esta Memoria de Título, considerando que los *T. infestans* silvestres fueron recolectados entre los años 2008 y 2009, y los de laboratorio corresponden a la generación cuarenta y ocho de ejemplares capturados en domicilios de la IV Región en 1960, la migración de ejemplares entre las distintas poblaciones no es una tesis válida.

Existen datos concretos en los que se ha constatado la colonización de ambientes domiciliarios por parte de especies silvestres de triatomíneos (Schofield *et al.*, 1999). El fenómeno inverso podría haber ocurrido en el caso de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo, es decir, ejemplares ahí encontrados podrían ser producto de la migración de *T. infestans* habitantes de viviendas humanas cercanas. Bajo este supuesto, una posible explicación a la ausencia de diferencias entre los ejemplares de los focos silvestres y los de laboratorio, es que el establecimiento de los *T. infestans* de Calera de Tango y Putaendo sea un proceso reciente, y por tanto, aún no se hayan producido cambios métricos evidentes como consecuencia de la interacción ambiental.

Al considerar los *T. infestans* de laboratorio y aquellos de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo, el análisis de componentes principales dio como resultado la agrupación de las tres poblaciones en una misma zona del plano cartesiano, observándose la superposición de las nubes que representan los tres grupos (Fig. N° 9). Al igual que al comparar las dos poblaciones silvestres, esta herramienta fue incapaz de separar a los ejemplares de las distintas poblaciones según su conformación. El análisis discriminante tampoco encontró diferencias significativas (Wilks' Lambda=0,9999; $p > 0,05$), y en el análisis de predicción los ejemplares clasificados correctamente no superaron el 41% para cada categoría (Tabla N° 4), porcentaje que se espera más alto en caso que se logre una buena discriminación entre los grupos.

Por el contrario, en Bolivia si ha sido posible detectar diferencias de conformación entre *T. infestans* silvestres y domésticos (Noireau *et al.*, 2000). También se han informado este tipo de discrepancias en las especies *Triatoma maculata*, *T. brasiliensis* y *T. dimidiata*, explicándolas muchas veces como consecuencias del aislamiento ecológico o

de la influencia geográfica, más que por el tipo de hábitat (Bustamante *et al.*, 2004; Borges *et al.*, 2005; Calderón *et al.*, 2005; Lehmann *et al.*, 2005; Mojica *et al.*, 2005). Por otro lado, la ausencia de diferencias de conformación entre poblaciones domiciliarias y silvestres podría deberse a la migración de los ejemplares entre las distintas poblaciones (Feliciangeli *et al.*, 2007).

Caro-Riaño *et al.* (2008) no encontró diferencias de forma (pero si de tamaño) entre *R. pallescens* criados en laboratorio simulando ambientes doméstico y silvestre, sugiriendo que dichos resultados son esperables puesto que la forma es una carácter más estable que el tamaño frente a las perturbaciones medioambientales.

Al ser la conformación un carácter menos influenciado por el ambiente, la ausencia de diferencias entre las poblaciones silvestres de Calera de Tango y Putaendo y los ejemplares de laboratorio puede ser indicativo de un origen común, tesis fundamentada también en los hallazgos de Cristi (2001), quién informó que *T. infestans* domésticos de las regiones de Coquimbo, de Valparaíso y Metropolitana no diferían significativamente en conformación ni tamaño.

En lo que respecta del análisis de la variación de la conformación en función del tamaño, informada con la técnica de placas delgadas o "thin plate", podemos decir que la variación uniforme y no uniforme de los ejemplares de cada lugar en relación a sus configuraciones consenso es mínima, tanto así, que para poder visualizarlas fue necesario amplificar las configuraciones de "landmarks" (individuos) diez veces. Esto permite concluir que los ejemplares de las distintas poblaciones son muy similares entre ellos, difieren muy poco (Figs. 11-16).

Cuando se comparan las configuraciones consenso de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio también se aprecian pequeñísimas diferencias, estableciéndose que, en promedio, los *T. infestans* de laboratorio tienen una cabeza levemente más angosta y los de Calera de Tango tienen una región postocular más corta y una región anteoocular más larga.

Aunque estas diferencias son posibles de observar, es importante recalcar que son tan pequeñas que llegan a ser despreciables, sobretodo considerando la ausencia de diferencias significativas de tamaño y conformación entre las distintas poblaciones analizadas.

Finalmente, se logró establecer que los *T. infestans* provenientes de los focos silvestres ubicados en Calera de Tango, Región Metropolitana, y Putaendo, Región de Valparaíso no difieren significativamente en tamaño ni conformación entre ellos, ni al ser comparados con ejemplares de la misma especie criados en condiciones de laboratorio. Y considerando que los ejemplares de laboratorio están bajo condiciones equivalentes a aquellos que habitan ambientes domésticos, se esperaría que la misma ausencia de diferencias se observara entre estos últimos y los silvestres.

VII. CONCLUSIONES

- No hay diferencias significativas de tamaño entre las poblaciones silvestres de Calera de Tango y Putaendo.
- No hay diferencias significativas de tamaño entre las poblaciones silvestres y la criada en condiciones de laboratorio.
- No existen diferencias de conformación entre las poblaciones de los focos silvestres de Calera de Tango y Putaendo.
- No existen diferencias de conformación entre las poblaciones silvestres y los ejemplares de laboratorio.
- La variación de conformación en relación al tamaño centroide de cada población fue mínima, despreciable.
- Existen mínimas variaciones de conformación en relación al tamaño entre las configuraciones consenso de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- **ACUÑA, M.** 2002. Vinchuca silvestre: ¿una amenaza latente? [en línea] Tecnovet 8: s.p.
<http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D9633%2526ISID%253D471,00.html> [consulta: 30-06-2009].
- **ADAMS, D. C.; ROHLK, F. J.; SLICE, D. E.** 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the "revolution". Ital. J. Zool. 71: 5-16.
- **ANCCA, J.; PINTO, J.; VEGA, S.; CÁCERES, A.; NÁQUIRA, C.** 2008. Características morfométricas, genéticas, alimenticias y vectoriales de *Panstrongylus herreri* procedentes de Jaén (Cajamarca) y Cajaruro (Amazonas), Perú. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública 25: 17-25.
- **APT, W.; HEITMANN, I.; JERCIC, M. I.; JOFRÉ, L.; MUÑOZ, P.; NOEMI, I.; SAN MARTÍN, A. M.; SAPUNAR, J.; TORRES, M.; ZULANTAY, I.** 2008. Guías Clínicas de la Enfermedad de Chagas. Comité de Parasitología, Departamento de Enfermedades Emergentes y Re-emergentes, MINSAL. Rev. Chil. Infect. 25: 189-389.
- **ATÍAS, A.** 1998a. Enfermedad de Chagas. **In:** Parasitología médica. Editorial Mediterráneo. Santiago, Chile. pp. 251-264.
- **ATÍAS, A.** 1998b. Triatomas, chinches y cucarachas. **In:** Parasitología médica. Editorial Mediterráneo. Santiago, Chile. pp. 476-483.
- **AVENDAÑO, F.** 2008. Estructura espacial de *Triatoma maculata* de la Parroquia Xaguas (Estado Lara) usando morfometría geométrica. Trabajo Especial de Grado Licenciada en Biología. Mérida, Venezuela. Fac. de Ciencias, U. de los Andes. 69 p.
- **BACIGALUPO, A.; SEGURA, J. A.; GARCÍA, A.; HIDALGO, J.; GALUPPO, S.; CATTAN, P. E.** 2006. Primer hallazgo de vectores de la enfermedad de Chagas asociados a matorrales silvestres en la Región Metropolitana, Chile. Rev. Méd. Chile 134: 1230-1236.

