

Evaluación de la estructura espacial de *Triatoma maculata* del centro-occidente de Venezuela y su viabilidad alimentado con sangre humana en condiciones de laboratorio

Keila Torres¹, Francys Avendaño-Rangel¹, Eliécer Lizano¹, María Rojas², Claudina Rodríguez-Bonfante², Rafael Bonfante-Cabarcas², Elis Aldana¹

¹ Laboratorio de Entomología "Herman Lent", Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, República Bolivariana de Venezuela.

² Decanato de Medicina, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, República Bolivariana de Venezuela

Lugar donde se realizó el trabajo: Laboratorio de Entomología "Herman Lent", Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, República Bolivariana de Venezuela

Introducción. Dado el reiterado hallazgo de adultos y formas inmaduras de *Triatoma maculata* capturados en domicilios y peridomicilios en la localidad de Xaguas (Venezuela), se analizó la viabilidad de una colonia de laboratorio de esta especie alimentada con sangre humana y su estructura espacial.

Objetivos. Analizar la viabilidad del ciclo de *T. maculata* alimentado con sangre humana en condiciones de laboratorio y caracterizar la estructura espacial de una población de *T. maculata* proveniente de ambientes domiciliarios y peridomiciliarios del centro-occidente de Venezuela.

Materiales y métodos. La alimentación con sangre humana se llevó a cabo en lotes por estadio, utilizando un alimentador artificial, y la estructura espacial de los insectos por sexo y ambiente fue analizada mediante morfometría geométrica.

Resultados. Los hallazgos fueron: fecundidad promedio, 27,70 huevos/hembra/vida, tiempo promedio de postura de huevos, 32,74 días, y longevidad promedio de la hembra, 39,15 días; el mayor tiempo en V estadio fue de 45,9 días y el menor en I estadio, 18,41 días; la mayor mortalidad fue de 77,78% y el menor porcentaje de muda en V estadio, de 22,23%.

No se encontraron diferencias en el tamaño de alas y cabezas; sí se encontraron diferencias de conformación entre las cabezas de un mismo sexo de diferentes hábitats; sólo se encontraron diferencias de conformación de alas entre los machos del domicilio y peridomicilio.

Conclusiones. *T. maculata* de la localidad de Xaguas podría encontrarse en un estado de adaptación al domicilio con fuentes sanguíneas diferentes al humano y en un estado incipiente de adaptación al domicilio con la sangre humana como fuente de alimentación.

Palabras clave: *Triatoma*, adaptación biológica, caracteres sexuales, supervivencia, reproducción, enfermedad de Chagas.

Viability and spatial structuring in a *Triatoma maculata* (Hemiptera: Reduviidae) laboratory colony fed with human blood

Introduction. Immature and adult forms of *Triatoma maculata* have been captured repeatedly in and around the homes in the town of Xaguas, Venezuela. Because of its potential as a Chagas disease vector, a study was undertaken to evaluate the effect of human blood feeding on the viability and spatial structuring of a laboratory colony of this species .

Objective. The effect of human blood feeding was determined for the viability of a *T. maculata* laboratory colony, as well as its spatial structuring.

Material and methods. Insects were fed with human blood on artificial feeder. Spatial structuring was undertaken by the generalized analysis of by geometric morphometry.

Results. The average fecundity of 27.7 eggs/female/lifetime was found, with a mean time to oviposition of 32.7 days, and a female longevity of 39.2 days. The longest inter-molt period was at the fifth nymphal stage (45.9 days), whereas the shortest was at 18.4 days, during the first nymphal stage. The highest mortality of nymphs was observed at the fifth nymphal stage (77.8%). The lowest molting percentage was observed in the fifth nymphal stage (22.2%). No differences in the size of wings and heads were detectable; although differences in the head shape of individuals of the same sex from different environments were noted. Wing-shape differences were found only between the males of peridomestic and domestic ecotopes.

Conclusions. *Triatoma maculata* may be entering human dwellings to feed on non-human animals, or alternatively, may be in an incipient state of adaptation to a domestic ecotope for feeding on human beings.

Key words: *Triatoma*; adaptation, biological; sex characteristics, survival, reproduction, Chagas disease.

En Venezuela, la prevalencia de la enfermedad de Chagas ha disminuido desde 45%, aproximadamente, en los años 50, a menos del 10% en la década del 90, principalmente, gracias a la aplicación de insecticidas y el mejoramiento de las viviendas. Lara fue el segundo estado con mayor tasa de prevalencia para el período de 1992-2000 (15,8%). Durante el 2000, el índice de seroprevalencia nacional fue de 8,3%, con una mayor cantidad de casos en las regiones occidental y central; el índice de seroprevalencia en los niños menores de 10 años, que para los años 96 al 99 se mantenía por debajo de 1%, aumentó a 1% en el 2000 (1).

La transmisión vectorial es la principal vía de infección en Venezuela (2). Las especies de triatomíneos que se han considerado epidemiológicamente importantes, aunque en grados diferentes, son: *Rhodnius prolixus*, *Triatoma maculata* y *Panstrongylus geniculatus* (3-5).

T. maculata ha sido considerado como un vector secundario de la enfermedad de Chagas en Venezuela, se ha hallado infectado por *Trypanosoma cruzi* naturalmente, se encuentra adaptado a hábitats peridomiciliarios y silvestres, principalmente ornitófaga, asociado con gallinas y palomas y raramente se alimenta del hombre (6-9). Para 1992, en Venezuela, *T. maculata* se encontraba en un área de 613.084,2 km² (67%) del territorio nacional, con una población en riesgo de 12'717.594 (72%) habitantes (10).

La localidad de Xaguas se caracteriza por presentar viviendas aisladas unas de otras y rodeadas por vegetación silvestre tipo espinar (5); en dicha localidad se tomó una muestra de 545 triatomíneos en cinco sectores, y se encontró que 97,98% eran *T. maculata*, con índices vectoriales de infección de 0,36%; infestación, 16,4%; colonización, 39,1%;

coinfestación, 8,6%, y dispersión, 100% (número de sectores positivos a triatomíneos del total de los muestreados). Por todo esto, se concluye que *T. maculata* es un vector predominante en la región, con capacidad de infestar y colonizar el domicilio y, por ello, es probable que esté involucrado en la transmisión de la enfermedad de Chagas en dicha localidad (5).

