

Artículos originales

Distribución Geográfica de Triatominos Asociados a la Vivienda Humana en el Estado de México, Mapas de Riesgo.

Medina Torres Imelda,^{1,2} Vázquez Chagoyán Juan Carlos,¹ Rodríguez Vivas Roger Iván,³
López Vivas Fátima Ingrid,¹ Zaldívar Gómez Alejandro,⁴ Soto Serrano Gabriela,² Montes-de-Oca-Jiménez Roberto.¹

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal (CIESA). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México.¹
Instituto de Salud del Estado de México.²
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.³
Laboratorio Estatal de Salud Pública.⁴

Resumen

Introducción

La Tripanosomiasis americana o enfermedad de Chagas es una enfermedad zoonótica causada por un protozoario; *Trypanosoma cruzi* (T. cruzi), transmitido por artrópodos triatominos hematófagos de la Familia Redúvidae Hemiptera llamados chinches.

Objetivo

Identificar y caracterizar los patrones de distribución ecológica y geográfica de los triatominos y la prevalencia de infección por *Trypanosoma cruzi* en 16 municipios del Sur del Estado de México.

Método

Se llevó a cabo un registro de las 1365 muestras de triatominos y 356 muestras de triatominos positivos a *T. cruzi*, en las cuales se realizó la identificación de *T. cruzi* por microscopía y por PCR en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal de la Universidad Autónoma del Estado de México. Para obtener la distribución geográfica del *Trypanosoma cruzi* se georreferenció la ubicación de la localidad donde fue capturado el triatominos. Se estimó la distribución potencial utilizando el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt), interfaz de aplicación dentro del Sistema de Información Geográfica Idrisi Selva.

Resultados

Se encontraron tres especies de triatominos transmisores de *T. cruzi*: *Meccus pallidipennis* y *Triatoma dimidiata* y *Triatoma barberi*. La distribución geográfica más extensa en el Estado de México la presentó *M. pallidipennis*, seguida de *T. dimidiata*, encontrándose positividad en las dos especies por encima de los 2000 msnm. Se obtuvieron mapas de los modelos de nicho ecológico de triatominos y triatominos positivos a *T. cruzi*, así como los mapas de distribución potencial de *T. cruzi*.

Conclusiones

La adaptación de los triatominos a la vivienda humana, así como los indicadores entomológicos, sumados a la prevalencia del *T. cruzi*, permiten establecer que el sur del Estado de México es una zona de alto riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas.

Palabras clave: *Trypanosoma cruzi*, triatominos, mapas de riesgo, Estado de México.

Introducción

La enfermedad de Chagas es una afección parasitaria, sistémica, crónica, transmitida por triatominos y causada por el protozoario *Trypanosoma cruzi*, vinculada con aspectos socio-económico-culturales deficitarios, considerándosela una enfermedad desatendida. La transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas está generalizada en toda América, desde Argentina hasta el sur de los Estados Unidos de América (Coura and Días, 2009). El principal mecanismo de transmisión es vectorial, por hemípteros (chinches), de la Subfamilia *Triatominae*. *T. cruzi* se

reproduce en el tubo digestivo de las chinches y es transmitido a los mamíferos a través de la herida que causa la picadura de este insecto, por abrasiones de la piel o por mucosas intactas (Hemmige et al., 2012). Se estima que en América, cerca de 100 millones de personas están en riesgo de infectarse, unos 78 millones infectadas, con 56.000 nuevos casos anuales por todas las formas de transmisión, motivando 12.000 muertes anuales (Nota descriptiva N° 340, OMS, 2015; Ramos et al, 2006; Molina et al., 2007; Manrique et al., 2012). Las migraciones de personas





infectadas pueden llevar la enfermedad a países no endémicos, debido a la transmisión de *Trypanosoma cruzi* por vía congénita, transfusiones, trasplantes y transmisión oral (OMS, 2016; Toso, 2011).

