

Murciélagos: Aliados nocturnos como métrica y actores en la agricultura regenerativa

Fabián Mora-Escobar

Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

*Autor de correspondencia: Fabián Mora-Escobar
[wfme01@gmail.com].

Verónica Vargas

Facultad de Ambiente y Desarrollo,
Universidad para la Cooperación Internacional

vvargas@uci.ac.cr



Cómo citar este artículo:

MORA ESCOBAR, Fabián. VARGAS, Verónica (2024). Murciélagos: Aliados nocturnos como métrica y actores en la agricultura regenerativa. *Regeneratio* 1(3), 25-42. DOI: 10.55924/ucireg.v3i1.32

Resumen: La producción agrícola convencional es una de las causas principales de pérdida de cobertura boscosa actualmente, por lo cual medidas como la agricultura regenerativa proponen una solución a la demanda de alimentos que a su vez conserva la cobertura forestal. Con esto surgen interrogantes ante como se pueden establecer métricas fiables y que bioindicadores pueden darnos respuestas a los diferentes niveles de sucesión en la regeneración de los bosques. Los murciélagos son un grupo con una alta variabilidad en sus dietas y demás necesidades, por lo que surgen como excelentes bioindicadores para este tipo de estudios. Se realizó un monitoreo de un año en las 6 huertas del Programa Costa Rica Regenerativa ubicado en Guanacaste, Costa Rica. Se registraron 31 especies en las 6 huertas con un total de 347 individuos, además se buscaron similitudes entre las distintas comunidades mediante dos métricas distintas (Jaccard y Morisita).

Palabras clave: monitoreo de biodiversidad; regeneración; quiróptera; ensamblaje comunitario, Costa Rica.

Abstract - Conventional agricultural production measures are one of the main causes of forest cover loss at present, so measures such as regenerative agriculture propose a solution to the demand for food and the loss of forest cover. This raises questions about how reliable metrics can be established and which bioindicators can provide answers to the different levels of succession in forest regeneration. Bats are a group with a high variability in their diets and other needs, which makes them excellent bioindicators at these stages. A one-year monitoring was carried out in the 6 orchards under the Regenerative Costa Rica project located in Guanacaste, Costa Rica. Thirty-one species were recorded in the 6 orchards with a total of 347 individuals, and similarities between the different communities were sought using two different metrics (Jaccard and Morisita).

Key words: biodiversity monitoring; regeneration; chiroptera; community assemblage; Costa Rica.

Introducción

A medida que se da el crecimiento poblacional se da también una mayor demanda de recursos y uso de tierras lo cual se ve directamente relacionado con la pérdida de ecosistemas a causa de una gran expansión agropecuaria (Gardner et al., 2009; Otavo & Echeverría, 2017). Costa Rica a su vez no es ajena a esta realidad, lo que demuestra la gran pérdida de cobertura boscosa de las últimas décadas (Sánchez-Azofeifa et al., 2001) debido al aumento no planificado de las zonas agropecuarias, lo que conlleva a problemas económicos y sociales (Silvetti, & Cáceres, 2015) que son anticipados a la pérdida de biodiversidad (Peinado-Vara, 2011).

La pérdida en abundancia y riqueza de especies como consecuencia directa de la pérdida de cobertura boscosa (Santos & Tellería, 2006) influye en todos los gremios tróficos, llegando algunos incluso a desaparecer de un sitio (Halliday, Rohr & Laine, 2020). Comunidades de organismos como los murciélagos son sensibles a estos cambios (Castillo-Figueroa, 2020, Jones et al., 2009), debido a la amplia gama de recursos que llegan a utilizar (Rex et al., 2008). Esta tolerancia a cambios en los ecosistemas es variable incluso entre especies de la misma familia (Starik & Zeller, 2015) debido a la disponibilidad y dependencia de dichos recursos (Castillo-Figueroa, 2020; Batista, de Lima, & Lima, 2021).

Especies de grandes carnívoros son descritas como dependientes de bosques de gran madurez, no solo por la disponibilidad de presas como recurso alimenticio sino que también presentan necesidades específicas para refugiarse (Vargas Espinoza, Aguirre, Swarner, Emmons, & Teran, 2004; Gorresen & Willig, 2004; Vleut, Carter & Medellín, 2019), por otro lado podemos encontrar murciélagos de distintos gremios alimenticios como los géneros *Artibeus*, *Sturnira* y *Molossus* que son conocidos por frecuentar hábitats en ecosistemas conservados, agrícolas y urbanos para alimentarse y vivir (Kalda, Kalda, & Liira, 2015; Huang et al., 2019; Coleman, & Barclay, 2012).

Los murciélagos frugívoros constituyen además un excelente indicador de los recursos disponibles en el ambiente debido a sus necesidades alimenticias, las cuales pueden variar desde pequeños frutos típicos de arbustos de hábitos pioneros hasta árboles de gran tamaño presentes en bosques de mayor madurez (Cely-Gómez, & Castillo-Figueroa, 2019; Muscarella & Fleming, 2007; Charles-Dominique, 2013; Bobrowiec, & Gribel, 2010). Por esta razón la presencia de algunas especies nos puede brindar un panorama del estado de salud de un ecosistema (Gorresen & Willig, 2004) brindando información directa de los recursos que utilizan (Jones et al., 2009), pero a su vez presenta limitantes en lo que respecta a sitios con un grado de alteración intermedio (Deshpande, 2012).

Es aquí donde la composición de comunidades puede

ofrecer respuestas más certeras en el estado de los ecosistemas (García-Morales, Badano, & Moreno, 2013). El ensamblaje de comunidades como métrica resulta de gran ayuda para la estandarización de nuevas prácticas como la agricultura regenerativa; la cual surge como respuesta a los problemas de producción convencionales, en donde se ha observado que zonas con agricultura regenerativa funcionan como islas de biodiversidad (Levin, 2022). Por lo que, monitoreos en grupos como murciélagos, aves y mariposas (Sanabria-Quirós et al., 2022) presentan una excelente herramienta para programas como Costa Rica Regenerativa (CRR); este trabajo pretende establecer una base en lo que respecta a monitoreos de murciélagos en huertas regenerativas, ubicadas en Guanacaste Costa Rica.

Recolección de datos

La captura de murciélagos se realizó a lo largo de un año de marzo 2022 hasta marzo 2023, tomando en cuenta un mínimo de 2 muestreos por cada sitio tanto en época seca como lluviosa, y así contemplar los cambios en el hábitat. Para la captura de murciélagos se colocaron 2 redes de niebla de seis por tres metros y 2 de doce por tres metros (con un esfuerzo de muestreo de 8 m de horas/red (Moreno & Halffter, 2000)) desde las 5:30 pm hasta las 10:00 pm. Se capturó un promedio de 40 murciélagos por noche, principalmente miembros de la familia Phyllostomidae, debido a que otras familias de murciélagos son menos comunes de capturar por

este método. Los individuos fueron marcados con lápiz marcador en las garras de la pata derecha para detectar recaptura.

