

## Modelación del nicho ecológico de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1981) para Centroamérica.

Por Joxual J. Araque Pérez.

### Objetivo:

Determinar los patrones de la distribución potencial y nicho ecológico que existe en la especie *Triatoma dimidiata* en Centroamérica.

### Objetivos específicos:

- Identificar las principales variables bioclimáticas que condicionan el nicho ecológico de *T. dimidiata*.
- Modelar los patrones de distribución potencial de la especie en Centroamérica integrando los resultados obtenidos de las evaluaciones anteriores.

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo determinar los patrones de distribución potencial y el nicho ecológico de *Triatoma dimidiata* en Centroamérica. Utilizando el paquete **ntbox** en R, se descargaron las 19 variables bioclimáticas de WorldClim v2 (10') y se filtraron 1, 499 registros de presencia (GBIF,  $\geq 1970$ ). Se definió un área de calibración con un buffer de 300 km alrededor de las presencias (70 % entrenamiento, 30 % validación) y se seleccionaron variables no colineales (Spearman, umbral 0.8m se evaluaron en paralelo 182 modelos (combinaciones de 3–5 variables, nivel de confianza 97,5 %, omisión  $\leq 5$  %) y los mejores elipsoides se ajustaron. A escala global, la suma de modelos (consenso parcial) mostró zonas potenciales también fuera del Neotrópico (África, Asia, Oceanía), mientras que la intersección de modelos (consenso absoluto) redujo la idoneidad a los hábitats más confiables. En Centroamérica, los gradientes claves fueron Bio2 (7–12 °C), Bio3 (70–80 %) y Bio18 (800–1 200 mm), que delinean planicies costeras y valles interiores como áreas óptimas, excluyendo regiones montañosas y selvas muy húmedas. Estos patrones coinciden con trabajos previos y permiten priorizar zonas de vigilancia entomológica para el control del mal de Chagas.

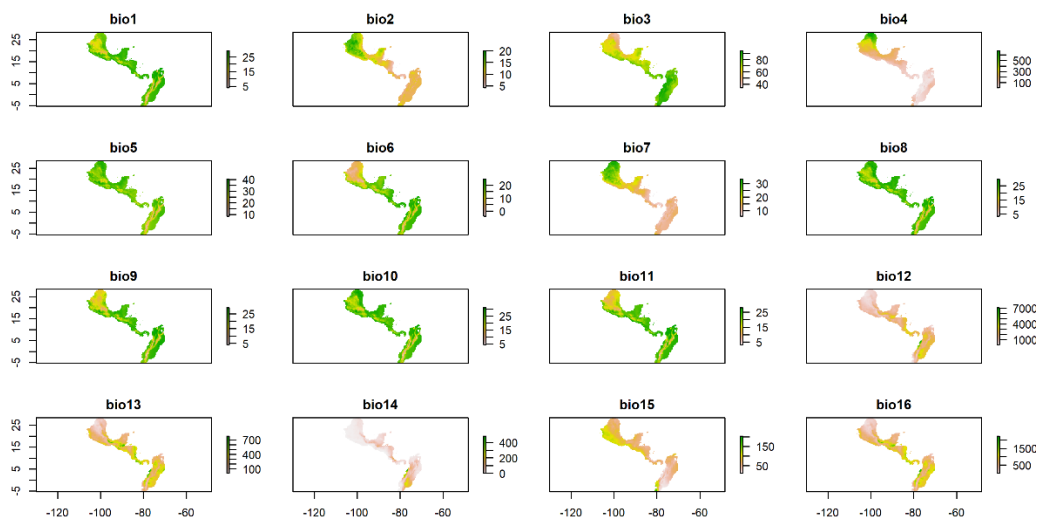
### Abstract

This study aimed to determine the potential distribution patterns and ecological niche of *Triatoma dimidiata* in Central America. Using the **ntbox** package in R, we downloaded 19 bioclimatic variables from WorldClim v2 at 10' resolution and filtered 1,499 presence records (GBIF,  $\geq 1970$ ). We defined a calibration area as a 300 km buffer around occurrences (70 % training, 30 % validation) and selected non-collinear variables via Spearman correlation (threshold = 0.8). Parallel evaluation of 182 ellipsoidal models (combinations of 3–5 variables; 97.5 % confidence;  $\leq 5$  % omission) identified the best-fitting ellipsoids. At the global scale, the sum of these models (partial consensus) revealed potential suitability beyond the Neotropics (Africa, Asia, Oceania), whereas their intersection (absolute consensus) confined suitability to the most reliable habitats. In Central America, key gradients—BIO2 (mean diurnal range: 7–12 °C), BIO3 (isothermality: 70–80 %), and BIO18 (precipitation of the warmest quarter: 800–1,200 mm)—delineated coastal plains and interior valleys as optimal, excluding high-altitude and hyperhumid forest regions. These patterns align with previous studies and support prioritizing entomological surveillance zones for Chagas disease control.

