

# Ocurrencia espacial de flebotominos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en el Estado Mérida Venezuela

Spatial occurrence of sandflies of *Lutzomyia* genus (Diptera: Psychodidae) on the state Mérida Venezuela

María Rujano  <sup>1</sup>

Yorfer Rondón  <sup>2</sup>

Mireya Sánchez  <sup>3</sup>

Maritza Rondón  <sup>4</sup>

Beatriz Nieves<sup>5</sup>

Elsa Nieves  <sup>6</sup>

Laboratorio de Parasitología Experimental, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela<sup>1,2,3,4,6</sup>

Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela<sup>1</sup>

Laboratorio de Bacteriología, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela<sup>5</sup>

alemaryujano@gmail.com<sup>1</sup>

ferrg09@gmail.com<sup>2</sup>

ms\_706@hotmail.com<sup>3</sup>

maritzarondon35@gmail.com<sup>4</sup>

bnnievesb05@gmail.com<sup>5</sup>

nievesbelsa@gmail.com<sup>6</sup>

Fecha de recepción: 02/11/2020

Fecha de aceptación: 09/04/2021

Pág: 13 – 27

## Resumen

La leishmaniasis es una enfermedad parasitaria transmitida por flebotominos insectos vectores con una amplia distribución mundial y constituye un grave problema de salud pública. Describir la distribución espacial de los flebotominos es fundamental para entender las dimensiones geográficas en la epidemiología y riesgo de transmisión de la leishmaniasis. Este estudio evalúa la distribución espacial de flebotominos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en el estado Mérida Venezuela, en relación a variables como la densidad poblacional, altitud, vegetación y unidades ecológicas.



Esta obra está bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Se analizó la presencia de 30 especies de flebotominos capturados y georreferenciados en el estado Mérida. Los datos se representan en mapas con diferentes colores que indican los distintos rangos de distribución. Los flebotominos en el estado Mérida presentan una gran distribución espacial en las distintas unidades ecológicas y de vegetación, incluyendo zonas áridas y xerofitas y zonas de gran impacto poblacional y urbanizadas con alto grado de intervención ecológica, predominando en zonas a altitudes entre 0 a 2039 msnm, con cubierta vegetal de tierras agrícolas y bosque siempre verde, y unidades ecológicas de selva húmeda submontana y selva semicaducifolia montana. Las regiones menos pobladas corresponden a zonas de selva nublada montano alta y bosque siempreverde seco montano alto así como las zonas a más de 3000 metros de altitud en el desierto nival y páramo andino las cuales limitan la dispersión de los flebotominos. Se aportan datos sobre la distribución espacial del género *Lutzomyia* en el estado Mérida que incrementa el conocimiento sobre la biología de los flebotominos importante para los entes de control.

**Palabras clave:** distribución espacial, *Leishmania*, flebotominos.

### Abstract

Leishmaniasis is a parasitic disease with widespread global distribution and constitutes a health problem transmitted by sandflies insect. Describing the sandflies spatial distribution is essential to understand the geographical dimensions of epidemiology and transmission risk of leishmaniasis. This study evaluates the spatial distribution of *Lutzomyia* genus (Diptera: Psychodidae) in Mérida state Venezuela, in relation to a series of variables such as population density, altitude, vegetation and ecological units. The occurrence of 30 species of captured and georeferenced sandflies in the Mérida state was analyzed. The data are represented on maps with different colors that indicate the different distribution ranges. Sandflies in the Mérida state have a large spatial distribution in the different ecological and vegetation units, including arid and xerophytic zones as well as areas of great population and urbanized impact with high degree of ecological intervention, predominantly, in areas between 0 to 2039 meters above sea level, with vegetal cover of agricultural lands and evergreen forest, and ecological units of submontane humid forest and montane semi deciduous forest in Mérida state. The less populated regions corresponding to deciduous forest and submontane cloud forest and areas of snow desert and Andean paramo to more than 3000 meters of altitude of altitude limit the distribution of sandflies. Data are provided on the spatial distribution of the *Lutzomyia* genus in Mérida state that increases knowledge about the biology of sandflies important for control entities.

**Key words:** spatial distribución, *Leishmania*, sandflies.

## Introducción

La leishmaniasis constituye un grupo de enfermedades emergentes, registradas en 98 países en los cinco continentes y es una parasitosis transmitida por insectos flebotomínicos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en América [Alvar et al., 2012]. Muchos factores ambientales afectan la epidemiología de la enfermedad; ciertos estudios proporcionan evidencias de la dispersión del parásito *Leishmania* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) y de los flebotomínicos en relación a factores ecológicos, climáticos y procesos socio-ambientales [Missawa y Dias, 2007, Ranganathan y Swaminathan, 2015, Almeida et al., 2015, Gao et al., 2020]).

Los estudios entomológicos sobre la presencia vectorial y densidad de los flebotomínicos, buscan proporcionar información tanto cualitativa como cuantitativa, para definir las áreas de presencia, áreas potenciales de dispersión, distribución, las mejores épocas de transmisión y aportar información relevante para la prevención a los entes de control [Ranganathan y Swaminathan, 2015]. En América, la leishmaniasis tegumentaria ocurre principalmente en áreas naturales silvestres boscosas y áreas deforestadas asociadas a cambios en el uso de la tierra [Ready, 2008, Ferro et al., 2015]. Establecer la relación entre la distribución de los flebotomínicos con distintas variables ecológicas permite entender los patrones de dispersión y establecer políticas adecuadas en la prevención de la leishmaniasis [Alvar et al., 2012, Srinivasan et al., 2013, Nieves et al., 2014b, Nieves et al., 2018]).

