

La variación del nicho ecológico de *Triatoma infestans* en el Gran Chaco Americano

DAVID E GORLA. ¹

¹ Centro Latinoamericano de Formación Interdisciplinaria – CONICET, Avenida J Filloy s/n. Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina.

Correspondencia:
Email: david.gorla@conicet.gov.ar

Summary

Triatoma infestans is the main vector of *Trypanosoma cruzi* (causal agent of Chagas disease) in the southern cone countries of South America, although its geographic distribution reduced 90% after the joint effect of vector control programmes and a number of socio-economic factors that operated in the area during the last 60 years. The objective of this article is to compare at a macro scale the ecological niche of *T. infestans* where it still persists colonising rural houses with the one that once occupied but it is not present any more, all within the Gran Chaco Americano. The analysis was carried out using data on environmental variables produced by remote sensors and present in the Worldclim database, on temperature and precipitation. The approach of species distribution modelling using a generalized linear model was used, together with a method of niche comparison that estimate niche overlap, equivalency and similarity. Results show that present and past niches are equivalent, with very few differences in similarities. The niche that currently occupies *T. infestans* remains similar along the axis of climate variability and low temperatures, but it is reduced along the axis defined by precipitation and high temperatures, towards areas with less rainfall and warmer.

Keywords: Cattle, goats, sheep, endoparasites, EPG, OPG.

Introducción

Los triatomíneos son los vectores que en Latinoamérica primero suscitaron el interés de ecólogos animales. Posiblemente los primeros estudios que apuntaron a conocer características de la ecología poblacional de los triatomíneos fueron los de Rabinovich hacia inicios de la década de 1970, cuando publicó un conjunto de artículos que reportaban acerca de la ecología poblacional de parasitoides de triatomíneos y sobre los estadísticos vitales de *Triatoma infestans* bajo condiciones de laboratorio (Rabinovich 1972, Rabinovich 1970, entre otros). Hacia la década de 1980, los estudios de Schofield en Brasil reportaron acerca de la variación temporal de la abundancia de poblaciones de *T. infestans* en cerrado brasileño y dieron inicio a la exploración de los factores que regulaban la abundancia poblacional. Aproximadamente por la misma época, Brewer y colaboradores estudiaban parasitoides oófagos de Triatominae en el centro de Argentina y exploraron las posibilidades de utilizarlos como agentes de control biológico. Aún cuando encontraron 7 especies de parasitoides oófagos de Triatominae, estudios experimentales bajo condiciones de terreno mostraron que no tenían una elevada eficacia, más allá de producir un 36%

de parasitismo sobre *Triatoma delponte* en nidos de *Myopsitta monachus* (Brewer et al 1978, Brewer et al 1980, Brewer et al 1984). Sobre *T. infestans* mostraron menor eficacia de parasitoidismo. Los estudios de Gorla, Schofield y colaboradores hacia el sur del Gran Chaco Americano (norte de la provincia de Córdoba) pusieron a prueba hipótesis acerca de factores de regulación de la abundancia poblacional de *T. infestans*, en estudios experimentales bajo condiciones climáticas naturales (Gorla 1991, 1992, Gorla & Schofield 1985). Los estudios mostraron que la accesibilidad a la fuente de sangre era el principal factor de regulación de la abundancia poblacional y produjeron uno de los primeros modelos que integraba efectos dependientes e independientes de la densidad para describir la variación temporal de la abundancia de *T. infestans* bajo condiciones climáticas naturales. En paralelo, en Santiago del Estero, Gurtler y colaboradores realizaron un conjunto numeroso de estudios que apuntó a comprender los factores que determinaban la abundancia de *T. infestans* y la transmisión de *T. cruzi* en viviendas de comunidades rurales de Amamá y áreas vecinas (Cohen & Gurtler 2001, Gurtler et al 2007). En línea con los principales desarrollos de la ecología de poblaciones animales, los mencionados estudios apuntaron a comprender cómo y qué factores eran responsables de la variación temporal de la abundancia de *T.*

