




Estructura de la diversidad alfa, beta y aspectos ecológicos de los ensamblajes de flebotominos en tres poblaciones de la Península de Yucatán, México (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae)

Structure of alpha, beta diversity and ecological aspects of phlebotomine assemblages in three populations of the Yucatan Peninsula, Mexico (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae)



Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

EDUARDO A. REBOLLAR-TÉLLEZ^{1*} , SERGIO IBÁÑEZ-BERNAL² ,
FRANCISCO HERNÁNDEZ-CABRERA³ 

*Autor correspondiente:
 Eduardo A. Rebollar-Téllez
eduardo.rebollartl@uanl.edu.mx

Cómo citar:
Rebollar-Téllez, E. A., Ibáñez-Bernal, S.,
Hernández-Cabrera, F. (2025)
Estructura de la diversidad alfa, beta y
aspectos ecológicos de los ensamblajes
de flebotominos en tres poblaciones
de la Península de Yucatán, México
(Diptera: Psychodidae,
Phlebotominae). *Acta Zoológica
Mexicana (nueva serie)*, 41, 1–38.

10.21829/azm.2025.4112784
elocation-id: e4112784

Recibido: 01 julio 2025
Aceptado: 24 octubre 2025
Publicado: 18 noviembre 2025

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas,
Laboratorio de Entomología Médica. Cd. Universitaria, San Nicolás de los
Garza, C.P. 66455, Nuevo León, México.

²Red de Ambiente y Sustentabilidad, Instituto de Ecología A. C., Carretera
Antigua a Coatepec No. 351, El Haya, C.P. 91073, Xalapa, Veracruz,
México.

³Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Físico
Matemáticas. Laboratorio de Sistemas Complejos y Bioinformática. San
Nicolás de los Garza C.P. 66455, Nuevo León, México.

Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales

RESUMEN. La leishmaniasis cutánea es endémica en la Península de Yucatán y es causada principalmente por el parásito *Leishmania mexicana*. En 1965 se reportó la competencia vectorial del flebotomino *Bichromomyia olmeca*. No obstante, estudios de distribución geográfica de



la especie y de la zona reconocida de transmisión de leishmaniasis mostraron que no existía una correspondencia total, por lo tanto, se hipotetizó que otras especies de flebotominos participaban en la transmisión. Las especies sospechosas son *Lutzomyia cruciata*, *Psathyromyia shannoni* y *Psychodopygus panamensis*. Un aspecto fundamental para entender cómo participan estas especies en la transmisión de *Le. mexicana* es analizar y describir los patrones de diversidad alfa y beta de los ensambles de flebotominos. El objetivo del presente trabajo fue analizar cuantitativamente atributos biológicos relacionados con la diversidad alfa y beta, así como registrar los patrones de actividad de picadura de las especies de importancia médica. En las localidades de Becanchén (BE), municipio Tekax, Yucatán, La Libertad (LA), municipio Escárcega, Campeche y Santa Isabel (SI), municipio Carrillo Puerto, Quintana Roo, se llevaron a cabo muestreos entre 2001-2002, usando trampas de luz CDC, trampas Disney y trampas Shannon. En total se capturaron 4,511 especímenes siendo 1,098 para (BE) 1,394 para (LA) y 2,019 para (SI), y con el índice estandarizado SISA se encontró que las especies con mayor representación fueron: *Dampfomyia deleoni*, *Lu. cruciata*, *Brumptomyia mesai* y *Bi. olmeca*. Pese a variaciones entre localidades, los métodos de captura de trampas CDC y Shannon fueron significativamente diferentes a las trampas Disney. La riqueza específica fue de 7, 12 y 9 especies para Becanchén, La Libertad y Santa Isabel, respectivamente. Se encontró mayor dominancia de Simpson en BE (0.39), seguido de SI (0.26) y LA (0.21); en cuanto al índice alfa de Fisher, los valores fueron 1.80 (LA), 1.21 (SI) y 0.99 (BE) y para la heterogeneidad de Shannon, los valores fueron: 1.13 (BE), 1.74 (LA) y 1.58 (SI). Las curvas de rango abundancia indicaron que la jerarquía por dominancia de las especies en BE fue *Br. mesai* seguida de *Lu. cruciata*, para LA fue *Da. deleoni* y *Br. olmeca*, mientras que para SI fue *Da. deleoni* y *Br. mesai*. La diversidad beta mediante el modelo de Morisita-Horn, indicó que LA y SI, eran más similares en el ensamble de especies comparado con BE. Un análisis de escalamiento no-métrico multidimensional confirmó que la ordenación de la variación era traslapada para LA y SI, y distinta con BE. La tasa de picadura de flebotominos hembra se calculó para *Lu. cruciata* en BE, para *Lu. cruciata* y *Bi. olmeca* en LA y para *Lu. cruciata* y *Pa. shannoni* en SI. Existieron correlaciones significativas de *Lu. cruciata* con la humedad y temperatura en LA y SI. Finalmente se discute el significado de los ensambles en el contexto de la transmisión de leishmaniasis.

Palabras clave: leishmaniasis; diversidad; incriminación de vectores

ABSTRACT. The Cutaneous leishmaniasis is endemic in the Yucatan Peninsula and is caused mainly by the parasite *Leishmania mexicana*. In 1965, the vectorial competence of the sand fly *Bichromomyia olmeca* was reported as a vector. However, studies of the geographic distribution of the species and the recognized human leishmaniasis area of transmission showed that there was no total correspondence, therefore, it was hypothesized that other sand fly species participated in the transmission. These suspected species are *Lutzomyia cruciata*, *Psathyromyia shannoni* and *Psychodopygus panamensis*. A fundamental aspect to understand how these species participate in the transmission of *Le. mexicana* is to analyze and describe the alpha and beta diversity patterns of the sand fly assemblages. The objective of the present work was to quantitatively analyze biological attributes related to alpha and beta diversity, as well as to record the bite activity patterns of the species of medical importance. In the localities of Becanchén (BE), municipality Tekax, Yucatán, La Libertad (LA), municipality Escárcega, Campeche and Santa Isabel (SI), municipality Carrillo Puerto, Quintana Roo, sampling was carried out between 2001-2002,

using CDC light traps, Disney traps, and Shannon traps. A total of 4,511 specimens were captured, 1,098 for (BE), 1,394 for (LA), and 2,019 for (SI). Using the standardized SISA index, it was found that the species with the highest representation were: *Dampfomyia deleoni*, *Lu. cruciata*, *Brumptomyia mesai*, and *Bi. olmeca*. Despite variations between localities, the capture methods of CDC and Shannon traps were significantly different from those of Disney traps. The species richness was 7, 12, and 9 for Becanchén, La Libertad, and Santa Isabel, respectively. Simpson's dominance was found highest in BE (0.39), followed by SI (0.26) and LA (0.21). Fisher's alpha index values were 1.80 (LA), 1.21 (SI) and 0.99 (BE). Shannon's heterogeneity values were: 1.13 (BE), 1.74 (LA) and 1.58 (SI). Abundance rank curves indicated that the species dominance hierarchy in BE was *Br. mesai* followed by *Lu. cruciata*, for LA it was *Da. deleoni* and *Br. olmeca*, while for SI it was *Da. deleoni* and *Br. mesai*. Beta diversity using the Morisita-Horn model indicated that LA and SI were more similar in species assemblage compared to BE. A multidimensional non-metric scaling analysis confirmed that the ordering of variation was overlapped for LA and SI, and different with BE. The biting rate of female sandflies was calculated for *Lu. cruciata* in BE, for *Lu. cruciata* and *Bi. olmeca* in LA and for *Lu. cruciata* and *Pa. shannoni* in SI. There were significant correlations of *Lu. cruciata* with humidity and temperature in certain locations such as LA and SI. Finally, the significance of the assemblages in the context of leishmaniasis transmission is discussed.

Key words: leishmaniasis; diversity; vector incrimination

INTRODUCCIÓN

Desde principios del siglo pasado se sabe que la leishmaniasis cutánea es endémica en la Península de Yucatán, con el primer reporte publicado en ese tiempo como "úlceras de los chicleros" por el médico danés Harald Seidelin (Seidelin, 1912). Posteriormente se han realizado numerosas investigaciones en diversos focos de transmisión en los tres estados que comprenden la Península de Yucatán (*i. e.* Yucatán, Campeche y Quintana Roo) y los aspectos estudiados han sido enfocados a aspectos clínicos, epidemiológicos, de diagnóstico y tratamiento (Seidelin, 1912; Hernández-Fajardo, 1913; Inchaustegui, 1918; Farfán-López, 1922; Shattuck, 1933a; 1933b; 1938; Beltrán & Bustamante, 1942; Beltrán, 1944; Biagi, 1953a; 1953b; 1953c; 1953d; Gutiérrez-Ballesteros, 1959; Andrade-Narváez *et al.*, 1985; Albertos-Alpuche *et al.*, 1996; Monroy-Ostria *et al.*, 1997; Canto-Lara *et al.*, 1998; Vargas-González *et al.*, 1999; Andrade-Narváez *et al.*, 2001; 2003; Jheman-Zetina, 2008; Hernández-Rivera *et al.*, 2015; Andrade-Narváez *et al.*, 2016; 2017; Monroy-Ostria & Sánchez-Tejeda 2017; Loría-Cervera *et al.*, 2019; Canché-Pool *et al.*, 2022). Por otra parte, en estudios longitudinales, realizados específicamente en el estado de Campeche se determinó que la población más expuesta a contraer la enfermedad y que resulta mayormente afectada son hombres de edad entre los 14 a 45 años (Andrade-Narváez *et al.*, 1992) y con base en esas investigaciones se estimó cuantitativamente una incidencia de 508 casos por cada 100,000 habitantes (Andrade-Narváez *et al.*, 1990).

En México se han reportado varias formas clínicas de las leishmaniasis como lo son la forma cutánea localizada (LCL), cutánea difusa (LCD), mucocutánea (LMC) y la forma visceral (LV) (Becker-Fauser *et al.*, 2023) no obstante, la mayoría de los casos clínicos reportados es la forma cutánea localizada (LCL) siendo *Leishmania (Leishmania) mexicana* Biagi, 1953, el agente causal en más del 95% de los casos, aunque también se ha reportado la presencia de *Leishmania (Viannia) braziliensis* Viannia, 1911 (Pérez-Mutul *et al.*, 1994; Canto-Lara *et al.*, 1999); además, Monroy-Ostria

y Sánchez-Tejeda (2017) han señalado la presencia de las especies antes mencionadas y también a *Leishmania amazonensis* Lainson y Shaw, 1972 y *Leishmania infantum* (= *Le. chagasi*) Nicolle, 1908.

La leishmaniasis en la Península de Yucatán es una zoonosis donde participan varias especies de roedores pequeños que actúan como hospederos portadores del parásito o bien como reservorios, como es el caso de *Sigmodon hispidus* Say y Orr, 1825, *Ototylomys phyllotis* Merriam, 1901, *Oryzomys melanotis* Thomas, 1893 y *Peromyscus yucatanicus* J. A. Allen y Chapman, 1897 (Chablé-Santos *et al.*, 1995; Van Wynsberghe *et al.*, 2009; Sosa-Bibiano *et al.*, 2022; Arguelles-Cortinas *obs. Pers.*), habiéndose logrado en algunos casos el aislamiento de varias cepas de *Le. mexicana*. Además, se ha demostrado que algunas especies de roedores pueden mantener la infección en la mayoría de los casos por casi dos años de seguimiento (Van Wynsberghe *et al.*, 2000).

En lo que respecta a la parte entomológica de la enfermedad, según relataron Dampf (1947) y Vargas y Díaz-Nájera (1953) una de las primeras colectas de flebotominos en México fueron realizadas en Chichén Itzá, Yucatán por el médico mexicano José Manuel Rivera Carvallo el 10 de octubre de 1932, quien facilitó los especímenes al parasitólogo francés Dr. Émile Brumpt, que a su vez los cedió al entomólogo Henri Galliard, quien finalmente reportó en una publicación formal a las especies *Micropygomyia trinidadensis* (Newstead, 1922) (citada como *Phlebotomus yucatanensis* en Galliard, 1934a) y *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (citada como *Phlebotomus almazani* en Galliard, 1934b). En los años subsecuentes, hubo varios trabajos sobre nuevos registros geográficos o descripciones de nuevas especies (taxonomía alfa). Autores como Vargas y Díaz-Nájera (1953); Biagi y De Buen (1953a, 1953b), así como Biagi *et al.* (1966) y Biagi *et al.* (1953a) realizaron los primeros estudios de campo sobre los flebotominos presentes en las zonas endémicas y De Buen de Biagi (1966) elaboró una clave de identificación rápida para especies antropófilas.

Posteriormente, De Buen de Biagi *et al.* (1966) realizaron un interesante estudio en una zona endémica en el municipio de Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo, demostrando que durante la estación de transmisión la especie *Bichromomyia olmeca* (citada como *Phlebotomus flaviscutellatus*) (Vargas & Díaz-Nájera, 1959), estaba infectada naturalmente con *Le. mexicana*. Esta especie, además de ser antropófila, es competente vectorialmente para transmitir *Le. mexicana* en modelos animales y en voluntarios humanos, por lo que con toda esta evidencia se le consideró como un vector comprobado del parásito. Más adelante, en estudios entomológicos realizados en la localidad de La Libertad, Escárcega, Campeche, se identificó el periodo del año con mayor abundancia de las especies de importancia médica, además de reportar la relación con variables ambientales y la tasa de picadura entre otros factores (Rebollar-Téllez *et al.*, 1996a; 1996b; 1996c). Bajo la hipótesis de que, además de *Bi. olmeca* podrían existir otras especies de flebotominos involucradas en la transmisión de leishmaniasis, se realizaron varios estudios con el objetivo de determinar las abundancias relativas, las tasas de picadura o de infección de varias especies de flebotominos en Becanchén, Yucatán (Canto-Lara *et al.*, 2007), en el municipio de Calakmul, Campeche (Rebollar-Téllez *et al.*, 2005; Canto-Lara *et al.*, 2007; Pech-May *et al.*, 2010; 2016) y en la zona peri-urbana de Chetumal, Quintana Roo (Sánchez-García *et al.*, 2010), encontrando que especies como *Lutzomyia cruciata* (Coquillett, 1907), *Psathyromyia shannoni* (Dyar, 1929) y *Psychodopygus panamensis* (Shannon, 1926) podrían desempeñar el rol como vectores de *Leishmania* sp. En un estudio recientemente publicado y realizado en el foco emergente de leishmaniasis en Yucatán, se encontró nueva evidencia que sugiere el papel vectorial

de *Psathyromyia cratifer* (Fairchild & Hertig, 1961) (Montes de Oca-Aguilar *et al.*, (2024). Adicionalmente, en el municipio de Calakmul, Campeche también se ha encontrado a *Pintomyia ovallesi* (Ortiz, 1952) como potencial transmisor (datos no publicados y en preparación E. A. Rebollar-Téllez).

Taxonómicamente, la subfamilia Phlebotominae ha sido estudiada y revisada en detalle en México en diferentes publicaciones como Vargas & Díaz-Nájera (1953); De Buen (1966), Quate (1963); Ibáñez-Bernal (1999; 2000; 2001a; 2001b; 2002; 2003; 2005a; 2005b; 2024), Ibáñez-Bernal & Durán-Luz *et al.* (2022), Ibáñez-Bernal *et al.* (2006; 2010; 2014; 2015; 2017), quienes han contribuido con listados faunísticos, descripción de especies actuales y fósiles, elaboración de claves de identificación, así como varias revisiones actualizadas de taxonomía y nomenclatura de las especies.

Dado que los patrones epidemiológicos de la enfermedad o los procesos ecológicos de las especies de flebotominos pueden variar espacial y temporalmente, aunado a efectos de cambios climáticos y sumando a las actividades antrópicas, que también pueden afectar la estructura vegetal de las comunidades y en consecuencia, la estructura de los ensamblajes de flebotominos y sus interacciones bióticas con los reservorios, durante los años 2001-2002 se realizaron colectas en tres sitios con antecedentes de estudios entomológicos y/o de evidencia epidemiológica. Estos muestreos por diferentes circunstancias habían permanecido inéditos y lo único que se ha publicado con esos especímenes, es el estudio de morfometría de *Bi. olmeca* (Méndez-Pérez & Rebollar-Téllez, 2012) y los datos de infección por *Leishmania* Ross, 1903 reportados por Canto-Lara *et al.* (2007). Dado el incesante impacto antropogénico a las zonas de selva de la Península de Yucatán, se necesitan muestreos recientes y periódicos, para monitorear posibles cambios en los ensamblajes de especies de flebotominos. Por lo tanto, el análisis de diversidad, trampeo y abundancias reportadas en el presente estudio, con datos en alocronía de las poblaciones actuales, podrían considerarse como un punto de partida para realizar evaluaciones y comparaciones de la riqueza, abundancia y tasas de picadura en estudios futuros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio. Los sitios de estudio fueron: Becanchén, municipio Tekax, Yucatán, La Libertad, municipio Escárcega, Campeche y Santa Isabel, municipio Carrillo Puerto, Quintana Roo, México (Fig. 1), con muestreos realizados en el periodo del 01 febrero 2001 al 31 enero de 2003. La selección de los tres sitios de muestreo se basó en los estudios previos realizados por Albertos-Alpuche *et al.* (1996), tomando en consideración el índice alérgico a la leishmanina (prueba de Montenegro) en Becanchén, Yucatán, para La Libertad se consideraron los estudios previos realizados por Rebollar-Téllez *et al.* (1996a; 1996b; 1996c; 1996d), mientras que la localidad de Santa Isabel, donde no existía algún antecedente, se eligió por ser el poblado más próximo a Carrillo Puerto, donde posiblemente se haya reportado el primer caso de leishmaniasis mucocutánea (LMC) (Gutiérrez-Ballesteros, 1959) y donde se había realizado el trabajo de incriminación de vectores (Biagi *et al.*, 1965).