[Ranjan et al., 2005] reportaron que la temperatura, precipitación anual, humedad y vegetación favorecen la distribución de los flebotomínicos. Varios estudios han relacionado la distribución de los flebotomínicos a la altitud [Akemi y Santos, 2007]. Otros autores han asociado la densidad de los flebotomínicos con los primeros períodos de lluvia y alta humedad relativa [Oliveira et al., 2003, Barata et al., 2004, Monteiro et al., 2005]. [Rujano et al., 2015] reportan que la mayor influencia en la distribución potencial de los flebotomínicos es la variable climática de precipitación en el trimestre más lluvioso. En contraste, otros estudios no encuentran correlación significativa entre la densidad de flebotomínicos y las variables bioclimáticas [Souza et al., 2004]. [Akemi y Santos, 2007] no reportaron relación entre la densidad de flebotomínicos y la temperatura, la humedad y las variables climáticas.

El trópico tiene una gran diversidad ambiental presentando diferentes condiciones fisiográficas, con múltiples focos de leishmaniasis y abundancia de flebotomínicos [Young y Duncan, 1994, Lemma et al., 2014]. La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha permitido generar información geoespacial importante y evaluar factores ambientales sobre la leishmaniasis ([Ghatee et al., 2013]). La leishmaniasis cutánea es endémica en el estado Mérida Venezuela, con alto riesgo de transmisión, principalmente en las zonas rurales, con abundancia de flebotomínicos [Nieves et al., 2008, Nieves et al., 2014a, Nieves et al., 2015a]. En el pasado reciente, varios estudios han caracterizado los cambios en la distribución de los flebotomínicos en la región [Nieves et al., 2014b, Nieves et al., 2018] y

el impacto climático en su dispersión (Nieves et al., 2015b). Este estudio explora variables demográfica, climática y ambiental asociadas a la abundancia de los flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida Venezuela, con herramientas SIG que permiten establecer mapas de ocurrencia espacial, como un aporte en el conocimiento de la biología de los flebotominos importante para los entes de prevención.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estado Mérida está localizado al occidente de Venezuela, entre las coordenadas  $07^{\circ}34'60.0''$ ,  $09^{\circ}21'00''$ N y los  $70^{\circ}30'0.0''$ ,  $72^{\circ}0'0.0''$ W, comprende 23 municipios con una gran variación altitudinal y bioclimática y presenta distintas zonas que lo caracterizan, Figura 1 [Ataroff y Sarmiento, 2004].

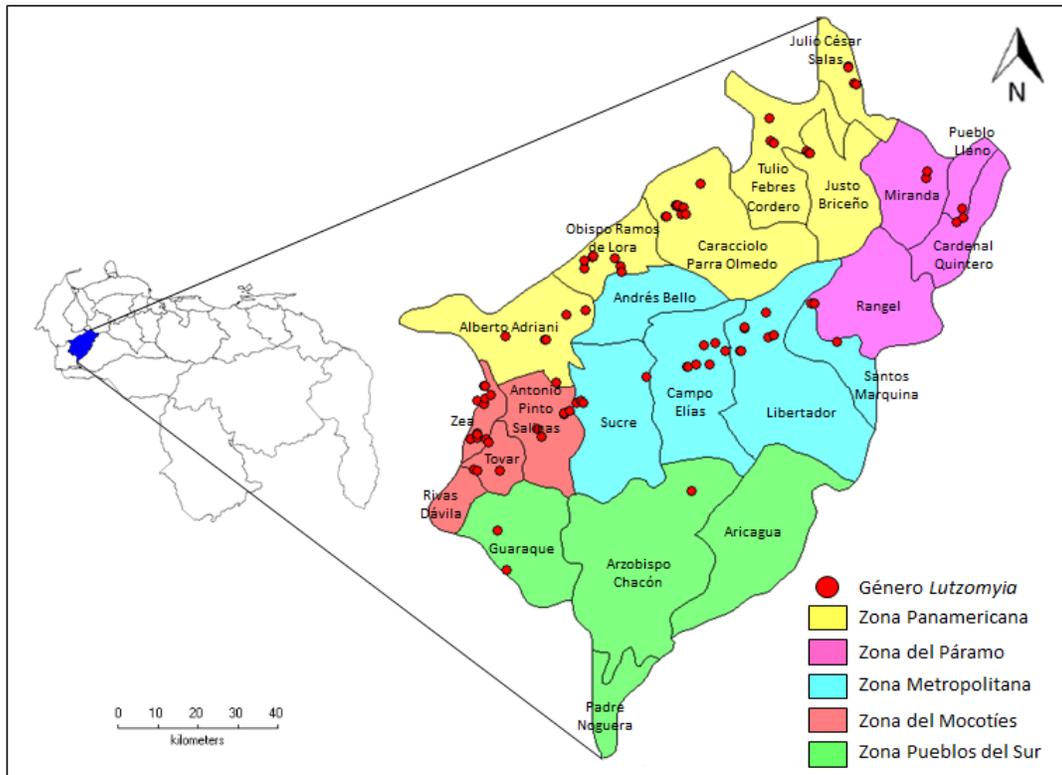


Figura 1: Mapa de localización geográfica del estado Mérida, con municipios muestreados y principales zonas.

Fuente: Elaboración propia.

