



DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS Y USO DE HÁBITAT EN EL PARQUE NACIONAL VOLCÁN MASAYA, EN EL PACÍFICO DE NICARAGUA

DIVERSITY OF BATS AND USE OF HABITAT IN THE VOLCAN MASAYA NATIONAL PARK, IN THE NICARAGUAN PACIFIC

ARNULFO MEDINA-FITORIA¹ | KIMBERLY WILLIAMS-GUILLEN^{2,3} | CAROL CHAMBERS⁴ | MARLON CHÁVEZ-VELÁSQUEZ³ | JOSÉ G. MARTINEZ-FONSECA⁴

¹Asociación Mastozoológica Nicaragüense (AMAN), Managua Nicaragua

²School of Environment and Sustainability, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA.

³Paso Pacifico, Ventura, Miller Ave. Ann Arbor, MI 48103, USA.

⁴School of Forestry, Northern Arizona University, USA.

RESUMEN

Durante 2014 estudiamos la diversidad de murciélagos del Parque Nacional Volcán Masaya a través de capturas en diferentes tipos de cobertura arbórea; también caracterizamos la comunidad de murciélagos insectívoros que habita el tubo de lava llamado Tzinacanoste, determinando patrones de desplazamiento de una de las especies. El ensamble taxonómico de murciélagos en el parque se determinó y describió analizando su potencial de conservación y la importancia que representa (por sus servicios ambientales) para las zonas de producción sostenible alrededor del volcán Masaya. En total se identificaron 29 especies (26.3% del total de especies identificadas en Nicaragua) pertenecientes a 5 familias. En el bosque cerrado se encontró la mayor riqueza con 18 especies, de las cuales, un tercio de

RELEVANCIA

El estudio destaca la importancia de los quirópteros como prestadores de servicios ambientales, no solo para el ecosistema del bosque seco estacional, uno de los de mayor peligro en Mesoamérica; sino también para los agroecosistemas de la zona, caracterizada por una alta diversificación de cultivos, además que este tipo de investigación permite conocer y determinar el manejo adecuado de los murciélagos para su conservación.

éstas fueron exclusivas de este tipo de bosque; a diferencia del área abierta de uso público, que presentó valores mínimos de riqueza con cuatro especies. Destacan cuatro especies con fines de conservación e investigación, tres de la familia Phyllostomidae (subfamilia Phyllostominae), *Micronycteris microtis*, *Micronycteris schmidtorum* y *Lophostoma brasiliense* y una especie de Mormoopidae, *Mormoops megalophylla*, cuya subespecie *M. megalophylla megalophylla*, presenta su límite sur de distribución mundial en este parque. También es importante considerar en los planes de conservación a las cuatro especies asociadas al bosque seco (*Balantiopteryx plicata*, *Pteronotus davyi*, *Glossophaga leachii* y *Carollia subrufa*), que en el país se distribuyen básicamente en la región Pacífica. Los resultados demuestran la importancia del Parque Nacional Volcán Masa-

Revisado: 25 de abril de 2020; **aceptado:** 04 de junio de 2020; **publicado:** 15 de julio de 2020. **Autor de correspondencia:** Arnulfo Medina-Fitoria, amedinafitoria@gmail.com.

Cita: Medina-Fitoria, A, K. Williams-Guillen, C. Chambers, J.G. Martinez-Fonseca y M. Chávez-Velásquez. 2019. Diversidad de murciélagos y uso de hábitat en el Parque Nacional Volcán Masaya, en el Pacífico de Nicaragua. *Revista Mexicana de Mastozología, nueva época*, 10(1):1-20. ISSN:2007-4484. www.rev mexmastrozoologia.unam.mx

ya como un área con potencial para la conservación y la investigación de los murciélagos.

Palabras clave: bosque seco, conservación, especies, gremio trófico, servicio ambiental.

ABSTRACT

During 2014 we studied the diversity of bats in the Masaya Volcano National Park through captures in different types of tree cover; we also characterize the community of insectivorous bats that inhabits the lava tube locally called Tzinacanoste, determining displacement patterns for one of the species. The taxonomic assembly of bats in the park was determined and described, analyzing its conservation potential and the importance it represents (for its environmental services) for the sustainable production areas around the Masaya volcano. In total 29 species were identified (26.3% of the total species identified in Nicaragua) belonging to 5 families. The closed forest presented the highest species richness with 18, and a third of these were exclusive to this type of forest; unlike the open area for public use, which presented minimum values with four species. Four species are of conservation and research interest, three of the family Phyllostomidae (subfamily Phyllostominae), *Micronycteris microtis*, *Micronycteris schmidtorum* and *Lophostoma brasiliense*, and a species of Mormoopidae: *Mormoops megalophylla*, whose subspecies *M. megalophylla megalophylla*, presents the southern limit of world distribution in this park. It is also important to consider in the conservation plans the four species associated with the dry forest, which in the country are basically distributed in the Pacific region: *Balantiopteryx plicata*, *Pteronotus davyi*, *Glossophaga leachii* and *Carollia subrufa*. The results demonstrate the importance of the Masaya Volcano National Park as an area with potential for the conservation and research of bats.