- **BACIGALUPO, A.; TORRES-PÉREZ, F.; SEGOVIA, V.; GARCÍA, A.; CORREA, J. P.; MORENO, L.; ARROYO, P.; CATTAN, P. E.** 2010. Sylvatic foci of the Chagas disease vector *Triatoma infestans* in Chile: Description of a new focus and challenges for control programs. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, en prensa.

- **BOOKSTEIN, F.** 1990. Introduction to methods for landmark data. **In:** Rohlf, F.; Bookstein, F. Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshops. The University of Michigan Museum of Zoology. Special publication N°2. Ann Arbor, Estados Unidos. pp. 215-225.

- **BORGES, E.; DUJARDIN, J. P.; SCHOFIELD, C. J.; ROMANHA, A.; DIOTAIUTI, L.** 2005. Dynamics between sylvatic, peridomestic and domestic populations of *Triatoma brasiliensis* (Hemiptera: Reduviidae) in Ceará State, Northeastern Brazil. Acta Trop. 93: 119-126.

- **BREWER, M.; GARAY, M.; GORLA, D.; MURUA, F.; FAVOT, R.** 1981. Caracterización de los estadios ninfales del género *Triatoma* Laporte 1833. I, *Triatoma infestans* Klug, 1834 (Hemiptera, Reduviidae). Rev. Soc. Ent. Arg. 40: 91-102.

- **BUSTAMANTE, D. M.; MONROY, C.; MENES, M.; RODAS, A.; SALAZAR-SCHETTINO, P. M.; ROJAS, G.; PINTO, N.; GUHL, F.; DUJARDIN, J. P.** 2004. Metric variation among geographic populations of the Chagas vector *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) and related species. J. Med. Entomol. 41: 296-301.

- **CALDERÓN, G.; JUÁREZ, M. P.; MONROY, M. C.; MENES, M.; BUSTAMANTE, D. M.; MIJAILOVSKY, S.** 2005. Intraspecific variability in *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae) populations from Guatemala based on chemical and morphometric analyses. J. Med. Entomol. 42: 29-35.

- **CANALS, M.; EHRENFELD, M.; SOLIS, R.; CRUZAT, L.; PINOCHET, A.; TAPIA, C.; CATTAN, P. E.** 1998. Biología comparada de *M. spinolai* en condiciones de laboratorio y terreno: cinco años de estudio. Parasitol. al Día 22: 72-78.

- **CARO-RIAÑO, H.; JARAMILLO, N.; DUJARDIN, J. P.** 2009. Growth changes in *Rhodnius pallescens* under simulated domestic and sylvatic conditions. Infect. Genet. Evol. 9: 162-168.

- **CRISTI, D.** 2001. Caracterización fenotípica por medio de morfometría geométrica de las alas de *Triatoma infestans* en el área endémica de la enfermedad de Chagas en Chile. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias, U. Chile. 115 p.

- **DEL PONTE, E.** 1958. Orden hemiptera. **In:** Manual de entomología médica y veterinaria argentinas. Ediciones Librería del Colegio. Buenos Aires, Argentina. pp 84-102.

- **DUJARDIN, J. P.; BERMUDEZ, H.; SCHOFIELD, C. J.** 1997. The use of morphometrics in entomological surveillance of sylvatic foci of *Triatoma infestans* in Bolivia. Acta Trop. 66: 145-153.

- **DUJARIN, J. P.; STEINDEL, M.; CHAVEZ, T.; MACHANE, M.; SCHOFIELD, C. J.** 1999. Changes in the sexual dimorphism of Triatominae in the transition from natural to artificial habitats. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 94: 565-569.

- **DUJARDIN, J. P.** 2001. Introducción a la morfometría con énfasis en Triatominae y Phlebotominae [en línea] <<http://www.mpl.ird.fr/morphometrics/>> [consulta: 13-05-2009].

- **DUJARDIN, J. P.; BEARD, C. ; RYCKMAN, R.** 2007. The relevance of wing geometry in entomological surveillance of Triatominae, vectors of Chagas disease. Infect. Genet. Evol. 7: 161-167.

- **DUJARDIN, J. P.; SLICE, D.** 2007. Contributions of morphometrics to medical entomology. **In:** Tibayrenc, M. Encyclopedia of infectious diseases: Modern methodologies. Wiley-Liss. Nueva Jersey, Estados Unidos. pp. 435-448.

- **DUJARDIN, J. P.** 2008. Morphometrics applied to medical entomology. Infect. Genet. Evol. 8: 875-890.

- **DUJARDIN, J. P.; COSTA, J.; BUSTAMANTE, D.; JARAMILLO, N.; CATALÁ, S.** 2009, Deciphering morphology in Triatominae: The evolutionary signals. Acta Trop. 110: 101-111.

- **DUMONTEIL, E.; TRIPET, F.; RAMIREZ-SIERRA, M. J.; PAYET, V.; LANZARO, G.; MENU, F.** 2007. Assessment of *Triatoma dimidiata* dispersal in the Yucatan peninsula of Mexico by morphometry and microsatellite markers. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 76: 930-937.

- **FELICIANGELI, M.; SANCHEZ-MARTIN, M.; MARRERO, R.; DAVIES, C.; DUJARDIN, J. P.** 2007. Morphometric evidence for a possible role of *Rhodnius prolixus* from palm trees in house re-infestation in the State of Barinas (Venezuela). *Acta Trop.* 101: 169-177.

- **JARAMILLO, N.; CASTILLO, D.; WOLFF, M.** 2002a. Geometric morphometric differences between *Panstrongylus geniculatus* from field and laboratory. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 97: 667-673.

- **JARAMILLO, N.; CALLE, D.; CARO-RIAÑO, H.; CALLE, J.; ORTEGA-BARRÍA, E.** 2002b. Diferencias morfométricas asociadas a la distribución geográfica de *Rhodnius pallescens* provenientes de siete localidades de Colombia y Panamá. **In:** Taller técnico de estudio sobre *Rhodnius pallescens*, su vigilancia y control. Panamá, Panamá. 16-17 septiembre 2002. Organización Panamericana de la Salud pp. 15-22.

- **KETTLE, D. S.** 1990. Insects and Acarines of Medical and Veterinary Importance. **In:** Medical and Veterinary Entomology. CAB International. Oxfordshire, Inglaterra. pp 99-448.

- **LEHMANN, P.; ORDOÑEZ, R.; OJEDA-BARANDA, R.; MENDEZ DE LIRA, J.; HIDALGO-SOSA, L.; MONROY, C.; RAMSEY, J. M.** 2005. Morphometric analysis of *Triatoma dimidiata* populations (Reduviidae: Triatominae) from Mexico and northern Guatemala. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 100: 477-482.

- **LÓPEZ, E.; ACOSTA, N.; GONZÁLES, N.; FERNÁNDEZ, M. J.; FERREIRA, E.; ROJAS DE ARIAS, A.** 2002. Diferencias morfométricas en poblaciones de *Triatoma infestans* provenientes de las regiones oriental y occidental del Paraguay. *Mem. Inst. Invest. Cienc. Salud* 1:35-38.

- **LORCA, M.; GARCÍA, A.; BAHAMONDE, M.; FRITZ, A.; TASSARA, R.** 2001. Certificación serológica de la interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en Chile. *Rev. Méd. Chile* 129: 264-269.