Para este método siempre se procuró colocar las redes en lugares con una cobertura de dosel no menor a 3 metros de altura y donde existan distintos recursos (árboles frutales, flores, cuerpos de agua, etc.). Esto para maximizar las probabilidades de captura de los distintos grupos. Para todos los sitios se capturó cerca de quebradas y un parche pequeño de bosque cercano a los huertos. Todos los muestreos fueron realizados con un porcentaje de luna inferior al 40 % de iluminación debido a los picos de actividad y eficacia de las trampas.

Para la clasificación taxonómica de individuos capturados en las redes se procedió a medir variables taxonómicas en los murciélagos y así identificarlos mediante el uso de la última clave dicotómica publicada para el país (York et al., 2019) además de hacerse las correcciones correspondientes a los cambios taxonómicos más recientes para el país (Ramírez-Fernández et al., 2023)

Sitios de muestreo

Se realizaron monitoreos en 6 huertas ubicadas en la provincia de Guanacaste, Costa Rica bajo el marco del programa CRR. Todas las huertas cuentan con cultivos varios, entre ellos tomate, chile dulce, chile picante, albahaca, yuca, maíz, sandía, pepino, cuadrados,

papayas, camote, maíz, frijol mungo, berenjena, plátanos y maracuyá, los cuales van cambiando con respecto a las características del clima y necesidades del lugar.

1.- Tempate: La huerta cuenta con una extensión de 0.50 Ha y está ubicada a pocos metros del río Nimboyore que posee un bosque de galería y vegetación ribereña a sus bordes, la huerta además presenta pastizales para ganadería a sus alrededores. Esta se encuentra a una altitud de 75 m.s.n.m. (zonas bajas para murciélagos), y la zona de vida presente en el lugar corresponde a bosque húmedo premontano – transición a basal. (Holdridge, 1967)

2.- Cartagena: La huerta cuenta con una extensión de 0.57 Ha y está ubicada a pocos metros de una

quebrada que desemboca en el río Nimboyore que posee un bosque de galería y vegetación ribereña a sus bordes, la huerta se encuentra dentro del Colegio Técnico Profesional de Cartagena (CTP Cartagena) en donde profesores y estudiantes voluntarios son los encargados del mantenimiento de la huerta. Esta se encuentra a una altitud de 73 m.s.n.m. (zonas bajas para murciélagos), y la zona de vida presente en el lugar corresponde a bosque húmedo premontano – transición a basal (Holdridge, 1967). Durante los primeros muestreos la huerta se encontraba sin cultivos debido a que los voluntarios se encontraban en vacaciones por lo que se les dificultaba el mantenimiento de tal.

3.- Hojancha: La huerta cuenta con una extensión

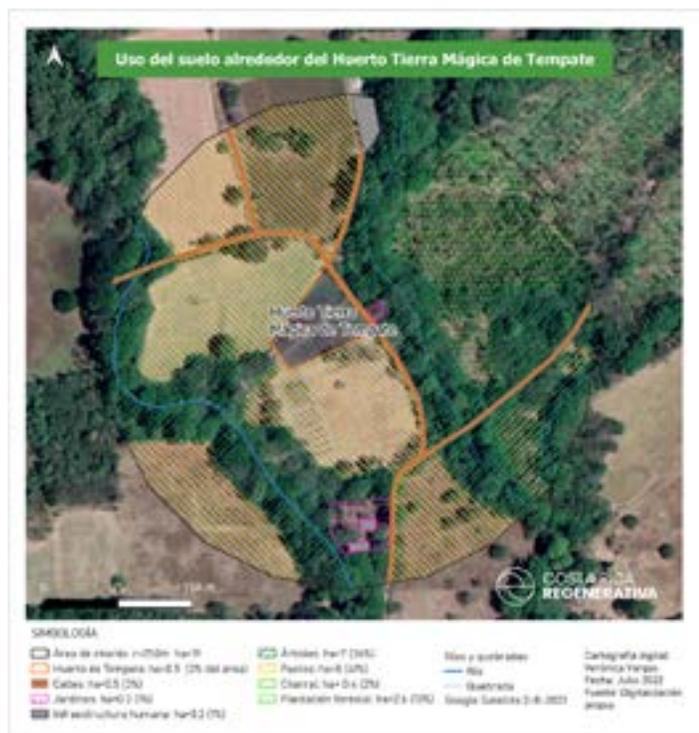


Figura 2. Caracterización uso de suelo en huerta Tierra Mágica de Tempate

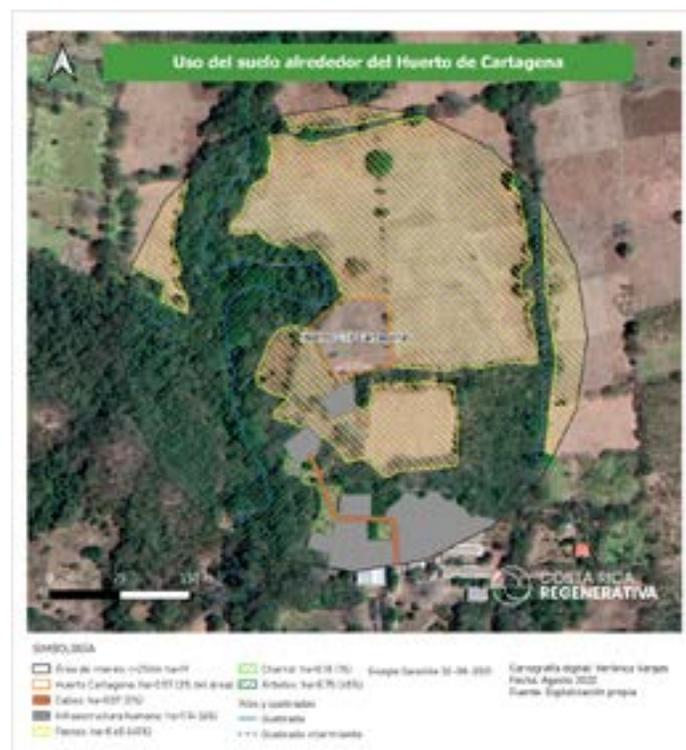


Figura 3. Caracterización del uso del suelo en la huerta CTP Cartagena

de 0.21 Ha y está ubicada a pocos metros de un pequeño parche de bosque en la cual se encuentra una quebrada que nace a dos kilómetros de la huerta y desemboca en el río Nosara, la huerta se encuentra dentro del Colegio Técnico Profesional de Hojancha (CTP Hojancha) en donde profesores y estudiantes voluntarios son los encargados del mantenimiento de la huerta. Gran parte de la zona se caracteriza por la producción de cultivos y transición a parches de bosque. Esta se encuentra a una altitud de 355 m.s.n.m. (zonas bajas para murciélagos), y la zona de vida presente en el lugar corresponde a bosque húmedo tropical (Holdridge, 1967)