## Datos de especies de flebotominos

Se utilizó una base de datos extraída de la colección entomológica del Laboratorio de Parasitología Experimental (LAPEX) de la Universidad de Los Andes (Mérida Venezuela) que corresponden a puntos georreferenciados tomados con un equipo GPS (Garmin Oregón 550) de las ocurrencias de 30 especies del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) capturados en 21 de los 23 municipios del estado Mérida, entre 61 y 2099 msnm. Los ejemplares fueron capturados con trampas de Shannon, trampas adhesivas, trampas CDC y aspiración directa, como lo describe [Nieves et al., 2014a], se identificaron mediante morfología externa e interna comparativa según los criterios de [Young y Duncan, 1994] y se encuentran depositados en la colección entomológica del LAPEX.

## Análisis de datos

Se analizó la ocurrencia de 30 especies con 3396 datos de presencia pertenecientes al género *Lutzomyia* capturados y georreferenciados en el estado Mérida en relación a variables demográficas, climáticas y ecológicas, aplicando herramientas SIG. Para la interpolación de los datos y conversión de todos los raster, se utilizaron los programas Diva-GIS y QGIS. Se utilizaron como variables la densidad poblacional, altitud, vegetación y unidades ecológicas para el estado Mérida. Los datos de densidad poblacional total de los municipios que conforman el estado Mérida se tomaron del Instituto Nacional de Estadística, Censo 2011, disponible en <http://www.ine.gov.ve>. Los datos de altitud del estado Mérida se tomaron de la data disponible en <http://www.diva-gis.org> [Hijmans et al., 2005a, Hijmans et al., 2005b]. Para los análisis se establecieron cinco (5) rangos de altitud, A1. 0-1006 msnm; A2. 1006–2039 msnm; A3. 2039 – 3073 msnm; A4. 3073 – 4106 msnm; A5. áreas de mayor altitud (> 4106msnm). Para la cubierta vegetal del estado Mérida se utilizó la propuesta por el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) publicada en [Rodríguez et al., 2005] y como unidades ecológicas se utilizaron las propuestas por [Ataroff y Sarmiento, 2004] para el estado Mérida. Se construyeron mapas que muestran la distribución de los puntos georreferenciados de ocurrencia de los flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida con la superposición de cada una de las coberturas complementarias de las variables. Los mapas se muestran con rangos representados en diferentes colores asociado a la densidad poblacional, altitud, vegetación y unidades ecológicas. Se realizó un análisis descriptivo de los datos usando el programa estadístico R, para caracterizar y explorar la posible relación entre las variables numéricas (densidad de especies y densidad poblacional) y categóricas (altitud, vegetación y unidades ecológicas) en los municipios muestreados del estado Mérida.

## Resultados

La Figura 2, representa el mapa de la ocurrencia de especies de *Lutzomyia* en relación a la densidad poblacional en los municipios que conforman el estado Mérida. Los municipios centrales y del occidente que corresponden a las áreas más pobladas coinciden con la presencia

de la flebotomofauna en el estado Mérida. El coeficiente de correlación de Pearson ( $-0,116$ ) sugiere una correlación inversamente proporcional entre ambas variables, indicando que los municipios con mayor cantidad de especies de flebotominos tienen menos población.

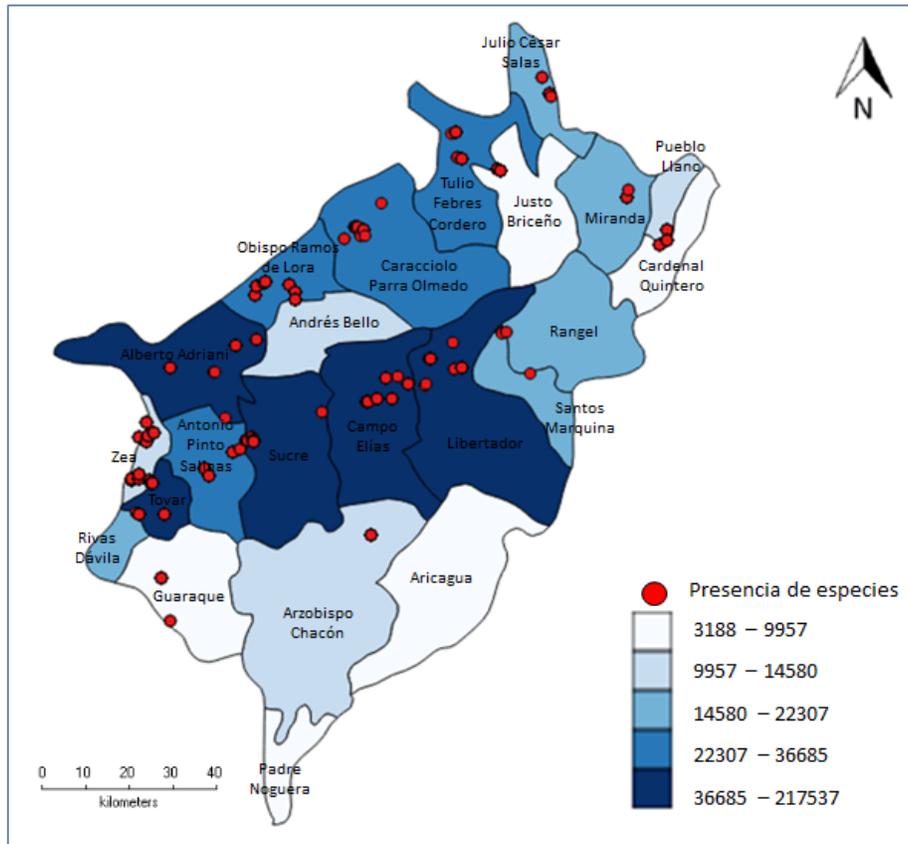


Figura 2: Mapa de distribución espacial de los flebotominos en relación a la densidad poblacional para el estado Mérida Venezuela.