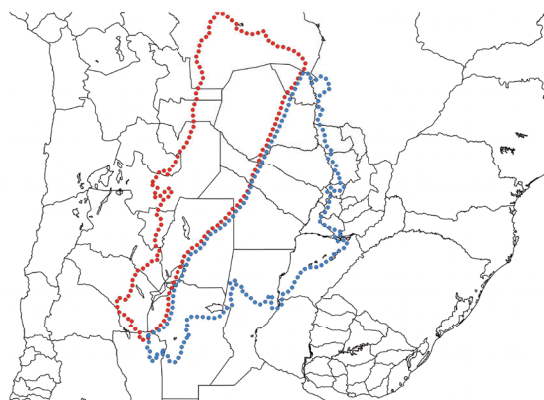
infestans en el área central de Argentina, y cómo tales variaciones podían interactuar con las intervenciones de control vectorial. Hacia fines de 1990 comenzaron los estudios para entender la variación espacial de triatominos, especialmente de la distribución geográfica de *T. infestans* y otras especies de triatominos, acompañando el desarrollo de herramientas metodológicas y el facilitado acceso a datos sobre variables ambientales a partir de productos de sensores remotos, analizados con sistemas de información geográfica. La expansión del conocimiento de la componente espacial de la ecología poblacional de *T. infestans* acompañó al desarrollo de los nuevos enfoques acerca del análisis de nicho ecológico (Soberón & Nakamura 2009) en el contexto de los estudios sobre efecto del cambio climático sobre la distribución de especies y las invasiones biológicas (por ejemplo Pearson & Dawson 2003, Peterson & Viegals 2001). Así, el eventual efecto del aumento de la temperatura sobre las poblaciones de *T. infestans* en Argentina fue analizada por Gorla et al (1997). La distribución geográfica a escala continental y la distribución de la prevalencia de infestación de viviendas rurales por *T. infestans* a meso y micro escala fueron analizadas usando información de variables ambientales producidas por sensores remotos (Gorla 2002) y usando herramientas de estadística espacial (Cecere et al 2004, Gorla et al 2009, Porcasi et al 2006).

Existe una buena cantidad de evidencias que indican que la original distribución de *T. infestans* estaba confinada a uno o dos áreas en los valles interandinos de Bolivia y en la región ecotonal entre la región chaqueña con la del altiplano boliviano (Bargues et al. 2006, Panzera et al. 2004). Aunque existen discusiones acerca de la ubicación y número de centros de dispersión, está ampliamente aceptado que *T. infestans* colonizó la región del Cono Sur en un período reciente, relativamente corto, y asociado a las rutas comerciales del imperio Inca primero y de españoles y portugueses más tarde. Una evidencia fuerte del carácter alóctono de la especie en buena parte del Cono Sur, la constituye el éxito con que la especie fue eliminada en casi el 90% del área que su distribución alcanzó, probablemente hacia la década de 1960, y la dificultad para controlarla (lejos del concepto de eliminación) en cercanías de la putativa área de su dispersión, en parte de los valles interandinos bolivianos y del Gran Chaco Americano (Gorla 2002, Schofield et al. 2006).

En el presente trabajo se comparan las condiciones de temperatura y precipitaciones de áreas dentro del Gran Chaco Americano en las que aún persisten poblaciones de *T. infestans* en viviendas rurales con áreas en las que hasta fines de 2000 poblaciones de *T. infestans* estuvieron presentes en viviendas rurales y representaban áreas de elevada endemicidad para la enfermedad de Chagas.

Métodos

El área correspondiente al Gran Chaco Americano se dividió en dos sub-áreas (Fig. 1).