En triatomíneos se ha propuesto el uso de marcadores como el tamaño de las alas y las cabezas para discriminar entre poblaciones silvestres y de ambientes domiciliarios (8,11-16). La detección de la reducción del tamaño y del dimorfismo sexual podrían constituir marcadores de adaptación de estos insectos al domicilio (13). Por otra parte, el tamaño y la conformación de las alas han revelado ser de interés en los estudios de estructura espacial a escala microgeográfica de *T. infestans* (17).

Por lo tanto, este trabajo se propuso evaluar la supervivencia y reproducción de *T. maculata* en condiciones de laboratorio, alimentado con sangre humana, a partir de una colonia fundada con individuos procedentes de la localidad de Xaguas, y analizar, mediante morfometría geométrica de cabezas y alas, la estructura espacial de *T. maculata* por sexo y hábitat (domicilio y peridomicilio). El estudio de estos aspectos biológicos podría dar cuenta de la adaptación de *T. maculata* al domicilio y del potencial riesgo para la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en el área de estudio.

Materiales y métodos

Área de estudio

La localidad Xaguas, del estado Lara, Venezuela, está ubicada a una latitud N 10°37'10", una longitud O 69°58'58" y a una altitud de 395 metros sobre el nivel del mar. Esta zona presenta un clima continental estacional y temperaturas medias anuales que se encuentran entre un mínimo de 27°C y un un máximo de 39°C, con suelos xerosoles, pluviosidad en 4 años de 527,8 mm y una vegetación de tipo espinar (5).

Las principales actividades humanas de esta región son la cría de cabras (existen alrededor de

Correspondencia:

Elis Aldana, Laboratorio de Entomología "Herman Lent", Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Núcleo Pedro Rincón Gutiérrez, edificio A, La Hechicera, Mérida 5101, República Bolivariana de Venezuela. Teléfono: (+58) 274 240 1312; fax: (+58) 274 240 1293. aldana@ula.ve.

Recibido: 03/04/09; aceptado:29/09/09

100.000 cabras, los cuales son criadas libres en el medio silvestre), la agricultura, y los cultivos más frecuentes son el melón, la cebolla, el sorgo, el pimentón y la sábila. La localidad Xaguas cuenta con una población de 3.116 habitantes, con 42,7% menores de 15 años de edad (5).

Material biológico

Para establecer la colonia de *T. maculata*, los especímenes (huevos, ninfas y adultos) fueron recolectados en domicilios y peridomicilios, de abril a septiembre de 2007 y en mayo de 2008. En el laboratorio, las condiciones de cría fueron de 28°C de temperatura y 50% de humedad relativa, 12 horas luz y 12 horas oscuridad, y se alimentaron sobre gallina cada 15 días. La alimentación con gallina fue para asegurar el establecimiento de la colonia, y obtenerse así el material entomológico suficiente para el estudio.

Los insectos utilizados en los análisis morfométricos fueron recolectados sistemáticamente en domicilios y peridomicilios, de forma activa por personal capacitado, y pasiva por los habitantes de la comunidad. Por peridomicilio se consideró la zona alrededor del domicilio, en la cual se encontraban corrales de chivos y gallineros. Se capturaron 103 machos y 70 hembras en el peridomicilio, y 51 machos y 35 hembras en el domicilio.

Evaluación de la supervivencia y la reproducción de *T. maculata* con sangre humana

Se tomaron de la segunda generación de la colonia, grupos de, al menos, 40 individuos de cada estadio y se mantuvieron en viales separados de 100 ml. Cada grupo fue alimentado por separado sobre gallina; las ninfas I y II fueron alimentadas una vez y las ninfas III, IV y V fueron alimentadas semanalmente durante dos o tres semanas, para obtener los correspondientes lotes de insectos del siguiente estadio, los cuales se mantuvieron en un máximo de 20 individuos por viales de 100 ml.

La alimentación con sangre humana se hizo mediante un sistema de alimentación artificial (18). La sangre se obtuvo por punción venosa de un sujeto masculino joven, fue anticoagulada con citrato de sodio al 0,36% y ofrecida a los insectos a una temperatura de 36°C. Se ofertaron dos alimentaciones a las ninfas I, II y III, y tres a las ninfas IV y V cada nueve días. Antes de la primera oferta alimenticia, las ninfas se mantuvieron en ayunas durante dos a tres semanas contadas a partir de la fecha de muda del último estadio o de la eclosión en el caso de las ninfas de I estadio.

Este ayuno se mantuvo con el fin de asegurar que los insectos realizaran la ingestión de sangre. En todos los casos, sólo a los individuos que se alimentaron hasta la repleción en la primera oferta se les continuó ofreciendo la fuente alimenticia.

El tiempo de desarrollo de cada estadio se contó en días desde la fecha en que se realizó la primera ingestión de sangre hasta el día de muda al siguiente estadio. El porcentaje de muda se calculó como la fracción de individuos que mudaron al siguiente estadio del total de individuos que realizaron la ingestión hasta la repleción en la primera alimentación. La mortalidad en cada estadio se calculó como la fracción de individuos que murieron en un estadio dado, en relación con el total de individuos que realizaron la ingestión hasta repleción en la primera alimentación en dicho estadio.

En viales separados se colocaron 27 parejas de adultos vírgenes mantenidos en ayunas durante dos a tres semanas contadas a partir de la fecha de muda del V estadio y se alimentaron con sangre humana hasta la repleción en la primera oferta alimenticia. Las hembras y los machos vírgenes se obtuvieron separando las ninfas de V estadio por sexo, según la forma de los uroesternitos IX y X (figura 1). Se ofreció una segunda y última alimentación a los ocho días de haberse realizado la primera. Dada la variabilidad en la ingestión por los machos en las sucesivas ofertas alimenticias, se decidió hacer las parejas con machos alimentados sólo una vez y evitar así que interviniera una variable como podría ser la diferencia en la frecuencia alimentaria de los machos.