- **MOJICA, M. T.; AGUILERA, G.; PINTO, N.; GUHL, F.** 2005. Morfometría geométrica aplicada a *Rhodnius prolixus*, *Triatoma dimidiata* y *Triatoma maculata*. **In:** VI reunión de la Iniciativa Andina para el control de la Enfermedad de Chagas. Bogotá, Colombia. 2-6 mayo 2005. U. de los Andes, Fac. de Ciencias – Centro de Investigaciones en Microbiología y Parasitología Tropical (CIMPAT). pp. 312-336.

- **MONCAYO, A.** 1999. Progreso en la interrupción de la transmisión de la enfermedad de Chagas en los países del Cono Sur. **In:** Problemática de la enfermedad de Chagas. Buenos Aires, Argentina. 19-20 abril 1999. Academia Nacional de Medicina. pp. 120-124.

- **NOIREAU, F.; BASTRENTA, B.; CATALÁ, S.; DUJARDIN, J.P.; PANZERA, F.; TORRES, M.; PEREZ, R.; GALVÃO C.; JURBERG, J.** 2000. Sylvatic population of *Triatoma infestans* from the Bolivian Chaco: from field collection to characterization. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 95: 119-122.

- **NOIREAU, F.; ABAD-FRANCH, F.; VALENTE, S.; DIAS-LIMA, A.; LOPES, C. M.; CUNHA, V.; VALENTE, V. C.; PALOMEQUE, F. S.; DE CARVALHO-PINTO, C. J.; SHERLOCK, I.; AGUILAR, M.; STEINDEL, M.; GRISARD, E. C.; JURBERG, J.** 2002. Trapping Triatominae in silvatic habitats. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 97: 61-63.

- **NOIREAU, F.** 2009. Wild *Triatoma infestans*, a potencial threat that needs to be monitored. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 104: 60-64.

- **PUEBLA, M.** 2009. Caracterización morfológica mediante morfometría geométrica de cabezas de imagos y estadios ninfales IV y V de *Triatoma infestans* en condiciones de laboratorio. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias, U. Chile. 74 p.

- **RODRÍGUEZ, J.; FUENTES, O.; NODARSE, J.; MONZOTE, L.; DUJARDIN, J. P.** 2007. Morphometric changes of *Triatoma flavida* Neiva, 1911 (Hemiptera: Triatominae) in the transition from sylvatic to laboratory conditions. Rev. Inst. Med. trop. 49: 127-130.

- **ROHLF, F.** 2008a. Thin-plate spline digitizer version 2.12. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York. <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>> [consulta: 16-11-2009].

- **ROHLF, F.** 2008b. Thin-plate spline relative warps version 1.46. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York. <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>> [consulta: 16-11-2009].

- **ROHLF, F.** 2009. Thin-plate spline regression version 1.36. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York. <<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>> [consulta: 16-11-2009].

- **SCHACHTER-BROIDE, J.; DUJARDIN, J. P.; KITRON, U.; GÜRTLER, R.** 2004. Spatial structuring of *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae) populations from northwestern Argentina using wing geometric morphometry. J. Med. Entomol. 41: 643-649.

- **SCHOFIELD, C. J.; DIOTAIUTI, L.; DUJARDIN, J. P.** 1999. The process of domestication in Triatominae. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 94: 375-378.

- **VIVANCO, M.** 1999. Análisis estadístico multivariable: teoría y práctica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp 234.

- **ZELDITCH, M.; SWIDERSKI, D.; SHEETS, H.; FINK, W.** 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Elsevier. Nueva York, Estados Unidos. pp 444.

- **ZULANTAY, I.; BOZÁN, F.; SALAS, C.; ZILLERUELO, N.; OSUNA, A.; GIL, L. C.; RODRÍGUEZ, J.; ROJAS, A.; EGEA, J. L.; APT, W.** 2004. Enfermedad de Chagas crónica. Ausencia de *Triatoma infestans* intradomiciliario y persistencia de *Trypanosoma cruzi* circulante post-terapia. Parasitol. Latinoam. 59: 93-98.

IX. FIGURAS Y TABLAS

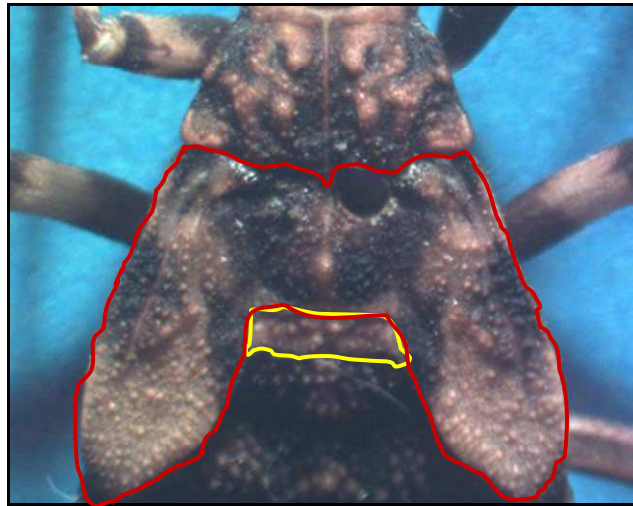


Fig. N° 1. Tórax de ninfa de estadio V de *Triatoma infestans* donde se observan las pterotecas mesonotales (delimitadas por línea de color rojo) cubriendo totalmente a las metanotales (delimitadas por línea de color amarillo).

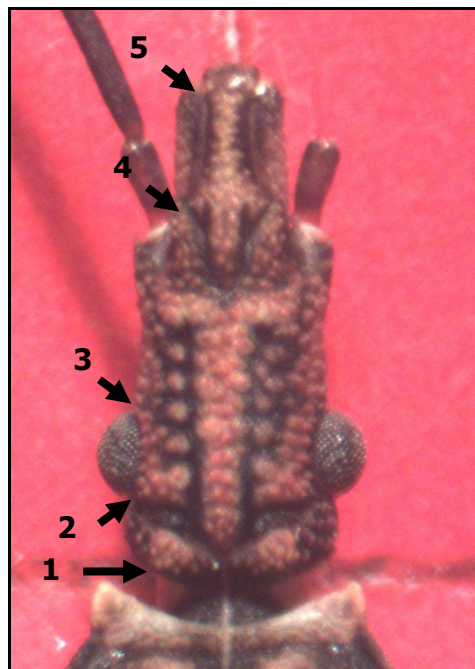
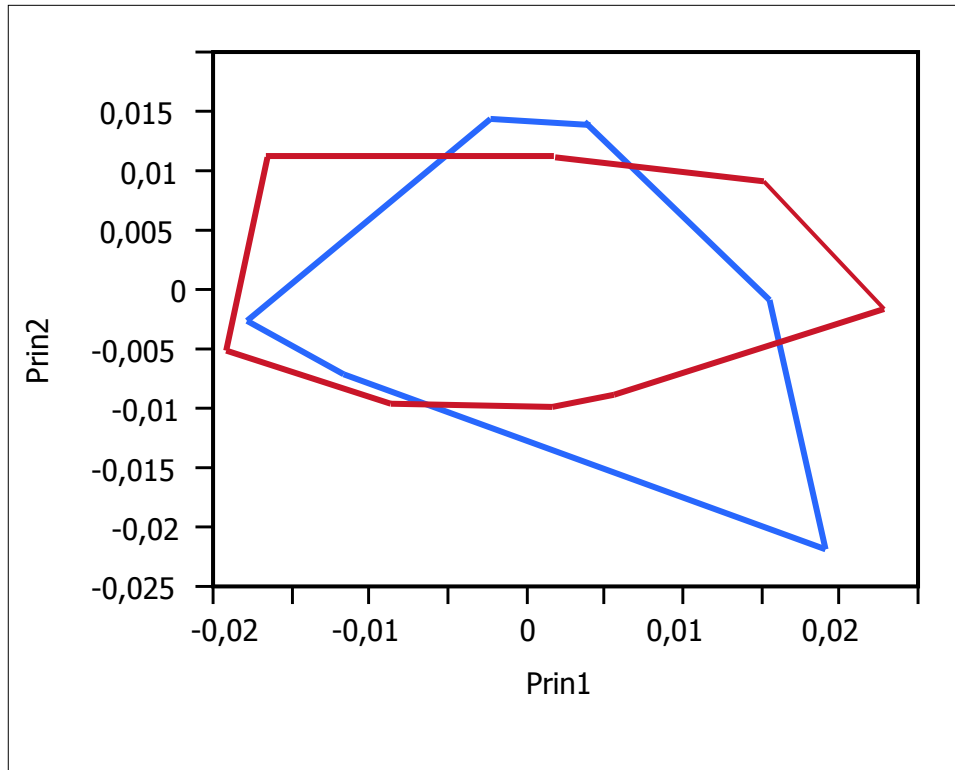