## Metodología

Se empleó un enfoque de modelado de nicho ecológico basado en elipsoides utilizando el paquete *ntbox* en R (Osorio-Olvera et al., 2020). Para este estudio, se utilizaron las 19 variables bioclimáticas disponibles en WorldClim v2 a una resolución de 10 minutos de arco, las cuales fueron descargadas mediante la función *worldclim\_global()* del paquete *geodata*. Posteriormente con el modelo realizado a nivel mundial (Figura, 2), se restringió el ámbito espacial del análisis **al territorio de Centroamérica**.

Se recopilieron 3 840 registros de *T. dimidiata* de GBIF, de los cuales 1 499 quedaron tras filtrar datos anteriores a 1970 y eliminar un punto marino. Se reservó el 70 % para calibración y el 30 % restante para validación, definiendo el área de calibración como un buffer de 300 km alrededor de las presencias (Figura 1). Los conjuntos completos (*pgenv*), de entrenamiento (*pg\_train*) y de prueba (*pg\_test*) se exportaron a CSV. Sobre las 19 variables bioclimáticas se calculó la matriz de correlación de Spearman y, con *ntbox::correlation\_finder(threshold = 0.8)*, se seleccionaron las variables no colineales. Empleando *ntbox::ellipsoid\_selection()* se evaluaron en paralelo todas las combinaciones de 3, 4 y 5 variables (en total 182 modelos), con un nivel de confianza del 97,5 % y un umbral de omisión máximo del 5 %, validando el desempeño en el conjunto de prueba y almacenando los mejores modelos en el objeto *e\_selct*.

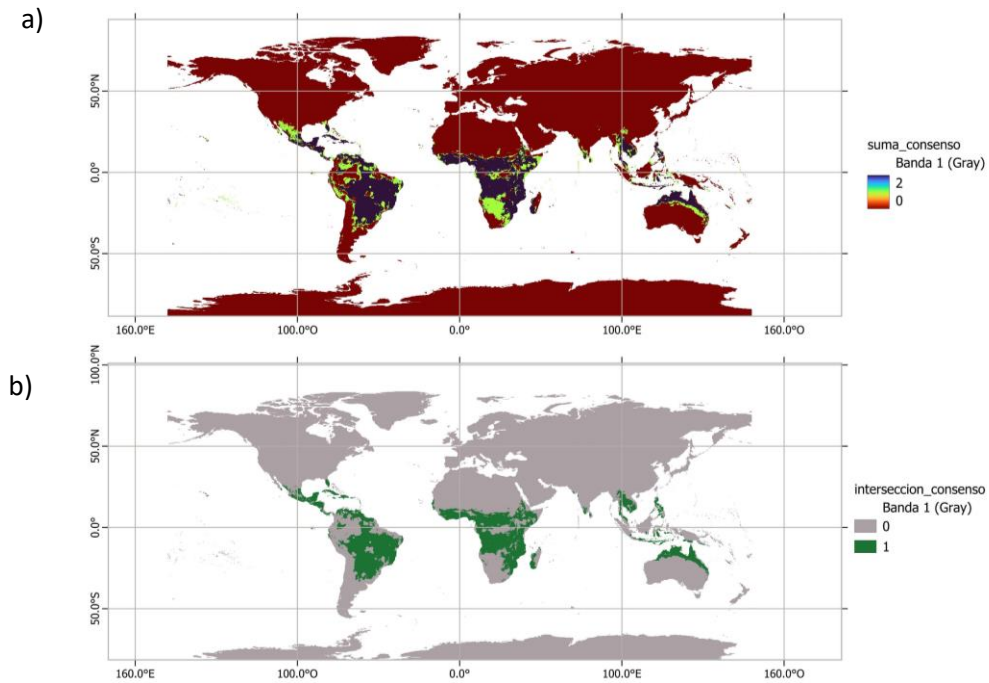


**Figura 1.** Mapas de las variables bioclimáticas (Bio1–Bio16 reflejadas de 19) evaluadas para el modelado de nicho de *Triatoma dimidiata* en Centroamérica. A partir 1 499 datos filtrados de GBIF se definió un área de calibración como un buffer de 300 km alrededor de las presencias (70 % para calibración, 30 % para validación).