Becanchén. La localidad de Becanchén (del maya *bekan ch'é'en* = corrientes de pozo), tenía en el censo del año 2000 un total de 1,405 habitantes en su mayoría de habla en lengua maya. Es una población con servicios de electricidad, telefonía, escuelas primaria y secundaria, así como una clínica del Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS). Datos del año 2005 indicaron que existían 311 hogares en la localidad, de los cuales el 84.24% contaba con servicios de electricidad

y un 61.41% con servicio de drenaje. Las actividades agrícolas y de apicultura son una parte fundamental de la economía familiar. El tipo de clima en Becanchén es el llamado cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0) (García, 1996). En cuanto a las provincias bióticas, según (Espinosa-Organista *et al.*, 2000 p. 64), Becanchén está ubicada en la denominada provincia Yucatán. El tipo de suelo es de tipo luvisol (Flores & Espejel-Carvajal 1994).

La Libertad. La comunidad de La Libertad se encuentra localizada a la altura del km. 25 de la carretera Escárcega-Chetumal y en el año 1995 tenía 1,154 habitantes y. La población está constituida por personas que provienen de varios estados y el porcentaje que habla alguna lengua indígena es aproximadamente el 5.85%. Más del 90% de los domicilios cuenta con servicio de electricidad, agua entubada y un 32% con telefonía fija. Dado que son terrenos ejidales, existe actividad agrícola de subsistencia con milpas, cultivo de frijol, achote y comercial con chile jalapeño. El clima es del tipo cálido subhúmedo intermedio con lluvias en verano (Aw1) (García, 1996). De acuerdo con (Espinosa-Organista *et al.*, 2000 p. 64) la localidad de La Libertad se ubica dentro de la provincia biogeográfica llamada Petén. El tipo de suelo es vertisol (Flores & Espejel-Carvajal 1994).

Santa Isabel. La comunidad de Santa Isabel es un pequeño poblado que en el año 2005 tenía tan solo unos 43 habitantes en su mayoría hablantes de lengua maya (50.91 %). Más del 90% de los domicilios cuentan con servicios básicos de electricidad, agua entubada y sólo un 13.3 % con telefonía fija. Existe un jardín de niños y una escuela primaria del Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE). La agricultura de subsistencia es parte básica de los pobladores al igual que la apicultura (Fig. 2). En Santa Isabel, el tipo de clima es cálido húmedo con lluvias en verano (Aw2) (García, 1996). De acuerdo con las provincias biogeográficas, Santa Isabel está dentro de la llamada provincia del Petén (Espinosa-Organista *et al.*, 2000 p. 64). El suelo presente en la localidad de Santa Isabel es del tipo litosol (Flores & Espejel-Carvajal 1994).

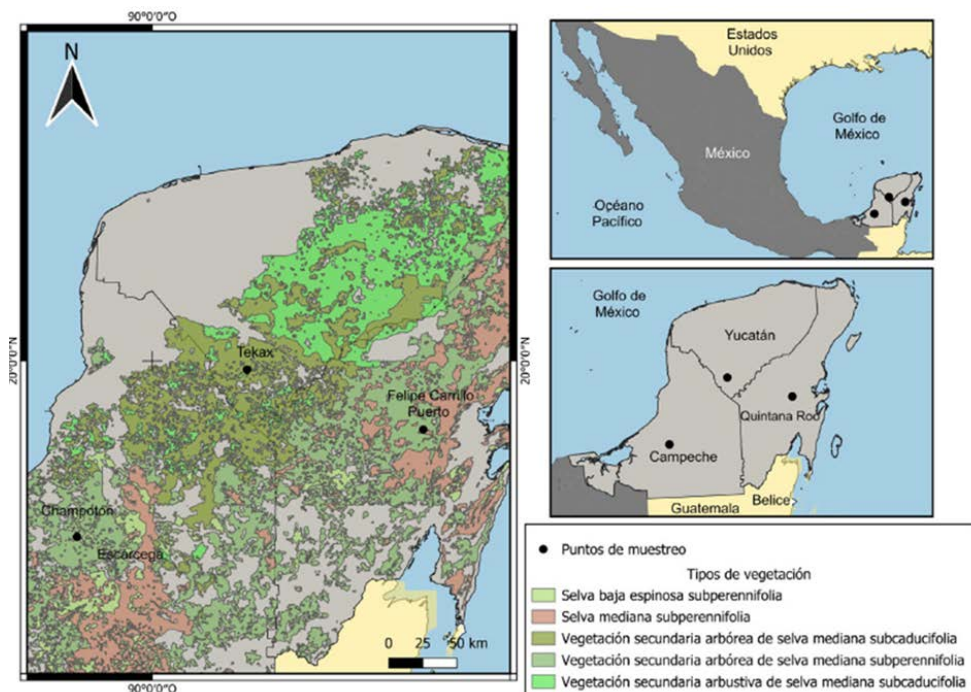


Figura 1. Localización de la Península de Yucatán en México y de los tres sitios de muestreo en Yucatán, Campeche y Quintana Roo, con los correspondientes tipos de vegetación. Mapa elaborado por Biól. Bernardo López González.



Figura 2. Localidad de Becanchén, Tekax, Yucatán (A) y tipo de vegetación presente en los transectos de muestreo (B). Campamento, transporte de material (C, E) y tipo de vegetación (D) presente sitio de muestreo en La Libertad, Escárcega, Campeche. Campamento (F) y tipo de vegetación (G) presente en la localidad de Santa Isabel, Carrillo Puerto, Quintana Roo.

Muestreo de campo. En cada sitio de muestreo las colectas se realizaron en los parches de vegetación más conservada (*acahuales* con al menos 15 años de antigüedad) que estaban entre 1.5-2.0 km de los poblados de Becanchén y Santa Isabel, mientras que el sitio de muestreo en La Libertad se localizó a aproximadamente 8 km al sureste del centro de la localidad. El material de campo se transportó con la ayuda de una carreta tirada por tres mulas, guiadas por un arriero. Las coordenadas fueron tomadas (Magellan eXplorist 100, San Dimas, CA, EE.UU.) en los sitios correspondientes de captura, para Becanchén N 19° 52.311'; O 89° 12.618'; 75 m snm, para La Libertad N 18° 31.602'; O 90° 27.895'; 97 m snm y para Santa Isabel N 19° 28.203'; 0.88° 06.867'; 100 m snm.

La captura de flebotominos se realizó usando tres métodos de colecta comunes para estos insectos (Rebollar-Téllez & Ibáñez-Bernal, 2023): 1) Trampas CDC con luz blanca (focos incandescentes de 6.3 V) (modelo 512, John W. Hock Co, Gainesville, Fla, EE.UU.) (Sudia & Chamberlain, 1962). 2) Trampas Shannon (2.5 x 1.50 x 1.60 m) (Shannon, 1939) cebadas en todas las ocasiones con voluntarios masculinos (EART, FADM, ACM, ETK) con una edad mediana de 25 años siguiendo la técnica propuesta por Pérez *et al.* (1987), y 3) Trampas Disney (50 x 50 cm) (Disney, 1966) cebadas con ratones hembra de la especie *Peromyscus yucatanicus* provenientes de la cría del bioterio del CIR "Dr. Hideyo Noguchi", UADY. Las trampas CDC y Disney fueron colocadas en los transectos a una distancia de separación de al menos 25 m para evitar interferencia de colecta y en una disposición aleatoria en cada noche de trabajo, operando de las 18:00 a las 07:00 h, mientras que la trampa Shannon se colocó entre las 18:00 a las 22:00 h.

Las variables ambientales de temperatura y humedad relativa se registraron en cada hora de actividad de la trampa Shannon, usando un termohigrómetro ExTech® (modelo 446580, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Ill, EE.UU.), aunque en algunas fechas ocurrió un fallo del sensor de humedad relativa en la localidad de La Libertad, por lo que el número de registros para esa variable fue menor a las otras dos localidades. Así mismo, se llevó un registro del número de trampas de cada tipo utilizadas por noche y se excluyeron aquellas que habían tenido un problema con la batería, el número total de trampas (esfuerzo de muestreo por sitio se reporta en la última fila de los cuadros 2, 3 y 4). Todos los especímenes colectados fueron anestesiados con vapores de éter y luego fueron transferidos a charolas de plástico blancas (25 x 20 x 4 cm) (Gage, Industries, Inc. Lake Oswego, OR, EE.UU.), para separarlos de otros insectos. Los flebotominos fueron colocados en viales de vidrio de 8 ml con alcohol etílico al 70%, mientras que los especímenes colectados en las trampas Disney, antes de ser preservados en el etanol 70%, tuvieron un paso previo de limpieza en solución jabonosa de Benzal® (Degasa, Tlalpan, CDMX) al 2%, para eliminar el exceso del aceite de ricino usado en las charolas de captura. Los viales con los especímenes se conservaron en un congelador a - 20°C hasta su procesamiento.

Procesamiento de especímenes. En el laboratorio los especímenes fueron separados por sexo, fecha y tipo de trampa, luego transferidos del alcohol de 70% a agua destilada y luego a una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 20% (12 h para machos y 24 h para hembras). Antes de ser deshidratados, los especímenes se lavaron en agua destilada, para eliminar el exceso de cristales de la solución de NaOH. La deshidratación se llevó a cabo a temperatura ambiente, pasando por una serie gradual ascendente de alcoholes al 60, 70, 80, 90 y 100% (10 minutos en c/u), posteriormente fueron diafanizados en esencia de clavo (Farmacia Paris®, centro histórico, México, D. F.) y finalmente montados sobre Euparal® (Bioquip Products, Rancho Domínguez, CA, EE.UU.). La técnica de montaje está basada en la descrita originalmente por Young y Perkins (1984), modificada por Ibáñez-Bernal (1999, 2000). La identificación se realizó mediante las claves de

Ibáñez-Bernal (2005a; 2005b) así como en descripciones e ilustraciones de Young y Duncan (1994). En este trabajo se utiliza el sistema de clasificación de Galati (1995; 2003; 2018) y Galati *et al.* (2025), mientras que la abreviatura de géneros sigue la propuesta de Marcondes (2007). Los especímenes montados, fotos de trabajo de campo, diarios de campo, literatura asociada y la base de datos se resguardan como un dossier en el Laboratorio de Entomología Médica, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Análisis de datos

Diversidad alfa. Los estimadores de diversidad fueron calculados con el programa Past® 4.15 (Hammer *et al.*, 2001), con las abundancias registradas por especie y por sitio. Para los análisis se excluyeron los ejemplares dañados ($n = 3$) y que no pudieron ser asignados a algún género o especie. Los estimadores de la diversidad alfa fueron el índice de riqueza específica de Margalef (1958), la dominancia de Simpson (1949), la dominancia de Gini-Simpson (Moreno, 2001), dominancia de Berger-Parker (1970), la heterogeneidad o entropía de Shannon (1948), así como la equidad de Pielou (1975) y la diversidad alfa de Fisher (Fisher *et al.*, 1943).

Curvas de acumulación, SISA y curvas de rango-abundancia. Para el cálculo de la curva de acumulación de especies, se consideró la suma de todos los individuos capturados con los tres métodos de colecta por sitio, usando la noche como unidad básica de muestreo. Se calculó el modelo de la ecuación de Clench (Clench, 1979) y para ello se empleó el programa EstimateS® 9.0 (Colwell, 2013) a partir de los valores generados con 100 aleatorizaciones, después los datos fueron exportados al programa Statistica® 7.1 (StatSoft, Inc. 2005), usando el ajuste no lineal con el procedimiento Simplex and Quasi Newton, con lo cual se obtuvo el valor del ajuste del modelo (r), los parámetros de intercepto (a), pendiente (b) y la curva ajustada entre los valores observados y esperados (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Adicionalmente a la curva de acumulación de especies, se calculó la complementariedad de la muestra interpolada y extrapolada, usando la paquetería iNEXT (Colwell & Coddington, 1994; Chao *et al.*, 2016). También, se calculó el Índice Estandarizado de Abundancia de Especies (SISA por siglas en inglés) (Roberts & Hsi, 1979), así como las curvas de rango-abundancia (Magurran, 2004); en ambos casos el cálculo y gráfico fue generado en el programa Excel®.

Diferencias de la estructura. El perfil de diversidad, según la definición de número efectivo de especies o diversidad verdadera, fue calculado con los estimadores q^0 , q^1 y q^2 que son las unidades de medición de la diversidad verdadera (Jost 2006; 2007) o también llamados números de Hill (Hill, 1973; Chao *et al.*, 2014). En estos índices, el orden de diversidad cero q^0 representa simplemente la riqueza de especies; el orden q^1 es el número efectivo de especies considerando las abundancias observadas y se calcula como el exponencial del índice de Shannon (\exp^H) y el orden q^2 es el número efectivo de especies tomando en cuenta solo las especies con la mayor abundancia y se calcula como el recíproco del índice de Simpson ($1/D$). Para analizar la variación y ordenación de las especies y muestras dentro y entre cada localidad, se realizó un análisis de escalamiento no métrico multidimensional (Non-Metric Multidimensional Scaling, NMMS siglas en inglés), el cual es una representación y ordenación espacial multivariada, de las distancias de la variación observada entre los objetos de estudio, que en este caso son los tres sitios de muestreo. En esta ordenación se usó el método de Bray-Curtis. Así mismo, se realizó una representación sobre las posibles especies indicadoras, en ambos casos se usó el programa Past®.

Diversidad beta. La diversidad beta fue analizada mediante el índice de similitud de Morisita-Horn con el procedimiento de agrupamiento de pares con la media aritmética no ponderada

(Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean, UPGMA siglas en inglés), así como también el cálculo de índice de intercambio de especies de Cody (Cody 1975; Moreno 2001) con el programa Past®.

Patrones de co-ocurrencia. Para probar la hipótesis de sí, la co-ocurrencia de especies entre los sitios fuera aleatoria, agregada o dispersa, se empleó el modelo nulo C-Score (Stone & Roberts 1990). Este modelo evalúa entre pares de especies y en una matriz binaria, la ausencia (0), presencia (1) de las especies. Para las filas (especies) se usó el algoritmo (*fixed*) para las columnas (sitios) se seleccionó la opción (*equiprobable*) lo que hace que cada sitio sea igualmente representado. Esta combinación de fixed-equiprobable tiene por objetivo reducir el error tipo I (Gotelli, 2000). Los valores de la matriz observada se comparan con la media y varianza de los valores simulados en 5000 aleatorizaciones, usando un número aleatorio como semilla. Con estas comparaciones se evalúa la no aleatoriedad de las co-ocurrencias. Se considera que si el valor de C-Score es significativamente inferior a la media de las simulaciones, entonces las especies están agregadas, mientras que si C-Score es significativamente superior se considera que las especies están dispersas y, por último, si el valor de C-Score es igual a la media de las simulaciones se considera que la co-ocurrencia es aleatoria (Stone & Roberts, 1990).

Actividad horaria de especies antropófilas. Por último, para la estimación de la tasa de picadura de las especies atrapadas en la trampa cebada Shannon, se realizó una agrupación por las horas de actividad (18:00-22:00 h) considerando solo las hembras de las especies más abundantes en cada sitio. Para cada agrupación por hora de colecta, se calculó la media geométrica (\bar{x}_G), la cual reduce la variabilidad observada entre las distintas noches de colectas y dado que en algunas noches hubo valores cero (0) registrados, los datos se transformaron a $(Y + 1)$ para poder realizar el cálculo de la media geométrica (Williams 1937, Bidlingmayer, 1969; Zar 1999).