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de insectos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida en relación a la altitud se encuentra representada en la Figura 3.

El mapa de ocurrencias de flebotominos fueron principalmente detectadas en las zonas entre 0 – 1006 msnm y entre 1006 – 2039 msnm. En las áreas de mayor altitud ( $> 3000$  msnm) la abundancia de especies de flebotominos está muy limitada o ausente.

El análisis descriptivo, arrojó que para nueve (9) de los 21 municipios, la mayor densidad de especies flebotominos se detectó entre una altitud de 0 – 1006 msnm (A1) representando el 70.0 % de la flebotomofauna y el 27.5 % para el rango de 1006 – 2039 msnm (A2) en ocho

(8) municipios. Mientras que el 2.1% entre 2039 – 3073 msnm (A3) se observó en tres (3) municipios y el 0.4% entre 3073 – 4106 msnm (A4) en un (1) municipio.

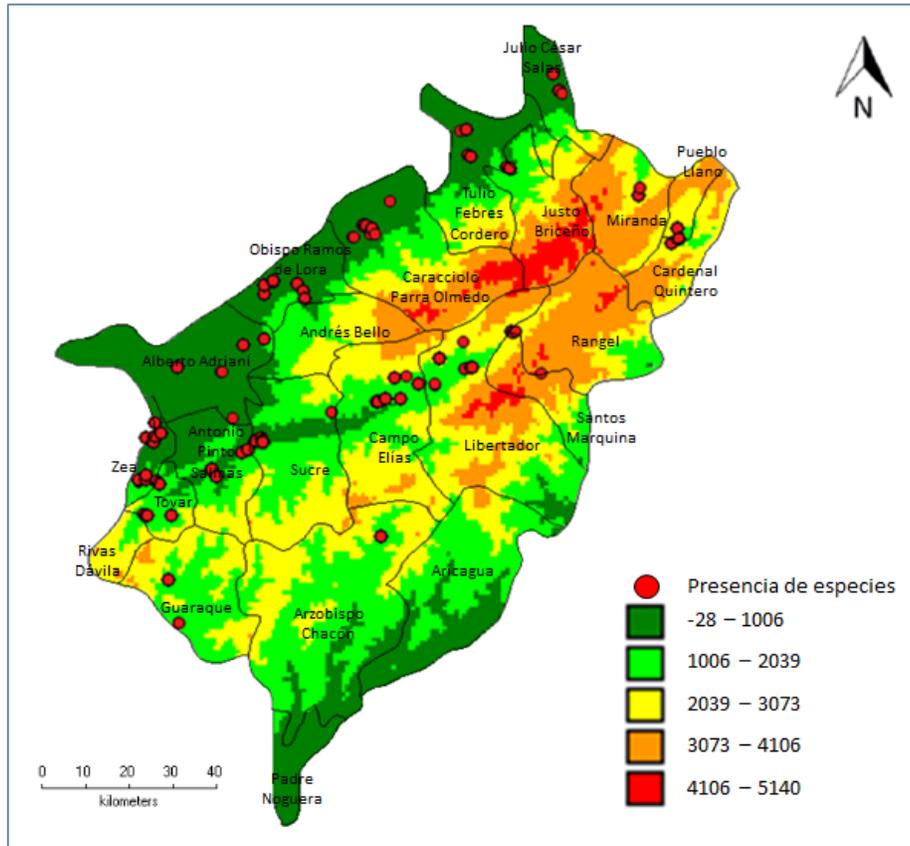


Figura 3: Mapa de distribución espacial de los flebotominos en relación a la altitud para el estado Mérida Venezuela.

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los flebotominos del género *Lutzomyia* en relación a los tipos de vegetación para el estado Mérida se encuentra representada en la Figura 4.

Se detectó la distribución de flebotominos del género *Lutzomyia* en cinco (5) de los siete (7) tipos de cubierta vegetal que presenta el estado Mérida. Las áreas de mayor presencia de flebotominos están cubiertas con vegetación intervenida correspondiente a tierras agrícolas y bosque siempre verde. También están presentes en las áreas de bosque nublado y zonas de gran impacto ecológico consideradas como zonas urbanas o industrializadas y las áreas de menor ocurrencia de flebotominos fueron las zonas de páramo, mientras que las áreas correspondientes a bosque semi caducifolio y área espinosa no mostraron presencia de flebotominos.