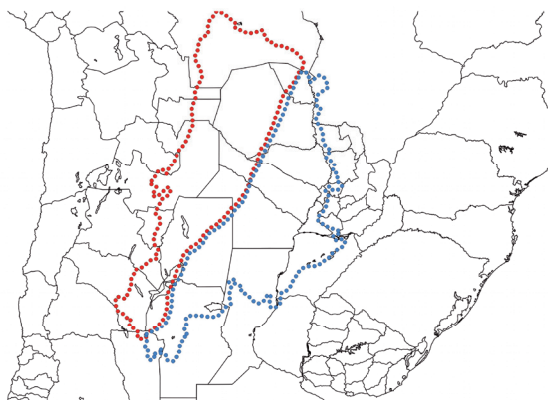
Legenda de las figuras

Figura 1: El área del Gran Chaco Americano fue dividido en 2 sub-áreas, una hacia el noroeste donde aún persisten poblaciones de *T. infestans* colonizando viviendas rurales y otra hacia el sureste, donde en el pasado hubo poblaciones abundantes de *T. infestans* pero desde aproximadamente 2000 fueron eliminadas o fuertemente reducidas.

La primera corresponde al área, donde desde 2000 las poblaciones domésticas de *T. infestans* que infestaban viviendas rurales fueron eliminadas o fuertemente reducidas. La segunda corresponde al área donde poblaciones de *T. infestans* aún persisten infestando viviendas rurales. El primer área corresponde principalmente al Chaco húmedo y el segundo al Chaco árido o semiárido. La división de áreas se realizó tomando en cuenta la ubicación de las unidades administrativas de nivel 2 (departamentos provinciales en Argentina, provincias dentro de departamentos en Bolivia) que fueron certificadas por la Organización Panamericana de la Salud como áreas en las que estaba interrumpida la transmisión vectorial de *Trypanosoma cruzi* por *T. infestans*.

Definidas las áreas donde *T. infestans* fue eliminado (o fuertemente reducido) y donde

la especie aún está presente en abundancia, se realizó un análisis comparativo de las condiciones ambientales a macro-escala entre ambas áreas. Para ello se usaron datos de temperatura de día y de noche, precipitaciones mensuales promedio obtenidas a partir de un conjunto de 1000 pares coordinados seleccionados aleatoriamente dentro de cada una de las 2 áreas (Fig. 1).



Leyenda de las figuras

Figura 1: El área del Gran Chaco Americano fue dividido en 2 sub-áreas, una hacia el noroeste donde aún persisten poblaciones de *T. infestans* colonizando viviendas rurales y otra hacia el sureste, donde en el pasado hubo poblaciones abundantes de *T. infestans* pero desde aproximadamente 2000 fueron eliminadas o fuertemente reducidas.

Usando los 1000 pares coordinados se extrajeron valores de 19 variables ambientales derivadas de temperatura y precipitación a partir de la base de datos Worldclim (descripción de las variables en Tabla 1 y en www.worldclim.org) y a partir de la temperatura de superficie diurna (LSTd) y nocturna (LSTn). La base de datos Worldclim (desarrollada por (Hijmans et al. 2005)), tiene formato de grilla con resolución espacial de 1 x 1 km y representa valores interpolados de temperatura y precipitación registradas por estaciones meteorológicas a nivel de terreno entre 1950 y 2000. Las estimaciones de LST (día y noche) fueron obtenidas a partir de productos derivados de un análisis temporal de Fourier de imágenes del sensor MODIS disponibles cada 8 días con resolución espacial de 1x1 kms. En total se usaron 59 variables ambientales para los análisis (19 de Worldclim, 28 del análisis temporal de Fourier y 12 para precipitaciones mensuales).