Relación con parámetros ambientales. Para evaluar si los valores de temperatura y humedad, estaban correlacionados con las capturas de las especies más abundantes en trampa Shannon por cada sitio de estudio, se procedió a la inspección de la estadística descriptiva de los datos, además de verificar si los mismos cumplían con el supuesto de normalidad usando la prueba de Anderson-Darling (1952; 1954) y para evaluar la presencia de valores inusuales, se realizaron gráficas tipo "box-plot", adicionalmente se evaluó estadísticamente con la prueba de Grubbs (Grubbs, 1950) para valores atípicos. Dado que los datos de las variables ambientales y capturas de flebotominos no cumplieron con el supuesto de normalidad, se calculó la correlación no paramétrica de Spearman (1904). La comparación entre los insectos capturados por tipo de trampa se realizó mediante un análisis de frecuencias de Chi-cuadrada (χ^2). La proporción sexual de las colectas en cada localidad se evaluó estadísticamente por medio de la prueba Z para proporciones ($Z = \frac{p - P}{\sqrt{P(Q)/n}}$). Todos los cálculos se realizaron con el programa estadístico Minitab® 17.0 (Minitab, LLC, Lock Haven, PA, EE.UU.) y se consideraron significativos si $P < 0.05$ (Zar, 1999)

RESULTADOS

Generalidades de especies y abundancias absolutas, relativas y proporción sexual. El total de especímenes capturados en las tres localidades fue de 4,511, registrando 1,098 (24.32%) en Becanchén, 1,396 (30.93%) en La Libertad y 2,020 (44.75%) en Santa Isabel. Cabe señalar, que el Cuadro 1 muestra los totales excluyendo especímenes que no pudieron ser identificados por estar dañados (Becanchén $n=2$ y Santa Isabel $n=1$). De manera conjunta, en los tres sitios de estudio se hallaron 14 especies de 8 géneros distintos. Considerando que a la fecha se han reportado 52

especies existentes de flebotominos en México, las 14 especies registradas en este estudio representan el 26.92% de la fauna conocida. El género con más especies registradas fue *Psathyromyia* con tres, que de manera combinada suman 704 individuos (15.61 %) (Cuadro 1). En Becanchén se registraron siete especies de cinco géneros diferentes, siendo la más abundante *Brumptomyia mesai* (Sherlock, 1962) (52.28%), seguida de *Lutzomyia cruciata* (32.79%) (Cuadro 2). En La Libertad se registraron doce especies de ocho géneros, las especies mejor representadas en términos porcentuales fueron *Dampfomyia deleoni* (Fairchild & Hertig, 1947) (29.15%), *Bi. olmeca* (25.5 %) y *Lu. cruciata* (20.77%) (Cuadro 3). En Santa Isabel se colectaron nueve especies de siete géneros, siendo las más abundantes *Da. deleoni* (44.65%), *Br. mesai* (16.68%) y *Pa. shannoni* (12.13%). Por otro lado, las especies menos representadas por localidad fueron aquellas consideradas como "singletons" o "doubletons", que corresponden a especies con uno o dos registros, respectivamente; estas especies fueron *Psathyromyia carpenteri* (Fairchild & Hertig, 1953) (n=1) en Becanchén, *Micropygomyia cayennensis cayennensis* (Floch & Abonnenc, 1941) (n=1), *Pintomyia serrana* (Damasceno & Arouck, 1949) (n=1) en La Libertad y *Micropygomyia trinidadensis* (Newstead, 1922) (n=1) y *Psathyromyia undulata* (Fairchild & Hertig, 1950) (n=2) en Santa Isabel. La proporción sexual en la localidad de Becanchén no mostró diferencia significativa ($Z= 1.49$; $n= 20$; $p> 0.05$), mientras que en las localidades de La Libertad y en Santa Isabel las diferencias sí fueron significativas ($Z= 4.23$; $n= 39$; $p< 0.05$) y ($Z= 3.63$; $n=29$; $p<0.05$), respectivamente.

Cuadro 1. Especies de flebotominos y abundancia registrada total, porcentual e Índice Estandarizado de Abundancia de Especies (SISA) en tres sitios de la Península de Yucatán.

Especies	Becanchén	La	Santa	Total	%	SISA
		Libertad	Isabel			
<i>Brumptomyia mesai</i>	574	8	337	919	20.37	0.76
<i>Brumptomyia hamata</i>	3	21	8	32	0.71	0.55
<i>Micropygomyia (Micropygomyia) cayennensis cayennensis</i>	0	1	0	1	0.02	0.05
<i>Micropygomyia (Sauromyia) trinidadensis</i>	0	0	1	1	0.02	0.12
<i>Lutzomyia (Lutzomyia) longipalpis</i>	0	6	0	6	0.13	0.09
<i>Lutzomyia (Tricholateralis) cruciata</i>	360	290	209	859	19.04	0.84
<i>Pintomyia (Pifanomyia) ovallesi</i>	0	51	0	51	1.13	0.20
<i>Pintomyia (Pifanomyia) serrana</i>	0	1	0	1	0.02	0.05
<i>Dampfomyia (Coromyia) deleoni</i>	99	407	902	1408	31.21	0.95
<i>Psathyromyia (Forattiniella) carpenteri</i>	1	92	162	255	5.65	0.63
<i>Psathyromyia (Psathyromyia) shannoni</i>	50	152	245	447	9.91	0.79
<i>Psathyromyia (Psathyromyia) undulata</i>	0	0	2	2	0.04	0.15
<i>Bichromomyia olmeca olmeca</i>	11	356	153	520	11.53	0.73
<i>Psychodopygus panamensis</i>	0	9	0	9	0.20	0.15
Totales	1098	1394	2019	4511	100.0	

Diversidad alfa. Los estimadores de la diversidad alfa obtenidos indican que la mayor dominancia expresada con el índice de Simpson y el de Berger-Parker fue para la localidad de Becanchén, seguido por Santa Isabel y los menores para La Libertad, mientras que la heterogeneidad del índice de Shannon fue mayor para La Libertad, seguido de Santa Isabel y con valores menores en Becanchén. Un patrón idéntico se observa con los valores del alfa de Fisher y la riqueza específica de Margalef. La equidad fue más alta en Santa Isabel seguida de la observada en La Libertad y la más baja en Becanchén (Cuadro 5).

Cuadro 2. Relación de especies de flebotominos colectados por tipo de trampa, sexo y esfuerzo de muestreo en la localidad de Becanchén, Tekax, Yucatán en 12 eventos de muestreo entre el 01 febrero 2001 al 29 noviembre 2002.

Especies	Trampa Shannon			Trampa CDC			Trampa Disney			Total
	♀	♂	Subtotal	♀	♂	Subtotal	♀	♂	Subtotal	
<i>Br. mesai</i>	8	3	11	253	309	562	0	1	1	574
<i>Br. hamata</i>	0	0	0	1	2	3	0	0	0	3
<i>Lu. cruciata</i>	269	4	273	82	4	86	1	0	1	360
<i>Da. deleoni</i>	2	2	4	91	4	95	0	0	0	99
<i>Pa. carpenteri</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>Pa. shannoni</i>	10	23	33	5	12	17	0	0	0	50
<i>Bi. olmeca olmeca</i>	4	0	4	2	0	2	3	2	5	11
Total por tipo trampa y sexo	293	32	325	435	331	766	4	3	7	1098
No. especies por tipo trampa		5			7			3		7
Esfuerzo muestreo por tipo	26 persona-trampa-noche			46 trampa-noche			60 trampa-noche			132

Cuadro 3. Relación de especies de flebotominos colectados por tipo de trampa, sexo y esfuerzo de muestreo en la localidad de La Libertad, Escárcega, Campeche en 13 eventos de muestreo entre el 01 febrero 2001 al 31 enero 2003.

Especies	Trampa Shannon			Trampa CDC			Trampa Disney			Total
	♀	♂	Subtotal	♀	♂	Subtotal	♀	♂	Subtotal	
<i>Br. mesai</i>	0	0	0	0	8	8	0	0	0	8
<i>Br. hamata</i>	0	0	0	6	15	21	0	0	0	21
<i>Mi. cayennensis cayennensis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>Lu. longipalpis</i>	2	0	2	4	0	4	0	0	0	6
<i>Lu. cruciata</i>	267	2	269	16	5	21	0	0	0	290
<i>Pi. ovallesi</i>	33	0	33	14	4	18	0	0	0	51
<i>Pi. serrana</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Da. deleoni</i>	20	1	21	375	11	386	0	0	0	407
<i>Pa. carpenteri</i>	2	0	2	44	46	90	0	0	0	92
<i>Pa. shannoni</i>	93	38	131	9	12	21	0	0	0	152
<i>Bi. olmeca olmeca</i>	282	3	285	29	1	30	39	2	41	356
<i>Ps. panamensis</i>	1	4	5	1	3	4	0	0	0	9
No identificado sp	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2
Total por tipo trampa y sexo	701	48	749	500	106	606	39	2	41	1396
No. especies por tipo trampa		9			11			1		12
Esfuerzo muestreo por tipo	30 persona-noche-trampa			48 noche-trampa			47 noche-trampa			125

Cuadro 4. Relación de especies de flebotominos colectados por tipo de trampa, sexo y esfuerzo de muestreo en la localidad de Santa Isabel, Carrillo Puerto, Quintana Roo en 12 eventos de muestreo entre el 02 febrero 2002 al 24 noviembre 2002.

Especies	Trampa Shannon			Trampa CDC			Trampa Disney			Total
	♀	♂	Subtotal	♀	♂	Subtotal	♀	♂	Subtotal	
<i>Br. mesai</i>	23	30	53	103	181	284	0	0	0	337
<i>Br. hamata</i>	0	0	0	2	6	8	0	0	0	8
<i>Mi. trinidadensis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>Lu. cruciata</i>	177	2	179	29	1	30	0	0	0	209
<i>Da. deleoni</i>	63	0	63	828	11	839	0	0	0	902
<i>Pa. carpenteri</i>	3	2	5	72	85	157	0	0	0	162
<i>Pa. shannoni</i>	112	85	197	31	17	48	0	0	0	245
<i>Bi. olmeca olmeca</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Ps. panamensis</i>	77	3	80	8	2	10	59	4	63	153
No identificado sp	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Total por tipo trampa y sexo	457	122	579	579	304	1378	59	4	63	2020
No. especies por tipo trampa		7			9			1		9
Esfuerzo muestreo por tipo	32 persona-noche-trampa			47 noche-trampa			54 noche-trampa			125

Cuadro 5. Resumen de los estimadores de diversidad alfa calculados a partir de las especies y abundancias registradas en los muestreos en las localidades de Becanchén, Tekax, Yucatán, La Libertad, Escárcega, Campeche y Santa Isabel, Carrillo Puerto, Quintana Roo en el periodo comprendido entre el 01 febrero 2001 al 31 enero de 2003. Los especímenes dañados y no identificados a género o especie no se incluyen en los cálculos.

Estimador	Becanchen	La Libertad	Santa Isabel
Taxa_S	7	12	9
Individuos	1098	1394	2019
Dominancia Simpson D	0.3905	0.2111	0.2647
Gini-Simpson 1-D	0.6095	0.7889	0.7353
Shannon H	1.134	1.740	1.582
Equidad J	0.5826	0.7002	0.720
Riqueza Margalef	0.857	1.519	1.051
Alfa Fisher	0.9996	1.804	1.213
Berger-Parker	0.5228	0.292	0.4468
⁰ q	7	12	9
¹ q	3.1081	5.6973	4.8647
² q	2.5608	4.7371	3.7779

Curvas de acumulación, SISA y curvas de rango-abundancia. En todos los casos el modelo de la curva de acumulación de especies de Clench, indicó un buen ajuste entre el número de especies observadas y las estimadas, Becanchén ($r= 0.974$), La Libertad ($r= 0.995$) y Santa Isabel ($r= 0.918$). Usando los valores del intercepto y la pendiente en cada localidad se obtuvo el número de especies esperadas, siendo: $a= 9.45/1.31= 7$ especies para Becanchén; $a=11.25/0.88= 13$ especies para La Libertad; $a= 18.95/2.14= 9$ especies para Santa Isabel (Fig. 3). Así mismo, usando el

procedimiento de iNEXT, se visualiza que el número de especies no aumentaría con la extrapolación en el caso de Becanchén y que se agregaría al menos una especie en La Libertad y en Santa Isabel (Fig. 4).

Al considerar la abundancia mediante rangos jerárquicos del índice de SISA, se encontró que las cinco especies mayormente representadas en todas las localidades de estudio fueron: *Da. deleoni* (0.95), *Lu. cruciata* (0.84), *Pa. shannoni* (0.76), *Br. mesai* (0.76) y *Bi. olmeca* (0.73) (Cuadro 1).

La estructura de las especies, por cada localidad analizada con las gráficas de rango-abundancia, indican por una parte la riqueza específica en cada sitio, además de la jerarquía en rangos con logaritmos de forma descendente de las especies detectadas (Fig. 5).

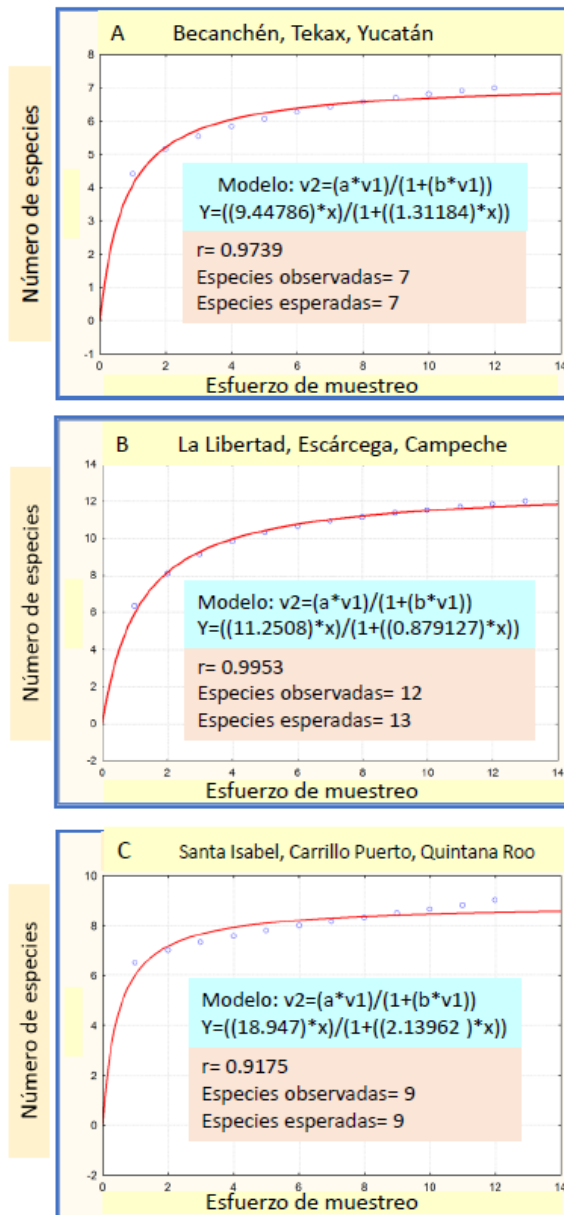


Figura 3. Curvas de acumulación de especies según el modelo de Clench (1979) obtenidas con las aleatorizaciones en EstIMATES y ajustadas a la función no lineal con el programa de STATISTICA para la localidad de Becanchén (A), La Libertad (B) y Santa Isabel (C).

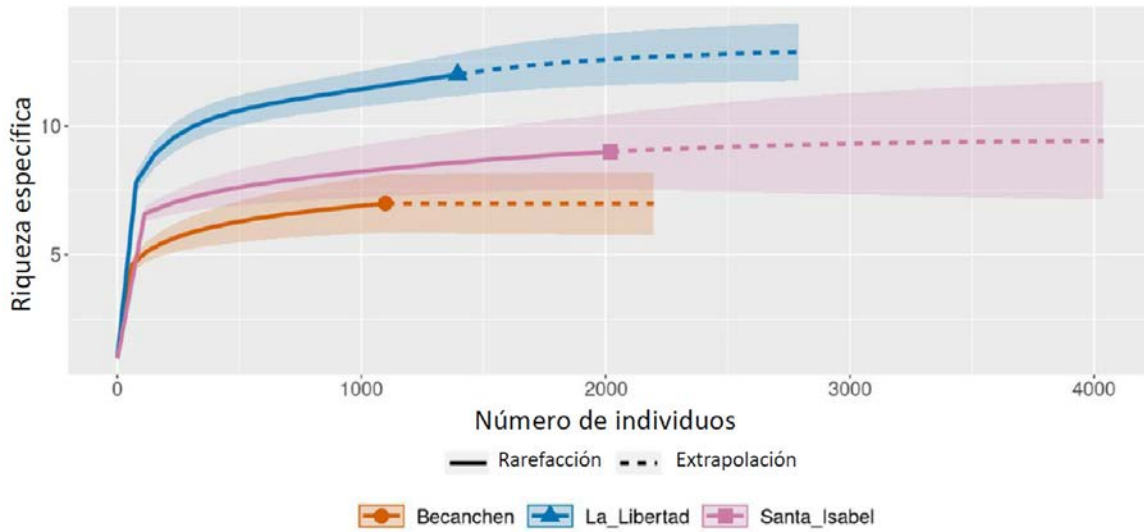


Figura 4. Curva de complementariedad de la muestra usando el modelo de iNEXT (Chao *et al.*, 2016) donde se observan los valores predichos (intra y extrapolados) de número de especies de la muestra.

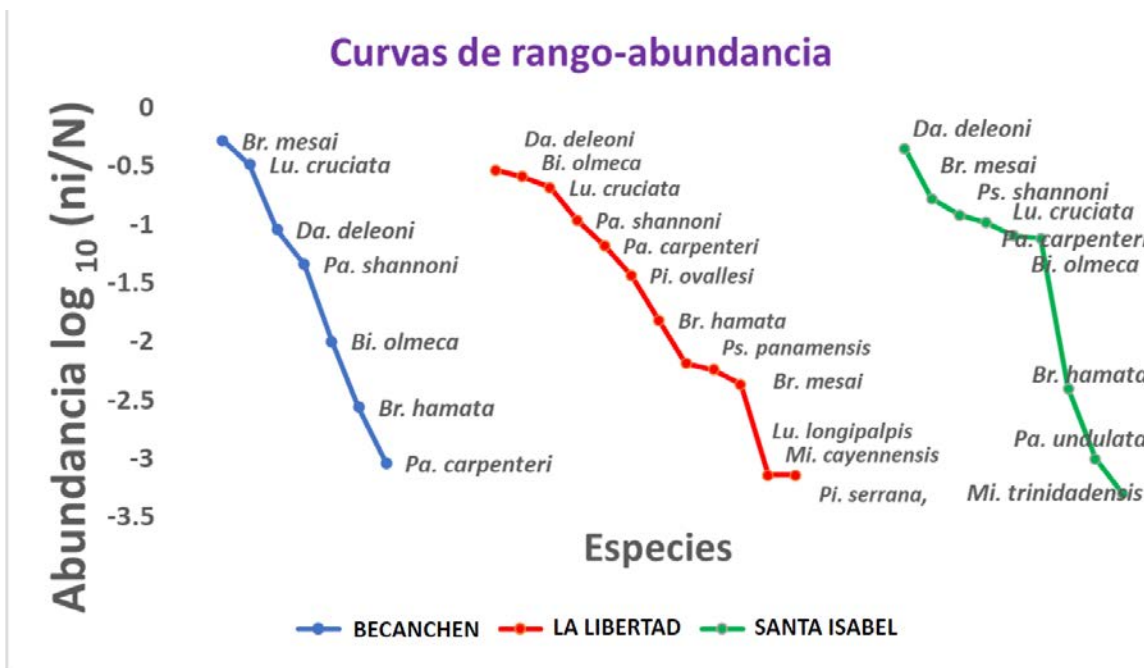


Figura 5. Curvas de rango – abundancia de especies de flebotominos registradas en las localidades de Becanchén (línea azul), La Libertad (línea roja) y Santa Isabel (línea verde). El eje de las ordenadas (Y) corresponde al \log_{10} de la abundancia de cada especie (ni) con relación al total (N).