Fig. N° 2. Cabeza de ninfa de estadio V de *Triatoma infestans*. Las flechas indican la ubicación de los cinco "landmarks", los que se enumeran desde el cuello a la probóscide.



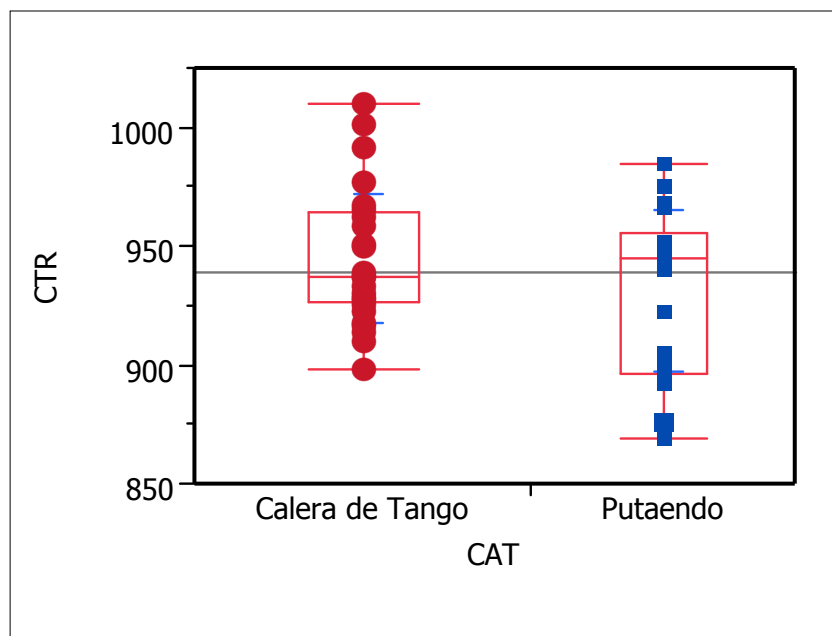
Prin1: Componente Principal 1
 Prin2: Componente Principal 2

● Calera de Tango
 ● Putaendo

Figura N° 3. Análisis de componentes principales de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango y Putaendo.

Tabla N° 1. Análisis de predicción de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango y Putaendo.

		Predicción		
Procedencia	Número %	Calera de Tango	Putaendo	Total
	Calera de Tango	14 50,00	14 50,00	28
	Putaendo	9 40,91	13 59,09	22
	Total	23	27	50



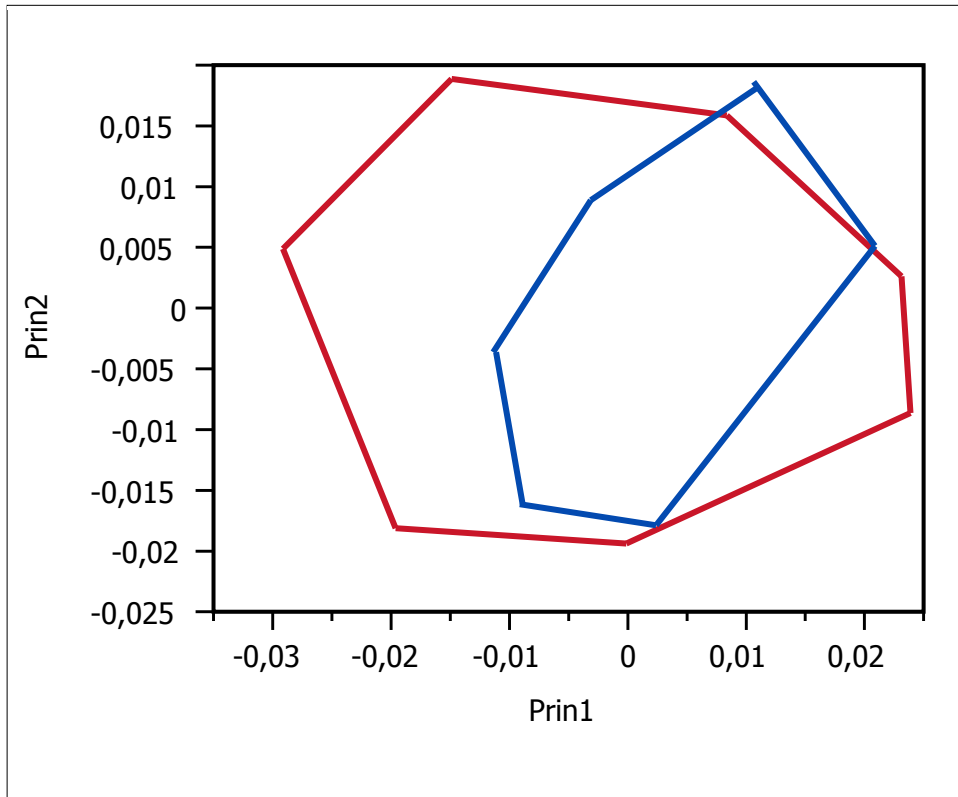
CTR: centroide

CAT: categoría

● Calera de Tango

■ Putaendo

Figura N° 4. Análisis de tamaño isométrico de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango y Putaendo.



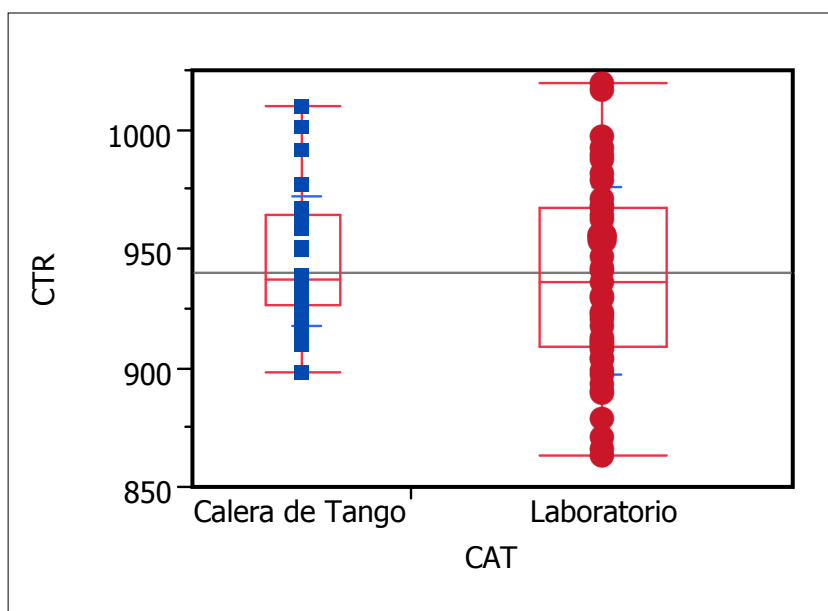
Prin1: Componente Principal 1
 Prin2: Componente Principal 2

● Calera de Tango
 ● Laboratorio

Figura N° 5. Análisis de componentes principales de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango y laboratorio.