La enfermedad presenta factores de riesgos epidemiológicos asociados con la pobreza y con las malas condiciones de vivienda (WHO, 2016). Las principales condiciones para el establecimiento de la enfermedad de Chagas en las zonas de riesgo son la presencia del insecto vector, los animales silvestres que sirven de reservorio, la circulación del parásito y las condiciones socioeconómicas de la región (tipo de vivienda, hacinamiento y presencia de animales domésticos) que facilitan la transmisión activa de *T. cruzi*. (Hoyos, 2007). México es uno de los países con mayor número de especies de triatóminos, las cuales están presentes en todos los estados del país (Rodríguez-Bataz et al., 2011). En la actualidad se reportan casos de enfermedad de Chagas en todos los Estados de la República. En distintas encuestas epidemiológicas que se han realizado a lo largo del territorio nacional, de una muestra total de 288,634 personas, se han encontrado 16,979 seropositivos, lo que representa una tasa de prevalencia de 5.88%. Los Estados en donde se ha detectado el mayor número de casos son Jalisco, Oaxaca, Veracruz y Guerrero (Cruz and Pickering., 2006). Aunque las estadísticas de morbilidad (Cruz and Pickering., 2006) consideraban que el Estado de México; no es zona de importancia en salud pública para la transmisión de la enfermedad, diversos estudios han detectado al vector infectado con *Trypanosoma cruzi* en los municipios de Tejupilco, Tlatlaya, Almoloya de Juárez, Almoloya de Alquisiras, Valle de Bravo y Chimalhuacan (Estrada et al., 2006; Medina et al., 2010).

Para que pueda ocurrir la enfermedad de Chagas es necesario que se produzca un encuentro entre el parásito causante del daño, el *Trypanosoma cruzi*, alguno de los insectos triatóminos que son los vectores del parásito y el ser humano, que va a sufrir las consecuencias de ese encuentro. Éste último, dependiendo de sus propias condiciones físicas, podrá potencialmente padecer la enfermedad. Para que ese encuentro ocurra – y se transmita la enfermedad – se requiere de un conjunto de condiciones ambientales y sociales que permitan que esos tres factores puedan encontrarse en un mismo momento en un determinado espacio. La circunstancia de espacio-tiempo que rodea la transmisión de la enfermedad viene a sintetizar muy complejos procesos históricos, debido a los cuales la población humana por necesidad se ha apropiado de una determinada manera del medio ambiente, lo que permite o hasta favorece que ocurra el azaroso encuentro del vector y el parásito con las personas, las infesten y enfermen (Coura, 2007).

Se han reportado como factores de riesgo asociados a la seropositividad por *T. cruzi* en humanos el uso de material de riesgo en el piso de la vivienda, como tierra y la existencia de fisuras en el piso, existencia de chinches dentro de la vivienda,

escasa ventilación en el dormitorio, presencia de fisuras en el techo, de chinches fuera de la casa y no rociar insecticidas habitualmente (Salazar et al., 2007).

El agente causal de la Enfermedad de Chagas, se ha encontrado infectando hospederos (humanos y animales) y vectores en localidades dentro de un amplio abanico de condiciones fisiográficas, debido a que se ha identificado su presencia desde el nivel del mar hasta un rango de 2,500 a 3,000 msnm, donde se desarrollan distintos tipos de vegetación y una diversidad de climas (Pickering, 2005). En la actualidad el agrupamiento de las enfermedades en el espacio y tiempo es una de las técnicas de mayor interés en el campo de la epidemiología, ya que permite identificar zonas geográficas en las que determinada enfermedad se está agrupando y este patrón no es producto de la casualidad sino de factores climáticos, ambientales o sociales que la están favoreciendo (Kulldorff, 2007).