Diferencias de la estructura. El análisis de escalamiento no métrico multidimensional, reveló que la ordenación de la variación de abundancia y especies en cada sitio se representa en forma de un polígono con su respectivo centroide y que, para el caso de La Libertad y Santa Isabel, esos polígonos se traslapan entre sí y quedan claramente separados del generado para la localidad de Becanchén (Fig. 6). El análisis del perfil de diversidad usando los números de Hill (q^0 , q^1 y q^2), muestra que la mayor diferencia entre los sitios es por la riqueza específica (q^0) (Fig. 7). El análisis

de especies indicadoras por localidad mostró que para Becanchén, las especies que resultaron moderadamente influyentes fueron *Br. mesai* y *Lu. cruciata*, para La Libertad fueron *Bi. olmeca* y *Pi. ovallesi* y para Santa Isabel las especies *Pa. carpenteri*, *Da. deleoni* y *Pa. shannoni* (Fig. 8).

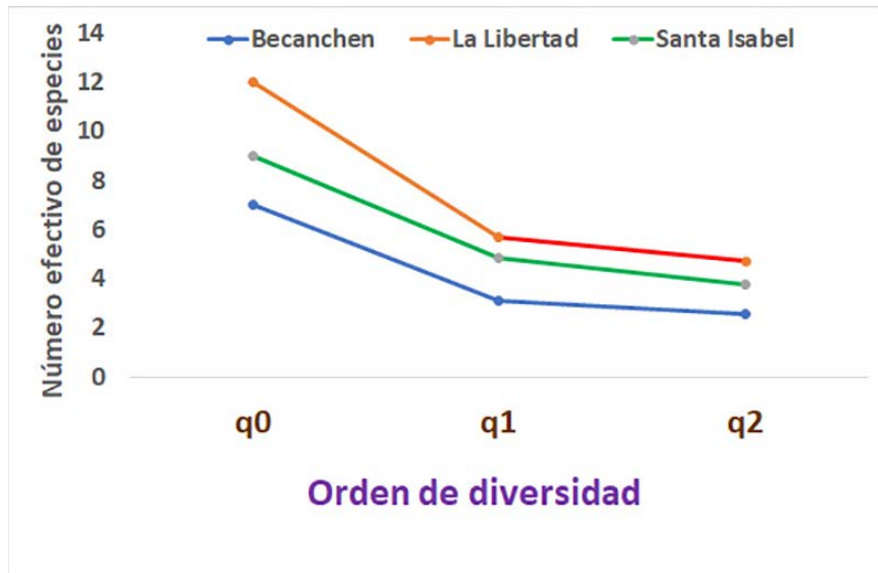


Figura 6. Perfil de diversidad de los órdenes q^0 , q^1 y q^2 (= números de Hill) que representan el número efectivo de especies considerando la riqueza de especies, la entropía y la dominancia. La línea en azul corresponde a Becanchén, la línea roja a La Libertad y la línea verde a Santa Isabel.

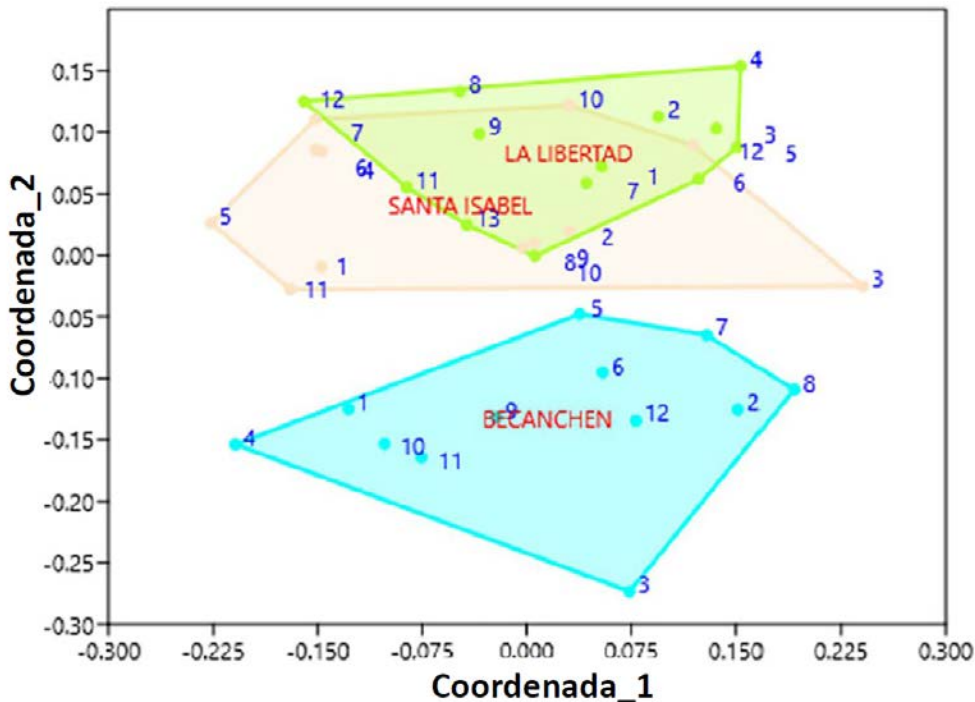


Figura 7. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMMS) usando el índice de Bray-Curtis, que representa las distancias en dos ejes de ordenación en función de la variabilidad de los muestreos en los tres sitios de estudio. Polígono en color cian representa la localidad de Becanchén, en color verde a La Libertad y en amarillo a Santa Isabel.

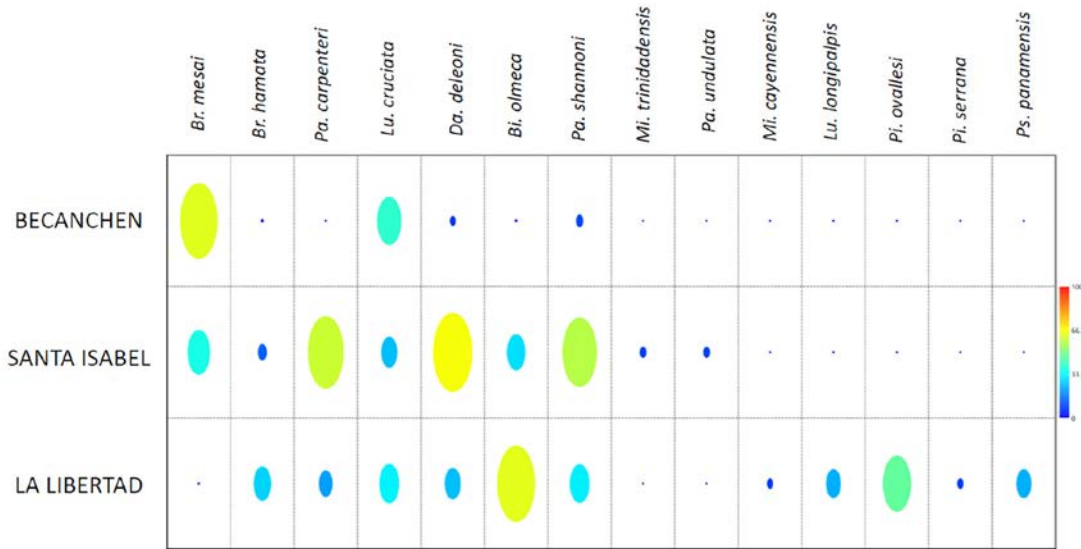


Figura 8. Representación gráfica del análisis de especies indicadoras (eje X arriba) en los sitios de estudio de Becanchén, La Libertad y Santa Isabel (eje Y), las especies observadas arriba del cuadro con la escala de colores en la parte intermedia.

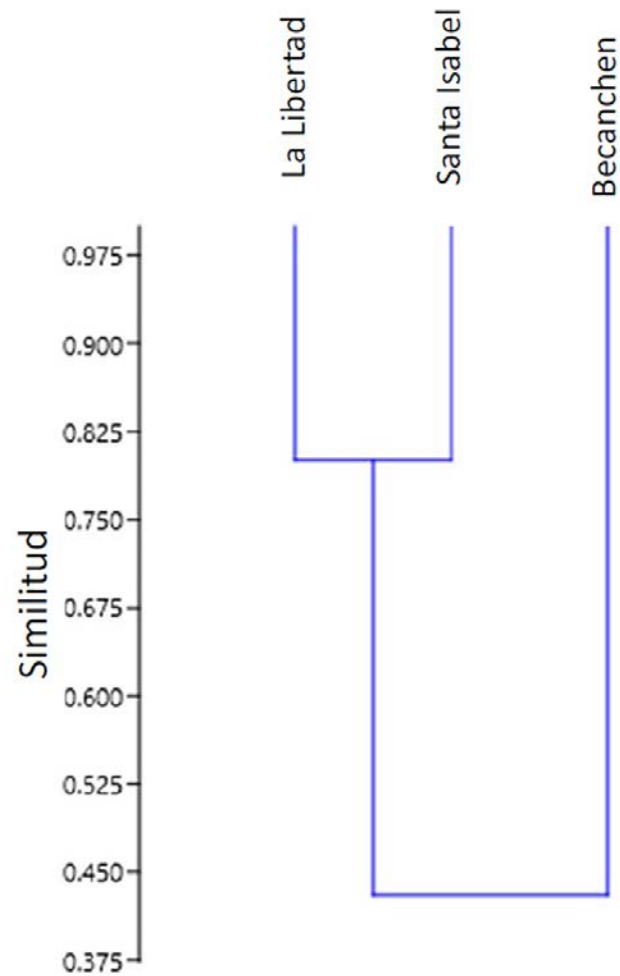


Figura 9. Índice de similitud de Morisita-Horn con el método de agrupamiento de UPGMA, para representar la similitud entre la diversidad beta entre las localidades de Becanchén, La Libertad y Santa Isabel.

Diversidad beta. En cuanto a la diversidad beta, el índice de similitud de Morisita-Horn, con el método de agrupamiento de pares con la media aritmética no ponderada, reveló que la diversidad es similar entre las localidades de La Libertad y Santa Isabel, y que es disimilar en Becanchén (Fig. 9). Así mismo, el índice de diversidad beta de Cody (1975), señaló que la ganancia-pérdida promedio de especies fue de 4.5, y con la matriz comparativa entre sitios, se procedió a elaborar un análisis de escalamiento no-métrico multidimensional, encontrando que las localidades de La Libertad y Santa Isabel se ordenan de manera superior a lo ocurrido con la localidad de Becanchén (Fig. 10).

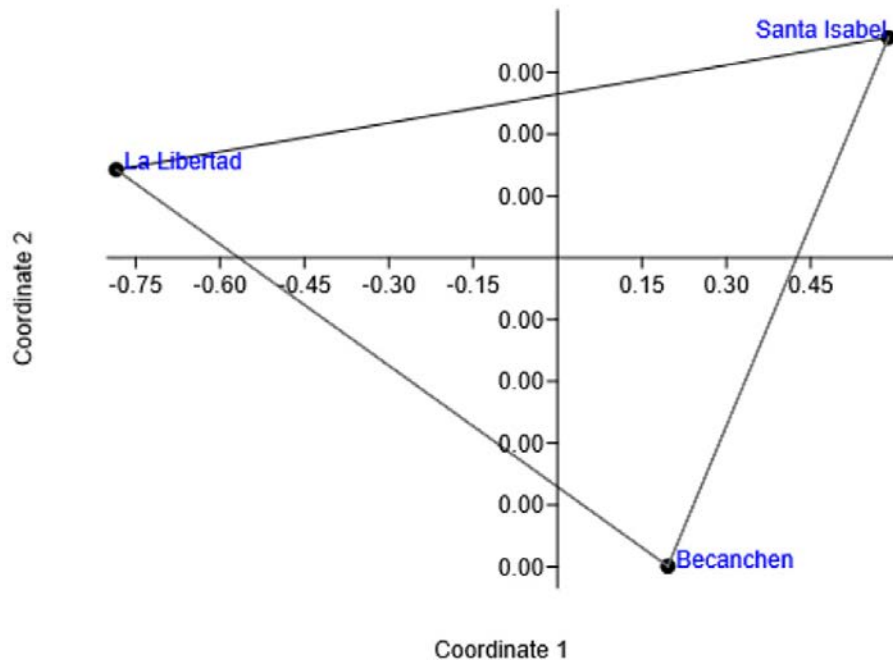


Figura 10. Análisis de diversidad beta según modelo de Cody (1975), usando la matriz de similitud y analizada por la ordenación con el método de escalamiento no métrico multidimensional.

Patrones de co-ocurrencia. Con el modelo de C-score arrojó un valor observado de 0.10989, mientras que la media y varianza de las simulaciones resultó en 0.15386 y 0.00056, respectivamente ($p= 0.08140$). Dado que el resultado no fue estadísticamente significativo, no se detectó un patrón claro de agregación o dispersión, lo que sugiere una co-ocurrencia aleatoria entre los sitios evaluados.

Actividad horaria de especies antropófilas. Los datos de las variables ambientales de temperatura y humedad relativa se muestran en la figura 11. En Becanchén se registró para todas las noches una temperatura media de 25.8 °C (\pm E. E. 0.28) y una humedad relativa (%) de 75.8 % (\pm E. E. 1.51). En La Libertad la temperatura media fue 22.7 °C (\pm E. E. 0.28) y una humedad relativa media de 76.5 % (\pm E. E. 1.58) y en Santa Isabel la temperatura media fue de 23.02 °C (\pm E. E. 0.27) y una humedad relativa media de 90.59 % (\pm E. E. 0.72). Analizando los datos por horarios de captura, se encontró que sólo en la localidad de La Libertad, hubo una observación de temperatura considerada como valor atípico a las 18:00 h demostrado estadísticamente mediante la prueba de Grubbs ($G= 2.50$, $p= 0.040$), para las otras localidades y horarios no se detectaron valores estadísticamente atípicos. En cuanto a la actividad horaria de las hembras de las especies más

abundantes en la trampa Shannon, mostraron que, independientemente de la especie, la tendencia es a disminuir la actividad con relación al tiempo. Esas capturas en trampa Shannon representan un aproximado de la tasa de ataque de las hembras a humanos. Cabe indicar que la tendencia de actividad fue descendiente transcurriendo el tiempo, pero también hubo diferentes magnitudes y algunos picos no tan aparentes (Fig. 12).

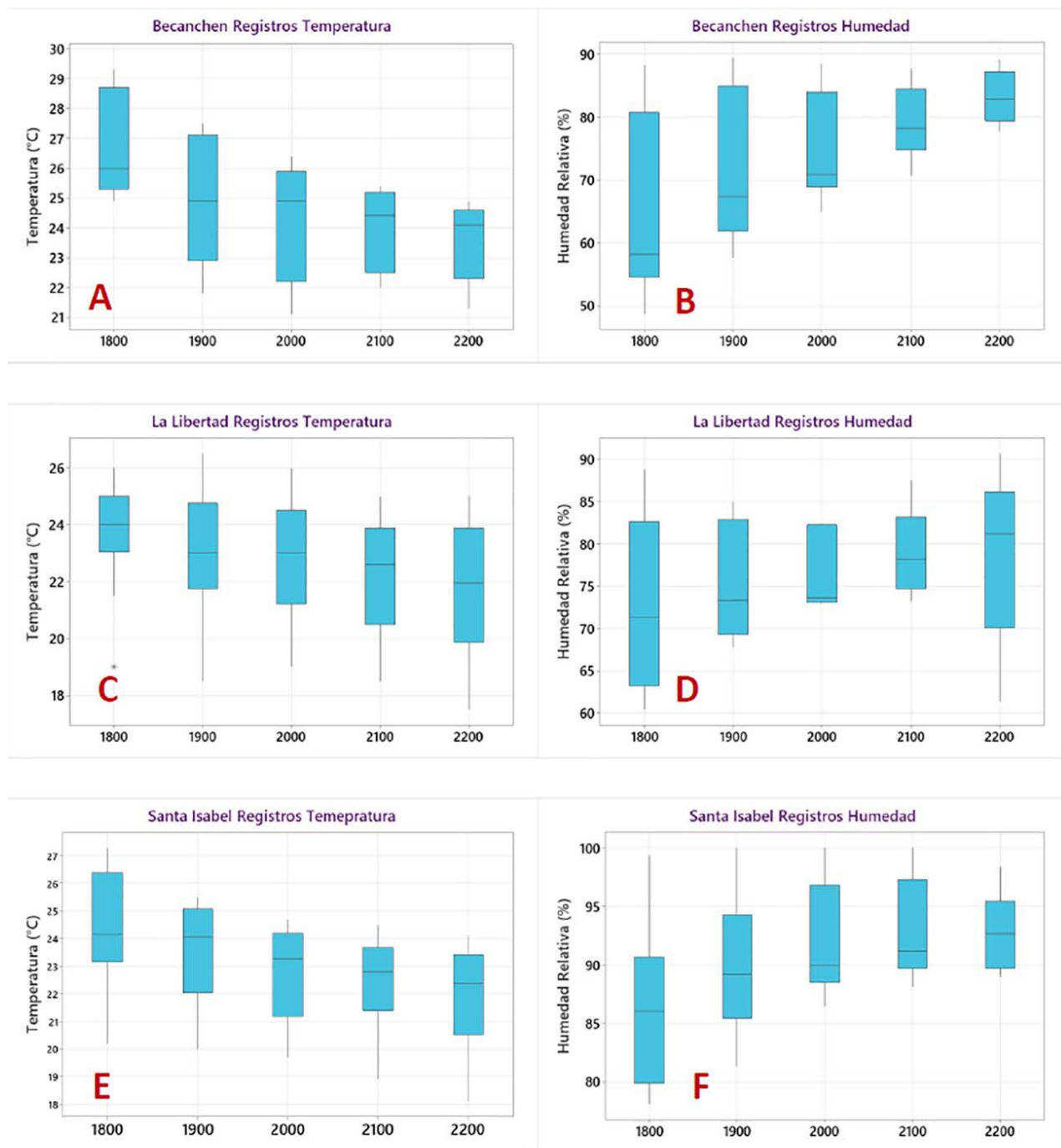


Figura 11. Gráficas tipo “box-plot” de las variables ambientales de temperatura y humedad relativa registradas en los muestreos realizados en Becanchén (A, B), La Libertad (C, D) y Santa Isabel (E, F).