La fecundidad se calculó como el número promedio de huevos por hembra. La longevidad de las hembras se calculó como el tiempo promedio en días contados desde la fecha de formación de la pareja hasta la fecha de muerte de la hembra. El tiempo de postura de huevos se calculó como el tiempo promedio en días desde la fecha de formación de la pareja hasta el último día de ovipostura. Los registros se realizaron cada 24 horas. El tiempo de la primera postura se calculó como el tiempo promedio en días desde la fecha de formación de la pareja hasta el día en que se registró el primer huevo. La fertilidad se calculó como el porcentaje de huevos que eclosionaron del total de huevos puestos. El tiempo de desarrollo embrionario se calculó como el tiempo promedio en días desde la fecha de postura de huevos hasta la de eclosión, en una muestra de 288 huevos.

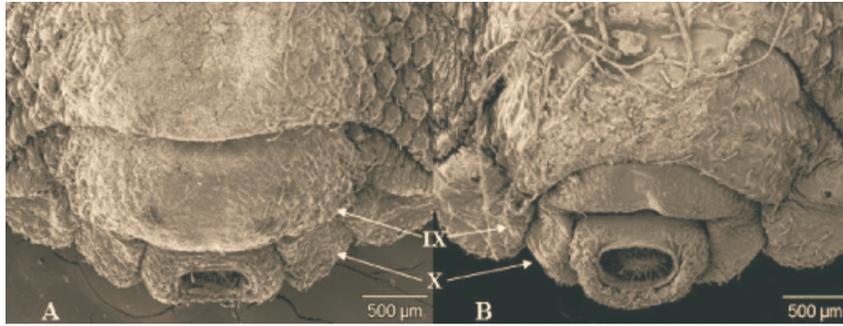


Figura 1. Uroesternito IX y X de las ninfas de estadio V de *Triatoma maculata* observados mediante microscopía electrónica de barrido: (A) hembra y (B) macho.

La evaluación de la supervivencia y la fecundidad se hizo en grupos de ninfas y adultos tomados por separado de la colonia de laboratorio y no por cohortes, dado que el interés es evaluar la viabilidad del ciclo biológico y no sus parámetros de población.

Análisis de *T. maculata* de Xaguas por morfometría geométrica

Se hizo la disección de alas y cabezas. Las alas se fijaron por el extremo proximal sobre una tira de papel blanco entre dos láminas portaobjeto, mientras que las cabezas fueron disecadas junto al pronoto, el cual se relleno con plastilina y se penetró por una aguja de jeringa para su manipulación.

La morfometría geométrica de alas y cabezas de *T. maculata* se realizó mediante el análisis generalizado de *procrustes*. Se usó el ala derecha de cada individuo para la toma de imágenes, utilizando una lupa estereoscópica con aumento de 5X, conectada a una cámara digital Kodak M883. Las imágenes de las cabezas consistían de un escaneo de los puntos anatómicos de referencia que se marcaron en una vista de perfil a un aumento de 12X con cámara clara. Se escogió la vista lateral de la cabeza sobre la dorsal, ya que se pudo observar que la pendiente del *postclípeo* de los ejemplares de *T. maculata* usados en este estudio, era menos pronunciada que la del *T. maculata* descrito por Lent y Wygodzinsky (19).

Se seleccionaron siete puntos anatómicos de referencia, tanto para las alas como para las cabezas, según las categorías de referencia de Bookstein (20): en las alas, los 1-4, 6 y 7 son de tipo 1 por localizarse en ellos la intersección de las nervaduras del ala y el 5 es de tipo 3 por ser el punto más distal del ala; en las cabezas, los 1, 4 y 7 son de tipo 1, ya que en estos puntos están las

intersecciones de las estructuras anatómicas cípeo-gena-labio y ocelo-región postocular, respectivamente; en el ojo-región posterior ventral de la cabeza, los 2, 3, 5 y 6 son de tipo 2, ya que en estos puntos se localizan los extremos de una curva (figura 2). Dichos puntos se digitalizaron utilizando el programa *tpsDig* versión 1.18 (21). Posteriormente, mediante el programa *MOG* versión 0.71 (22), se removió el tamaño isométrico y se crearon las variables de conformación mediante el análisis generalizado de *procrustes*.

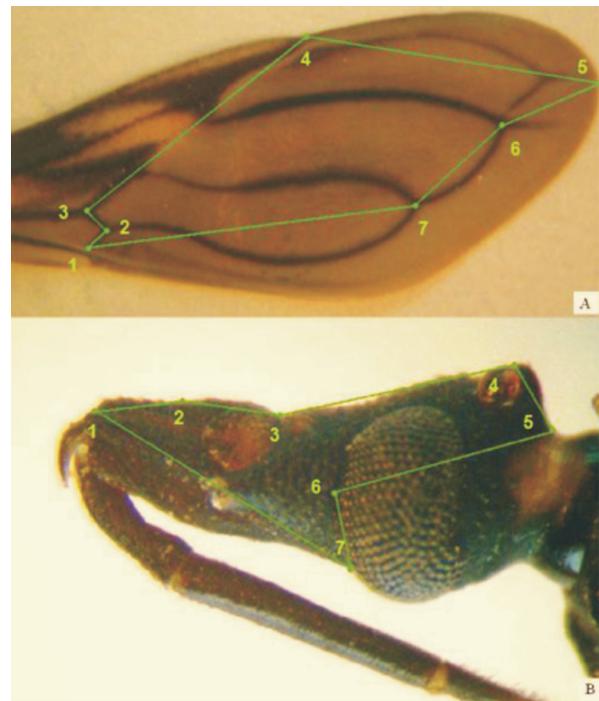


Figura 2. Puntos anatómicos de referencia seleccionados sobre el ala (A) y cabeza (B) de *Triatoma maculata*. La unión de los puntos genera la configuración geométrica analizada en el presente trabajo.