4.- Monte Romo: La huerta cuenta con una extensión de 0.59 Ha y está ubicada a pocos metros de un pequeño parche de bosque en la cual se encuentra el

río Zapotal el cual se une al río Ora perteneciente a la cuenca del río Ora, la huerta se encuentra dentro de la finca El Ojoche. En esta huerta además de los cultivos antes descritos se da también la siembra de aguacate además de ser una finca en donde se realizaban cultivos de manera convencional con un uso intermedio de pesticidas. Gran parte de la zona se caracteriza por la producción de cultivos y transición a pocos parches de bosque, además de presentar un paisaje con colinas de Pendientes pronunciadas. Esta se encuentra a una altitud de 691 m.s.n.m. (zonas intermedias para murciélagos), y la zona de vida presente en el lugar corresponde a bosque húmedo tropical. (Holdridge, 1967)

Nambí: La huerta cuenta con una extensión de 0.41 Ha y está ubicada a pocos metros de una quebrada



Figura 4. Caracterización uso de suelo en huerta CTP Hojancha



Figura 5. Caracterización uso de suelo en huerta CTP Hojancha

que desemboca en el río Grande de Nicoya que posee un bosque secundario, la huerta además presenta a sus alrededores pastizales y plantaciones de Teca y Pochote; en gran parte del área se pueden encontrar parches de bosque de mediano tamaño. Toda la zona se vio afectada por incendios los cuales arrasaron gran parte de la cobertura vegetal durante el primer muestreo, esta cobertura vegetal se vio regenerada con la llegada de las primeras lluvias. El uso de tierra de la comunidad también destino una pequeña parte para animales de consumo como cerdos y gallinas. Esta se encuentra a una altitud de 194 m.s.n.m. (zonas bajas para murciélagos), y la zona de vida presente en el lugar corresponde a bosque tropical húmedo - transición a seco. (Holdridge, 1967)

Lagarto: La huerta cuenta con una extensión de 0.18 Ha y está ubicada a 30 metros de Playa Lagarto, la huerta

presenta a sus alrededores pastizales y una pequeña quebrada llamada La Quebradita de Lagarto con vegetación ribereña a sus alrededores. La huerta colinda con la Escuela de la Playa Lagarto, Santa Cruz, Guanacaste y con la comunidad que vive en la costa. Esta se encuentra a una altitud de 13 m.s.n.m. (zonas bajas para murciélagos), y la zona de vida presente en el lugar corresponde a bosque húmedo premontano - transición a basal. (Holdridge, 1967).

Elaboración de mapas y gráficos



Figura 7. Caracterización uso de suelo en huerta Playa Lagarto

Para el análisis del uso del suelo se determinó un área cubierta por un radio de 250 m alrededor de los huertos, cubriendo un área circular de 19.63 ha, con un diámetro de 500 metros y una circunferencia de 1580 m. El análisis se basó en imágenes de Google Earth Pro de finales del 2020 e inicios del 2021, con



Figura 6. Caracterización uso de suelo en huerta Nambi

definición de 1.2 m de píxel (1 píxel = 1.44 m²), que se interpretaron y categorizaron en el software QGIS. En cuanto al uso del suelo propiamente, se identificaron las coberturas de árboles, charrales, jardines, pastos, mar y playa, plantación forestal, agricultura convencional, suelos desnudos e infraestructura humana (edificios, carreteras y caminos).

Los gráficos se realizaron con el lenguaje de programación R Core Team (2023), bajo el paquete GGPlot2. Para elaborar los dendrogramas se utilizaron matrices de distancias y clústeres jerárquicos mediante índices de disimilitud para comunidades ecológicas (“vegdist”) bajo dos métodos; Jaccard que solo toma en cuenta presencia/ausencia de especies y

Morisita que toma en cuenta la abundancia de cada especie (Oksanen et al., 2007).

Resultados

Se capturaron 347 individuos de 31 especies, de las cuales 11 son insectívoros, 3 animalívoros (peces, pequeños reptiles e insectos), 2 nectarívoros y 15 frugívoros. La especie con mayores números de individuos capturados fue *Artibeus. Jamaicensis* con 124, seguida de *Carollia perspicillata* con 62 individuos, además la familia con mayor representación fue *Phyllostomidae* con 17 de las 31 especies reportadas y 315 individuos del total.

Especie	Nombre común (common name)	Familia (Subfamilia)	Individuos capturados	Gremio trófico	Huertos de captura
<i>Artibeus jamaicensis</i> (Leach, 1821)	Murciélago frugívoro de Jamaica (Jamaican Fruit-eating Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	125	F	TH
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	Gran murciélago frugívoro (Great Fruit-eating Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	23	F	TH
<i>Artibeus phaeotis</i> (Miller, 1902)	Murciélago frugívoro pigmeo (Pygmy Fruit-eating Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	41	F	TH
<i>Artibeus watsoni</i> (O. Thomas, 1901)	Murciélago frugívoro de Thomas (Thomas's Fruit-eating Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	06	F	T
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Murciélago colicorto de Seba (Seba's Short-tailed Bat)	Phyllostomidae (Carollinae)	62	F	C, H, N, PL, T.
<i>Carollia sowelli</i> (Baker et al. 2002)	Murciélago de cola corta de Sowell (Sowell's Short-tailed Bat)	Phyllostomidae (Carollinae)	01	F	H
<i>Carollia subrufa</i> (Hahn, 1905)	Murciélago gris de cola corta (Gray Short-tailed Bat)	Phyllostomidae (Carollinae)	12	F	C, H, N, PL, T.
<i>Chiroderma villosum</i> (Peters, 1860)	Murciélago peludo de ojos grandes (Hairy Big-eyed Bat)	Phyllostomidae	03	F	T
<i>Desmodus rotundus</i> (E. Geoffroy St.-Hilaire, 1810)	Murciélago vampiro común (Common Vampire Bat)	Phyllostomidae (Desmodontinae)	03	He	H, PL, T
<i>Glossophaga commissarisi</i> (Gardner, 1962)	Murciélago colilargo de Commissaris (Commissaris's Long-tongued Bat)	Phyllostomidae (Glossophaginae)	08	Ne	C, PL, T.
<i>Glossophaga mutica</i> (Merriam, 1898)	Murciélago de lengua larga de Pallas (Pallas's Long-tongued Bat)	Phyllostomidae (Glossophaginae)	08	Ne	C, H, PL, T.
<i>Lophostoma brasiliense</i> (Peters, 1866)	Murciélago pigmeo de orejas redondas (Pygmy Round-eared Bat)	Phyllostomidae (Phyllostomini)	03	A	C, T.
<i>Lasiurus frantzii</i> (Peters, 1870)	Murciélago rojo del desierto (Desert Red Bat)	Vespertilionidae (Vespertilioninae)	01	I	N
<i>Molossus coibensis</i> (J. A. Allen, 1904)	Murciélago mastín coibán (Coiban Mastiff Bat)	Molossidae (Molossinae)	01	I	T
<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	Miotis negro común (Common Black Myotis)	Vespertilionidae (Myotinae)	02	I	H, T.