Key words: conservation, dry forest, environmental service, species, trophic guild.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Volcán Masaya (PNVM) se ubica en la región del Pacífico nicaragüense, en el departamento de Masaya, municipio de Nin-

dirí (Figura 1). Fue declarado Parque Nacional en mayo de 1979 a través del decreto ejecutivo N° 79 y publicado en La Gaceta Diario Oficial N° 114. El PNVM tiene 5,400 ha de superficie, posee dos volcanes, el Nindirí (590 msnm), rellenado por capas de lava y cubierto de vegetación; y el Masaya (635 msnm), que constituye uno de los siete volcanes activos del país y en cuya base (135 msnm) nace una laguna de 818 ha (Figura 2). Existen tres cráteres y solo uno está activo, el Santiago, originado entre 1852 y 1859 por una erupción basáltica del volcán Masaya, con un diámetro de 500 m y una profundidad de 300 m; en el fondo presenta un lago de lava que constantemente emana gases (MARENA, 2012).

Los principales ecosistemas naturales del PNVM son el ambiente acuático de la laguna y coberturas de bosque seco, típicas de la ecorregión del Pacífico Centroamericano (MARENA, 2012). Esta ecorregión está catalogada como amenazada globalmente, debido a que únicamente permanece el 2% de la cobertura original (Gillespie *et al.*, 2000; Janzen, 1988). En Nicaragua estos bosques que una vez cubrieron el 25% del país, representan actualmente el 3.4 % del territorio, del cual únicamente sobreviven parches dispersos de bosques deciduos y semideciduos que se distribuyen principalmente entre los grandes lagos y el océano Pacífico, en altitudes por debajo de los 600 m (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011; CCAD y PNUMA, 2005).

El PNVM alberga 174 especies de vertebrados terrestres y cerca de una quinta parte de ellas están asociadas al bosque seco. El grupo más diverso son las aves con 94 especies, seguido de los reptiles con 45, los mamíferos con 28 y los anfibios con 7 (MARENA, 2012; Martínez-Fonseca y López, 2012). La alta riqueza de especies características del bosque seco hace del PNVM una de las 12 áreas en el país con alta prioridad para la investigación biológica (Zolotoff-Pallais *et al.*, 2010); y por su valor en el resguardo de colonias masivas de quirópteros, es reconocido por la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM) como un sitio de interés regional para la preservación de los Murciélagos (FCMN, 2018).

Los murciélagos del parque fueron estudiados por primera vez en 1996 por parte de investigadores de la Universidad de Harvard (Museum of Comparative Zoology, MCZ), quienes evaluaron la comunidad de murciélagos que habita un tubo