Se hizo directamente un análisis discriminante sobre las variables de conformación (*partial warps*); el análisis incluyó un análisis multivariado de varianza para evaluar la igualdad de las conformaciones medias. Se compararon los *T. maculata* de sexos diferentes de un mismo hábitat o un mismo sexo de hábitats diferentes. El análisis estadístico del tamaño y de la conformación se llevó a cabo con el programa *Past*, versión 1.64 (23).

Por último, se reconocieron los cambios de conformación que resultaron de los cambios de tamaño, es decir, la alometría, mediante el programa *Padwin* versión 82 (24). Los efectos alométricos se examinaron con este mismo programa, mediante análisis de regresión lineal simple, en el cual las variables de conformación actuaron como variables dependientes y, el tamaño y la localidad de procedencia de los triatominos, como variables independientes. Para el análisis del tamaño se empleó el estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis con corrección de Bonferroni. Se tomó como valor p 0,001.

Resultados

Estadios de ninfa

El mínimo y el máximo de los tiempos de desarrollo de los estadios fueron de 14 días en los estadios I y II, y 58 días en el estadio V. El tiempo de desarrollo promedio aumentó progresivamente desde el estadio I (18,4 días) hasta el estadio V (45,9 días), en tanto que el coeficiente de variación presentó el máximo valor en el estadio IV (0,22) y el mínimo valor en el estadio V (0,12). Por otra parte, el máximo y el mínimo de mortalidad se encontraron en el estadio V (77,78%) y en el estadio IV (12,23%), respectivamente, mientras que el porcentaje de muda fue mayor en el estadio IV (87,78%) y menor en el estadio V (22,23%) (cuadro 1). De las ninfas de estadio V que mudaron a adultos, 77,78% fueron machos.

Cuadro 1. Tiempos de estadios, tasa de mortalidad y porcentaje de muda de *Triatoma maculata* cuando es alimentada con sangre humana en condiciones de laboratorio.

Estadios (n)	Mínimo	Máximo	$\bar{X} \pm DE$	Coefficiente de variación	Mortalidad (%)	Muda (%)
I (31)	14	24	18,41 ± 2,76	0,15	45,17	54,84
II (37)	14	28	18,58 ± 3,56	0,19	35,14	64,87
III (48)	19	44	27,36 ± 4,27	0,16	31,25	68,75
IV (90)	16	42	27,87 ± 6,13	0,22	12,23	87,78
V (45)	38	58	45,9 ± 5,49	0,12	77,78	22,23

Fecundidad, supervivencia y longevidad

La fecundidad varió desde un mínimo de 3 hasta un máximo de 53 huevos/hembra/vida y una media de $27,70 \pm 15,26$ huevos/hembra/vida. El tiempo promedio de postura de huevos fue de $32,74 \pm 9,19$ días y el tiempo promedio transcurrido desde la formación de la pareja y la primera postura de huevos fue de $9,19 \pm 4,76$ días. La longevidad promedio de la hembra, contada a partir del día de formación de la pareja, fue de $39,15 \pm 10,69$ días.

A los 30 días desde la formación de la pareja, se observó una inflexión en la pendiente de la recta que relaciona ambos parámetros, siendo la pendiente antes de los 30 días 4,475 veces mayor a la pendiente observada después de los 30 días (figura 3), tiempo en el cual sobrevive aún el 80% de las hembras. Por otra parte, hasta los 20 días desde la formación de la pareja, la supervivencia se mantuvo en 100%, para luego disminuir progresivamente (figura 4). La fecundidad media por hembra, en función de los días desde la formación de la pareja, mostró un máximo entre los 15 y 20 días.

Huevos. El porcentaje de huevos eclosionados (fertilidad; n=700) y el tiempo de desarrollo

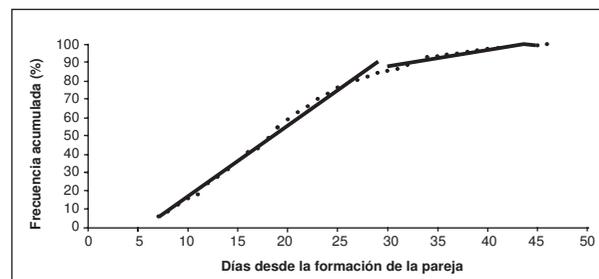


Figura 3. Fecundidad acumulada de *Triatoma maculata* en función de los días transcurridos desde el día de formación de la pareja hasta la muerte de la hembra (A= antes de 30 días; $y = 3,8341x - 20,948$; $R^2 = 0,9912$ y B= después de 30 días; $y = 0,8568x + 62,093$; $R^2 = 0,9229$)

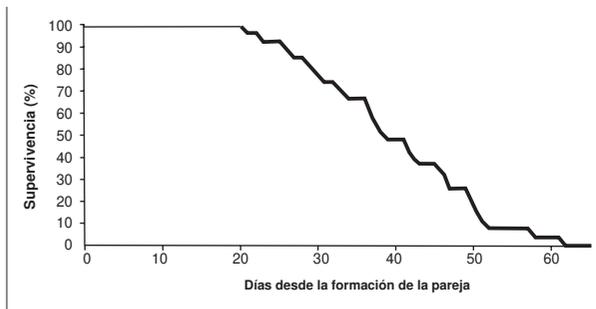


Figura 4. Porcentaje de supervivencia de las hembras (N = 27) en función de los días transcurridos desde la formación de la pareja hasta la muerte de la hembra de *Triatoma maculata*

embrionario (n=288) fueron, respectivamente, 81,29 % y 24,83±1,30 días.

Morfometría geométrica

Tamaño. Los tamaños de alas y cabezas no mostraron diferencias estadísticamente significativas, cuando se compararon diferentes sexos procedentes de un mismo hábitat o el mismo sexo procedente de distintos hábitats (p>0,001) (figura 5).