## Resultados

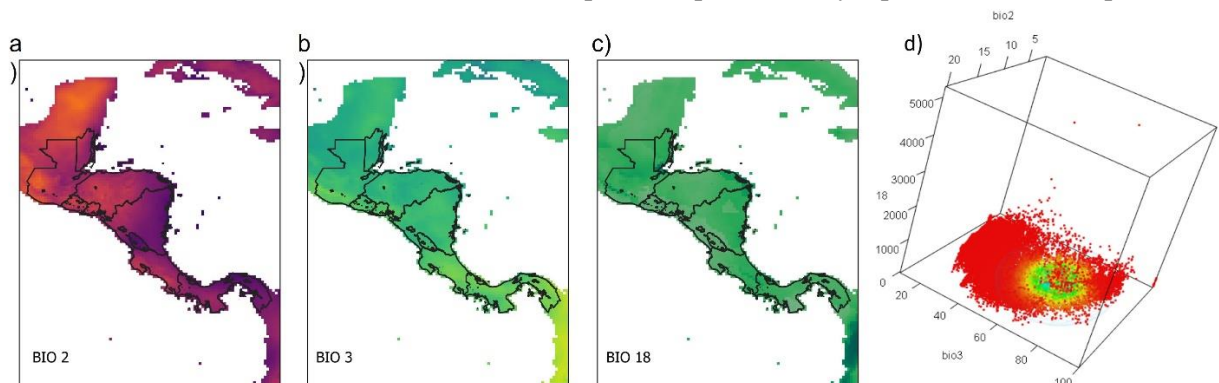
La primera figura 2, muestra zonas coloreadas en **verde-azul** indican píxeles donde al menos dos elipsoides coinciden (valor = 2, panel a). El modelo se calibró con datos neotropicales, y aun así extrapola condiciones similares en otras ecorregiones (África central, Sureste asiático, norte de Australia). Esto es un artefacto típico de los elipsoides ambientales: extienden la “idoneidad” a todos

los sitios que caen dentro del mismo volumen ambiental. En panel (b), el área en **verde** marca únicamente los píxeles donde **todos** los modelos binarizados coinciden (intersección = 1).



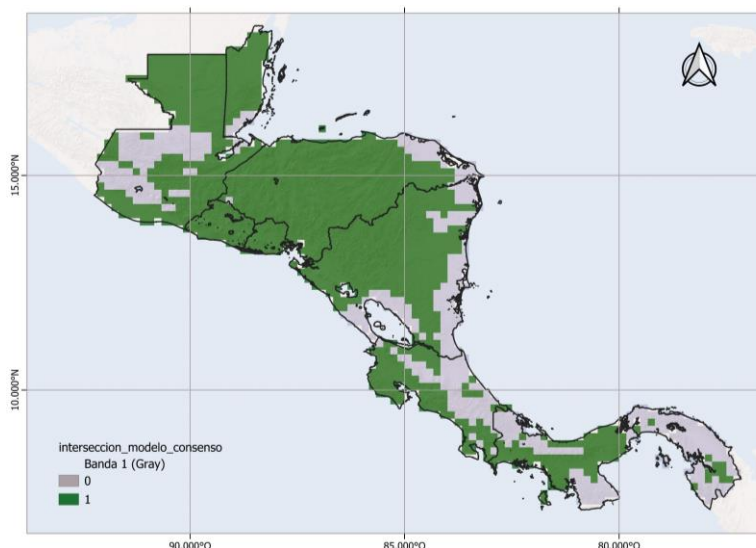
**Figura 2.** Mapas globales de idoneidad para *Triatoma dimidiata*: (a) consenso parcial (suma de modelos: zonas con  $\geq 2$  elipsoides coincidentes) y (b) consenso absoluto (intersección de modelos).

Los gradientes bioclimáticos para *Triatoma dimidiata* en Centroamérica están concentrándose en planicies costeras y valles interiores (Figura 3, panel a, b y c) con amplitud térmica diaria (BIO2) de 7–12 °C, isotermalidad (BIO3) de 70–80 % y precipitación del trimestre más cálido (BIO18) entre 800 y 1 200 mm. La integración de BIO2, BIO3 y BIO18 en un espacio ambiental tridimensional confirma que la mayor densidad de registros de presencia se agrupa en este núcleo bioclimático (Figura, 3 panel d), de manera hipotética tanto la estabilidad isotérmica como una pluviometría moderada en el trimestre cálido son determinantes para la supervivencia y reproducción de la especie.