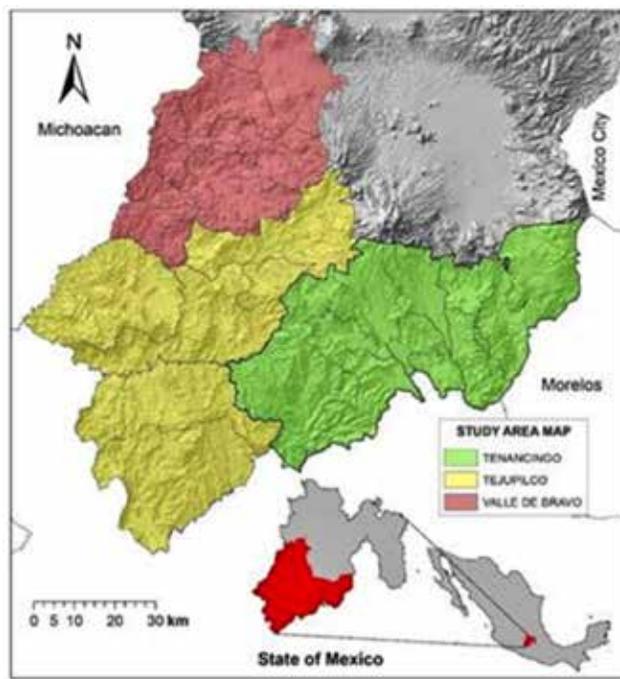
Material y método

Área de estudio. El presente estudio fue realizado en la región suroeste del Estado de México, la cual incluye 27 municipios y abarca una superficie de 8,329 km². Se caracteriza por ser una zona de transición ambiental, desde el altiplano mexicano al norte, donde prevalece un clima templado subhúmedo, hasta el sur donde el relieve se vuelve más agreste y el clima cambia gradualmente a cálido o semicálido subhúmedo alcanzando una elevación promedio de 400 m (Compendio INEGI, 2010). Cuenta con una población de 861,705 habitantes que vive en situación de pobreza y marginación, con viviendas de tipo rural, deficientes y carentes de servicios públicos, además de que predominan las actividades agropecuarias extensivas (Censo 2010).

En la región estudiada se ha demostrado la circulación de *T. cruzi* en triatóminos, los cuales están adaptados para vivir y reproducirse en el ambiente doméstico. Asimismo, existe un riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas a los humanos y algunas especies domésticas (Medina 2010; Barbabosa-Pliego 2009; Estrada- Franco 2006).



Mapa 1: Localización del área de estudio en el suroeste del Estado de México, México.



Muestreo de triatomos. La captura de triatomos fue realizada mediante brigadas entomológicas integradas por personal del Instituto de Salud del Estado de México en conjunto con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). La colecta se realizó en 191 localidades de 16 municipios del área de estudio. El procedimiento para llevar a cabo los estudios entomológicos se realizó de acuerdo a la metodología oficial nacional para la vigilancia, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vector (NOM-032-SSA2-2014, Para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores.)

Posterior a la exploración entomológica, los especímenes se examinaron en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal (CIESA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México donde se realizó la identificación taxonómica de los triatomos y la identificación de *Trypanosoma cruzi* por medio de su observación directa en laminillas con heces extraídas a través de presión abdominal y teñidas con Giemsa al 70% y posteriormente la identificación del *Trypanosoma cruzi* mediante la identificación del gen miniexon en el ADN de triatomos positivos a *T. cruzi* (López et al, 2016).

Distribución potencial de triatomos

Los mapas de distribución potencial se desarrollaron a partir de cartografía medioambiental de alta resolución. La mayoría de los modelos de temperatura usan un tamaño de pixel de al menos 1km x 1km (Hijmans, 2005; Cuervo-Robayo, 2014). Para construir los modelos de distribución potencial de Triatomos se

generaron 19 variables bioclimáticas en ArcMap 10.1 de ESRI usando el código AML (ArcMap 10.1).

Las capas ambientales construidas y los datos de presencia de triatomos fueron usados en Maxent v.3.3.3k (Phillips 2006) para formar los modelos de nicho ecológico, este algoritmo de máxima entropía se basa principalmente en utilizar registros de presencias con un consistente nivel de predicción (Elith 2011; Townsend 2007; Warren 2011; 12-14). Maxent contrasta las condiciones ambientales asociadas a los puntos de presencia con los puntos de fondo aleatorios que muestrean el espacio ambiental disponible donde las especies podrían potencialmente estar presentes (Merow 2013).

Resultados

Durante el periodo de estudio se colectaron 1365 ejemplares de tres especies de triatomos: *M. pallidipennis* (98.1%), *T. dimidiata* (1.8%) y *Triatoma barberi* (0.1%); la primera fue de mayor abundancia y más ampliamente distribuida. La especie que resultó con mayor infección natural con *T. cruzi* fue *M. pallidipennis* 34.5%.

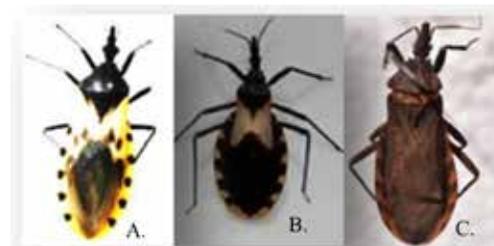


Figura 1. Especies de triatomos identificadas. A. *Meccus pallidipennis*, colectada en la localidad de Tejupilco. B. *Triatoma dimidiata* colectada en la localidad de Zacazonapan. C. *Triatoma barberi*, colectada en la localidad de Puente Caporal.