Tabla N° 2. Análisis de predicción de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango y laboratorio.

		Predicción		
Procedencia	Número %	Calera de Tango	Laboratorio	Total
	Calera de Tango	16 57,14	12 42,86	28
	Laboratorio	25 51,02	24 48,98	49
	Total	41	36	50



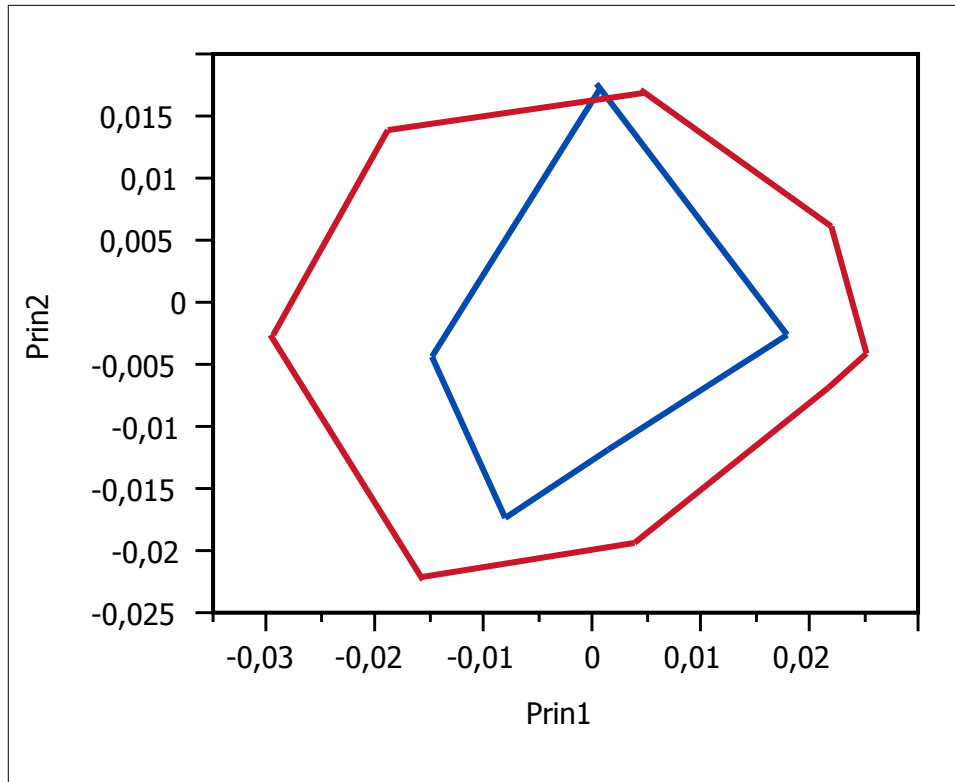
CTR: centroide

■ Calera de Tango

CAT: categoría

● Laboratorio

Figura N° 6. Análisis de tamaño isométrico de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango y laboratorio.



Prin1: Componente Principal 1

● Putaendo

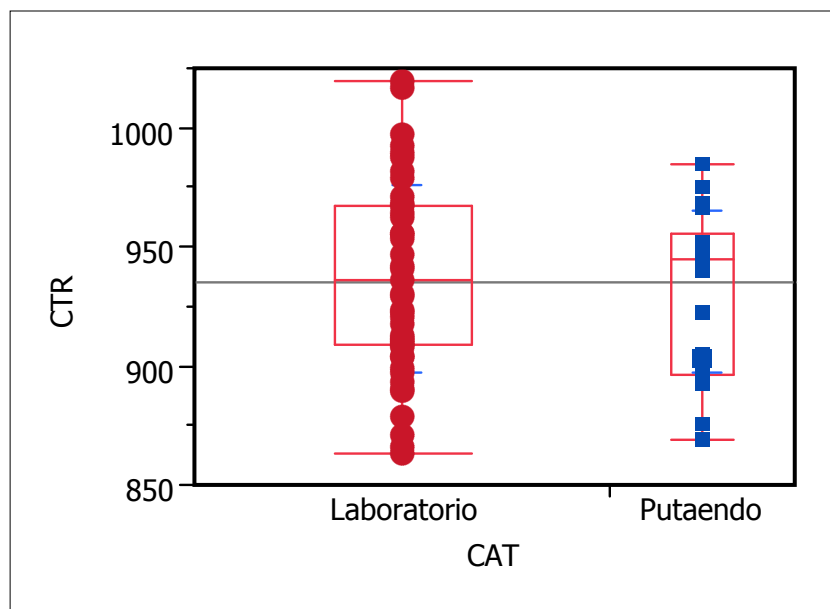
Prin2: Componente Principal 2

● Laboratorio

Figura N° 7. Análisis de componentes principales de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Putaendo y laboratorio.

Tabla N° 3. Análisis de predicción de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Putaendo y laboratorio.

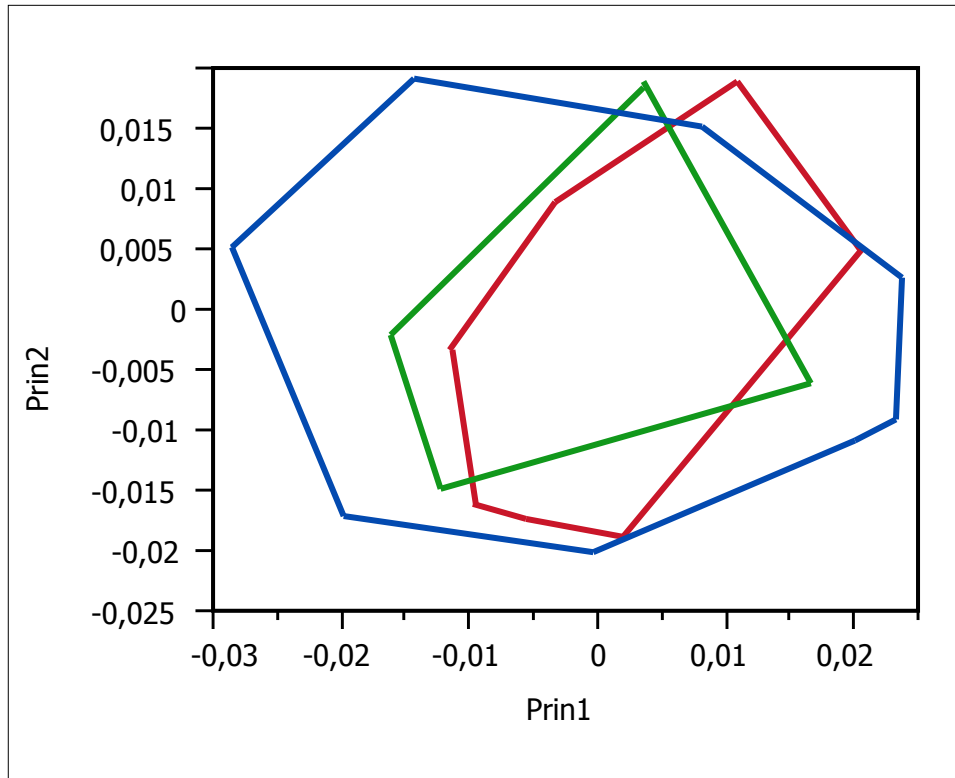
		Predicción		
Procedencia	Número %	Putaendo	Laboratorio	Total
	Putaendo	11 50,00	11 50,00	22
	Laboratorio	23 46,94	26 53,06	49
	Total	34	37	71



CTR: centroide
CAT: categoría

● Laboratorio
■ Putaendo

Figura N° 8. Análisis de tamaño isométrico de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Putaendo y laboratorio.