Especie	Nombre común (common name)	Familia (Subfamilia)	Individuos capturados	Gremio trófico	Huertos de captura
<i>Myotis pilosatibialis</i> (LaVal, 1973)	Miotis peludo del norte (Northern Hairy-legged Myotis)	Vespertilionidae (Myotinae)	01	I	H
<i>Myotis riparius</i> (Handley, 1960)	Miotis ribereña (Riparian Myotis)	Vespertilionidae (Myotinae)	03	I	H
<i>Micronycteris schmidtorum</i> (Sanborn, 1935)	Murciélago orejudo de Schmidts (Schmidts' Big-eared Bat)	Phyllostomidae (Micronycterinae)	03	A	C, N, T.
<i>Noctilio leporinus</i> (Linnaeus, 1758)	Gran Murciélago de Bulldog (Greater Bulldog Bat)	Noctilionidae	01	A (P)	T
<i>Natalus mexicanus</i> (Miller, 1902)	Murciélago mexicano de orejas en embudo (Mexican Funnel-eared Bat)	Natalidae	01	I	N
<i>Phyllostomus discolor</i> (J. A. Wagner, 1843)	Murciélago de nariz de lanza pálida (Pale Spear-nosed Bat)	Phyllostomidae (Phyllostomini)	05	O	H, N, T
<i>Pteronotus davyi</i> (Gray, 1838)	Murciélago de Davy (Davy's Naked-backed Bat)	Mormoopidae (Mormoopinae)	02	I	N, T.
<i>Pteronotus gymnotus</i> (J. A. Wagner, 1843)	Murciélago grande de espalda desnuda (Big Naked-backed Bat)	Mormoopidae	01	I	T
<i>Pteronotus mesoamericanus</i> (J. D. Smith, 1972)	Mesoamericano (Mesoamerican Common Mustached Bat)	Mormoopidae	08	I	H, N, T.
<i>Pteronotus personatus</i> (J. A. Wagner, 1843)	Murciélago Bigotudo de Wagner (Wagner's Lesser Mustached Bat)	Mormoopidae	01	I	T
<i>Platyrrhinus helleri</i> (Peters, 1866)	Murciélago narigudo de Heller (Heller's Broad-nosed Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	04	F	C, H, T.
<i>Rhogeessa bickhami</i> (Baird et al., 2012)	Murciélago amarillo de Bickham (Bickham's Yellow Bat)	Vespertilionidae (Vespertilioninae)	04	I	N
<i>Saccopteryx leptura</i> (von Schreber, 1774)	Murciélago de sacos de alas pequeñas (Lesser Sac-winged Bat)	Emballonuridae (Emballonurinae)	01	I	N
<i>Stumira parvidens</i> (E. A. Goldman, 1917)	Murciélago de hombros amarillos (Northern Yellow-shouldered Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	11	F	C, H, N, T.
<i>Uroderma convexum</i> (Lyon, 1902)	Murciélago tiendero del Pacífico (Pacific Tent-making Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	02	F	H
<i>Vampyressa thuyne</i> (O. Thomas, 1909)	Murciélago de orejas amarillas (Northern Little Yellow-eared Bat)	Phyllostomidae (Stenodermatinae)	01	F	C

Cuadro I. Lista de especies capturadas en los distintos huertos durante un año de muestreo bajo el método de redes de niebla

Notas:

(C = CTP Cartagena, H = CTP Hojanca, MR = Monte Romo, N = Nambí, PL = Playa Lagarto, T = Tempate, TH = todos los huertos), (F = frugívoro, Ne = nectarívoro, I = insectívoro, A = animalívoro, P = pescador, O = omnívoro, He = hematófago).

Se capturó un promedio de 58 individuos por sitio, la huerta con mayor número de capturas correspondió a Tempate con 139 individuos y el que presento menor número de capturas fue Monte Romo con solamente 7 individuos en la totalidad de sus muestreos (Figuras 08 y 09).