**Figura 3.** Variables bioclimáticas y perfil multivariado de *Triatoma dimidiata* en Centroamérica (a) amplitud térmica diaria (BIO2), (b) isotermalidad (BIO3), (c) precipitación del trimestre más cálido (BIO18) y (d) dispersión 3D de los registros de presencia en el espacio ambiental definido por BIO2, BIO3 y BIO18.

La figura, 4 de intersección de consenso en Centroamérica (verde) revela los píxeles donde las seis combinaciones de elipsoides ambientales (basadas en BIO2, BIO3 y BIO18) coinciden en condiciones óptimas para *Triatoma dimidiata*. Comprendidas principalmente por las llanuras costeras y valles interiores de Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, las cuales se caracterizan por amplitudes térmicas diarias moderadas (7–12 °C), alta isothermalidad (70–80 %) y precipitaciones en el trimestre más cálido de 800–1 200 mm. En contraste, las zonas montañosas de mayor altitud y las regiones de selva muy húmeda quedan excluidas (gris).



**Figura 4.** Intersección de consenso de idoneidad ecológica para *Triatoma dimidiata* en Centroamérica (áreas de color verde indican unanimidad de los seis modelos elipsoidales).

## Discusión

La figura 3 y 4, de la modelación coincide con estudios previos que documentan la asociación de *Triatoma dimidiata* con zonas de baja a media altitud y clima moderadamente estable. Bender y otros identificaron que las planicies costeras y valles interiores de Centroamérica ofrecen condiciones térmicas y pluviométricas óptimas para la especie, lo cual validamos aquí al encontrar amplitudes diarias de 7–12 °C, isothermalidad de 70–80 % y lluvias del trimestre cálido de 800–1 200 mm (Bender et al., 2020).

En Centroamérica (Figura 3 y 4), las áreas de alta idoneidad coinciden con planicies costeras y valles interiores de Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, caracterizados por amplitudes térmicas diarias de 7–12 °C (BIO2), altos porcentajes de isothermalidad y precipitaciones moderadas en el trimestre más cálido. Siendo este perfil climático congruente con los nichos descritos para la especie (Gómez-Palacio et al., 2015; Caron et al., 2024) y refuerza que la estabilidad térmica y un régimen pluviométrico intermedio son críticos para la supervivencia de ninfas y la reproducción de adultos. La intersección de consenso (Figura 4) refleja que zonas elevadas y las selvas más húmedas *T. dimidiata* prefiere microhábitats bien drenados y con fluctuaciones térmicas moderadas.

## **Conclusión**

La modelación elipsoidal basada en BIO2, BIO3 y BIO18 permitió identificar con precisión las áreas idóneas de *Triatoma dimidiata* en las planicies costeras y valles interiores de Centroamérica. El consenso parcial también mostró su capacidad de extrapolar condiciones óptimas más allá del Neotrópico, mientras que el consenso absoluto delimitó los hábitats climáticamente más robustos.

## **Referencias bibliográficas**

Bender, A., Python, A., Lindsay, S. W., Golding, N., & Moyes, C. L. (2020). Modelling geospatial distributions of the triatomine vectors of *Trypanosoma cruzi* in Latin America. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(8), e0008411. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008411>

Caron, F. S., Rivadeneira, D., Rabinovich, J., Pie, M. R., & Morimoto, J. (2024). Range size positively correlates with temperature and precipitation niche breadths but not with dietary niche breadth in triatomine insects, vectors of Chagas disease. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 18(8), e0012430. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012430>

Gómez-Palacio, A., Arboleda, S., Dumonteil, E., & Townsend Peterson, A. (2015). Ecological niche and geographic distribution of the Chagas disease vector, *Triatoma dimidiata* (Reduviidae: Triatominae): Evidence for niche differentiation among cryptic species. *Infectious Genetics and Evolution*, 36, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2015.08.035>

Osorio-Olvera, L., Lira-Noriega, A., Soberón, J., Peterson, A. T., Falconi, M., Contreras-Díaz, R. G., Martínez-Meyer, E., Barve, V., & Barve, N. (2020). *ntbox*: An R package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(10), 1199–1206.