El análisis comparativo de las dos áreas mencionadas arriba se realizó usando tres aproximaciones. La primera fue la de una descripción

basada en estadísticos descriptivos básicos, la segunda usó el modelado de la distribución geográfica con un modelo lineal generalizado con link binomial (asignando valor 1 para presencias en el área actual y 0 para las presencias en el área oriental del Gran Chaco). Para el ajuste del modelo se usaron las mismas 59 variables ambientales mencionadas arriba, cuyos valores fueron extraídos con un muestreo aleatorio de 1000 puntos para cada una de las dos áreas. La colinearidad entre variables ambientales fue evaluada calculando los factores de inflación de varianza (vif) (usando la función vif del paquete car de R). Las variables permanecieron en el modelo si su vif ≤ 10 . Para la evaluación del modelo se calculó el área bajo la curva de operación del receptor, estimando el AUC parcial usando el paquete pROC de R, que toma en cuenta la crítica de (Lobo et al. 2008).

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las variables ambientales usadas en el análisis de nicho para las áreas donde aún persisten poblaciones de *T. infestans* (Presencia) o no (Ausencia), dentro del Gran Chaco Americano. Min – Max: Mínimo – Máximo; Me: Mediana; Q1-Q3: cuartiles 1 y 3; LSTd y LSTn: temperatura de superficie de día y noche; A0 valor medio de la serie; A1, A2, A3: amplitud de los armónicos anual, 2-anual y 3-anual; DA: varianza debida a los 3 primeros armónicos; MN y MX: Mínimos y máximos de la serie; P1, P2, P3: fases de los armónicos anual, 2-anual y 3-anual; VR: varianza de la serie; Bio6: temperatura mínima del mes más frío; Bio7: rango anual de temperatura; Bio11: temperatura mínima del cuatrimestre más frío; Bio12: precipitación anual; Bio19: precipitación del mes más frío; Prec3 y Prec9: precipitación del mes de Marzo y Septiembre. Temperatura en °C, precipitación en mm.

	Min – Max	Ausencia Me	Q1-Q3	Min-Max	Presencia Me	Q1-Q3
LSTd						
A0	22.1 – 31.2	27.2	26.4-28.1	21.2 – 33.3	27.9	27.3 – 28.8
A1	5.3 – 10.5	7.3	6.4-10.5	5.6 – 13.6	7.8	6.9 – 9.8
A2	0.8 – 0.6	1.5	1.3-6	-1.3-6	1.8	1.6 – 2
A3	0.0 – 0.8	0.3	0.2 – 0.4	0.0 – 1.1	0.3	0.2 – 0.4
DA	69–92	81	78–86	75–96	86	83–91
MN	12.6–22.4	18.9	17.6–19.8	12.7–22.5	18.6	16.8–20
MX	28.2–41.6	33.3	32.1–35.1	28.6–46	35.2	34.1–37.4
P1	0.0–12	11.6	11.5–11.7	10.8–11.9	11.4	11.3–11.6
P2	2.1–4.4	2.9	2.7–3.2	2.8–4.2	3.2	3.1–3.4
P3	0.1–3.8	1.4	1.1–1.7	0.1–3.9	1.8	1.4–2
@A	20–65	35	28–44	22–101	37	31–55
LSTn						
A0	8.4 – 18.8	15.5	14.3-16.5	8.6-20.1	16.5	15.3-18
A1	4.4 – 9.5	6.6	5.9-9.5	4.7-10.8	6.8	6-8.4
A2	0.1 – 1.6	0.8	0.6-1.6	-3-3	1.2	1-1.3
A3	0.0 – 0.8	0.4	0.2–0.5	0.0 – 1	0.4	0.3–0.6
DA	65–92	80	76–85	65–94	82	77–90
MN	0.1–14.2	8.6	6.4–10.5	2.1–14.1	8.7	5.6–11.1
MX	16–23.7	21.9	21.1–22.4	13.3–26.1	22.8	22.1–23.5
P1	0.0 – 0.4	0.4	0.3–0.6	0.0–2	0.3	0.1–2
P2	0.5–3.3	2.4	2.2–2.6	2–3.3	2.7	2.5–2.9
P3	0.1–3.9	2.5	2.3–2.7	0.0–3.9	2.4	2.2–2.5
@A	16–50	28	23–33	17–63	29	24–40
Bio6	0.3–11.9	8.2	6.2–9.5	0.9–10.3	7.1	5.0–8.9
Bio7	21.9–30.3	26.6	24.7–28.3	24.6–32.0	27.5	26.2–29.0
Bio11	7.6–18.0	15.7	14.3–16.6	7.3–18.0	15.3	13.2–16.9
Bio12	519–1419	914	751–1089	305–1057	621	153–180
Bio19	21–80	72	45–101	11–65	20	16–33
Prec3	63–162	131	110–140	40–67	95	62–103
Prec9	13–89	36	23–51	5–25	13	11–15