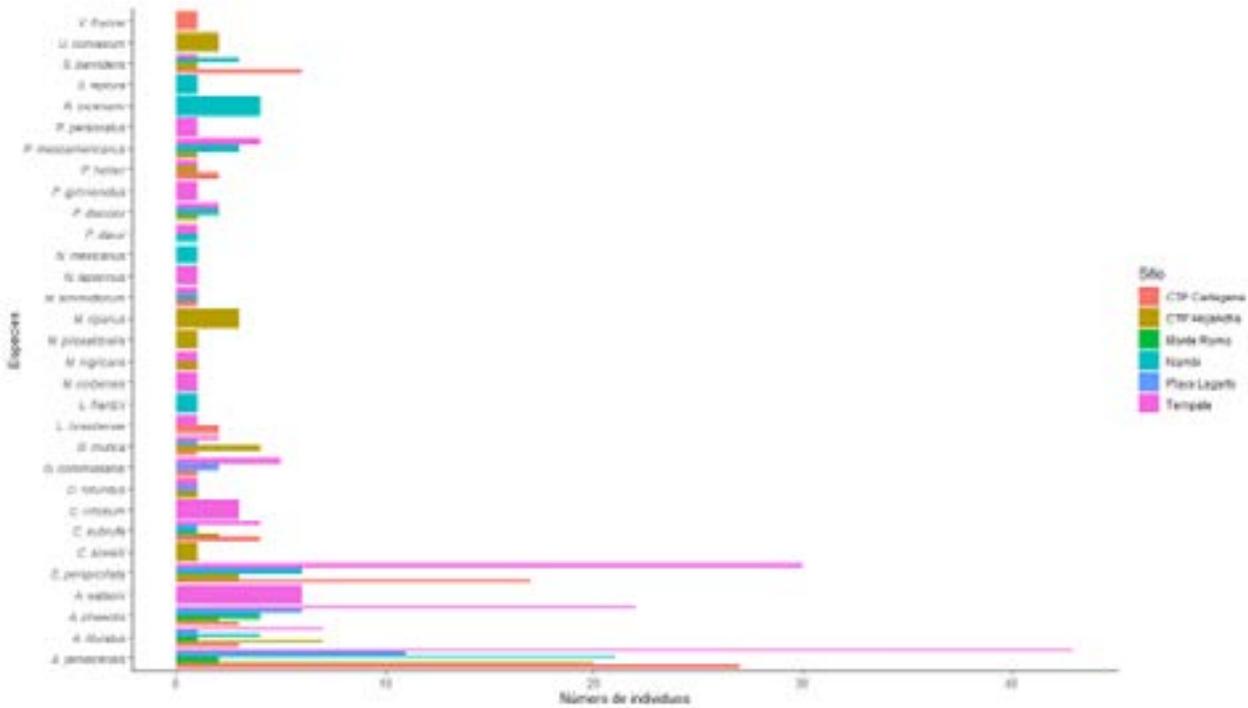


Figura 8 Cantidad de especies de murciélagos capturadas por huerto

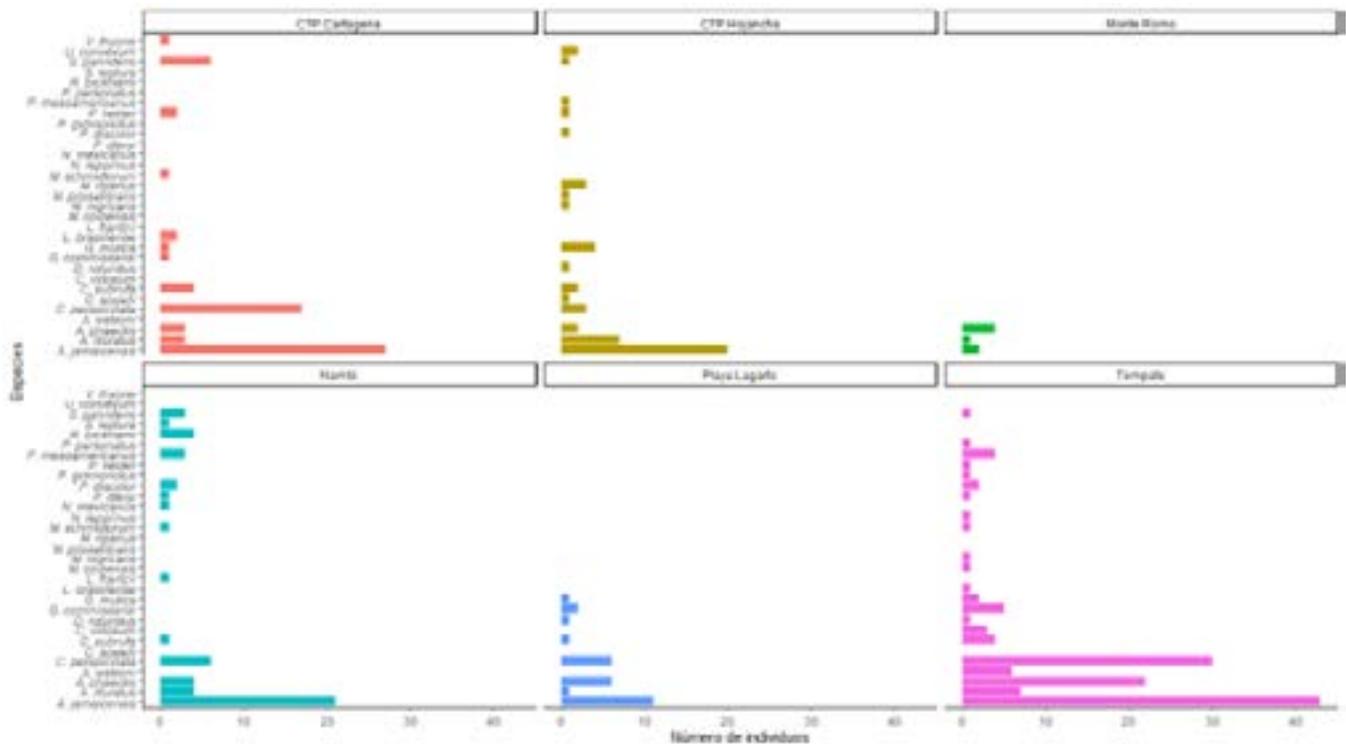


Figura 9 Cantidad de especies de murciélagos capturadas por huerto.

De los 347 individuos fueron capturados 320 adultos, 13 sub-adultos y 14 juveniles, así mismo del total, 174 correspondieron a hembras y 173 a machos, de los cuales se contabilizaron 32 hembras en estado de embarazo, 56 en estado de lactancia y 114 machos escrotados (activos sexualmente) para un restante de 145 individuos de ambos sexos inactivos sexualmente (juveniles, sub-adultos y adultos).

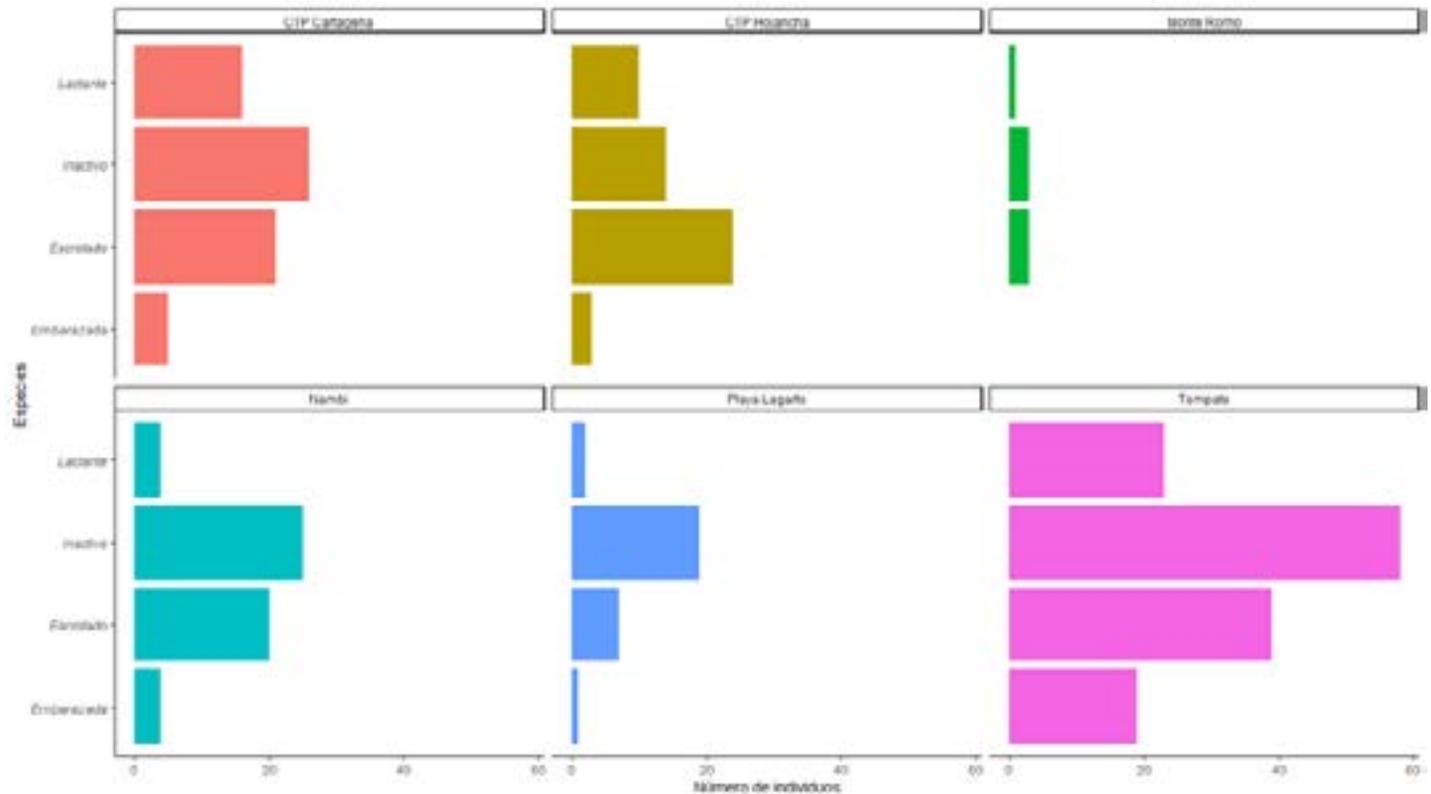


Figura 10 Cantidad de individuos y sus distintos estadios de madurez sexual por huerta.