Conformación. La conformación de las cabezas mostró diferencias estadísticamente significativas al comparar individuos del mismo sexo procedentes de diferentes hábitats (hembras p=3,603 x 10⁻⁵, machos p=1,248 x 10⁻¹⁵). La conformación de las alas no mostró diferencias estadísticamente significativas al comparar las hembras procedentes

de diferentes hábitats (p=0,5121). Pero esta estructura sí mostró diferencias estadísticamente significativas al comparar los machos procedentes de diferentes hábitats (p=0,0004576). Las figuras 6 y 7 muestran a los individuos analizados agrupados mediante elipses de confianza de 95%. El factor discriminante (el único) aporta el 100% de la variación.

Efecto alométrico. No se encontró efecto alométrico en alas y cabezas, ni de hembras ni de machos.

Discusión

Se han hecho investigaciones previas con *T. maculata*, con distintas fuentes alimenticias. Una de ellas fue la de Tonn *et al.* (7), quienes encontraron que, como fuente de alimentación, *T. maculata* prefería la sangre de aves (silvestres y domésticas) (77,6%), seguida de la sangre de roedores y cochinos (7,9%) y de la sangre de mamíferos (5,5%), y que tan sólo 0,2% de estos triatomos se alimentaban de sangre humana, posiblemente porque la mayor parte de los triatomos estudiados provenían de ambientes extradomiciliarios.

Sin embargo, más recientemente en el estado Lara, se encontró un índice de colonización de 39,1% en la localidad Xaguas (5), por lo cual nos propusimos evaluar cuán viable es una colonia de laboratorio de *T. maculata* fundada con individuos capturados en esa localidad y alimentada con sangre humana en condiciones de laboratorio.

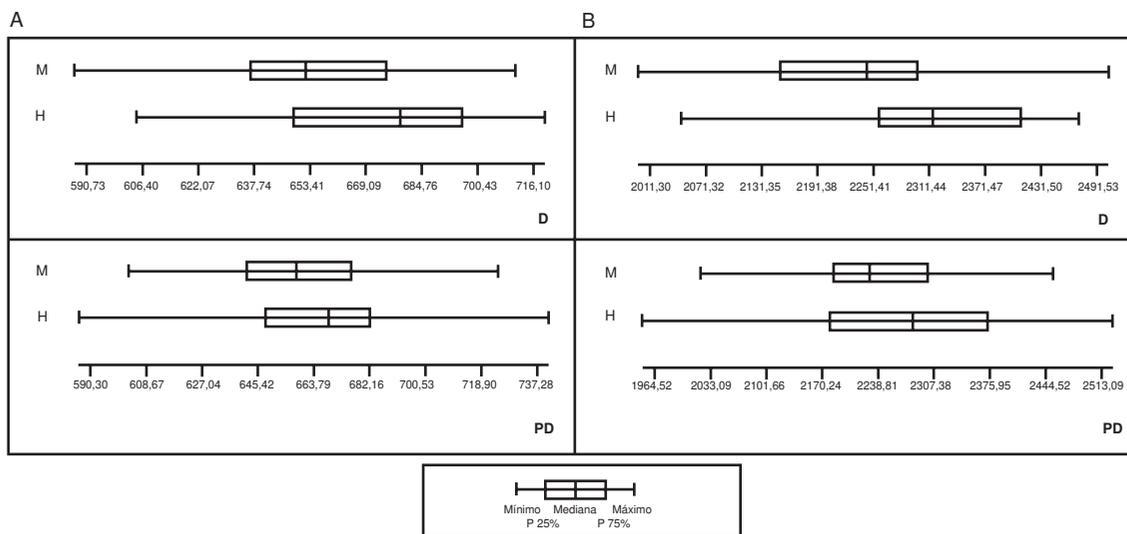
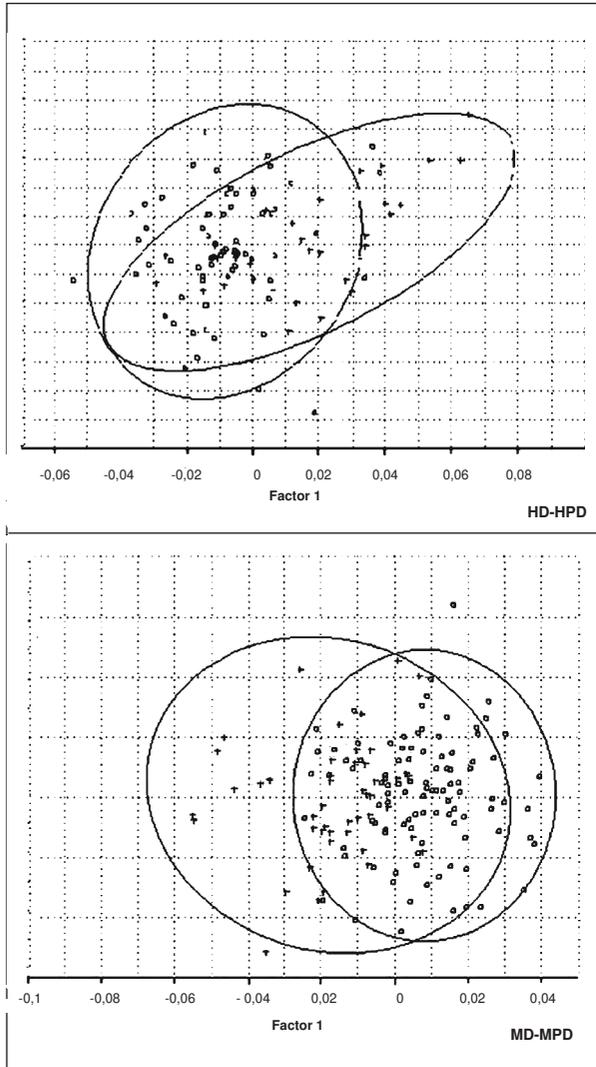


Figura 5. Tamaño de cabezas (A) y alas (B) de *Triatoma maculata* de domicilios (D) y peridomicilios (PD) de la Parroquia Xaguas para hembras (H) y machos (M), empleándose el estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis con corrección de Bonferroni. H D= 35; M D= 51; H PD= 70 y M PD= 103. p 0,001.