Prin1: Componente Principal 1

Prin2: Componente Principal 2

● Calera de Tango

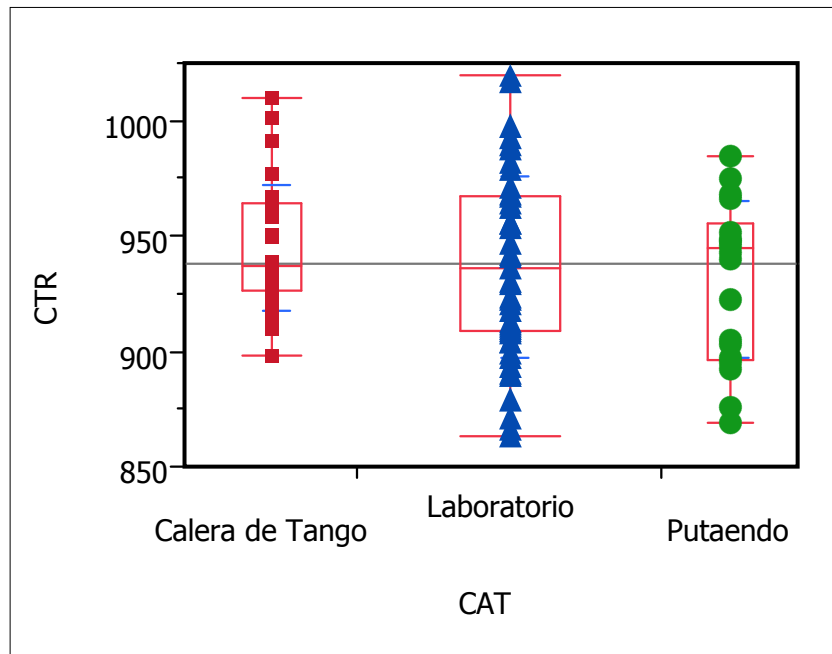
● Laboratorio

● Putaendo

Figura N° 9. Análisis de componentes principales de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio.

Tabla N° 4. Análisis de predicción de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio.

		Predicción			
Procedencia	Número %	Calera de Tango	Laboratorio	Putando	Total
	Calera de Tango	11 39,29	10 35,71	7 25,00	28
	Laboratorio	16 32,65	14 28,57	19 38,78	49
	Putando	5 22,73	8 36,36	9 40,91	22
	Total	32	32	35	99



CTR: centroide

CAT: categoría

■ Calera de Tango

▲ Laboratorio

● Putaendo

Figura N° 10. Análisis de tamaño isométrico de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* provenientes de Calera de Tango, Putaendo y laboratorio.

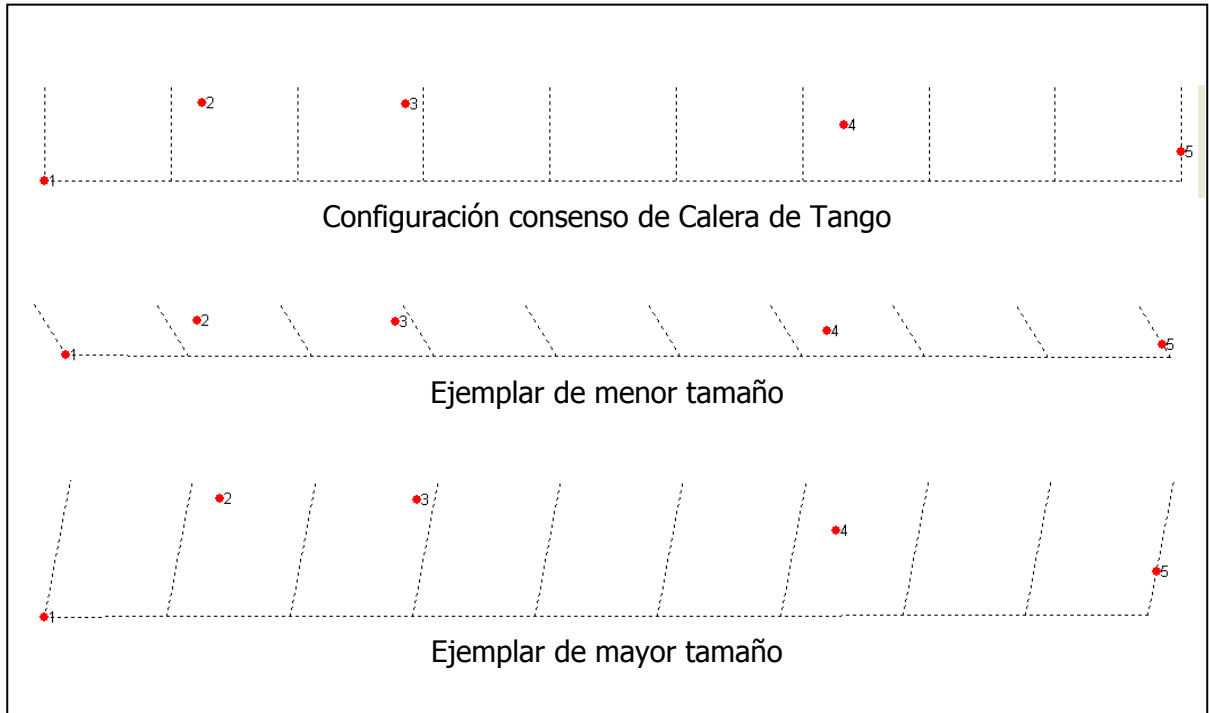


Figura N° 11. Análisis de variación uniforme de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* de Calera de Tango. Se observa la configuración consenso y las variaciones de los ejemplares de menor y mayor tamaño amplificadas 10 veces. Los puntos rojos representan los cinco "landmarks" enumerados desde el cuello a la probóscide.