En el dendrograma obtenido bajo el método de Jaccard y Morisita se obtuvieron 3 grandes grupos siendo Monte Romo la comunidad con mayor diferencia reportada de las demás, para las otras 5 comunidades observamos que la comunidad presente en el CTP Cartagena y Tempate poseen igual similitud al ser parte de la misma rama o grupo del dendrograma, y de igual manera se obtuvo que los ensamblajes de CTP Hojanca y Nambí poseen una equivalente similitud y se muestran más cercanas con respecto a la comunidad de Playa Lagarto. Con respecto al dendrograma resultante del método de Morisita para las restantes comunidades se obtuvo que Playa Lagarto obtiene una semejanza con respecto a Tempate y para los sitios de CTP Hojanca y Nambí se obtiene la misma similitud con una cercanía a la comunidad del CTP Cartagena.

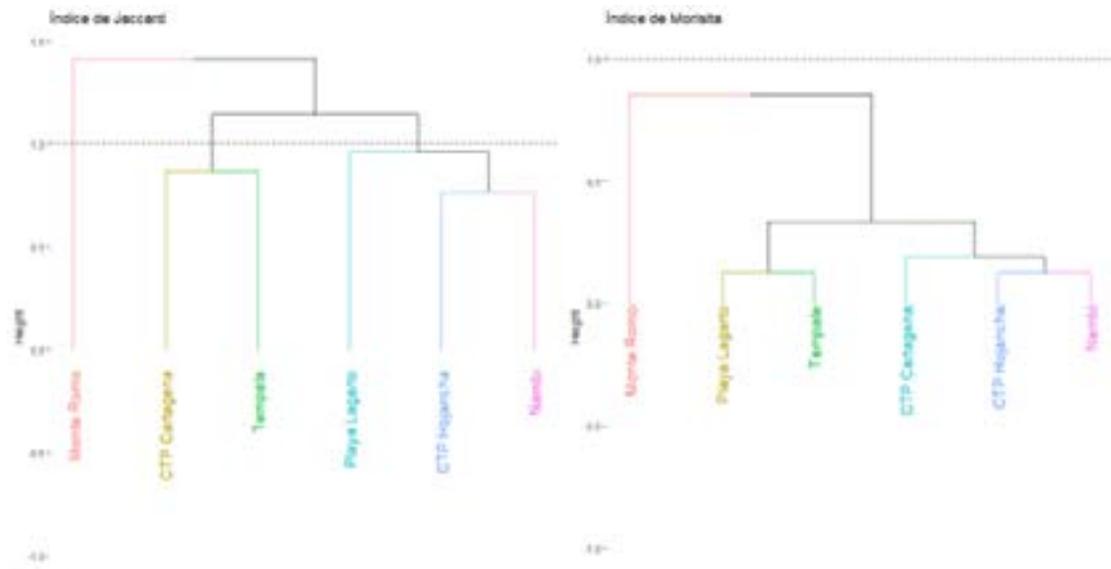


Figura 11 Dendrograma de las 6 distintas comunidades de murciélagos presentes en las huertas obtenido bajo el método de Jaccard y Morisita.

Discusión y conclusiones

La biodiversidad reportada en las huertas es mayor en comparación a zonas agrícolas con metodologías convencionales (Álpizar et al., 2021; Cormier, 2014) en donde el uso de plaguicidas representa un riesgo a la salud tanto humana como ecosistémica. De las 31 especies de murciélagos reportadas 17 fueron frugívoras y 2 nectarívoras lo que sugiere una amplia gama de recursos alimenticios (Clarke, Pio, & Racey, 2005).

Décadas atrás se creía que la frugivoría en murciélagos neotropicales se trataba de solamente plantas conocidas como pioneras (Fleming, 1991), las cuales son aquellas que compiten con la agresividad de gramíneas, pastos y arbustos en los claros de bosque y así empezar la sucesión ecológica a plantas de mayor tamaño dispersadas principalmente por aves (Jordano et al.,

2007), y que la dispersión de frutos grandes por parte de los quirópteros se limitaba solo a grupos de mayor tamaño en el viejo mundo (Tedman, & Hall, 1985).

Actualmente se cuenta con amplios registros por parte de murciélagos frugívoros neotropicales los cuales dispersan plantas de mayor tamaño y características de un estado de sucesión más maduro (Rojas et al., 2021) e incluso especialistas en algunos casos (Villalobos-Chaves et al., 2017). Debido a esta amplia gama de características el contar con un numero grande de especies frugívoras las cuales poseen diferentes requerimientos en plantas para refugiarse y alimentarse de ellas, podemos asumir la disponibilidad de estos recursos cercanos a los puntos de muestreo.

Por ejemplo, especies como las del género *Carollia* la cual fue capturada en la mayoría de los huertos

a excepción de Monte Romo presentan una especial relación con plantas de la familia Piperaceae (familia de la pimienta), la cual son plantas de sucesión temprana y conocida en claros de bosque naturalmente o sitios degradados (Charles-Dominique, 1986; Bobrowiec, & Gribel, 2010). De igual manera ocurre con individuos del género *Sturnira* los cuales se conoce presentan una dieta basada en plantas de la familia Solanaceae (familia del tomate) y Cecropiaceae (familia del guarumo) las cuales se asocian a vegetación ribereña (Giannini, 1999). Con respecto a especies como *A. jamaicensis* presente en todos los huertos encontramos que pueden alimentarse de frutos de mayor tamaño como plantas del género *Ficus* (familia de los higos) e incluso de Burseraceae y Anacardiaceae (familia de jocotes, y mangos); la cual se describe como una especie generalista y oportunista sumamente tolerante a factores antropogénicos (Teixeira, Corrêa, & Fischer, 2009).

Especies como *A. phaeotis*, *A. watsoni*, y *U. convexum* presentan un grado intermedio en sus requerimientos (tanto alimenticios como de refugio) (García-Estrada et al., 2012) los cuales fueron capturados en la mayoría de los huertos. Por su parte *Chiroderma*, *Vampyressa* y *Platyrrhinus* capturados en Cartagena, Tempate y Hojanca son conocidos géneros los cuales se encuentran en zonas con mayor cobertura boscosa y menor alteración humana (Pellón, 2022; Korine, & Kalko, 2005) lo cual se puede explicar por la cercanía de los sitios a parches de bosque interconectados.

Algo importante en notar es la presencia de murciélagos insectívoros capturados mediante redes lo cual indica la posibilidad de que estos fueron capturados en gran parte cerca de sus refugios como es el caso de *M. coibensis*, los cuales cazan insectos por encima de la altura del dosel (Fenton et al., 1998), debido a esto es que grupos como los insectívoros son difícilmente capturados bajo estos métodos de redes de niebla, por lo que es necesario la complementación con monitoreos acústicos. Por otro lado, la presencia de murciélagos animalívoros representan que cerca de las zonas de captura se encuentran recursos de refugio y alimento más específicos de zonas con un grado de alteración humana menor (Pons, & Cosson, 2002). Géneros como *Micronycteris* y *Lophostoma* son frecuentemente encontrados en parches de mayor salud (Esquivel et al., 2020, Kalka, & Kalko, 2006), al igual que *Noctilio* (Rodríguez-Durán, & Rosa, 2020) el cual necesita de poblaciones de peces de cierto tamaño para su sobrevivencia.