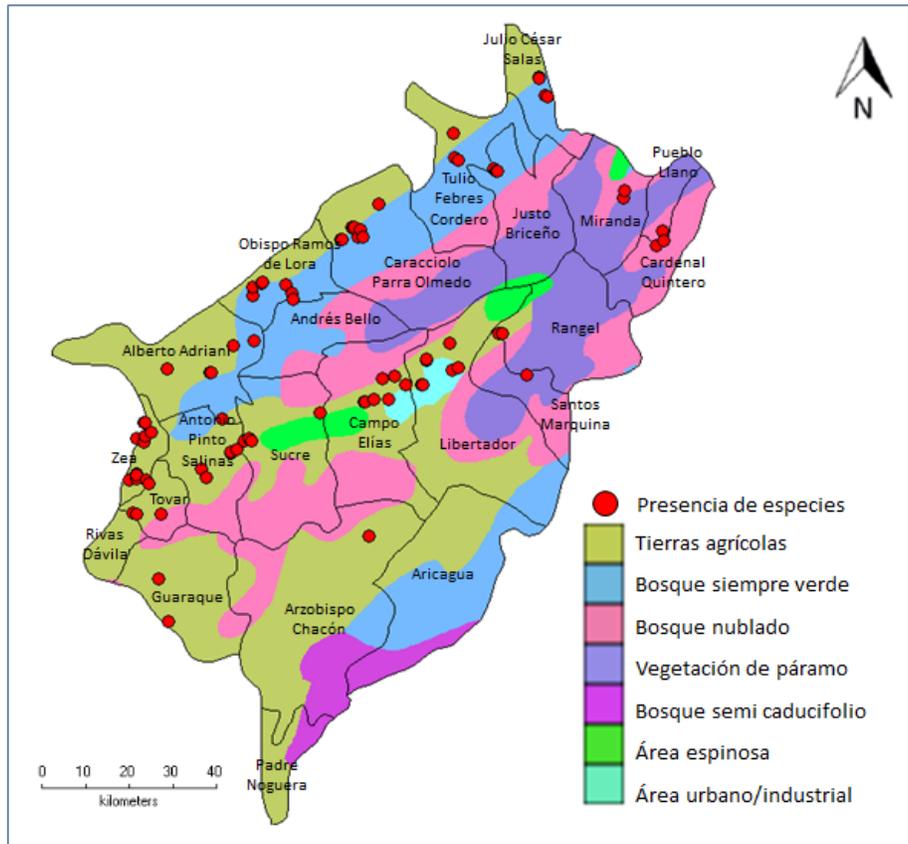


Figura 4: Mapa de distribución espacial de los flebotominos en relación a los tipos de vegetación para el estado Mérida Venezuela.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis descriptivo, muestra que la abundancia de especies de flebotominos se concentra en la cubierta vegetal de tierras agrícolas con el 69.4% representada en nueve (9) municipios del estado Mérida y de bosque siempre verde con el 25.9% en seis (6) municipios del estado Mérida, mientras la presencia de especies de flebotominos en la cubierta vegetal de bosque nublado (1.4%), vegetación de páramo (1.8%) y área urbano/industrial (1.5%), representan apenas el 4.7%.

El análisis de la distribución de los flebotominos en el estado Mérida en relación a las unidades ecológicas determinó que los flebotominos están presentes en 9 de las 13 unidades ecológicas, incluyendo arbustal espinoso, bosque caducifolio seco, bosque siempre verde seco montano bajo, páramo andino, sabana montana, selva húmeda submontana, selva húmeda tropical, selva nublada montana baja y en selva semicaducifolia montana. En contraste, no se detectó la presencia de flebotominos en cuatro (4) de las unidades ecológicas que corresponden a bosque siempre verde seco montano alto, desierto nival, páramo altiandino y selva nublada

montana alta, como se muestra en la Figura 5.

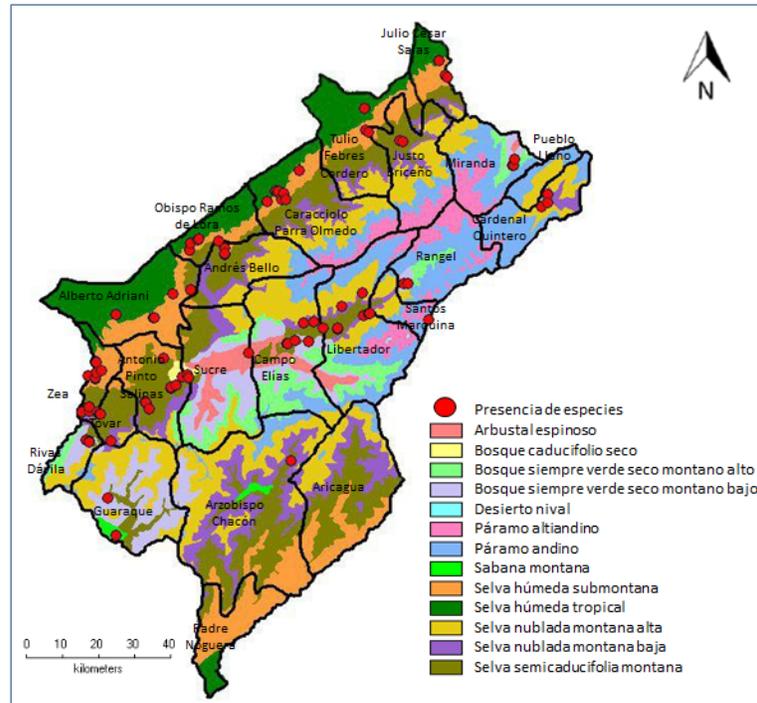


Figura 5: Mapa de distribución espacial de los flebotominos en relación a las unidades ecológicas para el estado Mérida Venezuela.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis descriptivo, determinó que la mayor densidad de especies de flebotominos se concentra bajo la unidad ecológica de selva húmeda submontana con el 58.7% en siete (7) municipios del estado Mérida y en la unidad ecológica de selva semicaducifolia montana con el 25.5% en cinco (5) municipios del estado Mérida y en menor proporción en las unidades ecológicas de arbustal espinoso (7.6%), sabana montana (2.4%), selva nublada montana baja (2.3%), bosque siempre verde seco montano bajo (1.5%), bosque caducifolio seco (0.7%), selva humedad tropical (0.7%) y páramo andino (0.6%).