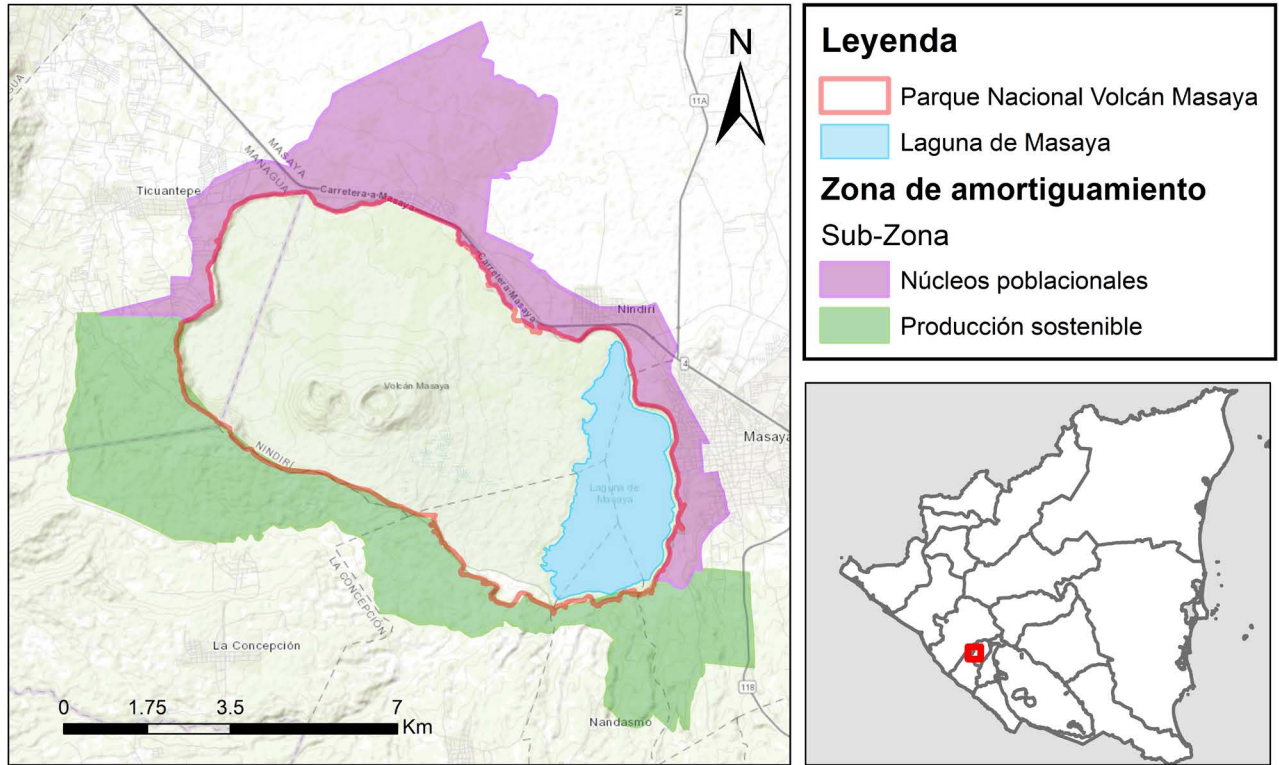


Figura 1. Área protegida Parque Nacional Volcán Masaya (Fuente: Plan de manejo, Mapa de zonificación; MARENA, 2012).



Figura 2. Vista del Parque Nacional Volcán Masaya y su laguna (Foto: Nelson Toval).

de lava de 150 m de largo llamado Tzinacanoste o Cueva del murciélago (en lengua náhuatl); colectaron en ella 30 individuos de tres especies de Mormoopidae, *Chilonycteris parnelli mesomaericanus* (= *Pteronotus mesoamericanus*), *Pteronotus davyi* y *Pteronotus gymnonotus* (MCZ, 2020). Más tarde, entre 2008 y 2009 estudios quiropterológicos en el Pacífico nicaragüense reportaron 12 especies en el PNVM; cinco de ellas en la cueva Tzinacanoste, incluido el primer informe del país sobre el murciélago *Mormoops megalophylla* (Mormoopidae) y colonias de dos especies de murciélagos vampiros: *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* (Williams-Guillén, 2009; Williams-Guillén y Gaukler, 2008; Williams-Guillén y Tuttle, 2008).

Estos informes fueron recopilados y publicados en 2012 en una guía básica sobre los murciélagos del volcán Masaya, donde se reportaron 13 especies de dos familias (Mormoopidae y Phyllostomidae) y se estimó la comunidad de murciélagos de la cueva Tzinacanoste en aproximadamente 40,000 individuos. Por primera vez se resalta la importancia de esta colonia para los agricultores alrededor del parque, al calcular un consumo de 80 toneladas de insectos al año, lo que sugiere que muchos cultivos podrían depender de estas especies como controladores biológicos de plagas (Williams-Guillén y Medina-Fitoria, 2012).

Hutson *et al.* (2001) señalan que los murciélagos insectívoros pueden llegar a consumir entre 50 y 150% de su peso corporal por noche, entre ellos, muchos insectos que son plagas potenciales. Por ejemplo, en México y Estados Unidos, el murciélago *Tadarida brasiliensis*, se alimenta de polillas (Lepidoptera) que son plagas de cultivos del maíz y algodón, por lo que evitan pérdidas millonarias para la agricultura (Gándora *et al.*, 2006). En México tan solo 150 murciélagos de la especie *Eptesicus fuscus* comieron tantos escarabajos en un verano, que evitaron que eclosionaran 33 millones de gusanos que atacan la raíz del maíz y que ocasionan cuantiosas pérdidas (Medellín *et al.*, 1997).