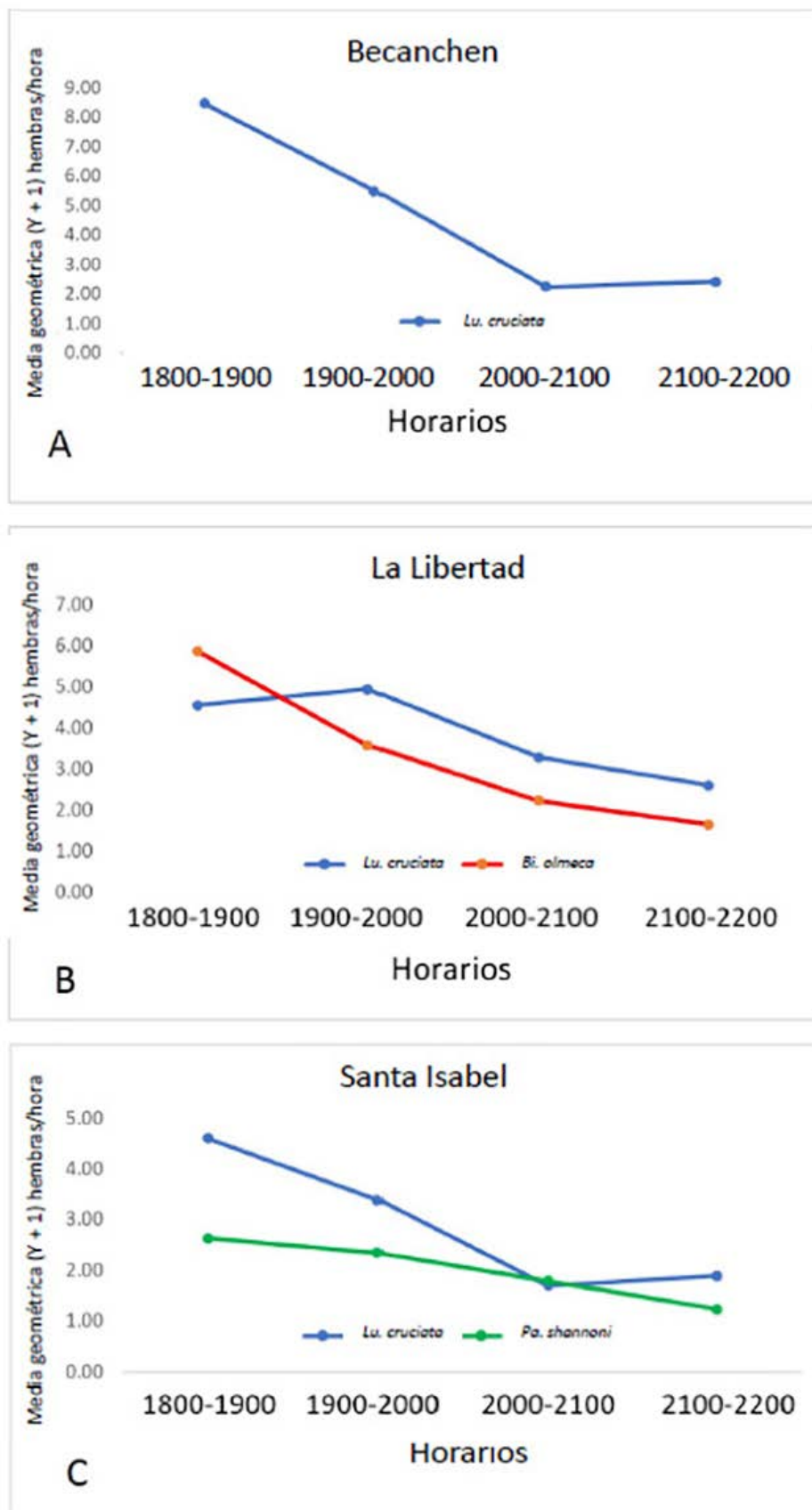


Figura 12. Media geométrica $M_G (Y + 1)$ del número de hembras de las especies de flebotominos más abundantes en los sitios de estudio en Becanchén (A), La Libertad (B) y Santa Isabel (C).

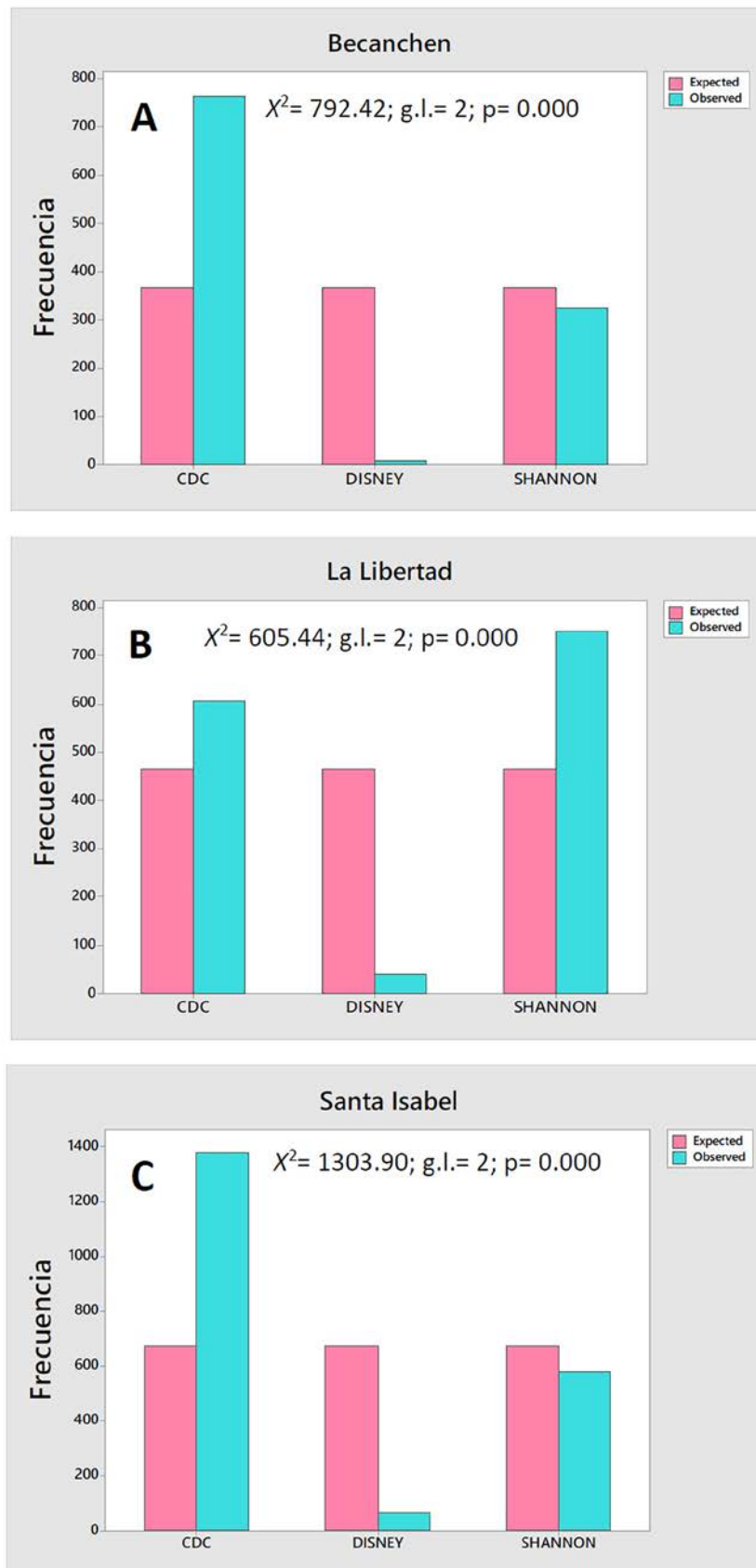


Figura 13. Análisis de frecuencias observadas y esperadas (χ^2) de los flebotominos colectados por tipo de trampa (CDC, Disney y Shannon) en las localidades de Becanchén (A), La Libertad (B) y Santa Isabel (C).

Relación con parámetros ambientales. Se encontró como tendencia general para la trampa Shannon, que la variable temperatura tiende a disminuir durante las primeras horas de la escotofase y, por el contrario, la humedad relativa exhibe un patrón ascendente (Fig. 13). Por último, el análisis no paramétrico de correlación de Spearman, indicó una asociación positiva con las capturas en La Libertad con la especie *Lu. cruciata* y los valores de humedad relativa ($r_s = 0.554$; g.l.= 13; $p = 0.0398$), el resto de las correlaciones de las especies en los sitios de colecta y la variable humedad relativa resultaron no significativas ($p > 0.05$). Las correlaciones que resultaron estadísticamente significativas en cuanto a hembras en trampa Shannon y la temperatura, fue para *Lu. cruciata* en La Libertad ($r_s = -0.343$; g.l.= 37; $p = 0.038$) y para la misma especie en Santa Isabel ($r_s = 0.445$; g.l.= 33; $p = 0.010$).

Comparación métodos de captura. Por otro lado, en cuanto a la comparación estadística de la eficacia de captura de flebotominos, con los tres diferentes métodos de colecta, se encontró en todas las localidades de estudio, una diferencia significativa en cuanto al número de especímenes capturados con los tres distintos tipos de trampas (CDC, Disney y Shannon), ($\chi^2 = 792$; g.l.= 2; $p = 0.000$; $\chi^2 = 605.44$; g.l. = 2; $p = 0.000$; $\chi^2 = 1303.9$; g. l.= 2; $p = 0.000$) para Becanchén, La Libertad y Santa Isabel, respectivamente. Estos resultados indican que las trampas CDC, siempre tuvieron valores observados superiores a los esperados, mientras que las trampas Disney, siempre resultaron con menor frecuencia de captura observada con relación a la esperada y que la trampa Shannon, fue superior estadísticamente al menos para La Libertad (Fig. 12).

DISCUSIÓN

Generalidades de especies y abundancias absolutas, relativas y proporción sexual. Las especies registradas en Becanchén, son la primera referencia de la riqueza específica de flebotominos, en una comunidad con antecedentes de positividad por prueba de Montenegro y los casos registrados según Albertos-Alpuche *et al.* (1995). Aunque se registraron siete especies, se encontró dominancia de tres especies: *Br. mesai*, *Lu. cruciata* y *Da. deleoni*, que en conjunto representaron el 94.01% del total de ejemplares de las colectas. Esto es congruente con los valores más altos observados de dominancia con Berger-Parker y Simpson, y los valores más bajos de la equidad. Todas las especies encontradas en Becanchén ya habían sido reportadas para el estado de Yucatán (Rebollar-Téllez *et al.*, 2006).

Para La Libertad existía el antecedente de Rebollar-Téllez *et al.* (1996a; 1996b; 1996c; 1996d), así como Rebollar-Téllez *et al.* (2004) donde se registraron en un ciclo anual, un total de 16 especies siendo las más abundantes *Bi. olmeca*, *Lu. cruciata*, *Pi. ovallesi* y *Mi. carpenteri* que representaron de manera conjunta el 65.67% de los ejemplares de ese sitio. El número de especies observado en este estudio para La Libertad fue de 12 con un valor estimado de 13, esto difiere en tres especies con lo previamente registrado y quizá la diferencia esté relacionada con la temporalidad, ya que Rebollar-Téllez *et al.* (1996b) realizaron colectas mensuales por un año, mientras que, en el presente estudio, las colectas se realizaron únicamente en el periodo de mayor abundancia (entre noviembre a marzo). La similitud entre ambos estudios fue que, tanto *Bi. olmeca* como *Lu. cruciata*, fueron las dos especies de mayor abundancia registrada.

Con respecto a Santa Isabel, no existía un estudio previo, aunque es el poblado más cercano a Carrillo Puerto, que en la década de los años cincuenta y sesenta era un campamento chiclero, donde se realizó el estudio de incriminación de *Bi. olmeca* como vector por Biagi *et al.*

(1965). En Santa Isabel se registraron nueve especies, siendo *Da. deleoni*, *Br. mesai*, *Pa. shannoni* y *Lu. cruciata* las que representaron el 83.85% (cuadro 4).

Diversidad alfa. Los análisis de diversidad alfa indicaron que en La Libertad se obtuvo la mayor riqueza específica con el índice de Margaleff, los valores más altos del índice alfa de Fisher y en la heterogeneidad o entropía de Shannon, y los valores menores para la dominancia de Berger-Parker e índice de Simpson y una equidad intermedia entre Becanchén y Santa Isabel. En la comunidad de Santa Isabel, comparando la dominancia de Berger-Parker y Simpson con los obtenidos en La Libertad, se observan que son menores, pero no de manera tan discrepante, así mismo para los valores de la riqueza de Margaleff, el alfa de Fisher y la entropía de Shannon, pero tuvo un valor un poco más alto de la equidad. De igual manera, las especies encontradas en Santa Isabel ya se habían registrado en el estado de Quintana Roo (May-Uc *et al.*, 2011).

Curvas de acumulación, SISA y curvas de rango-abundancia. Las curvas de acumulación de especies con el modelo de Clench (1979), indicaron un buen ajuste entre los valores de especies observadas y esperadas. Pero con el análisis con la paquetería iNEXT se encontró que para la localidad de Becanchén, el número de especies no cambiaría con la predicción de extrapolación, pero que sí aumentaría ligeramente para La Libertad y Santa Isabel, lo que implica que en ambas localidades se requeriría un mayor esfuerzo de captura para alcanzar el 100% de las especies predichas. Las curvas de rango abundancia no solo ilustran la riqueza específica por localidad, sino también la jerarquía que tienen en el ensamble, dada la abundancia registrada, además, es una representación gráfica de la equidad. Con ello, es posible determinar que la estructura de los ensamblajes es diferente entre los sitios, bajo esos tres atributos antes mencionados.

El Índice Estandarizado de la Abundancia de Especies (SISA), ha sido una propuesta para jerarquizar por rangos la abundancia registrada de las especies, tomando en consideración todos los sitios de muestreo. En la propuesta de Roberts & Hsi (1979), el índice de SISA se utilizó para interpretar la representatividad de especies de mosquitos, según el rango por sitios, como fue el enfoque utilizado por Rebollar-Téllez y Moo-Llanes (2020), para la diversidad de flebotominos registrada en localidades del municipio de Calakmul, Campeche. El índice de SISA también ha sido utilizado para establecer las especies con mayor dominancia según los diferentes métodos de captura, como se reportó por Rodríguez-Rojas y Rebollar-Téllez (2017). Para los datos de Becanchén, La Libertad y Santa Isabel, el índice de SISA indicó que las especies consistentemente más abundantes fueron *Da. deleoni*, *Lu. cruciata*, *Br. mesai*, *Pa. shannoni* y *Bi. olmeca*, de las cuales *Lu. cruciata*, *Pa. shannoni* y *Bi. olmeca* son consideradas de importancia médica.