La última aproximación usó un método de comparación de nicho usando el índice de Schoener de solapamiento de nicho (D), que varía entre 0-1 (sin solapamiento e idéntico nicho, respectivamente), y usado para calcular tests

de equivalencia y similitud. El análisis siguió la propuesta de (Broennimann et al. 2012), que usa un método de ordenamiento (PCA-env) para estimar solapamiento de nicho. Para el test de equivalencia de nicho, las 2000 ocurrencias obtenidas (1000 para Chaco árido, 1000 para Chaco húmedo) fueron agrupadas y aleatoriamente divididas en dos grupos de 1000 puntos. A partir de estos datos se calculó el estadístico D de solapamiento de nicho. El proceso fue repetido 100 veces y se construyó un histograma de frecuencias con los valores de D así simulados. Si el valor observado de D cae dentro de la densidad del 95% de los valores simulados, la hipótesis nula de equivalencia de nicho no puede ser rechazada. Para el test de similitud de nicho se intercambiaron aleatoriamente el conjunto de ocurrencias observadas en uno de los rangos y se calculó el solapamiento del nicho simulado con el nicho observado en el otro rango. El test de similitud de nicho se basó en 100 repeticiones. Si el solapamiento observado es mayor que 95% de los valores simulados, la entidad ocupa ambientes en ambos rangos que son más similares entre sí que lo que hubiera podido esperarse por azar. Todos los cálculos fueron realizados usando el script de R producido por Broennimann et al (2012), apropiadamente modificado.

Resultados

El análisis descriptivo para las variables ambientales (Tabla 1) muestra que la mayoría de las variables ambientales tiene valores similares en las dos áreas consideradas, aunque la temperatura de superficie máxima y promedio (día y noche) es levemente superior, en tanto que varios indicadores de precipitación muestran menor precipitación en el área actualmente ocupada por *T. infestans*.

El análisis de la distribución de las poblaciones de *T. infestans* contrastando las condiciones ambientales del área actual con el área que históricamente ocupó en la región oriental del Gran Chaco, mostró que el modelo lineal generalizado construido con el promedio, la amplitud de ciclo bianual, la fase del ciclo bianual y la varianza de la temperatura de superficie diaria, la máxima temperatura del mes más cálido (Bio5) y la lluvia caída en julio fue capaz de describir adecuadamente las distribuciones. El modelo mostró elevado ajuste con un AUC= 0.98 y un R2 aproximado de 0.71 (Tabla 2, Fig. 3).

Tabla 2: Variables ambientales seleccionadas por el modelo lineal generalizado con link binomial para describir la actual y la histórica distribución de poblaciones *T. infestans* en la región del Gran Chaco Americano. LSTd: temperatura de superficie estimada por el sensor MODIS; a0: valor promedio; a2: amplitud del ciclo bianual; p1: fase de ciclo anual; vr: varianza; bio5: temperatura máxima del mes más cálido; prec7: precipitación media del mes de Julio

	Coef. Estimado	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercepto)	-2.209e+02	1.982e+01	-11.146	< 2e-16 ***
LSTda0	1.696e-02	1.480e-03	11.462	< 2e-16 ***
LSTda2	1.946e-02	6.051e-03	3.216	0.0013 **
LSTdp1	-6.499e-03	8.014e-04	-8.109	5.08e-16 ***
LSTdvr	-1.169e-01	7.850e-03	-14.891	< 2e-16 ***
Bio5	-5.192e-02	7.066e-03	-7.348	2.01e-13 ***
Prec7	-5.529e-01	3.226e-02	-17.139	< 2e-16 ***