En Nicaragua, Chambers *et al.* (2017), aplicó técnicas moleculares a 21 especies de murciélagos y demostraron que éstos comen una gran cantidad de insectos de un conjunto muy diverso de órdenes. Detectaron 29 familias de artrópodos de 12 órdenes, los más comunes fueron, los lepidópteros (polillas), coleópteros (escara-

bajos) y dípteros (moscas y mosquitos); muchos de ellos considerados plagas importantes de cultivos tradicionales nicaragüenses (Jiménez y Rodríguez, 2014).

Además, los murciélagos desempeñan otras funciones fundamentales dentro de los ecosistemas, ya que participan en la polinización de plantas de importancia económica y actúan como dispersores de semillas de muchas otras; procesos de suma importancia en la dinámica de las comunidades vegetales (Kunz *et al.*, 2011). Geiselman *et al.* (2007) señala que los murciélagos neotropicales podrían polinizar unas 573 especies de plantas y dispersar semillas de 516 especies.

Esto es muy importante, ya que información actualizada sobre el valor ecológico y económico de los servicios ecosistémicos proporcionados por los murciélagos puede utilizarse para determinar dónde y cuándo proteger o restaurar las poblaciones de murciélagos y los hábitats asociados (Kunz *et al.*, 2011). Lo anterior se complementa con estudios de diversidad y uso de hábitat, que evalúan los efectos de la pérdida y fragmentación del bosque, ya que las especies responden de manera diferente a las perturbaciones de los hábitats (García-Morales, 2014).

Dada la importancia del PNVM en conservar comunidades de murciélagos esenciales en los procesos que sostienen el equilibrio de los ecosistemas de la zona, principalmente por los servicios que aportan; nos propusimos determinar la diversidad de murciélagos del parque. Con este fin, caracterizamos en ensamblaje taxonómico y describimos patrones reproductivos y de uso de hábitat. Como complemento analizamos movimientos temporales y espaciales de una especie insectívora, lo que nos ayudó a valorar la importancia de los servicios ecológicos que estos murciélagos proveen.

MÉTODOS

Área de Estudio

El PNVM se encuentra en la región del Pacífico de Nicaragua, caracterizada por tener una vegetación de un clima seco estacional, con predominancia de suelos altamente productivos derivado de la actividad volcánica. Presenta una estación lluviosa de 5 a 8 meses, y una precipitación promedio anual de 700 a 1,200 mm; la temperatura

media oscila entre 24 y 28 °C, con un máximo de 38 °C en el mes de abril (MARENA, 2012).

Estos parámetros ambientales y ecosistémicos derivan en una cantidad importante de hábitats naturales en el PNVM, que cubren el 98% de su área, y cuyos gradientes de sucesión son influenciados por la constante actividad volcánica. Los hábitats dominantes son la vegetación arbustiva sobre lava, maleza y pasto natural, la laguna y el bosque latifoliado; este último dominado por especies caducifolias durante la estación seca (CCAD y PNUMA, 2005; MARENA, 2012).

Aspectos Metodológicos

Con el fin de proteger y conservar los murciélagos del parque y los procesos en los que éstos se desarrollan, fue necesario saber cómo se estructuran las comunidades. Para ello se elaboraron protocolos de investigación que permitieran conocer la diversidad de especies y caracterizar su ensamblaje taxonómico (distribución, uso de hábitat y patrones reproductivos). La información fue complementada con muestreos poblacionales de especies que habitan un refugio durante todo el año.

Para lograr estos objetivos aplicamos métodos de captura que intercalamos mensualmente durante un año. El primero de éstos fue el

uso de redes de niebla, cuyo método es el más adecuado al realizar estudios de diversidad de especies de bosque (Kunz, 2009). El segundo método fue el uso de trampa de arpa para capturas en cueva y poder documentar la dinámica poblacional de una comunidad de murciélagos insectívoro, de acuerdo a los procedimientos de García *et al.* (2015). Un tercer método fue el uso de telemetría para determinar patrones de desplazamiento de una de estas especies con base en las recomendaciones establecidas por Aldridge y Brigham (1988).

Captura con redes de niebla. Fueron realizadas los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre; en dos sitios por mes, para un total de 12 unidades de muestreo. Los sitios se eligieron con base en los usos de suelo del parque (MARENA, 2012). Se evaluaron cinco tipos de hábitats o coberturas, bosque latifoliado cerrado (BC) y bosque latifoliado abierto (BA), con 3 unidades de muestro cada uno, y bosque latifoliado ripario (BR), agroecosistema con árboles dispersos (AG) y área abierta o de uso público (AA); con dos unidades muestrales por hábitat (Cuadro 1).