Figuras 6. Diagrama factorial en las variables de conformación resultado del análisis discriminante de la configuración geométrica de la cabeza de *Triatoma maculata*, donde los individuos de cada ambiente y sexo se proyectan sobre el único factor discriminante, el cual enmarca el espacio multivariado de la conformación. Domicilio (D), peridomicilio (PD), hembras (H), machos (M). En la imagen superior + son H D y □ son H PD; en la imagen inferior + son M D y □ son M PD.

Los tiempos de los estadios encontrados aumentaron progresivamente desde el estadio I hasta el estadio V, lo que concuerda con lo reportado para *T. maculata* (25-28) y para otras especies del género *Triatoma* alimentadas con otras fuentes sanguíneas (29).

Por otro lado, la menor mortalidad se obtuvo en el estadio IV, lo que coincide con lo encontrado por Feliciangeli y Rabinovich (26), mientras que la mayor mortalidad y el menor porcentaje de muda se encontraron en el estadio V, similar a lo obtenido por Aldana y Lizano (30), quienes alimentaron

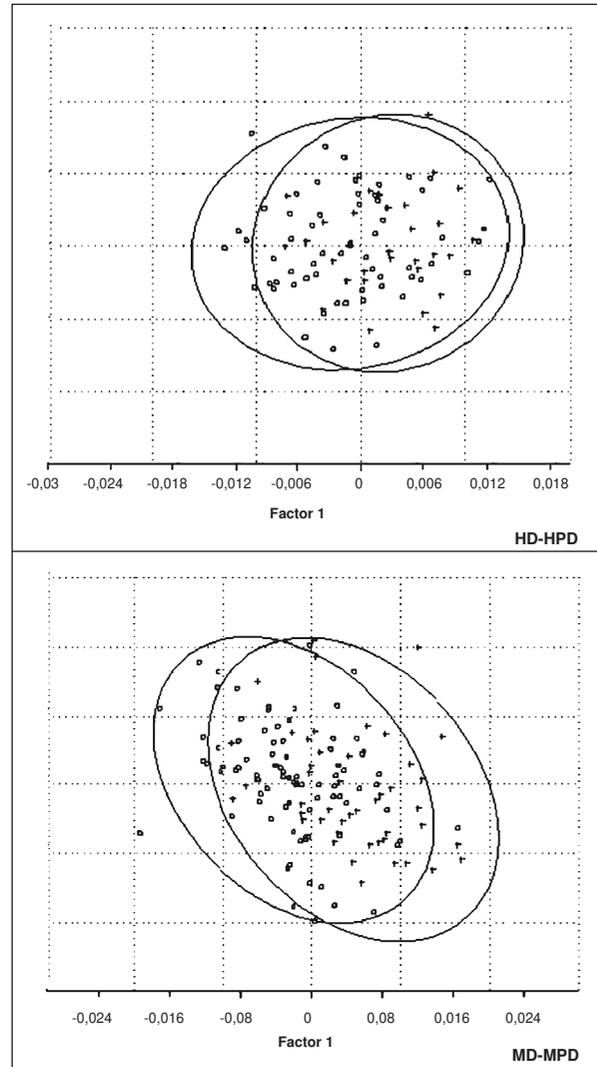


Figura 7. Diagrama factorial en las variables de conformación que se observan al hacer el análisis discriminante de la configuración geométrica del ala de *Triatoma maculata*, donde los individuos de cada ambiente y sexo se proyectan sobre el único factor discriminante, el cual enmarca el espacio multivariado de la conformación. Domicilio (D), peridomicilio (PD), hembras (H), machos (M). En la imagen superior + son H D y □ son H PD; en la imagen inferior + son M D y □ son M PD.

con sangre humana a una colonia de *T. maculata* fundada con individuos capturados en el estado Mérida en los Andes venezolanos.

Con respecto a la fecundidad, en este trabajo se encontró que una hembra produce, en promedio, 27,70 huevos en un tiempo promedio de 32,74 días, valores menores a los conseguidos en trabajos previos (25-28), los cuales coinciden en reportar fecundidades en el orden de las centenas de huevos por hembra en un tiempo promedio que varía entre 60 y más de 200 días.

El tiempo promedio de la primera postura de huevos encontrado en este trabajo fue de 9,19 días, comparable al obtenido por Espinola *et al.* (25), el cual fue de 7 días, y por Luitgards-Moura *et al.* (27), el cual fue de 11,6 días, quienes alimentaron con gallina y ratón, respectivamente; también, fue menor al reportado por Feliciangeli y Rabinovich (26), el cual fue de 15 a 20 días y cuya fuente de alimentación fue gallina. En cuanto a la viabilidad de los huevos, revelada por la fertilidad y el tiempo de desarrollo embrionario, en este trabajo se encontraron valores similares a los conseguidos por Espinola *et al.* (25), Feliciangeli y Rabinovich (26) y Luitgards-Moura *et al.* (27), los cuales fueron 91,9% y 15,7 días, 81% y 19,11 días y 72,8% y de 14 a 42 días, respectivamente, lo que nos permite suponer que estos parámetros no se ven afectados por la fuente de alimentación.

En resumen, podríamos decir que la alimentación de *T. maculata* con sangre humana supone una condición adversa a esta especie, dada la alta mortalidad en los estadios de ninfa; la mayor mortalidad (77,78%) y el menor porcentaje de muda (22,23%) se encuentran en el estadio V, es decir, la proporción de individuos que alcanzan el estado adulto es reducido, lo que desfavorecería el mantenimiento de una colonia de *T. maculata* cuando se alimenta con sangre humana, más aún si consideramos los valores bajos de fecundidad y longevidad de las hembras.