Comparación con otros estudios de diversidad. El estudio cuantitativo de la diversidad en flebotominos en México, se inició con el trabajo de May-Uc *et al.* (2011) en el estado de Quintana Roo, donde se comparó la diversidad del grupo por zonas del estado, usando curvas de k-abundancia y curvas de acumulación de especies, se encontró un traslape de las curvas entre las zonas, sugiriendo valores estadísticamente iguales entre ellas. También, se han realizado estudios locales en el ejido Limones, Bacalar, Quintana Roo por Rodríguez-Rojas y Rebollar-Téllez (2017), otro sobre la fauna de especies del noreste de México por Rodríguez-Rojas *et al.* (2017), otro de la fauna de flebotominos en el estado de Puebla por Durán-Luz *et al.* (2019), otro en Calakmul, Campeche por Rebollar-Téllez y Moo-Llanes (2020) y más recientemente en el estado de Veracruz por Durán-Luz *et al.* (2023) y en el estado de Chiapas por Osorio *et al.* (2024). Aunque las faunas entre estos estudios son distintas, se podrían comparar de manera general algunos parámetros como la entropía de Shannon. Por ejemplo, de los estudios antes citados, la mediana calculada

para el índice H de Shannon en Rebollar-Téllez y Moo-Llanes 2020) fue de 1.58 (mín 1.4 - máx 1.96), en Osorio *et al.* (2024) la mediana fue de 1.44 (mín 0.65 – máx 2.04), en Durán-Luz *et al.* (2019) la mediana fue de 1.42 (mín 1.24 – máx 1.78), en Rodríguez-Rojas & Rebollar-Téllez (2017) la mediana fue de 1.42 (mín 0 - máx 1.98), en Durán *et al.* (2023) la mediana fue 1.09 (mín 0.67 – máx 1.74) y en Rodríguez-Rojas *et al.* (2017) fue de 0.56 (mín 0 – máx 1.44). En el presente estudio, el valor más alto de H de Shannon fue para la localidad de La Libertad (1.74), lo cual está dentro del rango de las medianas observadas en los otros estudios. Lo interesante es notar que, en algunos casos donde existía mayor riqueza (*e.g.* Loma Bonita con 27 especies) ese número de especies no necesariamente resultaba en un mayor valor del H de Shannon (ver Tabla 2 en Osorio *et al.* 2024). Esto deja de manifiesto, que, al interpretar la biodiversidad, se necesitan otras métricas de los atributos de la diversidad, para una interpretación más clara de los resultados.

Diferencias de la estructura. El análisis de escalamiento no-métrico multidimensional (NMMS), resultó en un traslape de los polígonos generados para las localidades de La Libertad y Santa Isabel, lo cual indicaría una equivalencia en la ordenación de las especies y abundancias entre ambos sitios, siendo lo opuesto con la localidad de Becanchén, cuyo polígono es claramente diferente de las otras dos localidades y, por lo tanto, se infiere una diferencia en los ensambles. Hasta donde sabemos, en el caso de diversidad de flebotominos, no se ha realizado un análisis de este tipo, lo cual podría ser de mucha utilidad para comparar localidades, tomando en consideración la variación de abundancias de especies entre los sitios. Estas diferencias entre sitios parecen estar reforzadas con el gráfico del perfil de diversidad usando los valores de q^0 , q^1 y q^2 , pues donde se aprecia la mayor diferencia entre sitios es a nivel de q^0 , es decir entre la riqueza efectiva de especies.

El análisis de especies indicadoras considera el peso que tiene alguna especie con relación a los sitios, en nuestro análisis se muestra una magnitud de baja a moderada en algunas especies: *Br. mesai*, *Pa. carpenteri*, *Da. deleoni*, *Bi. olmeca* y *Pa. shanoni*. Por lo tanto, se puede concluir que no hubo especies altamente indicadoras y exclusivas entre los sitios. De nueva cuenta, se sugiere que este tipo de análisis pueden resultar muy útiles, para interpretar diferencias entre los sitios y determinar el peso o ponderación que tiene una(s) especies entre los sitios.

Diversidad beta. Una manera de comparar los ensambles entre sitios es mediante los índices de diversidad beta como la similitud de Morisita-Horn. En este estudio el método de agrupamiento UPGMA clasificó con mayor similitud a las localidades de La Libertad y Santa Isabel, y con menor similitud de ellas con respecto a Becanchén. Estos índices de similitud también han sido utilizados en los análisis de diversidad beta por May-Uc *et al.* (2011); Rodríguez-Rojas y Rebollar-Téllez (2017); Rodríguez-Rojas *et al.* (2017), Durán-Luz *et al.* (2019); Rebollar-Téllez y Moo-Llanes (2020); Durán-Luz *et al.* (2023) y Osorio *et al.* (2024), para estudiar la fauna de flebotominos en distintas localidades en México, aunque existen diferencias no solo en los modelos o índices, sino también en los métodos de agrupamiento. Este sería un tema para revisar, ya que diferentes modelos y métodos de agrupamiento podrían generar dendrogramas distintos y por lo tanto diferir en las interpretaciones. En este estudio, además, se añadió el índice de Cody (1975), que cuantifica la pérdida-ganancia promedio de especies, lo cual resultó con un valor de 4.5; y en la gráfica generada se aprecia que bajo la ordenación NMMS las distancias entre La Libertad y Santa Isabel hacia Becanchén eran mayores, indicando una más cercana similitud entre La Libertad y Santa Isabel, con relación a Becanchén. Este tipo de análisis de reemplazo de especies puede llevarse a cabo con indicadores como Cody (1975) o Whittaker (1965) que, en esencia, cuantifican esa

pérdida-ganancia de especies entre los sitios, para el caso de flebotominos en México, no se había cuantificado ninguno de estos índices.

Patrones de co-ocurrencia. El modelo C-Score resultó no significativo, en cuanto a un patrón de co-ocurrencia agregado o disperso, lo cual indica que las especies de flebotominos con co-ocurrencias en los sitios de estudio de Becanchén, La Libertad y Santa Isabel resultan ser aleatorias, es decir; la presencia de las especies por sitio, no se ve afectada por las otras especies por medio de interacciones inter-específicas. Para el estudio de ensamblajes o gremios de flebotominos, los modelos nulos como el C-Score han sido utilizados para estudiar patrones de co-ocurrencia en diferentes poblaciones en Venezuela (Chaves & Añez, 2004), así como para estudiar los patrones de co-ocurrencia a escala local en escenarios del Viejo y Nuevo Mundo por Chaves (2011), y en el estudio de los patrones de co-ocurrencia en áreas rurales de Panamá (Rigg *et al.*, 2021), así como en el análisis de los patrones de co-ocurrencia entre especies de flebotominos en distintas comunidades y las preferencias alimenticias entre las especies (Cazorla *et al.*, 2014). Interesantemente, en lo que se refiere a escalas regionales se ha encontrado que la co-ocurrencia de forma no agregada, podría estar relacionada con la competencia entre especies (Chaves & Añez, 2014), mientras que a escalas locales se han encontrado patrones agregados de co-ocurrencia en ambientes con diferentes grados de intervención sinantrópica (Chaves, 2011). En el estudio de Cazorla *et al.* (2014) se encontró que, con respecto a los gremios de las especies con diferentes preferencias alimenticias, resultó no significativo, por lo que los autores lo interpretaron como un mismo proceso circunstancial y oportunista. En el presente estudio, la no significancia hacia un patrón agregado o disperso representa que la co-ocurrencia de especies por los sitios geográficos es más bien aleatoria. Aunque no ha sido un modelo muy utilizado para analizar los patrones de co-ocurrencia en flebotominos, estos análisis pueden dar luz sobre cómo están ocurriendo esos patrones o si bien, la co-ocurrencia es más un proceso aleatorio, por lo cual se recomienda calcular estos modelos en conjunto con los patrones de diversidad beta.

Consideraciones sobre la diversidad a diferentes escalas. Las diferencias observadas entre varios atributos de la diversidad alfa y beta, entre las localidades La Libertad y Santa Isabel, con la más contrastante Becanchén, pueden deberse a una combinación de factores como el tipo de clima o de suelo registrado o bien, la constitución biótica de las regiones biogeográficas. En un análisis reciente por Lozano-Sardaneta *et al.* (2024) se mapean las especies de flebotominos según las regiones biogeográficas y tipos de vegetación. Este enfoque es correcto para interpretar diferencias entre las faunas a nivel macro, pero igualmente podría utilizarse a nivel meso o micro para explicar estos patrones de ocurrencia. No obstante, se necesitan métricas específicas de los parámetros abióticos y bióticos de manera más puntual, para establecer con mayor precisión las diferencias entre diferentes ensamblajes o por especies, según los atributos de la riqueza específica, abundancia, heterogeneidad, dominancias, equidad, entre otros. Autores como Rodríguez y Vázquez-Domínguez (2003) han señalado la importancia de analizar la diversidad beta a diferentes escalas y las variables asociadas, que pueden ir desde el orden global a local, y por ello se recomienda tomar en consideración estos aspectos para estudios futuros.

Actividad horaria de especies antropófilas. Los gráficos del número promedio de hembras por hora de captura incorporan sólo las especies de mayor prevalencia en trampas Shannon. En todas las localidades se encontraron especies de importancia médica y con grado de antropofilia, como *Lu. cruciata*, *Bi. olmeca* y *Pa. shannoni* (Ibáñez-Bernal & Rebollar-Téllez, 2023). En la actualidad y con evidencia de campo en Campeche (Pech-May *et al.*, 2010; 2016) y Quintana Roo (Sánchez-García *et al.*, 2010) se considera que estas especies junto con *Psychodopygus panamensis*

(Shannon, 1926) son las implicadas en la transmisión de *Le. mexicana* al humano en la Península de Yucatán. El estudio de los patrones de actividad nocturna y la cuantificación de ésta es importante para valorar el potencial como vectores de estas especies entre diferentes sitios o temporadas. En el presente estudio *Lu. cruciata* fue la especie presente en los tres sitios, aunque con mayor actividad registrada en Becanchén. En La Libertad otra especie presente en capturas con trampa Shannon, fue *Bi. olmeca* y en Santa Isabel además de *Lu. cruciata*, fue *Pa. shannoni*. En cuanto a los patrones de actividad en la trampa Shannon, los resultados del presente estudio concuerdan con los de Biagi *et al.* (1966) y los reportados por Rebollar-Téllez *et al.* (1996b) y Rebollar-Téllez *et al.* (2005) en estudios realizados en localidades del estado de Campeche. Así mismo, en la valoración de rol como vectores, se requiere entender la relación de estas especies, con los posibles reservorios, al menos en trampas Disney, la única especie atraída ha sido *Bi. olmeca* (e.g. Rebollar-Téllez *et al.*, 2005). Sólo en el estudio de Sánchez-García *et al.* (2010) se encontraron hembras de *Bi. olmeca* colectadas en trampas Disney, positivas a *Le. mexicana* y, por lo tanto, se considera como un objetivo importante a investigar en futuros estudios usando experimentos de campo, para determinar atracción a diferentes hospederos, así también, el análisis de los perfiles de alimentación sanguínea usando métodos moleculares.

Relación con parámetros ambientales. Del análisis de relación con parámetros ambientales, se encontraron ciertas correlaciones significativas con la temperatura y la humedad relativa. Por ejemplo, para *Lu. cruciata* con la humedad relativa resultó significativa en La Libertad ($r_s = 0.554$) y en relación con la temperatura para La Libertad, se encontró una asociación negativa con *Lu. cruciata* ($r_s = -0.343$), pero positiva para la misma especie en Santa Isabel ($r_s = 0.445$), esto indica que en La Libertad la actividad de *Lu. cruciata* disminuye con los valores de temperatura y aumenta en el caso de Santa Isabel. Estos resultados son en parte congruentes con lo reportado por Rebollar-Téllez *et al.* (1996b), donde se encontró que *Lu. cruciata* estaba correlacionada con aumentos de humedad relativa, mientras que con la temperatura se observó una relación con un modelo de tipo cuadrático [$Y = -14.82 + 1.49X + (-0.033)X^2$]. Datos no publicados de los presentes autores, han analizado las correlaciones con parámetros ambientales en especies antropófilas en diversas localidades de la Península de Yucatán capturadas con trampa Shannon, encontrando correlaciones no lineales que fueron estadísticamente significativas, pero cuyo efecto resultó inverso entre las especies *Pa. shannoni* y *Ps. panamensis*; mientras que para *Pa. shannoni*, el aumento de la humedad relativa disminuye considerablemente su actividad, y para *Ps. panamensis* los valores altos de humedad relativa están correlacionados con una mayor actividad registrada de hembras (Hernández-Cabrera *obs. Pers.*). Esto constituye evidencia, que la respuesta ante las mismas variables ambientales puede ser diferente entre especies de flebotominos y que además pueden variar entre sitios.

Consideraciones finales. A manera de conclusión, se establece que el entendimiento de la diversidad y la ecología de los ensambles de flebotominos requiere un análisis detallado de diferentes atributos, tanto de la diversidad alfa y beta, que a su vez pueden ayudar a una más clara interpretación sobre la abundancia y actividad de las especies de importancia médica, que representan el gremio de los vectores potenciales. Cabe aclarar que los presentes análisis e interpretaciones se han realizado a partir de colectas realizadas hace más de 20 años en los sitios descritos, y que, por lo tanto, se podrían considerar como poblaciones alocrónicas a las actuales. La diversidad y el funcionamiento ecológico de las poblaciones de organismos (plantas y animales), pueden ser alterados por cambios ocasionados en respuesta y adaptación de las poblaciones ante variables climáticas, o por cambios en la red de interacciones bióticas, o por

cambios en los tamaños de la población, por desbalances en los parámetros de natalidad, mortalidad o migración. Es por lo que, consideramos que esta contribución representa un referente hacia futuros estudios de diversidad que se realicen en la región y con ello, evaluar si han ocurrido cambios en alguno de los atributos aquí descritos y compararlos con estudios presentes y las predicciones futuras de distribución geográfica (Moo-Llanes *et al.*, 2013)

AGRADECIMIENTOS. Al proyecto financiado “Vector capacity of allopatric populations of *Lutzomyia o. olmeca* & distribution of leishmaniasis in Yucatan, Mexico” World Bank/World Health Organization/Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR)/Research Capability Strengthening (RCS) (ID A00732), otorgado a EART. Se reconoce y agradece al Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi” de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y en particular a quien en esa época fuera su director Dr. Fernando I. Puerto Manzano por las facilidades otorgadas en la logística y administración de las salidas de campo. También se reconoce el apoyo del Dr. Fernando J. Andrade-Narváez jefe del Laboratorio de Inmunología y responsable del programa de “Estudio, Vigilancia y Control de las Leishmaniasis” en la Península de Yucatán, por motivar la investigación y el trabajo interdisciplinario realizado en el laboratorio. Se agradece la hospitalidad y facilidades otorgadas al grupo de trabajo, por parte de los habitantes y líderes de las comunidades, al Sr. Candelario Martínez “Don Cando” quien facilitó el acceso a los terrenos de su propiedad y Sr. Rubentino Chi Puc “Don Tino” por su valiosa ayuda en el transporte con sus carretas y mulas del material de campo en La Libertad. En Santa Isabel, se agradece el apoyo de los señores Alfonso Tuc Bacab, Enrique Coot Pech y Martín Canul Pérez, quienes fungían como promotor de salud, delegado ejidal y comisionado de vigilancia respectivamente. En Becanchén se agradece al señor Severino López comisario municipal. A los otrora jóvenes estudiantes de biología Felipe A. Dzul-Manzanilla (FADM), Ezequiel Tun-Ku (ETK) y Azael Chemenzo (ACM) de la UADY. Al Biól. Bernardo López-González (UANL) por la amable elaboración del mapa de los sitios de muestreo. El presente trabajo está dedicado respetuosamente a la memoria de Dr. Francisco Biagi Filizola y a la Biol. Ana María de Buen por haber sido destacados investigadores pioneros en el estudio de las leishmaniasis en el país.

LITERATURA CITADA

- Albertos-Alpuche, N. E., Andrade-Narváez, F. J., Burgos-Patrón, J. P., Vázquez-Pérez, A. (1996) Leishmaniasis cutánea localizada: índice alérgico en la comunidad de Becanchén, Tekax, Yucatán, México. *Revista Biomédica*, 7, 11–8.
<https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-biomedica-universidad-autonoma-de-yucatan/articulo/leishmaniasis-cutanea-localizada-indice-alergico-en-la-comunidad-de-Becanchen-tekax-yucatan-mexico>
- Anderson, T. W., Darling, D. A. (1952) Asymptotic theory of certain goodness of fit criteria based on stochastic processes. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23, 193–212.
<https://www.jstor.org/stable/2236446>
- Anderson, T. W., Darling, D. A. (1954) A test of goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 49, 765–769.
<https://doi.org/10.2307/2281537>
- Andrade-Narváez, F., Castro, E. V., Simmonds-Díaz, E., Cruz-Ruiz, A., García-Miss, R. Canto-Lara, S. (1985) Leishmaniasis cutánea mexicana. Índice alérgico en una población militar ubicada en una zona endémica. *Revista de Sanidad Militar*, 39, 152–154.