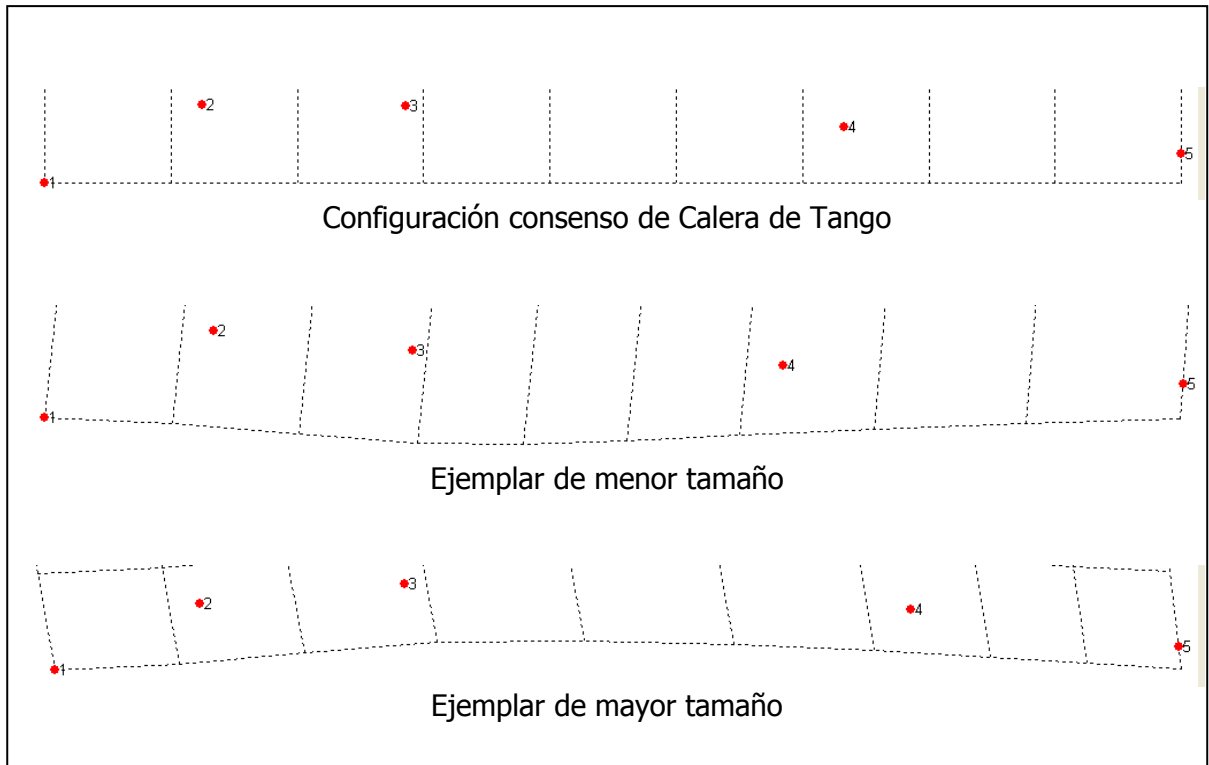


Figura Nº 12. Análisis de variación no uniforme de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* de Calera de Tango. Se observa la configuración consenso y las variaciones de los ejemplares de menor y mayor tamaño amplificadas 10 veces. Los puntos rojos representan los cinco "landmarks" enumerados desde el cuello a la probóscide.

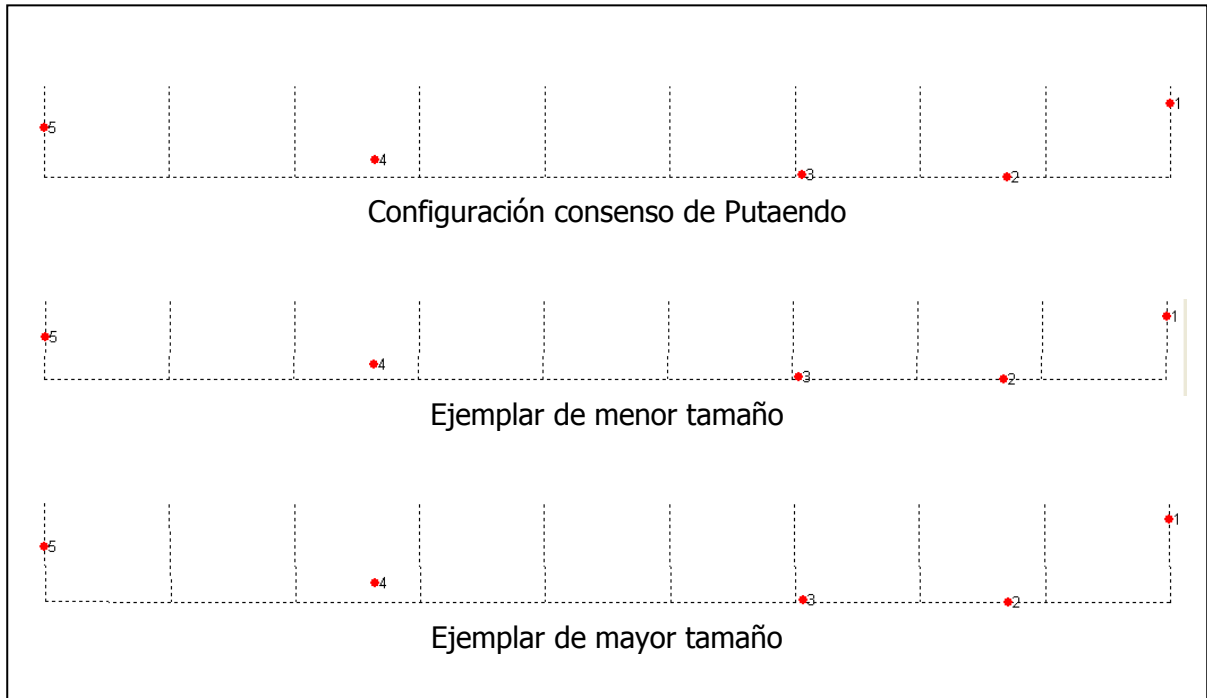


Figura N° 13. Análisis de variación uniforme de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* de Putaendo. Se observa la configuración consenso y las variaciones de los ejemplares de menor y mayor tamaño amplificadas 10 veces. Los puntos rojos representan los cinco "landmarks" enumerados desde el cuello a la probóscide.