La identificación del *T. cruzi* en los triatomos se realizó primero por microscopía, a través de la obtención de las heces de los triatomos, encontrando una concordancia de 95% con respecto a la positividad por cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés Polymerase Chain Reaction).



Figura 2. Identificación de *Trypanosoma cruzi* por microscopía. A. Obtención de heces del triatomino. B. *T. cruzi* observado con el objetivo 100X.

Al examinar las muestras de las heces de los triatomos por PCR para identificar el *Trypanosoma cruzi* por medios moleculares, se analizó el gen miniexon indicando la presencia de la unidad discreta de tipificación (DTU) TcI en el ADN de triatomos positivos a *T. cruzi*. Las muestras positivas a *Trypanosoma cruzi* se encontraron en *Meccus pallidipennis* y *Triatoma dimidiata* recolectadas de las jurisdicciones Tejupilco, Tenancingo y Valle de Bravo.

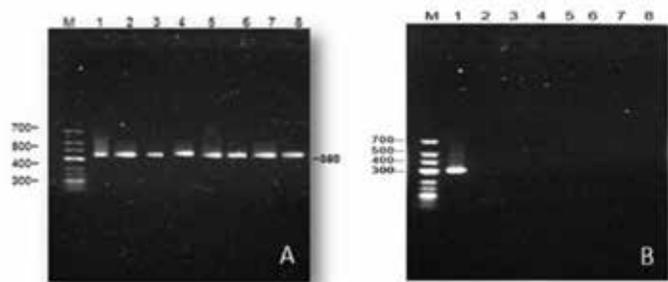
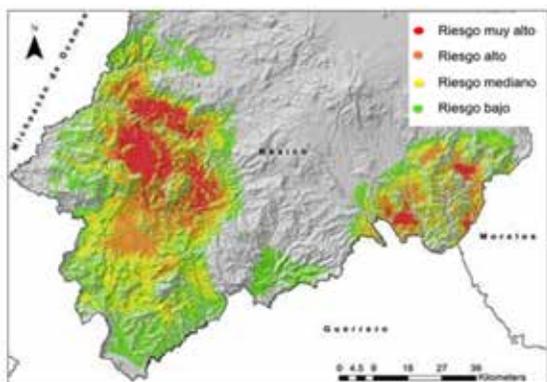


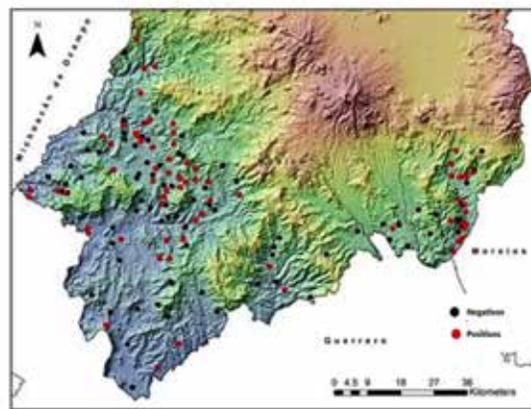
Figura 3. Análisis del gen miniexon en ADN de triatomos positivos a *Trypanosoma cruzi*. A. Presencia de TcI. B. Ausencia de TcI al TcVI.

El área de estudio está localizada en la porción suroeste del Estado de México; se georreferenciaron 191 localidades pertenecientes a los municipios de la región.



Mapa 2: Distribución de triatomos con *Trypanosoma cruzi* en las Jurisdicciones Tejupilco, Tenancingo y Valle de Bravo del Estado de México, México.

Se construyeron capas ambientales de alta resolución para generar los mapas de distribución potencial y fueron proyectados al sistema de coordenadas WGS 84 UTM 14N.



Mapa 3: Distribución potencial de triatomos positivos a *Trypanosoma cruzi* en las Jurisdicciones Tejupilco, Tenancingo y Valle de Bravo del Estado de México, México (Riesgo de presencia de triatomos positivos).