- Andrade-Narvaéz, F. J., Simmonds-Díaz, E., Rico-Aguilar, S., Andrade-Narvaéz, M. Palomo-Cetina, A., Canto-Lara, S. B., García-Miss, M. R., Madera-Sevilla, M., Albertos-Alpuche, N. (1990) Incidence of localized cutaneous leishmaniasis (chiclero's ulcer) in Mexico. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 84, 219–220.
[https://doi.org/10.1016/0035-9203\(90\)90262-d](https://doi.org/10.1016/0035-9203(90)90262-d)
- Andrade-Narvaéz, F. J., Albertos-Alpuche, N. E., Canto-Lara, S. B., Vargas-González, A., Valencia-Pacheco, G., Palomo-Cetina, A., Ramírez-Fraire, A., Loria, J. L., Cern, J, Cárdenas-Marrufo, M., Damian-Centeno, A. G. (1992) Risk factors associated with cutaneous leishmaniasis infection and disease in the state of Campeche, Peninsula of Yucatan, Mexico. Pp. 193-205. *En: P. Wijeyaratne, T. Goodman & C. Espinal (Eds). Leishmaniasis Control Strategies: A critical Evaluation. IDRC Supported Research.*
<https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstreams/01fb981f-bfbd-4035-ba30-7068e0c1a4ee/download>
- Andrade-Narvaéz, F. J., Vargas-González, A., Canto-Lara, S. B., Damián-Centeno, A. G. (2001) Clinical picture of cutaneous leishmaniasis due to *Leishmania (Leishmania) mexicana* in the Yucatan peninsula, Mexico. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96 (2), 163–167.
<https://doi.org/10.1590/s0074-02762001000200005>
- Andrade-Narvaéz, F., Canto-Lara, S., Van Wynsbergue, N., Rebollar-Téllez, E. A., Vargas, A., Albertos, N. (2003) Seasonal transmission of *Leishmania (Leishmania) mexicana* in the state of Campeche, Yucatán Peninsula. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98, 995–998.
<https://doi.org/10.1590/s0074-02762003000800002>
- Andrade-Narvaéz, F. J., Loría-Cervera, E. N., Sosa-Bibiano, E. I., Van Wynsberghe, N. R. (2016) Asymptomatic infection with American cutaneous leishmaniasis: epidemiological and immunological studies. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 111, 599–604.
<https://doi.org/10.1590/0074-02760160138>
- Andrade-Narvaéz, F. J., Van Wynsberghe, N. R., Sosa-Bibiano, E. I., Loria-Cervera, E. N. (2017) Eco-epidemiology and immunological features of localized cutaneous leishmaniasis in southern Mexico: Thirty years of study. Pp. 137–152. *En: Chadburn, D. M. (Ed.) The Epidemiology and Ecology of Leishmaniasis. IntechOpen Books, Londres, Reino Unido.*
- Becker-Fauser, I., Salaiza-Suazo, N., Aguirre-García, M., Gutiérrez-Kobeh, L., Hernández-Ruiz, J. (2023) Leishmaniasis. Capítulo 9. Pp. 85–93. *En: M. A. Becerril-Flores (Ed.) Parasitología Médica, sexta edición. McGraw Hill. Ciudad de México.*
- Beltrán E. (1944) Cutaneous Leishmaniasis in Mexico. *The Scientific Monthly*, 59,108–19.
- Beltrán, E., Bustamante, M. E. (1942) Datos epidemiológicos acerca de la "úlceras de los chicleros" (Leishmaniasis Americana) en México. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 3, 1–28.
- Berger, W. H., Parker, F. L. (1970) Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments. *Science*, 168, 1345–1347.
<https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345>
- Biagi, F. F. (1953a) Intradermo reacciones con leishmanina en Escárcega, Camp. (Méx.). *Medicina Revista Mexicana*, 33, 255–260.
- Biagi, F. F. (1953b) Síntesis de 70 historias clínicas de leishmaniasis tegumentaria de México (úlceras de los chicleros). *Medicina Revista Mexicana*, 33, 385–396.
- Biagi, F. F. (1953c) Algunos comentarios sobre las leishmaniasis y sus agentes etiológicos. *Leishmania tropica mexicana*, nueva subespecie. *Medicina Revista Mexicana*, 33, 401–406.

- Biagi, F. F. (1953d) Notas terapéuticas sobre la leishmaniasis tegumentaria mexicana (úlceras de los chicleros). *Medicina Revista Mexicana*, 33, 435–437.
- Biagi, F. F., De Buen de Biagi, A. M. (1953a) Algunos flebotomos del área endémica de leishmaniasis tegumentaria americana del estado de Campeche, Méx. *Medicina Revista Mexicana*, 33, 315–319.
- Biagi, F. F., De Buen de Biagi, A. M. (1953b) Datos ecológicos de algunos flebotomos mexicanos (Diptera, Psych.). *Anales del Instituto de Biología (México)*, 24, 445–450.
- Biagi, F. F., De Buen de Biagi, A. M., Beltrán, F. H. (1965) *Phlebotomus flaviscutellatus*, transmisor natural de *Leishmania mexicana*, *La Prensa Médica de México*, 30, 267–272.
- Biagi, F. F., De Buen de Biagi, A. M., Beltrán, F. H. (1966) Actividad horaria de *Phlebotomus antropófilos* en la Península de Yucatán. *Revista de Investigación en Salud Pública (México)*, 26, 73–77.
- Bidlingmayer, W. L. (1969) The use of logarithms in analyzing trap collections. *Mosquito News*, 29, 635–640.
- Canché-Pool, E. B., Canto-Hau, D. M., Vargas-Meléndez, M. A., Tello-Martín, R., Reyes-Novelo, E., Escobedo-Ortegón, F. J., Ruiz-Piña, H. A., Cambranes-Puc, L. H., Torres-Castro, J. R., Palacio-Vargas, J. A., Durán-Caamal, C., Cerón-Espinosa, J., Carpio-Pedroza, J. C., Rivera-Hernández, O. C. (2022) Report of autochthonous cases of localized cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania (Leishmania) mexicana* in vulnerable, susceptible areas of southeastern Mexico. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 64, e35, 1–8.
<http://doi.org/10.1590/S1678-9946202264035>
- Canto-Lara, S. B., Cardenas-Maruffo, M. F., Vargas-Gonzalez, A., Andrade-Narvaez, F. J. (1998) Isoenzyme characterization of *Leishmania* isolated from human cases with localized cutaneous leishmaniasis from the State of Campeche, Yucatan Peninsula, Mexico. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 58 (4), 444–447.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.1998.58.444>
- Canto-Lara, S. B., Van Wynsberghe N. R., Vargas-Gonzalez, A., Ojeda-Farfán F. F., Andrade-Narváez F. J. (1999) Use of monoclonal antibodies for the identification of *Leishmania* spp. isolated from humans and rodents in the State of Campeche, Mexico. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 94, 305–309.
<http://doi.org/10.1590/s0074-02761999000300005>
- Canto-Lara, S. B., Bote-Sánchez, M. D., Rebollar-Téllez, E. A., Andrade-Narváez, F. J. (2007) Detection and identification of *Leishmania* kDNA in *Lutzomyia olmeca olmeca* and *Lutzomyia cruciata* (Diptera: Psychodidae) by Polymerase Chain Reaction in southern Mexico. *Entomological News*, 118, 217–222.
[https://doi.org/10.3157/0013-872X\(2007\)118\[217:DAIOLK\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3157/0013-872X(2007)118[217:DAIOLK]2.0.CO;2)
- Cazorla, D. J., Nieves, E., Morales, P. (2014) Patrones de coocurrencia y conducta alimentaria a escala local de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) del estado Falcón, Venezuela. *Revista Peruana de Biología*, 21(1), 99–104.
<http://doi.org/10.15381/rpb.v21i1.8253>
- Chablé-Santos, J. B., Van Wynsberghe, N. R., Canto-Lara, S. B., Andrade-Narvaez, F. J. (1995) Isolation of *Leishmania (L.) mexicana* from wild rodents and their possible role in the transmission of localized bued cutaneous leishmaniasis in the state of Campeche, Mexico. *American Journal of Tropical Medicine Hygiene* 53, 141–145.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.1995.53.141>

- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., Ellison, A. M. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45–67.
<https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Chao, A., Ma, K. H., Hsieh, T. C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at:
http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/
- Chaves, L. F. (2011) Phlebotomine sand fly species co-occurrence at the local scale: differences between agricultural and forested areas. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 11, 35–39.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482011000100004
- Chaves, L. F., Añez, N. (2004) Species co-occurrence and feeding behavior in sand fly transmission of American cutaneous leishmaniasis. *Acta Tropica*, 92, 219–224.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2004.08.001>
- Clench, H. (1979) How to make regional lists of butterflies: some thoughts. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 33, 216–231.
- Cody M. L. (1975) Towards a theory of continental species diversities: bird distribution over Mediterranean habitat gradients. Pp. 214-257. In: Cody M. L. & Diamond J. M. (Eds.). *Ecology and Evolution of Communities*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Colwell, R. K. (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at:
<http://purl.oclc.org/estimates>
- Colwell, R. K., Coddington, J. A. (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 345, 101–118.
- Dampf, A. (1947) Notas sobre flebotómidos mexicanos. II. *Phlebotomus almazani* Galliard 1934 y *P. yucatanensis* Galliard 1934. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 4, 423–450 + 4 láminas.
- De Buen de Biagi, A. M. (1966) Clave para identificación rápida de las hembras de *Phlebotomus* antropófilos del área endémica de leishmaniasis cutánea en México. *Revista del Instituto de Salud Pública (México)* 26, 367–373.
- De Buen de Biagi, A. M., Beltrán F. H., Biagi F. F. (1966) Nuevos conocimientos sobre los flebotomos del área endémica de leishmaniasis cutánea en Yucatán. *Revista de Investigación en Salud Pública de México*, 26, 139–153.
- Disney, R. H. L. (1966) A trap for phlebotomine sandflies attracted to rats. *Bulletin of Entomological Research*, 56, 445–451.
<https://doi.org/10.1017/S0007485300056510>
- Durán-Luz, J., Sandoval-Ruiz, C. A., Ibáñez-Bernal, S. (2019) Phlebotominae and Trichomyiinae (Diptera: Psychodidae) diversity in a tropical dry forest of Central Mexico: a comparison of conserved and anthropized habitats. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 54, 40–47.
<http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2018.148649>
- Durán-Luz, J., Ibáñez-Bernal, S., Rebollar-Téllez, E. A. Ibarra-Juárez, L. A. (2023) Diversity and spatio-temporal variation of phlebotominae sand flies (Phlebotominae: Diptera: Psychodidae) in

- three different types of land use and seasons in the state of Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, 1–14.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.5048>
- Espinosa-Organista, D., Morrone, J. J., Aguilar Zúñiga, C., Llorente-Bousquets J. (2000) Regionalización Biogeográfica en México. Pp. 61–94. *En: Llorente-Bousquets, González-Soriano, E. & Papavero, N (Eds). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Volumen II. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).*
- Farfán-López, E. (1922) La leishmaniosis cutánea americana o “úlceras de los chicleros”. Tesis Universidad Nacional del Sureste. Facultad de Medicina y Cirugía, Mérida, Yucatán.
- Fisher, R. A., Corbert, A. S., Williams, C. B. (1943) The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12, 42–58.
<https://doi.org/10.2307/1411>
- Flores, J. S., Espejel-Carvajal, I. (1994) Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán. Etnoflora Yucatanenss. Fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 135 pp.
- Galati, E. A. B. (1995) Phylogenetic systematics of Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) with emphasis on American groups. *Boletín de la Dirección de Malariología y Salud Ambiental*, 1, 133–142.
- Galati, E. A. B. (2003) Classificação de Phlebotominae. Pp. 23-51. *In: Rangel E.F. & R. Lainson (Eds.) Flebotomíneos do Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz.*
- Galati, E. A. B. (2018) Phlebotominae (Diptera, Psychodidae): Classification, Morphology and Terminology of Adults and Identification of American Taxa. Pp. 9-212. *In: Rangel, E. F. & Shaw, J. J. (Eds.), Brazilian Sand Flies. Biology, Taxonomy, Medical Importance and Control. Springer International Publishing AG, Cham.*
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75544-1_2
- Galati, E. A. B., Andrade de A. J., Perveen, F., Loyer, M., Vongphayloth, K., Randrianambinintsoa, F. J, Prudhomme, J., Rahola, N., Akhoundi, M., Fernandes Shaimabukuro, P. H., Depaquit, J. (2025) Phlebotominae sand flies (Diptera, Psychodidae) of the world. *Parasites & Vectors*, 18, 220. <https://doi.org/10.1186/s13071-025-06748-5>
- Galliard, H. (1934a) Un Phlébotome nouveau du Mexique: *Phlebotomus yucatanensis* n. sp. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 12, 1–7.
<https://doi.org/10.1051/parasite/1934121001>
- Galliard, H. (1934b) Un Phlébotome nouveau du Yucatan: *Phlebotomus almazani* n. sp. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 12, 193–195.
<https://doi.org/10.1051/parasite/1934123193>
- García, E. (1996) Diversidad Climática Vegetal en México. Pp. 15–25. *En: Llorente-Bousquets, J. E., García-Aldrete, A. & González-Soriano, E. (Eds.) Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).*
- Gotelli, N. J. (2000) Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology*, 81, 2606–2621.
- Grubbs, F. E. (1950) Sample criteria for testing outlying observations. *The Annals of Mathematical Statistics*, 21(1), 27–58.
<https://doi.org/10.1214/aoms/1177729885>

- Gutiérrez-Ballesteros, E. (1959) Leishmaniasis tegumentaria, primer caso con invasión de la mucosa, diagnosticado en México. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales (México)*, 19, 129–134.
- Hammer, O., Harper, D. A., Ryan P. D. (2001) Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4, 1–9.
<https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>
- Hernández-Fajardo, D. (1913) De la leishmaniasis en Yucatán. *La Revista Médica de Yucatán*, 8, 128–133.
- Hernández-Rivera, M. P., Hernández-Montes, O., Chiñas-Pérez, A., Batiza-Avelar, J. B., Sánchez-Tejeda, G. S., Wong-Ramírez, C., Monroy-Ostria, A. (2015) Study of cutaneous leishmaniasis in the state of Campeche (Yucatan Peninsula), Mexico, over a period of two years. *Salud Pública de México*, 57, 58–65.
<https://doi.org/10.21149/spm.v57i1.7403>
- Hill, M. O. (1973) Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54, 427–431.
<https://doi.org/10.2307/1934352>
- Ibáñez-Bernal, S. (1999) Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México. I.- *Brumptomyia* França y Parrot; *Lutzomyia* França, las especies de *L. (Lutzomyia)* França y del grupo Verrucarum. *Folia Entomológica Mexicana*, 107, 61–118.
https://www.researchgate.net/publication/236684935_Phlebotominae_Diptera_Psychodidae_de_Mexico
- Ibáñez-Bernal, S. (2000) Psychodidae (Diptera). Pp. 607–626. En: Llorente, J., E. González y Papavero, N. (Eds). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ibáñez-Bernal, S. (2001a) Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México. II.- Las especies de *Lutzomyia (Coromyia)* Barretto, del grupo Delpozoi y de *Lutzomyia (Dampfomyia)* Addis. *Folia Entomológica Mexicana*, 40 (1), 17–46.
<https://acaentmex.org/fovia/revista/Vol%2040/Vol40Num1/17-46.pdf>
- Ibáñez-Bernal, S. (2001b) Notes on the Psychodidae (Diptera) of Belize: Subfamilies Bruchomyiinae and Phlebotominae. *Annals of the Entomological Society of America*, 94 (3), 367–385.
[https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0367:NOTPDO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0367:NOTPDO]2.0.CO;2)
- Ibáñez-Bernal, S. (2002) Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México. III.- Las especies de *Lutzomyia (Psathyromyia)* Barretto, del grupo Aragoi, de *L. (Trichopygomyia)* Barretto, del grupo Dreisbachi y de *L. (Nyssomyia)* Barretto. *Folia Entomológica Mexicana*, 41 (2), 149–183.
https://www.researchgate.net/publication/236685472_Phlebotominae_Diptera_Psychodidae_de_Mexico_III_Las_especies_de_Lutzomyia_Psathyromyia_Barreto_del_grupo_Aragoi_de_L_Trichopygomyia_Barreto_del_grupo_Dreisbachi_y_de_L_Nyssomyia_Barreto
- Ibáñez-Bernal, S. (2003) Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México. IV.- Las especies de *Lutzomyia (Psychodopygus)* Mangabeira, *L. (Micropygomyia)* Barretto, *Lutzomyia* del grupo Oswaldoi, *L. (Helcocyrthomyia)* Barretto, y especies del género sin agrupar. *Folia Entomológica Mexicana*, 42 (2), 109–152.
https://www.researchgate.net/publication/236685480_Phlebotominae_Diptera_Psychodidae_de_Mexico_IV_Las_especies_de_Lutzomyia_Psychodopygus_Mangabeira_L_Micropygo