El hecho de que cepas de *T. maculata* procedentes del estado Lara sean menos viables cuando se alimentan con sangre humana, no debiera ser interpretado como que esta especie es de escasa importancia epidemiológica; dadas las evidencias de la domiciliación en esta localidad (5), su alimentación podría derivar de otras fuentes sanguíneas cuyos comportamientos están asociados al interior del domicilio. La alimentación con tales fuentes sanguíneas podría constituir uno de los eslabones de la cadena trófica que pudiera evolucionar a la alimentación con sangre humana, siempre que en este triatomino tengan lugar adaptaciones que hagan más viable la alimentación con esta fuente sanguínea.

En cuanto a estudios previos de *T. maculata* por morfometría geométrica, Soto *et al.* (8) analizaron las alas de una población de *T. maculata* en la localidad de Cauderales (Estado Lara-Venezuela) y encontraron que no existía dimorfismo sexual en el tamaño y no se observó efecto alométrico ni diferencias en la conformación. Asimismo, en una

población de *T. maculata* en Colombia (Mojica *et al.* Morfometría geométrica aplicada a *Rhodnius prolixus*, *Triatoma dimidiata* y *T. maculata*. En: VI Reunión de la Iniciativa Andina para el Control de la Enfermedad de Chagas; 2004.p. 312-36), de individuos provenientes de ambientes silvestre, domiciliario y peridomiciliario, tampoco se encontró disminución del dimorfismo sexual.

En este trabajo, en ningún caso se encontraron diferencias entre los tamaños; sólo se observaron diferencias en la conformación tanto de cabezas de individuos de un mismo sexo de diferentes hábitats como de alas de machos de diferentes ambientes. Esto podría interpretarse como que hay estructuración del *T. maculata* en el domicilio y peridomicilio, y poca movilidad entre ambos ambientes, lo cual es de gran interés para el diseño de estrategias de control del vector en esta localidad.

En el presente trabajo, los individuos del peridomicilio fueron los capturados en las adyacencias del domicilio; sin embargo, no tenemos registro a nivel microgeográfico como, por ejemplo, si fueron capturados en un criadero de determinados animales o en los enseres del peridomicilio. El registro a nivel microgeográfico es de gran importancia, como lo han demostrado trabajos previos (17,31), en los cuales se encontró estructuración espacial de *T. infestans* en corrales de cabras, pollos, cerdos, gallineros, conejeras y domicilios.

Vale destacar que la cabeza fue analizada seleccionando los puntos anatómicos de referencia en una vista lateral de la misma, lo que nos permitió revelar diferencias de conformación de la cabeza entre individuos de diferentes ambientes, por lo que recomendamos el análisis por morfometría geométrica de la vista lateral de la cabeza de *T. maculata*.

No se encontró efecto alométrico en alas y cabezas, ni de machos ni de hembras, por lo que las diferencias de conformación no podrían explicarse por la variación del tamaño, sino que la conformación de la cabeza de hembras y machos y del ala de machos, es una característica propia según si se trata de individuos del domicilio o peridomicilio.

La viabilidad, revelada como fecundidad y supervivencia de *T. maculata* de la localidad de Xaguas en el Centro-Occidente de Venezuela, sería menor en condiciones naturales cuando la fuente de alimentación es la sangre humana. Sin embargo, el hecho de que haya diferencias

de conformación de cabezas y alas en diferentes ecotopos (domicilio y peridomicilio), podría indicar que *T. maculata* de Xaguas podrían encontrarse en un estado de adaptación al domicilio con fuentes sanguíneas diferentes al humano y en un estado incipiente de adaptación al domicilio con la sangre humana como fuente de alimentación.

Agradecimientos

A la comunidad de Xaguas y a Edgar Heredia.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existe conflicto de interés.

Financiación

Este trabajo fue financiado por los proyectos C-1635-08-03-F y C-1634-08-03-F del CDCHT-ULA.