La proyección de las variables revelaron que el primero y segundo eje de los componentes principales son los que tienen el mayor porcentaje de contribución al modelo; todas estas variables están relacionadas a la temperatura, precipitación y sus fluctuaciones anuales en la región. Existe una alta sustentabilidad de hábitat para triatomos en áreas con un clima tropical. La proyección de las variables reveló que el primero y segundo eje de los componentes principales (temperatura y precipitación), son los que tienen el mayor porcentaje de contribución al modelo.

Tabla 1: Distribución de triatomos negativos y positivos a *Trypanosoma cruzi*, según la temperatura, precipitación y elevación.

Localidad	Temperatura media °C	Precipitación pluvial media Mm	Elevación msnm
Positivos	21.9 (17-27)	1097 (935-1395)	1238 (526-2041)
Negativos	22.1 (16-27)	1103 (937-1405)	1251 (375-2342)

Fuente: Análisis de las variables bioclimáticas.

En el análisis de la regresión logística, los triatomos de las jurisdicciones de Tenancingo y Valle Bravo tuvieron 1.92 ($p < 0.001$) y 6.29 ($p < 0.001$) veces más de probabilidad de tener triatomos positivos a *T. cruzi* que la jurisdicción Tejupilco. Asimismo, las poblaciones que se encuentran a una altitud de 340 a 999 msnm presentan 4.30 veces más de probabilidad de tener triatomos positivos a *T. cruzi* ($p < 0.001$) que los demás poblados en las otras altitudes evaluadas.



Tabla 2. Resultados de la regresión logística para conocer los factores asociados a triatomos positivos a *Trypanosoma cruzi* en tres jurisdicciones del Estado de México, México.

Variable	Total	Positivos	% de infección	OR	I.C 95%	P value
Jurisdicción						
Tejupilco	642	145	22.5	1.00		
Tenancingo	526	130	24.7	1.92	1.47-2.69	<0.001
Valle de Bravo	153	81	52.9	6.29	4.18-9.47	<0.001
Altitud						
>1499 msnm	412	91	22.08	1.00		
340-999 msnm	197	81	41.16	4.30	2.74-6.74	<0.001
1000-1499 msnm	712	184	25.84	1.14	0.83-1.56	0.432

I.C.: Intervalo de Confianza al 95%

OR: Razón de momios

Conclusiones

La existencia de los vectores de la Enfermedad de Chagas, así como el hallazgo del *Trypanozoma cruzi* en éstos, hacen posible la presencia de la enfermedad en el Estado de México y lo cual constituye un riesgo para la salud pública.

La sustentabilidad del hábitat de Triatomos está relacionada con el clima tropical, sus fluctuaciones anuales de temperatura y áreas bajas (planicies) del terreno, sin existir una dependencia espacial a la precipitación.

Estas condiciones tienen un efecto directo en la marginalización de su distribución debido a las necesidades biológicas del vector. La relación entre ecosistema, áreas pobladas y riqueza de las especies es compleja y no lineal. Son necesarios estudios complementarios que involucren áreas silvestres para una mejor estimación de la distribución.

Las actividades humanas y su estrecha relación con el vector han generado un ambiente con condiciones favorables para la adaptación de los triatomos.

Las áreas de riesgo identificadas en el estudio deberían de ser usadas para describir áreas de riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas

Referencias bibliográficas

1. ArcMap 10.1. Variables bioclimáticas de ESRI. Disponible en <http://www.worldclim.org/bioclim>
2. Barbabosa-Pliego A, Díaz-Albiter HM, Ochoa-García L, Aparicio-Burgos E, Lopez-Heydeck SM, Velasquez-Ordóñez V, et al. *Trypanosoma cruzi* circulating in the southern region of the State of Mexico (Zumpahuacán) are pathogenic: a dog model. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 2009;81(3):390-5.
3. Compendio de Información Geográfica Municipal INEGI 2010 [cited 10/01/2017]. Available from: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>.
4. Conteo, 2010. Principales resultados del censo de población y vivienda 2010, México, características demográficas de la población pag 4 – 5, pag: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/default.asp>. Fecha de consulta: 7 de Julio del 2014.
5. Cuervo-Robayo AP, Téllez-Valdés O, Gómez-Albores MA, Venegas-Barrera CS, Manjarrez J, Martínez-Meyer E. An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*. 2014;34(7):2427-37.
6. Coura JR, Junqueira ACV, Carvalho-Moreira CJ, Borges-Pereira J, Albajar PV. Uma visão sistêmica da endemia chagásica. In: Silveira AC, editor. *La enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral*. Buenos Aires: Organización Panamericana de la Salud/Fundación Mundo Sano; 2007. p.25-35.
7. Coura JR, Dias JCP 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease - 100 years after its discovery. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104 (Suppl. I): 31-40.
8. Cruz RA, Pickering LJM, Chagas disease in Mexico: an analysis of geographical distribution during the past 76 years a review. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2006. 101: 345–354. Available <http://www.unibio.unam.mx/chagmex/>. Accessed July 070, 2014.
9. Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. 2011;17(1):43-57.
10. Estrada, G.F.J., Vandanajay, B., Hector, D.A., Ochoa, G.L., Barbabosa, A., Vazquez, CH.J.C., Martínez, P.M.A., Guzman, B.C., Garg, N. 2006. Human *Trypanosoma cruzi* Infection and Seropositivity in Dogs. *Mexico. Emerging Infectious Diseases*. 12(4):
11. Hoyos R., Pacheco L., Agudelo L.A. Zafra G., Blanco P., Triana o. 2007. Seroprevalencia de la enfermedad de Chagas y factores de riesgo asociados a una población de Morroa, Sucre. *Biomédica*. 27:130-136.
12. Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 2005;25(15):1965-78.





13. Kulldorff M, Mostashari F, Duczmal L, Yih K, Kleinman K, Platt R. Multivariate Scan Statistics for Disease Surveillance. *Statistics in Medicine*. 2007;26:1824-33.
14. López VFI. Caracterización molecular de las Unidades Discretas de Tipificación de *Trypanosoma cruzi* en triatominos en municipios del Sur del Estado de México, México. Tesis de Doctorado FMVZ/UAEM 2016; 1-79.
15. Manrique AD, Manrique AF, Lorca HM, Ospina DJ. Prevalencia de anticuerpos para *Trypanosoma cruzi* en caninos de dos municipios endémicos de Boyacá Revista MVZ Córdoba. 2012., Vol. 17, (1): 2916-2923.
16. Medina, T.I., Vazquez, C.J.C., Rodríguez, V.R.I., Montes de Oca, J.R. (2010). Risk Factors Associated with Triatomines and Its Infection with *Trypanosoma cruzi* in Rural Communities from the Southern Region of the State of Mexico, Mexico, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 82(1), 2010, pp. 49-54.
17. Merow C, Smith MJ, Silander JA. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*. 2013;36(10):1058-69.
18. Molina GZJ, Rosales EJJ, Galaviz SL, Molina GD. Prevalencia de *Trypanosoma cruzi* en triatominos silvestres de Nuevo León, México. *Salud Pública Mex*. 2007, 49:37-44.
19. NORMA Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2014, Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vector.
20. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 2006;190(3-4):231-59.
21. Ramos LA, Ramírez SMC, González HJC, Rosales EJJ, López MA. Prevalencia de anticuerpos contra *Trypanosoma cruzi* en donadores de sangre del IMSS, Orizaba, Veracruz, México. *Salud Pública de México*. 2006, 48: 13-21.
22. Rodríguez-Bataz EB, Noguera-Torres R, Rosario-Cruz A, Martínez-Ibarra, Rosas-Acevedo JL. Triatominos (Hemiptera: Reduviidae) vectores de *Trypanosoma cruzi* Chagas 1909, en el estado de Guerrero, México. *Revista Biomédica* 2011; 22: 31- 40
23. Salazar-Schettino PM, Rojas-Wastavino G, M, Cabrera-Bravo Bucio-Torres M, Garcia of the tower G, Ruiz-Hernández A. seroprevalence of antibodies against *Trypanosoma cruzi* and its association with risk factors in children under 18 years of Veracruz Mexico. *Rev Panam Salud Public*. 2007; 22:75-82.
24. Toso MA, Vial UF, Galanti N. Transmisión de la enfermedad de Chagas por vía oral. *Rev. Med. Chile*. 2011, 139: 258 – 266.
25. Townsend Peterson A, Papeş M, Eaton M. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*. 2007;30(4):550-60.
26. Warren DL, Seifert SN. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*. 2011;21(2):335-42.
27. WHO. World Health Organization. Report of Chagas disease. WHO. 2016. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/es/>. Acceso el 30 de septiembre del 2016