- myia_Barretto_Lutzomyia_grupo_oswaldoi_L_Helcocyrtomyia_Barretto_y_especies_del_genero_sin_
- Ibáñez-Bernal, S. (2005a) Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México. V.- Clave ilustrada para la identificación de los machos de *Lutzomyia* França. *Folia Entomologica Mexicana*, 44 (1), 49–66.
- Ibáñez-Bernal, S. (2005b) Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México. VI.- Clave ilustrada para la identificación de las hembras de *Lutzomyia* França. *Folia Entomológica Mexicana*, 44 (2), 195–212.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42444208>
- Ibáñez-Bernal, S. (2024) Claves actualizadas para la identificación morfológica de machos y hembras de las especies de Phlebotominae conocidas en México (Diptera: Psychodidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 40, 1–55.
<https://doi.org/10.21829/azm.2024.4012693>
- Ibáñez-Bernal, S., Durán-Luz, J. (2022) An actualized catalogue of the Psychodidae (Diptera) of Mexico and their known distribution by state. *Zootaxa*, 5104 (3), 347–408.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5104.3.2>
- Ibáñez-Bernal, S., García-Torres, C.R., Vásquez-Márquez, M. (2017) *Micropygomyia* (*Coquilletimyia*) *nahua* sp. nov., a new Phlebotominae sand fly from Mexico (Diptera, Psychodidae). *Zootaxa*, 4347 (1), 169–180.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4347.1.10>
- Ibáñez-Bernal, S., Hernández Xoliotl, R. A., Mendoza, F. (2006) Collections of Bruchomyiinae and Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) from the north-central portion of the State of Veracruz, Mexico, with the description of a new species. *Zootaxa*, 1270, 19–33.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1270.1.2>
- Ibáñez-Bernal, S., May-Uc, E., Rebollar-Téllez, E. A. (2010) Two new species of phlebotomine sand flies from Quintana Roo, Mexico (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). *Zootaxa* 2448, 26–34.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.2448.1.2>
- Ibáñez-Bernal, S., Muñoz, S., Rebollar-Téllez, E. A., Pech-May, A., Marina C. F. (2015) Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of Chiapas collected near the Guatemala border, with additions to the fauna of Mexico and a new subgenus name. *Zootaxa*, 3994 (2), 151–186.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3994.2>
- Ibáñez-Bernal, S., Rebollar-Téllez, E. A. (2023) Estado actual del conocimiento de los hábitos hematófagos de los Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México y sus implicaciones zoonóticas. *Revista Biomédica*, 34(1), 32–43. ISSN: 2007-8447.
<https://doi.org/10.32776/revbiomed.v34i1.999>
- Ibáñez-Bernal, S., Solórzano Kraemer, M., Stebner, F., Wagner, R. (2014) A new fossil species of Phlebotominae sand fly from Miocene amber of Chiapas, Mexico. *Paleontologische Zeitschrift*, 88, 227–233.
<https://doi.org/10.1007/s12542-013-0191-3>
- Inchaustegui, A. (1918) De la leishmaniosis americana y de la úlcera de los chicleros en México. Tesis Universidad Nacional de México, Facultad de Medicina, México, D. F.
- Jheman-Zetina, J. L. (2008) Leishmaniasis cutánea en el estado de Quintana Roo. *Dermatología Revista Mexicana*, 52, 3–9.
<https://www.unsis.edu.mx/ciiissp/enfermedades/enfermedades%20transmisibles/Leishmaniasis/Informaci%C3%B3n%20de%20consulta/%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20Leish>

- maniasis/Leishmaniasis%20cut%C3%A1nea%20en%20el%20estado%20de%20Quintana%20Roo,%20M%C3%A9xico.pdf
- Jiménez-Valverde, A., Hortal, J. (2003) Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*.
http://sea-entomologia.org/PDF/RIA_8/R08-024-151.pdf
- Jost, L. (2006) Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363–375.
<https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (2007) Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 2427–2439.
<https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Loría-Cervera, E. N., Sosa-Bibiano, E. I., Van Wynsberghe, N. R., Torres-Castro, J. R., Andrade-Narváez, F. J. (2019) Preliminary edpidemiological findings of *Leishmania* infection in the municipality of Tinum, Yucatan state, Mexico. *Parasite Epidemiology and Control*, 3, 1–5.
<https://doi.org/10.1016/j.parepi.2019.e00088>
- Lozano-Sardaneta, Y. N., Rodríguez-Rojas, J. J., Huerta, H., Benítez-Alba, J. I., Santander-Gómez, A. A., Luna-Luna, A. M., Cervantes, C., Correa-Morales, F., Contreras-Ramos, A. (2024) Surveillance of sand flies (Psychodidae, Phlebotominae) from Mexico: Altitudinal and climatic patterns after historical and new geographic records in endemic areas of leishmaniasis. *Acta Tropica*, 256 (107270). 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2024.107270>
- Magurran, A. E. (2004) Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing Company. Malden, MA, USA. 256 pp.
https://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio10/Magurran%202004%20c2-4.pdf
- Marcondes, C. B. (2007) A proposal of generic and subgeneric abbreviations for phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) of the world. *Entomological News* 118, 351–356.
[https://doi.org/10.3157/0013-872X\(2007\)118\[351:APOGAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3157/0013-872X(2007)118[351:APOGAS]2.0.CO;2)
- Margalef, D. R. (1958) Information theory in ecology. *General Systems*, 3, 36–71.
- May-Uc, E., Hernández, H., Rebollar-Téllez, E. A. (2011) Distribución de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) en Quintana Roo, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 27, 273–289.
<https://doi.org/10.21829/azm.2011.272753>
- Méndez-Pérez, C., Rebollar-Téllez, E. A. (2012) Análisis morfométrico de poblaciones alopátricas de *Lutzomyia olmeca olmeca* y *Lutzomyia cruciata* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), vectores principales de la leishmaniasis cutánea en el sureste de México. *Revista Biomédica*, 23, 7–21.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2012/bio121b.pdf>
- Monroy-Ostria, A., Sánchez-Tejeda, G. (2017) Survey of cutaneous leishmaniasis in Mexico: *Leishmania* species, clinical expressions and risk factors. Pp. 153–165. En: Claborn, D. (Ed.) The Epidemiology and Control of Leishmaniasis. IntechOpen Books, Londres, Reino Unido.
- Monroy-Ostria, A., Sosa-Cabrera, T., Rivas-Sánchez, B., Ruiz-Tuyu, R., Mendoza-González, A. R., Favila-Castillo, L. (1997) Seroepidemiological studies of cutaneous leishmaniasis in the Campeche state of Mexico. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 92, 21–26.
- Montes de Oca-Aguilar, A. C., Fernández-Figueroa, E. A., López-Ávila, K. B., Pavón-Méndez, M. I., Sosa-Bibiano, E. I., Rebollar-Téllez, E. A., Palacio-Vargas, J. A., García-López, B., Rangel-Escareño, C., Loría-Cervera, E. N. (2024) Abundance and *Leishmania* infection patterns of

- the sandfly *Psathyromyia cratifer* in southern México. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 18(19), e0012426.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012426>
- Moo-Llanes, D. A., Ibarra-Cerdeña, C. N., Rebollar-Téllez, E. A., Ibáñez-Bernal, S., González, C., Ramsey, J. M. (2013) Current and future niche of North and Central American sand flies (Diptera: Psychodidae) in climate change scenarios. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7: e2421.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002421>
- Moreno, C. E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). MyT-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. 84 pp.
- Osorio, A. R., Bond, J. G., Moo-Llanes, D. A., Rebollar-Téllez, E. A., Ibáñez-Bernal, S., Marina, C. F. (2024) Comparison of the diversity of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in two physiographic regions with different bioclimatic conditions and cutaneous leishmaniasis transmission. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1–17.
<https://doi.org/10.1007/s42690-024-01240-6>
- Pech-May, A., Escobedo-Ortegón, F. J., Berzunza-Cruz, M., & Rebollar-Téllez, E. A. (2010) Incrimination of four sand fly previously unrecognized as vectors of *Leishmania* parasites in Mexico. *Medical and Veterinary Entomology*, 24, 150–161.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2010.00870.x>
- Pech-May, A., Peraza-Herrera, G., Moo-Llanes, D. A., Escobedo-Ortegón, F. J., Berzunza-Cruz, M., Becker-Fauser, I., Montes de Oca-Aguilar, A. C., Rebollar-Téllez, E. A. (2016) Assessing the importance of four sandfly species (Diptera: Psychodidae) as vectors of *Leishmania mexicana* in Campeche, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology*, 30, 310–320.
<https://doi.org/10.1111/mve.12169>
- Pérez, J. E., Villaseca, P., Llanos-Cuentas, A., Campos, M., Guerra, H. (1987) Técnicas para coleccionar "titiras" (*Lutzomyia* spp., Diptera: Psychodidae) en ambientes altoandinos peruanos. *Revista Peruana de Entomología*, 30, 77–80.
<https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v30/pdf/a19v30.pdf>
- Pérez-Mutul, J., Balam-Tzeek, L., Canto-Lara, S. (1994) Identificación de protozoarios del género *Leishmania* con sondas biotinadas de kDNA en la Península de Yucatán, México. *Revista Biomédica*, 5, 60–69.
- Pielou, E. C. (1975) *Ecological diversity*. John Wiley & Sons Inc. New York, USA 165 pp.
- Quate, L. W. (1963) Fossil Psychodidae in Mexican amber, part 2. Diptera: Insecta. *Journal of Paleontology*, 37(1), 110-118 + 1 plate.
<http://www.jstor.org/stable/1301408>
- Rebollar-Téllez, E. A., Andrade-Narváez, F. J., Fernández Salas, I., Reyes-Villanueva, F. (1996d) Collections of sandflies (Diptera: Psychodidae) from mammal burrows in an area of cutaneous leishmaniasis in Campeche, México. *Entomological News*, 107, 317–321.
- Rebollar-Téllez, E. A., Ibáñez-Bernal, S. (2023) Métodos de recolección y monitoreo de adultos Phlebotominae (Diptera: Psychodidae), vectores de los agentes causales de las Leishmaniasis. *Revista Biomédica*, 34(1), 59-75. ISSN: 2007–8447.
<https://doi.org/10.32776/revbiomed.v34i1.1010>
- Rebollar-Téllez, E. A., Manrique-Saide, P. C., Tun-Ku, E., Che-Mendoza, A., Dzul-Manzanilla, F. A. (2004) Further records of phlebotomine sandflies (Diptera: Phlebotomidae) from Campeche, Mexico. *Entomological News*, 115, 283–291.
<https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/23512>

- Rebollar-Téllez, E. A., Moo-Llanes, D. A. (2020) Diversidad alfa, beta y co-ocurrencia de especies de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) en Calakmul, Campeche, México. *Revista Chilena de Entomología*, 46, 221–235.
<https://doi.org/10.35249/rche.46.2.20.13>.
<https://www.scielo.cl/pdf/rche/v46n2/0718-8994-rche-46-02-221.pdf>
- Rebollar-Téllez, E. A., Orilla-Moguel, H., Dzul-Manzanilla, F., Che-Mendoza, A., Manrique-Saide, P., Zapata-Peniche, A. (2006) An update on the phlebotomid sandfly fauna from Yucatan, Mexico. *Entomological News*, 117, 21–24.
[https://doi.org/10.3157/0013-872x\(2006\)117\[21:auotps\]2.0.co;2](https://doi.org/10.3157/0013-872x(2006)117[21:auotps]2.0.co;2)
- Rebollar-Téllez, E. A., Ramírez, A., Andrade, F. J. (1996a) A two years study on vectors of cutaneous leishmaniasis. Evidence for sylvatic transmission cycle in the state of Campeche, Mexico. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 91, 555–560.
<https://doi.org/10.1590/s0074-02761996000500004>
- Rebollar-Téllez, E. A., Reyes-Villanueva, F., Fernández-Salas, I., Andrade-Narváez F. J. (1996b) Population dynamics and biting rhythm of the anthropophilic sandfly *Lutzomyia cruciata* (Diptera: Psychodidae) in Southeast, Mexico. *Revista del Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 38, 29–33.
<https://doi.org/10.1590/s0036-46651996000100006>
- Rebollar-Téllez, E. A., Reyes-Villanueva, F., Fernández-Salas, I., Andrade-Narváez, F. J. (1996c) Abundance and parity rate of *Lutzomyia cruciata* (Diptera: Psychodidae) in an endemic focus of localized cutaneous leishmaniasis in southern Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 33, 683–685.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/33.4.683>
- Rebollar-Téllez, E. A., Tun-Ku, E., Manrique-Saide, P., Andrade-Narváez, F. J. (2005) Relative abundance of sandfly (Diptera: Phlebotomidae) in two villages in the same area of Campeche, in southern Mexico. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 99, 193–201.
<https://doi.org/10.1179/136485905x16390>
- Rigg, C. A., Prea, M., González, K., Saldaña, A., Calzada, J. E., Gan, Y., Gottdenker, N. L., Chaves, L. F. (2021) Diversity, co-occurrence, and nestedness patterns of sand fly species (Diptera: Psychodidae) in two rural areas of western Panamá. *Insects*, 12, 113, 1–14.
<https://doi.org/10.3390/insects12020113>
- Roberts, D. R., Hsi, B. P. (1979) An index of species abundance for use with mosquito surveillance data. *Environmental Entomology*, 8, 1007–1013.
<https://doi.org/10.1093/ee/8.6.1007>
- Rodríguez, P., Vázquez-Domínguez, E. (2003) Escalas y diversidad de especies. Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía. Facultad de Ciencias-UNAM, 109–114.
<https://web.ecologia.unam.mx/laboratorios/evazquez/publications/rodriguezvazquez.pdf>
- Rodríguez-Rojas, J. J., Rebollar-Téllez, E. A. (2017) Effect of trapping methods on the estimation of alpha diversity of a phlebotomine sandfly assemblage in southern México. *Medical and Veterinary Entomology*, 31, 392–401.
<https://doi.org/10.1111/mve.12253>
- Rodríguez-Rojas, J. J., Rodríguez-Moreno, A., Berzunza-Cruz, M., Gutiérrez-Granados, G., Becker, I., Sánchez-Cordero, V., Stephens, C. R., Fernández-Salas I., Rebollar-Téllez, E. A. (2017) Ecology of Phlebotomine sandflies and putative reservoir hosts of leishmaniasis in a border area in Northeastern Mexico: Implications for the risk of transmission of *Leishmania mexicana* in Mexico and the US. *Parasite*, 24, 33.

- <https://doi.org/10.1051%2Fparasite%2F2017034>
- Sánchez-García, L., Berzunza, M., Becker, I., Rebollar-Téllez, E. A. (2010) Sand flies naturally infected by *Leishmania (L.) mexicana* in the peri-urban area of Chetumal city, Quintana Roo, México. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 104, 406–411.
<https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2010.01.010>
- Seidelin, H. (1912) Leishmaniasis and babesiasis in Yucatan. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 6, 295–299.
- Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
<https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Shannon, R. (1939) Methods for collecting and feeding mosquitoes in jungle yellow fever studies. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 30, 131–138.
- Shattuck, G. C. (1933a) Chapter IX. Life in the forest of Quintana Roo. Pp. 157–179. In: Shattuck G. C. (Ed.) *The Peninsula of Yucatán. Medical, Biological, Meteorological and Sociological Studies*. Carnegie Institute of Washington, Washington, D. C.
- Shattuck, G. C. (1933b) Chapter XV. Leishmaniasis, Trachoma and Folliculosis. Pp. 318–333. In: Shattuck G. C. (Ed.) *The Peninsula of Yucatán. Medical, Biological, Meteorological and Sociological Studies*. Carnegie Institute of Washington, Washington, D. C.
- Shattuck, G. C. (1938) Chiclero ulcer and other forms of leishmaniasis in America. *Carnegie Institute of Washington Publications*, 499, 113–140.
- Simpson, E. H. (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
<https://www.nature.com/articles/163688a0>
- Sosa-Bibiano, E. I., Sánchez-Martínez, L. A., López-Ávila, K. B., Chablé-Santos, J. B., Torres-Castro, J. R., Fernández-Figueroa, E. A., Rangel-Escareño, C., Loria-Cervera, E. N. (2022) *Leishmania (Leishmania) mexicana* in wild rodents from an emergent focus of cutaneous leishmaniasis in Yucatan, Mexico. *Journal of Tropical Medicine*. 2022, 8392005,
<https://doi.org/10.1155/2022/8392005>
- Spearman, C. (1904) The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, 15, 72–101.
<http://webpace.ship.edu/pgmarr/Geo441/Readings/Spearman%201904%20-%20The%20Proof%20and%20Measurement%20of%20Association%20between%20Two%20Things.pdf>
- Statsoft (2005) STATISTICA (data analysis software system and computer program manual) version 6. StatSoft Inc, Tulsa, Oklahoma.
www.statsoft.com
- Stone, L., Roberts, A. (1990) The checkerboard score and species distributions. *Oecologia*, 85, 74–79.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00317345>
- Sudia, W. D., Chamberlain, R. W. (1962) Battery light trap, an improved model. *Mosquito News*, 22, 126–129.
<https://garfield.library.upenn.edu/classics1981/A1981MD68600001.pdf>
- Vargas, L., Díaz-Nájera, A. (1953) Lista de flebotominos mexicanos y su distribución geográfica (Diptera: Psychodidae). *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 13, 309–314.
- Vargas-González, A., Canto-Lara, S. B., Damian-Centeno, A. G., Andrade-Narváez, F. J. (1999) Response of cutaneous leishmaniasis (chiclero's ulcer) to treatment with meglumine

- antimoniate in Southeast Mexico. *American Journal of Tropical Medicine Hygiene* 61 (6), 960–963.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.1999.61.960>
- Van Wynsberghe, N. R., Canto-Lara, S.B., Damían, A., Itzá, M., Andrade-Narváez, F. (2000) Retention of *Leishmania (Leishmania) mexicana* in naturally infected rodents from the state of Campeche, México. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95, 595–600.
<https://doi.org/10.1590/s0074-02762000000500001>
- Van Wynsberghe, N. R., Canto-Lara, S. B., Sosa-Bibiano, E. I., Rivero-Cárdenas, N. A., Andrade-Narváez, F. J. (2009) Comparison of small mammal prevalence of *Leishmania (Leishmania) mexicana* in five foci of cutaneous leishmaniasis in the state of Campeche, Mexico. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 51 (2), 87–94.
<https://doi.org/10.1590/s0036-46652009000200006>
- Whittaker, R. H. (1965) Dominance and diversity in land plant communities: numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science*, 147, 250–260.
<https://doi.org/10.1126/science.147.3655.250>
- Williams (1937) The use of logarithms in the interpretation of certain entomological problems. *Annals of Applied Biology*, 24, 404–414.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1937.tb05042.x>
- Young, D. G., Perkins, P. G. (1984) Phlebotomine sand flies of North America (Diptera: Psychodidae). *Mosquito News*, 44, 263–304.
- Young, D.G., Duncan, M. A. (1994) Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in México, the West Indies, Central and South American (Diptera: Psychodidae) *Memoirs of the American Entomological Institute*. Gainesville: Associated Publishers. 881 pp.
- Zar, J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 4th ed.