El análisis descriptivo reveló como punto común entre los dos rangos de altitud (A1: 0–1006 y A2: 1006 – 2039 msnm) la mayor densidad de especies de flebotominos (97.5%), una cubierta vegetal de tierras agrícolas y bosque siempre verde (95.3%) y como unidad ecológica de selva húmeda submontana y selva semicaducifolia montana (84.2%).

## Discusión

El análisis cualitativo con Sistema de Información Geográfica (SIG) muestran los mapas de distribución espacial de los flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida en relación a factores demográficos, climáticos y ambientales, puede afirmar que los flebotominos han logrado una dispersión en una gran variedad de unidades ecológicas y de vegetación, incluyendo zonas de gran impacto humano como las zonas más pobladas y urbanizadas con alto grado de intervención ecológica, hasta zonas áridas y xerofitas. En términos altitudinales los flebotominos se distribuyen principalmente en zonas entre 0 a 2039 msnm, con cubierta vegetal de tierras agrícolas y bosque siempre verde, y unidades ecológicas de selva húmeda submontana y selva semicaducifolia montana. Aunque los factores antropogénicos son difíciles de controlar, el impacto humano a pequeña escala parece ser el primer factor a influir en el espacio de distribución de los flebotominos en contraste con los factores climáticos y ecológicos [Chavy et al., 2019]. La intervención humana al modificar la cubierta vegetal con cultivos de café y cacao, favorece la presencia de flebotominos en el estado Mérida [Nieves et al., 2014b]. La dinámica espacial de los flebotominos parece estar determinada por una intervención favorable en la cubierta vegetal que permite la adaptación y resiliencia a nuevos ambientes [Nieves et al., 2018, Chacón et al., 2020]. En las regiones correspondientes a los municipios de los pueblos del sur del estado Mérida, los cuales incluyen unidades ecológicas de selva húmeda submontana y selva semicaducifolia montana, con altitudes entre los 1000 y 2000 metros y muy baja densidad poblacional, la distribución de flebotominos es menor, cuya limitante para la presencia de especies pudiera ser la cubierta de vegetación con predominio de bosque siempre verde seco montano alto y selva nublada montana alta. De manera similar, las zonas más altas del estado (> 3000 metros), con unidades ecológicas de páramo altiandino y páramo andino con vegetación de páramo también fueron áreas que limitaron la ocurrencia de especies del género *Lutzomyia*. Los resultados apoyan reportes previos sobre las zonas actuales y potenciales de distribución de los flebotominos en el estado Mérida y zonas de riesgo de transmisión de leishmaniasis [Rujano et al., 2015], donde las áreas desfavorables para la presencia de especies de flebotominos coinciden con zonas de mayor altitud, como zonas de vidas con bioclimas poco adecuados, con temperaturas menores de 10°C, las cuales son condiciones que no favorecen la sobrevivencia de los flebotominos [Yarbu, 2011, Nieves et al., 2014a, Rujano et al., 2015]. Estas ecorregiones representan diferentes unidades formadas por distintos tipos de vegetación relacionados con aspectos topográficos y climáticos.

Parece que la altitud es uno de los factores importantes para predecir la fauna de flebotominos en una región, sin embargo, no es un factor determinante [Mohammad et al., 2013]. Esto se ve apoyado por reportes similares en otros países, donde la distribución de flebotominos muestran una correlación negativa con el aumento de la altitud [Belén y Alten, 2006, Simsek et al., 2007, Belén y Alten, 2011]). En los Andes peruanos, [Villaseca et al., 1993] reportan abundancia relativa de flebotominos entre 2250 y 2750 msnm asociada a incrementos de casos de leishmaniasis a esas altitudes.

Por otro lado, no se debe descartar el efecto del calentamiento global y la selección de especies adaptadas a zonas de mayor altitud [Ranganathan y Swaminathan, 2015]. [González et al., 2014] en proyecciones de cambio climático, predicen un cambio en la distribución espacial de dos especies de vectores de leishmaniasis visceral, en zonas altas de Colombia. Además, estudios sobre modelos de distribución geográfica potencial para las principales especies de flebotominos en el estado Mérida bajo efectos de cambio climático, reportan la posible expansión de la distribución geográfica a zonas de mayor altitud de ciertas especies que pueden aprovechar mejor los cambios de factores abióticos, así como antrópicos [Nieves et al., 2015b, Nieves et al., 2018].

Es importante resaltar la dificultad en interpretar los análisis globales de los flebotominos, ya que cada especie tiene características conductuales específicas, lo que permite que algunas especies se adapten a nuevos ambientes con distintos grados de perturbación ecológica, incrementándose potencialmente el riesgo de transmisión en diferentes áreas [Nieves et al., 2014b, Rujano et al., 2019]. Sin embargo, son aportes necesarios e interesantes que permiten visualizar rápidamente la distribución del género *Lutzomyia* en relación a variables ambientales en las diferentes divisiones geopolíticas del estado Mérida.