Con respecto a los dendrogramas encontramos para ambos métodos 3 ramas o grupos más cercanos, lo cual nos indica que los 6 huertos se encuentran en 3 ensamblajes de murciélagos, claramente marcados. En el caso del huerto de Monte Romo ubicado en zonas de mayor altitud se presenta una baja diversidad a la esperada en la zona (York et al., 2019), a pesar de ser la huerta con una zona protegida más cercana.

Esta baja incidencia de capturas se puede deber a las dificultades del terreno a la hora de instalar las redes (zonas con altas pendientes), lo cual implica una menor tasa de éxito de tales. Otra posible causa es que, debido a las características del terreno y altitud, la zona presenta mayores vientos y se registró lluvias en al menos pequeños periodos para todos los muestreos lo cual dificultó en gran parte la toma de datos. Algo que es importante considerar también es que la altitud a la cual se encuentra esta huerta es diferente a las otras 5, además de ser la única en presentar uso de pesticidas y producción agrícola convencional.

Con respecto a los otros huertos y los ensamblajes de comunidades observamos que bajo el método de Jaccard se encuentran las comunidades de Tempate y Cartagena dentro de la misma rama debido a presentar una riqueza similar (dos de los huertos más diversos), además de ser dos de los huertos más cercanos con respecto a los demás, por lo que se espera compartan similitudes en riqueza de especies al tener una similar disponibilidad de recursos. También se obtuvo bajo este método que las otras 3 comunidades presentan una riqueza similar entre ellas, los huertos de Nambí y CTP Hojanca se representan en un mismo grupo dentro del dendrograma un poco más separados de Playa Lagarto, lo cual se puede explicar también por la distancia y ubicación entre huertos.

Por otro lado, bajo el método de Morisita el cual contempla tanto la ausencia/presencia de las especies

como su abundancia y por lo tanto la incidencia de especies comunes y raras en una población, determinó que las comunidades de Tempate y Playa Lagarto son de mayor similitud en comparación con CTP Hojanca, CTP Cartagena y Nambí. Este resultado se debe a la alta incidencia de las 3 especies más comunes en ambas zonas y su abundancia respectiva. Con grupos como los murciélagos neotropicales se debe tener en cuenta la ecología de estos animales y su respuesta a los métodos de muestreo, los cuales presentan una muy baja incidencia de recaptura (Hoyle, Pople, & Toop, 2001; Entwistle, Racey, & Speakman, 2000) lo cual puede cambiar el resultado de varios modelos los cuales no toman en cuenta condiciones como la baja posibilidad de recaptura en las poblaciones.

En conclusión, se deben establecer métricas las cuales se ajusten a la ecología de los organismos de estudio y en base a nuestro objetivo de investigación, debido a que los resultados pueden resultar confusos. También se debe tomar en cuenta no solo la diversidad reportada, si no la composición de la comunidad lo cual puede arrojar resultados no esperados como en el caso de Tempate y Playa Lagarto.

Los monitoreos por medio de redes de niebla en zonas agrícolas indispensablemente deben ir acompañados de monitoreos acústicos los cuales si bien no nos permitiría establecer métricas donde se tomen la abundancia de individuos podría enriquecer en gran

medida las métricas de riqueza de especies. Es por esta razón que como parte del proyecto se establecieron ambos monitoreos, pero con fines de evaluar distintos métodos como Jaccard y Morisita se tomaron en cuenta solo los datos en redes. Se aconseja desarrollar métricas de comunidades y ensamblajes de comunidades las cuales se pueden comparar válidamente entre ellas y a lo largo del tiempo, como las presentadas en diversidad funcional las cuales toman en cuenta rasgos como biomasa, y gremios alimenticios

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada como parte del proyecto de monitoreo de Costa Rica Regenerativa, programa adjunto a la Universidad para la Cooperación Internacional. Queremos agradecer a Olivier Chassot, Victoria Zumbado, José Mario Gonzáles, Carlos Pineda y Gustavo Moreno por la ayuda en la logística de los muestreos; a Allan Valverde por la guía en la

elaboración de formato. También al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) por otorgar el permiso de investigación para realizar muestreos de campo. Además, agradecemos a los propietarios por la colaboración para desarrollar el proyecto en sus fincas. Por último, agradecemos a José Gabriel Barquero, Ricardo Sánchez Calderón, Mariana Viales y Daniel Murillo por la asistencia y ayuda durante los monitoreos.

Ética, conflicto de intereses y declaración de financiamiento

Los autores declaran haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, están de acuerdo con la versión editada final del documento.

Referencias

- Alpizar, P., Risely, A., Tschapka, M., & Sommer, S. (2021). Agricultural fast food: bats feeding in banana monocultures are heavier but have less diverse gut microbiota. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 746783.
- Batista, C. B., de Lima, I. P., & Lima, M. R. (2021). Beta diversity patterns of bats in the Atlantic Forest: How does the scale of analysis affect the importance of spatial and environmental factors? *Journal of Biogeography*, 48(1), 1-10.
- Bobrowiec, P. E. D., & Gribel, R. (2010). Effects of different secondary vegetation types on bat community composition in Central Amazonia, Brazil. *Animal Conservation*, 13(2), 204-216.
- Castillo-Figueroa, D., & Pérez-Torres, J. (2021). On the development of a trait-based approach for studying Neotropical bats. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 61.
- Cely-Gómez, M. A., & Castillo-Figueroa, D. (2019). Diet of dominant frugivorous bat species in an oil palm landscape from Colombian Llanos: implications for forest conservation and recovery. *Therya*, 10(2), 149-153