Devianza nula : 2771.20, 1998 grados de libertad
 Devianza Residual: 812.37 , 1992 grados de libertad

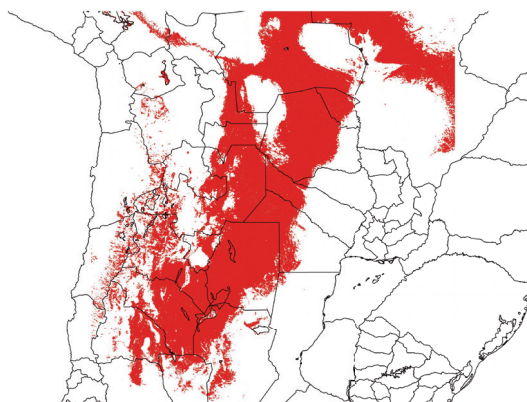


Figura 3: Identificación del área del Gran Chaco con variables ambientales similares a la de la actualmente ocupada por *T. infestans*, estimada por el modelo lineal generalizado usando 5 variables ambientales (ver Tabla 2).

El análisis PCA mostró que los dos primeros componentes explicaron 39.1% y 27.4%, respectivamente.

El primer componente refleja el efecto negativo de la variabilidad anual de la temperatura (amplitud del ciclo anual, rango anual y varianza anual) y positivos de la temperatura y precipitación en los periodos más fríos del año (temperatura mínima del mes y cuatrimestre más fríos y precipitación del cuatrimestre más frío). El segundo componente refleja el efecto negativo de las precipitaciones (promedio anual, lluvias de Septiembre y de Marzo) y positivo de la temperatura (principalmente promedio y mínima anual). La Fig. 2 muestra que el rango de nicho ocupado en el eje del PCA1 es similar en áreas con y sin *T. infestans*, pero el rango de nicho ocupado en el eje PCA2 es diferente, con un rango de valores más estrecho aunque más altos que los correspondientes al eje PCA2 en áreas del

chaco húmedo. Esto indica que el área más apropiada para la persistencia de *T. infestans* está asociada a regiones áridas, cálidas y con baja precipitación. El espacio que había ocupado *T. infestans* en áreas más húmedas y frías sugiere que la especie expandió su nicho, ya sea porque se adaptó a áreas más húmedas y/o porque encontró micro-ambientes que ofrecían condiciones semejantes a las regiones áridas, aún dentro de regiones húmedas.

Discusión

El proceso de expansión y retracción de la distribución geográfica de *T. infestans* sobre el Cono Sur de Sud América ha sido bien documentado. La reconstrucción histórica realizada con marcadores moleculares (Pérez et al. 2011) sugiere la existencia de dos eventos de migración independientes, que habrían dado por un lado origen a las poblaciones de *T. infestans* que actualmente ocupan la región del Chaco árido y por otro a las poblaciones de *T. infestans* que alguna vez ocuparon el área del Chaco húmedo. A mayor escala, los estudios de (Bargues et al. 2005, Panzera et al. 2004) mostraron las vías de colonización que el vector recorrió para llegar hasta el nordeste de Brasil. La retracción de la distribución geográfica de *T. infestans* quedó documentada por los registros de los programas de control de los países del Cono Sur de Sud América, que regularmente informaron al INCOSUR, programa coordinado por la Organización Panamericana de la Salud (www.paho.org). Las evidencias sugieren que la expansión estuvo asociada con la instalación de las rutas de colonización y de comercialización del imperio Inca primero y de españoles y portugueses más tarde. La retracción se asoció a la acción de los programas de control vectorial de países del Cono Sur, especialmente desde la creación del INCOSUR. Además del efecto de los programas de control vectorial, otros factores convergentes seguramente influyeron sobre la reducción del área ocupada por *T. infestans*. La migración rural – urbana, que en grandes áreas agrícolas de Argentina y Brasil inició hacia la década de 1950 redujo fuertemente el número de viviendas rurales con características apropiadas para la instalación de abundantes poblaciones de *T. infestans*. Una segunda migración rural-urbana inició hacia fines de 1980 causada por la producción de soja, esta vez desde áreas históricamente de elevada endemividad para la enfermedad de Chagas. El desarrollo de nuevas variedades de soja pudieran explotarse en regiones semiáridas y la tecnología de siembra directa permitió que áreas semiáridas fueran incorporadas a la producción agropecuaria (Aizen et al. 2009, Dougnac 2004), produciendo una nueva disminución del número de viviendas rurales apropiadas para la instalación de *T. Infestans* (Hoyos et al. 2012, Moreno et al. 2012). En este contexto subregional, la distribución geográfica de *T. infestans* continúa reduciéndose y ocupando (al menos dentro