Finalmente, los resultados representan distintos mapas que sugieren que los flebotominos en el estado Mérida están distribuidos en ecorregiones que presentan diferentes unidades ecológicas formadas por distintos tipos de vegetación, que a su vez, dependen de aspectos topográficos y climáticos. Predominando, los flebotominos principalmente en zonas cuya altitud está comprendida entre 0 a 2039 msnm, con cubierta vegetal de tierras agrícolas y bosque siempre verde, unidades ecológicas de selva húmeda submontana y selva semicaducifolia montana del estado Mérida. Además, la distribución de los flebotominos del género *Lutzomyia* está limitada en zonas, donde las características de vegetación y condiciones climatológicas no poseen las condiciones adecuadas para su desarrollo, correspondiendo a cuatro ecorregiones del estado Mérida que son bosque siempre verde seco montano alto, desierto nival, páramo altiandino y selva nublada montana alta. Se profundiza sobre el conocimiento actual de la distribución de los flebotominos en el estado Mérida y se aportan datos relevantes para los entes de control para el diseño de estrategias más integrales considerando elementos ambientales.

## Agradecimientos

A la Universidad de Los Andes y al apoyo financiero parcial del Proyecto Estratégico del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) Nro. 2011000371, bajo la coordinación de la Dra. Elsa Nieves.

## Bibliografía

- [Akemi y Santos, 2007] Akemi, N y Santos, E. (2007). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the municipality of Várzea Grande: an area of transmission of visceral leishmaniasis in the state of Mato Grosso, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 102(8):913-918.
- [Almeida et al., 2015] Almeida, P., De Andrade, A., Sciamarelli, A., Raizer, J., Menegatti, J., Negreli, S., Laurentino y M., Gurgel, R. (2015). Geographic distribution of phlebotomine sandfly species (Diptera: Psychodidae) in Central-West Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 110: 551-559.
- [Alvar et al., 2012] Alvar, J., Vélez, I., Bern, C., Herrero, M., Desjeux, P., Cano, J., Jannin, J., Boer, M. (2012). Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoSOne.* 7:e35671.
- [Ataroff y Sarmiento, 2004] Ataroff, M. y Sarmiento, L. (2004). Las unidades ecológicas de los Andes de Venezuela. En: La Marca, E., Soriano, P. (eds). Reptiles de Los Andes de Venezuela. Fundación Polar, Codepre-ULA, Fundacite-Mérida. *Biogeos.* 9-26.
- [Barata et al., 2004] Barata, R., França, J., Fortes, C., Costa, R., Silva, J., Vieira, E., Prata, A., Michalsky, E., Dias, E. (2004). Phlebotomine sandflies in Porteirinha, an area of American visceral leishmaniasis in the state of Minas Gerais, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 99: 481-487.
- [Belén y Alten, 2006] Belén, A. y Alten, B. (2006). Variation in life table characteristics among populations of *Phlebotomus papatasi* at different altitudes. *J. Vector Ecol.* 31:35-44.
- [Belén y Alten, 2011] Belén, A. y Alten, B. (2011). Seasonal dynamics and altitudinal distributions of sand fly (Diptera: Psychodidae) populations in a cutaneous leishmaniasis endemic area of the Cukurova region of Turkey. *J. Vector Ecol.* 36: 87-94.
- [Chacón et al., 2020] Chacón, E., Olivares, I., Navarro, G., Albarrán, A., Paredes, Y., Aranguren, C., Nagy, G. (2020). Landscape Ecology and Conservation for Building Resilience and Adaptation to Global Change in Venezuela. In book: Climate Change, Hazards and Adaptation Options. pp. 147-160.
- [Chavy et al., 2019] Chavy, A., Ferreira, A., Luz, S., Ramírez, J., Herrera, G., Vasconcelos dos Santos, T. (2019). Ecological niche modelling for predicting the risk of cutaneous leishmaniasis in the Neotropical moist forest biome. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 13(8): 1-21.
- [Ferro et al., 2015] Ferro, C., López, M., Fuya, P., Lugo, L., Cordovez, J., González, C. (2015). Spatial Distribution of Sand Fly Vectors and Eco-Epidemiology of Cutaneous Leishmaniasis Transmission in Colombia. *PLoS One* 10:1-16.

- [Gao et al., 2020] Gao, X., Huang, Y., Zheng, J., Xiao, J., Wang, H. (2020). Impact of meteorological and geographical factors on the distribution of leishmaniasis's vector in mainland China. *Pest Manag. Sci.* 76(3):961-966.
- [Ghatee et al., 2013] Ghatee, M., Sharifi, I., Haghdoost, A., Kanannejad, Z., Taabody, Z., Hatam, G., Abdollahipanah, A. (2013). Spatial correlations of population and ecological factors with distribution of visceral leishmaniasis cases in southwestern Iran. *J. Vector Borne Dis.* 50: 179–187.
- [González et al., 2014] González, C., Paz, A., Ferro, C. (2014). Predicted altitudinal shifts and reduced spatial distribution of *Leishmania infantum* vector species under climate change scenarios in Colombia. *Acta Trop.* 129:83–90.
- [Hijmans et al., 2005a] Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., Jarvis, A. (2005a). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25:1965–1978.
- [Hijmans et al., 2005b] Hijmans, R., Guarino, L., Jarvis, A., O'Brien, R., Mathur, P. (2005b). DIVA-GIS, versión 7.5. <http://www.diva-gis.org/>.
- [Lemma et al., 2014] Lemma, W., Tekie, H., Balkew, M., Gebre, T., Warburg, A., Hailu, A. (2014). Population dynamics and habitat preferences of *Phlebotomus orientalis* in extra-domestic habitats of KaftaHumera lowlands-kala azar endemic areas in Northwest Ethiopia. *Parasit. Vectors.* 7:351-359.
- [Missawa y Dias, 2007] Missawa, N. y Dias, E. (2007). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the municipality of Várzea Grande: an area of transmission of visceral leishmaniasis in the state of Mato Grosso, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* vol.102, n.8, pp.913-918. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762007000800004>
- [Mohammad et al., 2013] Mohammad, A., Mirzaei, A., Baghaei, A., Alten, B., Depaquit, J. (2013). Sandfly (Diptera: Psychodidae) distribution in the endemic and non-endemic foci of visceral leishmaniasis in north western Iran. *J. Vector Ecol.* 38:97–104.
- [Monteiro et al., 2005] Monteiro, E., da França, S., Costa, R., Costa, D., Barata, R., Paula, E., Machado, G., Rocha, M., Fortes, C., Dias, E. (2005). Leishmaniose visceral: estudo de flebotomíneos e infecção canina em Montes Claros, Minas Gerais. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 38: 147-152.
- [Nieves et al., 2008] Nieves, E., Villarreal, N., Rondón, M., Sánchez, M., Carrero, J. (2008). Evaluación de conocimientos y prácticas sobre la leishmaniasis tegumentaria en un área endémica de Venezuela. *Biomédica.* 28: 347-356.