Referencias

- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud.** Análisis preliminar de la situación de salud de Venezuela, 2006. Fecha de consulta: marzo de 2008]. Disponible en: www.ven.ops-oms.org/site/venezuela/ven-sit-salud-nuevo.htm
- Ministerio del Poder Popular para la Salud, Alcaldía Mayor de Caracas, Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel, Alcaldía del Municipio Chacao, Universidad Central de Venezuela, Organización Panamericana de la Salud, et al.** Vigilancia de enfermedad de Chagas. Guía para el diagnóstico, manejo y tratamiento de enfermedad de Chagas en fase aguda a nivel de los establecimientos de salud. Primera edición. Ministerio del Poder Popular para la Salud; 2007. Fecha de consulta: marzo de 2008. Disponible en: <http://piel-l.org/blog/wp-content/uploads/2007/12/183/chagas-mpps-venezuela-2007.doc>
- Feliciangeli M, Carrasco H, Patterson J, Suárez B, Martínez C, Medina M.** Mixed domestic infestation by *Rhodnius prolixus* stål, 1859 and *Panstrongylus geniculatus* Latreille, 1811, vector incrimination, and seroprevalence for *Trypanosoma cruzi* among inhabitants in El Guamito, Lara State, Venezuela. *Am J Med Hyg.* 2004;71:501-5.
- Feliciangeli M, Sánchez M, Marrero R, Davies CY, Dujardin PJ.** Morphometric evidence for a possible role of *Rhodnius prolixus* from palm trees in house re-infestation in the State of Barinas (Venezuela). *Acta Trop.* 2007;101:169-77.
- Rojas M, Várquez P, Villarreal M, Velandia C, Vergara L, Morán Y, et al.** Estudio seroepidemiológico y entomológico sobre la enfermedad de Chagas en un área infestada por *Triatoma maculata* (Erichson 1848) en el centro-occidente de Venezuela. *Cad Saúde Publica.* 2008;24:2323-33.
- Pifano F.** La epidemiología de la enfermedad de Chagas en Venezuela. *Arch Venez Med Trop Parasitol Med.* 1973;5:171.
- Tonn R, Otero M, Mora E, Espinola H, Carcavallo R.** Aspectos biológicos, ecológicos y distribución geográfica de *Triatoma maculata* (Erichson,1848), (Hemiptera, Reduviidae) en Venezuela. *Bol Dir Malariol Saneam Ambient.* 1978;18:16-24.
- Soto A, Rodríguez C, Bonfante-Cabarcá R, Aldana E.** Morfometría geométrica de *Triatoma maculata* (Erichson, 1848) de ambientes doméstico y peridoméstico, estado Lara, Venezuela. *Bol Dir Malariol Saneam Ambient.* 2007;47:231-5.
- Briceño ZM, Gil A, Giménez EZ, Álvarez CR, Superlano Y, Aldana E, et al.** Importancia de *Triatoma maculata* y *Panstrongylus geniculatus* en la transmisión de la enfermedad de Chagas en el Estado Lara. Fecha de consulta: marzo de 2008. Disponible en: <http://www.ucla.edu.ve/dmedicin/postgrado/CCT-UCLA/RESUMEN-%2077%20-%20DM%20-%20Brice%20-%20B1o%20-%20Gil%20-%20Gimenez%20-%20Alvarez%20-%20Ysma.pdf>
- Aché A.** Programa de control de la enfermedad de Chagas en Venezuela. *Bol Dir Malariol Saneam Ambient.* 1993;33:11-22.
- Dujardin JP, Bermúdez H, Schofield CJ.** Metric differences between sylvatic and domestic *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) in Bolivia. *J Med Entomol.* 1997;34:544-51.
- Dujardin JP, Schofield CJ, Tibayrenc M.** Population structure of Andean *Triatoma infestans* allozyme frequencies and their epidemiological relevance. *Med Vet Entomol.* 1998;12:20-9.
- Dujardin JP, Steindel M, Chávez T, Machane M, Schofield CJ.** Changes in the sexual dimorphism of Triatominae in the transition from natural to artificial habitats. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 1999;94:565-9.
- Jaramillo N, Castillo D, Wolf M.** Geometric morphometric differences between *Panstrongylus geniculatus* from field and laboratory. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2002;97:667-73.
- Villegas J, Feliciangeli MD, Dujardin JP.** Wing shape divergence between *Rhodnius prolixus* from Cojedes (Venezuela) and *Rhodnius robustus* from Mérida (Venezuela). *Infect Genet Evol.* 2002;2:121-8.
- Vargas E, Espitia C, Patiño C, Pinto N, Aguilera G, Jaramillo C, et al.** Genetic structure of *Triatoma venosa* (Hemiptera: Reduviidae): molecular and morphometric evidence. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2006;101:39-45.
- Schachter-Broide J, Dujardin JP, Kitron U, Gürtler RE.** Spatial structuring of *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae) populations from Northwestern Argentina using wing geometric morphometry. *J Med Entomol.* 2004;4:643-9.
- Aldana E, Otalora F, Abramson C.** A new apparatus to study behavior of triatomines under laboratory conditions. *Psychol Rep.* 2005;96:825-32.
- Lent H, Wygodzinsky P.** Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae) and their significance as vector as Chagas' disease. *Bull Am Mus Nat Hist.* 1979;163:123-520.
- Bookstein F.** Morphometric tools for landmark data. Cambridge: Cambridge University Press: 1991. p. 63.
- Rohlf FJ.** TPSdig, Version 1.18. New York: Department of Ecology and Evolution State, University of New York Stony Brook; 2006. Fecha de consulta: marzo de 2008. Disponible en: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>

22. **Dujardin JP.** MOG (morfometría geométrica) versión 0.71. Montpellier-France: Institut de Recherches pour le Développement (IRD); 2005. Fecha de consulta: marzo de 2008]. Disponible en: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>
23. **Hammer Ø, Harper DA, Ryan PD.** PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electrónica*. 2001;4:9. Fecha de consulta: marzo de 2008. Disponible en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
24. **Dujardin JP.** PAD versión 82. Montpellier-France: Institut de Recherches pour le Développement (IRD); 2006. Fecha de consulta: marzo de 2008]. Disponible en: <http://www.mpl.ird.fr/morphometrics/>
25. **Espinola H, Rodríguez F, de Bermúdez M, Tonn R.** Informaciones sobre la biología y el ciclo de vida de *Triatoma maculata* (Erichson, 1848) (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae), en condiciones de laboratorio. *Bol Dir Malaria Sanam Ambient*. 1981;21:141-2.
26. **Feliciangeli MD, Rabinovich J.** Vital statistics of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) under laboratory conditions. II *Triatoma maculata*. *J Med Entomol*. 1985;22:43-8.
27. **Luitgards-Moura J, Vargas A, Almeida C, Magno-Esperança G, Agapito-Souza R, Folly-Ramos E, et al.** A *Triatoma maculata* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) population from Roraima, Amazon region, Brazil, has some bionomic characteristics of a potential Chagas disease vector. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 2005;47:131-7.
28. **Silva I, Fernandes F, Silva H.** Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. XX. *Triatoma maculata* (Erichson, 1848) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev Patol Trop*. 1995;24:49-54.
29. **Canale D, Jurberg J, Carcavallo R, Galvão C, Girón I, Segura C, et al.** Bionomics of some species. En: Carcavallo RU, Galíndez-Girón I, Jurberg J, Lent H, editors. Atlas dos vetores da doença de Chagas nas Américas. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 1998. p. 839-90.
30. **Aldana E, Lizano E.** Índice de defecación y éxito reproductivo de *Triatoma maculata* (Hemiptera: Reduviidae) en condiciones de laboratorio. *Rev Biol Trop*. 2004;52:927-30.
31. **Abrahan L, Hernández L, Gorla D, Catalá S.** Phenotypic diversity of *Triatoma infestans* at the microgeographic level in the Gran Chaco of Argentina and the Andean valleys of Bolivia. *J Med Entomol*. 2008;45:660-6.