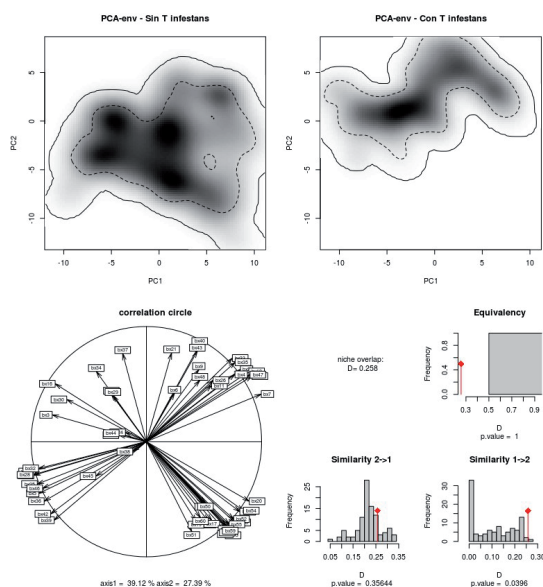


Figura 2: Resumen de la comparación de nichos ocupados por *T. infestans* actualmente y en el pasado. En la parte superior se muestran los espacios ambientales del Gran Chaco Americano definido por los dos primeros componentes principales que actualmente ocupa y ocupó en el pasado *T. infestans* (PCA-env con y sin *T. infestans*, respectivamente). Abajo a la izquierda el círculo de correlaciones para los dos primeros componentes principales, con las 38 variables usadas en el análisis. Abajo a la derecha, los resultados de los tests de Equivalencia y Similitud.

La comparación de nichos definidos por las variables ambientales consideradas en este análisis entre el que actualmente ocupa *T. infestans*, comparado con el que ocupaba en la región del chaco húmedo muestra que los nichos son equivalentes (e.g. no tienen diferencia significativa). La estimación de superposición de nicho fue $D = 0.26$. La similitud entre el nicho ocupado actualmente por *T. Infestans* no difirió significativamente del nicho que había sido ocupado por *T. infestans* ($p = 0.36$), aunque la comparación en el sentido inverso se mostró marginalmente significativa ($p = 0.04$) (ver Fig. 2).

de Argentina) la región árida del Gran Chaco, menos adecuada desde el punto de vista económico para la producción agropecuaria y donde los programas de control vectorial coordinados por agencias provinciales de salud mostraron históricamente serios problemas para sostener activos sistemas de vigilancia.

El análisis realizado a macro-escala en este trabajo mostró que el nicho ecológico de *T. infestans* en el Gran Chaco se está reduciendo en el eje definido principalmente por las precipitaciones y temperaturas anuales. Específicamente, está reduciendo el espacio ocupado por áreas con mayores precipitaciones y permaneciendo en áreas con mayor temperatura, especialmente en los períodos más fríos. El cálculo de solapamiento de los nichos mostró que el actual nicho ocupado por *T. infestans* no tiene diferencias significativas con el nicho que la especie ocupaba en áreas del Chaco húmedo.