- Charles-Dominique, P. (1986). Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: Cecropia, birds and bats in French Guyana. In *Frugivores and seed dispersal* (pp. 119-135). Springer, Dordrecht.
- Clarke, F. M., Pio, D. V., & Racey, P. A. (2005). A comparison of logging systems and bat diversity in the Neotropics. *Conservation Biology*, 19(4), 1194-1204.
- Coleman, J. L., & Barclay, R. M. (2012). Urbanization and the abundance and diversity of Prairie bats. *Urban Ecosystems*, 15(1), 87-102.
- Cormier, A. (2014). Species diversity and activity of insectivorous bats in three habitats in La Virgen de Sarapiquí, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(3), 939-946.
- Deshpande, K. (2012). Assessing diversity and distribution of bats in relation to land-use and anthropogenic threats in the southern Western Ghats, India. Final Report Submitted to the Rufford Small Grants for Nature Conservation, 30pp.
- Entwistle, A. C., Racey, P. A., & Speakman, J. R. (2000). Social and population structure of a gleaning bat, *Plecotus auritus*. *Journal of Zoology*, 252(1), 11-17.
- Esquivel, D. A., Peña, S., Aya-Cuero, C., & da Cunha Tavares, V. (2020). Bats and termite nests: roosting ecology of *Lophostoma brasiliense* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Colombia. *Mastozoología neotropical*, 27(1), 72-80.
- Fenton, M. B., Rautenbach, I. L., Rydell, J., Arita, H. T., Ortega, J., Bouchard, S., ... & Vonhof, M. J. (1998). Emergence, echolocation, diet and foraging behavior of *Molossus ater* (Chiroptera: Molossidae) 1. *Biotropica*, 30(2), 314-320.
- Fleming, T. H. (1991). The relationship between body size, diet, and habitat use in frugivorous bats, genus *Carollia* (Phyllostomidae). *Journal of Mammalogy*, 72(3), 493-501.
- García-Estrada, C., Damon, A., Sánchez-Hernández, C., Soto-Pinto, L., & Ibarra-Núñez, G. (2012). Diets of frugivorous bats in montane rain forest and coffee plantations in southeastern Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 44(3), 394-401.
- García-Morales, R., Badano, E. I., & Moreno, C. E. (2013). Response of Neotropical bat assemblages to human land use. *Conservation Biology*, 27(5), 1096-1106.
- Gardner, T. A., Barlow, J., Chazdon, R., Ewers, R. M., Harvey, C. A., Peres, C. A., & Sodhi, N. S. (2009). Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology letters*, 12(6), 561-582.
- Giannini, N. P. (1999). Selection of diet and elevation by sympatric species of *Sturnira* in an Andean rainforest. *Journal of Mammalogy*, 80(4), 1186-1195.
- Gorresen, P. M., & Willig, M. R. (2004). Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic Forest of Paraguay. *Journal of Mammalogy*, 85(4), 688-697.
- Halliday, F. W., Rohr, J. R., & Laine, A. L. (2020). Biodiversity loss underlies the dilution effect of biodiversity. *Ecology letters*, 23(11), 1611-1622.
- Hoyle, S. D., Pople, A. R., & Toop, G. J. (2001). Mark-recapture may reveal more about ecology than about population trends: demography of a threatened ghost bat (*Macroderma gigas*) population. *Austral Ecology*, 26(1), 80-92.
- Huang, J. C. C., Rustiati, E. L., Nuslawo, M., & Kingston, T. (2019). Echolocation and roosting ecology determine sensitivity of forest-dependent bats to coffee agriculture. *Biotropica*, 51(5), 757-768.
- Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R., & Racey, P. A. (2009). Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered species research*, 8(1-2), 93-115.
- Jordano, P., García, C., Godoy, J. A., & Garcia-Castaño, J. (2007). Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(9), 3278-3282.
- Kalda, O., Kalda, R., & Liira, J. (2015). Multi-scale ecology of insectivorous bats in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems &*

Environment, 199, 105-113.

Kalka, M., & Kalko, E. K. (2006). Gleaning bats as underestimated predators of herbivorous insects: diet of *Micronycteris microtis* (Phyllostomidae) in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 22(1), 1-10.

Korine, C., & Kalko, E. K. (2005). Fruit detection and discrimination by small fruit-eating bats (Phyllostomidae): echolocation call design and olfaction. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59, 12-23.

Levin, B. (2022). Regenerative Agriculture as Biodiversity Islands. In *Biodiversity Islands: Strategies for Conservation in Human-Dominated Environments* (pp. 61-88). Cham: Springer International Publishing.

Moreno, C. E., & Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37:149-158.

Muscarella, R., & Fleming, T. H. (2007). The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological reviews*, 82(4), 573-590.

Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., Stevens, M. H. H., Oksanen, M. J., & Suggests, M. A. S. S. (2007). The vegan package. *Community ecology package*, 10(631-637), 719.

Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Progressive fragmentation and loss of natural forests habitat in one of the global biodiversity hotspots. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924-935.

Peinado-Vara, E. (2011). RSE en América Latina. La responsabilidad social de la empresa en América Latina, 65-83.

Pellón, J. J. (2022). Fruits consumed by phyllostomid bats in a Peruvian Yungas Forest: new dietary items for *Chiroderma salvini* and *Lonchophylla handleyi*. *Mammalia*, 86(3), 261-265.

Pons, J. M., & Cosson, J. F. (2002). Use of forest fragments by animalivorous bats in French Guiana. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 117-130.

R Core Team (2020). R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ramírez-Fernández, JD, Sánchez, R., May-Collado, LJ, González-Maya, JF, & Rodríguez-Herrera, B. (2023). Lista de verificación revisada y estado de conservación de los mamíferos de Costa Rica. *Therya*, 14 (2).

Rex, K., Kelm, D. H., Wiesner, K., Kunz, T. H., & Voigt, C. C. (2008). Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society*, 94(3), 617-629.

Rodríguez-Durán, A., & Rosa, J. (2020). Remarkable variation in the diet of *Noctilio leporinus* in Puerto Rico: the fishing bat turns carnivorous. *Acta Chiropterologica*, 22(1), 175-178.

Rojas, T. N., Bruzzone, O. A., Zampini, I. C., Isla, M. I., & Blendinger, P. G. (2021). A combination of rules govern fruit trait preference by frugivorous bat and bird species: nutrients, defence and size. *Animal Behaviour*, 176, 111-123.

Sanabria-Quirós, D, Chassot, O, Valverde-Blanco, A, Vargas, V, Guie-Wong, J., (2022). Monitoreo preliminar de mariposas en seis huertas regenerativas de Guanacaste. *Regeneratio* 1(2), 29-48. DOI:10.55924/ucireg.v1i2.23

Sánchez-Azofeifa, G. A., Harriss, R. C., & Skole, D. L. (2001). Deforestation in Costa Rica: a quantitative analysis using remote sensing imagery 1. *Biotropica*, 33(3), 378-384.

Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Ecosistemas*, 15(2).

Starik, N., & Zeller, U. (2015). Bats as bioindicators for the ecological impact of different land uses on biodiversity. *Bats as bioindicators for the ecological impact of different land uses on biodiversity.*, (397), 143-149.

Tedman, R. A., & Hall, L. S. (1985). The morphology of the gastrointestinal tract and food transit time in the fruit bats *Pteropus alecto*

and *P. poliocephalus* (Megachiroptera). *Australian Journal of Zoology*, 33(5), 625-640.

Teixeira, R. C., Corrêa, C. E., & Fischer, E. (2009). Frugivory by *Artibeus jamaicensis* (Phyllostomidae) bats in the Pantanal, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 44(1), 7-15.

Vargas Espinoza, A., Aguirre, L. F., Swarner, M., Emmons, L., & Teran, M. (2004). Distribución de *Vampyrum spectrum* en Bolivia y comentarios sobre su estado de conservación. *Ecología en Bolivia*, 39(2), 46-51.

Villalobos-Chaves, D., Spínola-Parallada, M., Heer, K., Kalko, E. K., & Rodríguez-Herrera, B. (2017). Implications of a specialized diet for the foraging behavior of the Honduran white bat, *Ectophylla alba* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Mammalogy*, 98(4), 1193-1201.

Vleut, I., Carter, G. G., & Medellín, R. A. (2019). Movement ecology of the carnivorous woolly false vampire bat (*Chrotopterus auritus*) in southern Mexico. *Plos one*, 14(7), e0220504.

York, H. A., Rodríguez-Herrera, B., LaVal, R. K., Timm, R. M., & Lindsay, K. E. (2019). Field key to the bats of Costa Rica and Nicaragua. *Journal of Mammalogy*, 100(6), 1726-1749.