- [Nieves et al., 2014a] Nieves, E., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rujano, M. (2014a). Riesgo de transmisión de *Leishmania* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) en Mérida Venezuela. *Avan. Biomed.* 3:57-64.
- [Nieves et al., 2014b] Nieves, E., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rojas, M. (2014b). Effect of Environmental Disturbance on the Population of Sandflies and *Leishmania* Transmission in an Endemic Area of Venezuela. *J. Trop. Med.* 2014:1-7.
- [Nieves et al., 2015a] Nieves, E., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rujano, M. (2015a). Distribution of Vector Sandflies *Leishmaniasis* from an Endemic Area of Venezuela. *J. Trop. Dis.* 3(2): 1-7.
- [Nieves et al., 2015b] Nieves, E., Rujano, M., Ospino, H., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M. (2015b). Efectos del cambio climático sobre la distribución potencial de los flebotominos transmisores de *leishmaniasis* en Mérida Venezuela. *Intropica.* 10: 60-73.
- [Nieves et al., 2018] Nieves, E., Zambrano, A., Sánchez, M., Rondón, M., Sandoval, R. (2018). Invasión de flebotominos transmisores de *Leishmania* en Mérida Venezuela. *Rev. Duazary.* 15 (2): 129-142.
- [Oliveira et al., 2003] Oliveira, A., Andrade, F., Falcão, A., Brazil, R. (2003). Estudo dos flebotómíneos (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) na zona urbana da cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, 1999-2000. *Cad. Saude Publica.* 19: 933-944.
- [Ranganathan y Swaminathan, 2015] Ranganathan, S., Swaminathan, S. (2015). Sandfly species diversity in association with human activities in the Kani tribe settlements of the Western Ghats, Thiruvananthapuram, Kerala, India. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 110: 174-180.
- [Ranjan et al., 2005] Ranjan, A., Sur, D., Singh, V., Siddique, N., Manna, B., Lal, C. (2005). Risk factors for Indian kala-azar. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 73:74-78.
- [Ready, 2008] Ready, P. (2008). *Leishmaniasis* emergence and climate change. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 27: 399-412.
- [Rodríguez et al., 2005] Rodríguez, J., Zambrano, S., Lazo, R., Oliveira, M., Solórzano, L., Rojas, F. (2005). Centro Internacional de Ecología Tropical (CIET), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Conservación Internacional Venezuela y UNESCO. 1era Edición. Caracas.
- [Rujano et al., 2015] Rujano, M., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M. (2015). Modelo de distribución de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) vectores de *leishmaniasis* en Mérida Venezuela. *Intropica.* 10: 37-51.

- [Rujano et al., 2019] Rujano, M., Sánchez, M., Rondón, Y., Rondón, M., Nieves, E. (2019). Patrón espacial de riqueza específica y vacíos de representatividad de flebotominos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en Mérida Venezuela. *Intropica*. 14 (1): 65-71.
- [Simsek et al., 2007] Simsek, F., Alten, B., Caglar, S., Ozbel, Y., Aytakin, A., Kaynas, S., Belen, A., Kasap, O., Yaman, M., Rastgeldi, S. (2007). Distribution and altitudinal structuring of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in southern Anatolia, Turkey: their relation to human cutaneous leishmaniasis. *J Vector Ecol*. 32:269–279.
- [Souza et al., 2004] Souza, C., Pessanha, J., Barata, R., Monteiro, E., Costa, D., Dias, E. (2004). Study on phlebotomine sand fly (Diptera: Psychodidae) fauna in Belo Horizonte, state of Minas Gerais, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 99: 795-803.
- [Srinivasan et al., 2013] Srinivasan, R., Jambulingam, P., Vanamail, P. (2013). Sandfly (Diptera: Psychodidae) abundance in relation to environmental factors in parts of coastal plains of southern. *India J. Med. Entomol*. 50:758–763.
- [Villaseca et al., 1993] Villaseca, P., Llanos, A., Pérez, E., Davies, C. (1993). A comparative field study of the relative importance of *Lutzomyia peruensis* and *Lutzomyia verrucarum* as vectors of cutaneous leishmaniasis in the Peruvian Andes. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 49:260-269.
- [Yarbuh, 2011] Yarbuh, U. (2011). Aspectos Socio-Ambientales de la Leishmaniasis Cutánea en el Estado Mérida. Tesis de Maestría. Centro Interamericano del Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- [Young y Duncan, 1994] Young, D., Duncan, M. (1994). Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sandflies in México, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Mem. Am. Entomol*. 54:779-881.