Referencias

- Bacigalupo A, Segura JA, García A, Hidalgo J, Galuppo S, Cattán PE. Primer hallazgo de vectores de la enfermedad de Chagas asociados a matorrales silvestres en la Región Metropolitana, Chile. *Rev Med Chile*. 2006; 134: 1230-1236.
- Bacigalupo A, Torres-Pérez F, Segovia V, García A, Correa JP, Moreno L, et al. 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*. 2010; 105(5): 633-641.
- Boletín ISP. 2014. Vigilancia de Enfermedad de Chagas 2005 – 2013: Componente vectorial. Vol.4, No.6. Junio. Disponible http://www.ispch.cl/sites/default/files/Chagas%2023-06-2014_0.pdf
- Canals M, Solís R, Tapia C, Ehrenfeld M, Cattán, P.E. Comparison of some behavioral and physiological feeding parameters of *Triatoma infestans* Klug, 1834 and *Mepraia spinolai* Porter, 1934, vectors of Chagas Disease in Chile. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 1999; 94(5): 587-692.
- Carcavallo RU, Curto de Casas SI, Sherlock IA, Girón IG, Jurberg J, Galvao C, et al. Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion. En: Carcavallo RU, Girón IG, Jurberg J, Lent H. Editores. *Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas*, vol. 3. Rio de Janeiro. Editora FIOCRUZ; 1999. p. 747– 792.
- Ceballos LA, Piccinali RV, Berkunsky I, Kitron U, Gürtler RE. First finding of melanic sylvatic *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) colonies in the Argentine Chaco. *J. Med. Entomol*. 2009; 46: 1195-1202.
- González CR, Reyes C, Canals A, Parra A, Muñoz X, Rodríguez K. An entomological and seroepidemiological study of the vectorial-transmission risk of Chagas disease in the coast of northern Chile. *Med. Vet. Entomol*. 2015; 29(4): 387-392.
- Jercic MI, González CR, Oyarce A, Cancino B, Mac-Lean M. La enfermedad de Chagas en Chile: componente vectorial y serología en menores de 5 años durante el período 2005-2010. *El Vigía* 2012; 13(27): 7- 11.
- Lorca M, García A, Bahamonde MI, Fritz A, Tassara R. Certificación serológica de la interrupción de la transmisión vectorial de la Enfermedad de Chagas en Chile. *Rev. médica de Chile* 2001; 129(3): 264-269
- Ministerio de Salud Chile. 2011. Departamento de Epidemiología. Circular B 51/17 de Vigilancia de Enfermedad De Chagas.
- Ministerio de Salud de Chile, 2014. Departamento de Enfermedades Transmisibles. Norma General Técnica: Control y prevención nacional de la Enfermedad de Chagas. Febrero 2014. Disponible http://www.saludohiggins.cl/attachments/2196_NTG0162Chagas2014.pdf
- Noireau F, Flores R, Gutiérrez T, Abad-Franchm F, Flores E, Vargas F. Natural ecotopes of *Triatoma infestans* dark morph and other sylvatic triatomines in the Bolivian Chaco. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2000; 94: 23-27.
- Pinto JC. Southern Cone Initiative for the elimination of domestic populations of *Triatoma infestans* and the interruption of transfusional Chagas disease. Historical aspects, present situation, and perspectives. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2007; 102:11-18.
- Rabinovich JE. Vital statistics of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) under laboratory conditions. I. *Triatoma infestans* Klug. *J. Med. Entomol*. 1972; 9(4): 351-370
- Schofield CJ, Galvao C. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Tropica* 2009; 110: 88-110.
- Velásquez CJ, González G. Aspectos de la enfermedad de Chagas en Paraguay. *Rev. Goiana Med*. 1959; 5: 357-373.