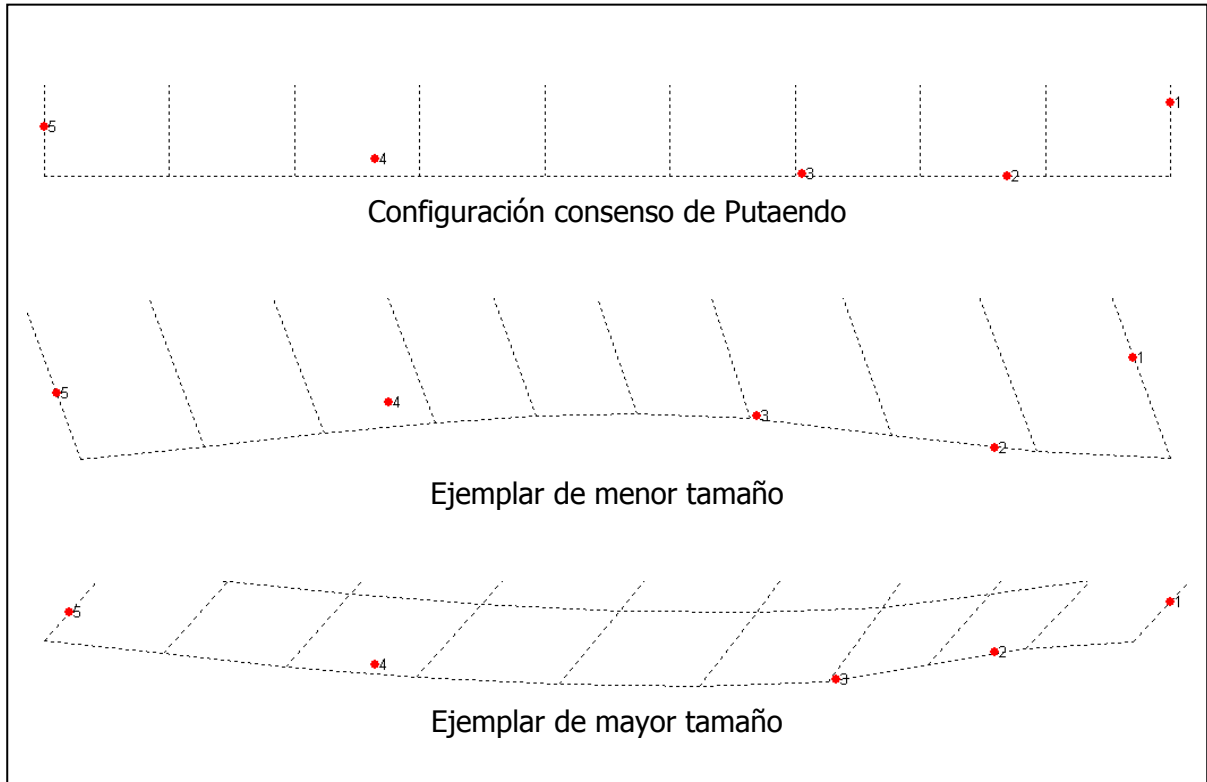


Figura N° 14. Análisis de variación no uniforme de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* de Putaendo. Se observa la configuración consenso y las variaciones de los ejemplares de menor y mayor tamaño amplificadas 10 veces. Los puntos rojos representan los cinco "landmarks" enumerados desde el cuello a la probóscide.

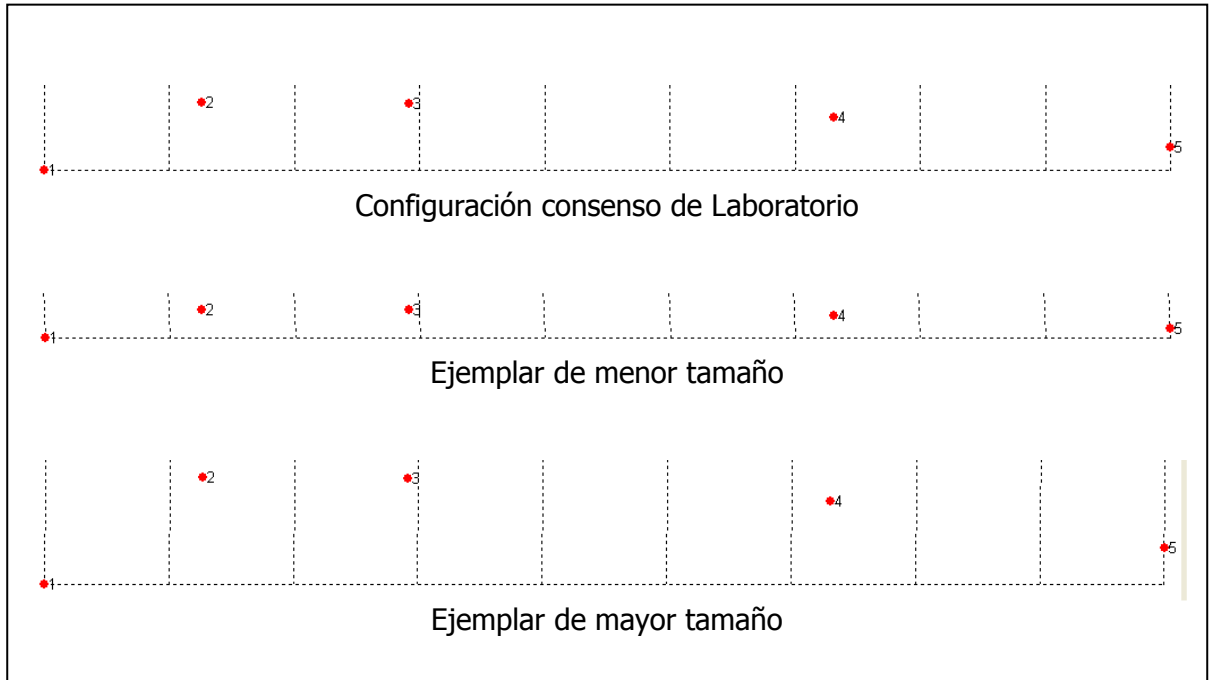


Figura N° 15. Análisis de variación uniforme de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* de laboratorio. Se observa la configuración consenso y las variaciones de los ejemplares de menor y mayor tamaño amplificadas 10 veces. Los puntos rojos representan los cinco "landmarks" enumerados desde el cuello a la probóscide.

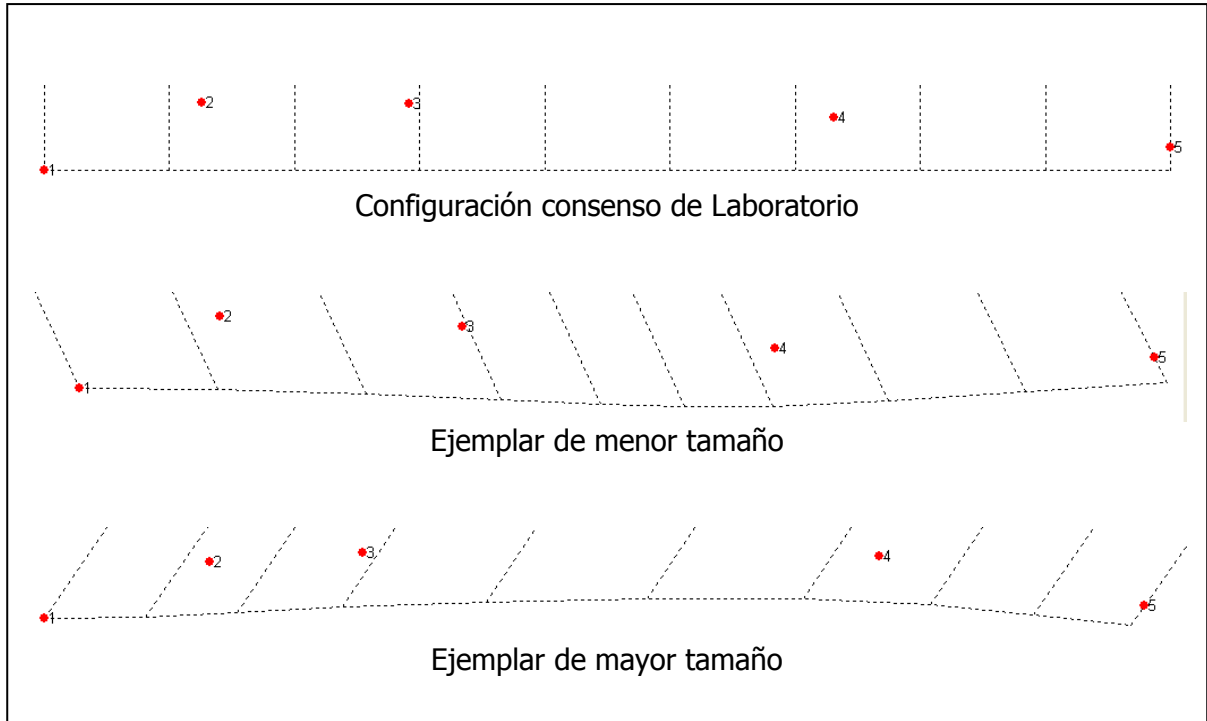


Figura N° 16. Análisis de variación no uniforme de cabezas de ninfas de estadio V de *Triatoma infestans* de laboratorio. Se observa la configuración consenso y las variaciones de los ejemplares de menor y mayor tamaño amplificadas 10 veces. Los puntos rojos representan los cinco "landmarks" enumerados desde el cuello a la probóscide.