Cada sitio fue muestreado una noche utilizando seis redes de niebla de medida estándar (12 x 2.5 m). La colocación de las redes fue de acuerdo con la densidad de la vegetación, topografía y cuerpos de agua y el tiempo en que

Cuadro 1. Descripción de los sitios de captura con redes de niebla en el PNVM, 2014.

N°	Meses	Hábitat	Altitud	Coordenadas (UTM 16P)	
				Este	Norte
1	Febrero	BR	139	595629	1324366
2	Febrero	BR	135	596256	1326368
3	Abril	AG	307	587460	1326065
4	Abril	AG	169	593856	1321529
5	Junio	BA	245	589574	1326735
6	Junio	BA	293	589811	1328245
7	Agosto	BC	260	593245	1325783
8	Agosto	BC	301	593079	1326071
9	Octubre	BA	330	592444	1326620
10	Octubre	BC	427	590814	1324190
11	Diciembre	AA	312	592696	1327125
12	Diciembre	AA	316	592624	1327033

éstas permanecieron abiertas fue determinado de acuerdo con las condiciones climáticas, de modo que no fueron manipuladas con lluvia o demasiado viento (Kunz y Kurta, 1988). Realizamos esfuerzos de muestreo de 12 a 24 horas/red por noche, entre las 17:30 y 22:30 horas, definiendo una hora-red como la unidad de esfuerzo (Ralph *et al.*, 1996). Esto significa que no todos los sitios presentan el mismo esfuerzo de muestreo. Se logró acumular un mínimo de 35 horas/red y un máximo de 63 horas/red en las diferentes coberturas. Con base en estos datos calculamos tasas de captura para cada hábitat, expresadas como el número de individuos registrados entre horas/red (Bracamonte, 2018).

Comparamos la riqueza de especies observada entre tipos de cobertura por medio de curvas de rarefacción, lo cual permite una comparación apropiada cuando se dispone de listados de especies y sus abundancias, en muestras de diferente tamaño (Gotelli y Colwell, 2011; Kraker-Castañeda y Cobar-Carranza, 2011). Además, elaboramos un clúster de similitud de Jaccard para comparar la composición de especies entre los tipos de cobertura vegetal (Magurran, 2004). Para ambos análisis utilizamos el Programa *BioDiversity* bdpro32 versión 2 (McAleece *et al.*, 1997).

Captura de murciélagos en la cueva Tzinacoste. En enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre capturamos murciélagos con una trampa de arpa de 2.5 m de altura y 1.5 m de ancho, colocada a 1.5 m de la entrada de la cueva (UTM 16P 590614 E – 1324432 N / 482 msnm). En cada visita, las capturas fueron realizadas durante una noche, de las 17:30 hasta las 21:00 h, independiente del mes o estación del año.

A cada individuo capturado en ambos métodos se les determinó el sexo, fueron pesados (g) y se les midió la longitud de antebrazo (mm), para luego ser identificado a nivel de especie. Las especies fueron clasificadas según su gremio trófico en: frugívoros, nectarívoros, hematófagos, omnívoros, carnívoros e insectívoros; y por su dependencia de hábitat, en especies generalistas y dependientes del bosque. Para ello consultamos a Timm *et al.* (1999), LaVal y Rodríguez-H (2002) y Medina-Fitoria (2014). También caracterizamos a las especies por su estado de conservación según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN (IUCN, 2020), y la lista roja nacio-

nal de murciélagos de Nicaragua (Medina-Fitoria *et al.*, 2017). Con base en estas clasificaciones determinamos las especies prioritarias para la conservación.

Telemetría. Para establecer patrones de desplazamiento capturamos en la cueva Tzinacoste 11 individuos adultos (6 ♀ y 5 ♂) de la especie *P. mesoamericanus* (la de mayor tamaño en la cueva, con un peso entre 12 y 18 g). A cada individuo se le cortó una sección de pelo de la región dorsal entre las escápulas y se adhirió con pegamento hipodérmico un radio-transmisor que contaba con una batería de 30 días de duración y un peso de 0.6 g, lo que significó un peso menor al 5% del peso del murciélago (Aldridge y Brigham, 1988). Los murciélagos se mantuvieron cautivos por 15 minutos para observar su estado y verificar que el dispositivo estuviera firme; finalmente, fueron liberados en el sitio de captura.

Los individuos fueron rastreados durante 30 días utilizando cuatro receptores de radio-telemetría con antenas bidireccionales móviles de cuatro elementos. Dispusimos los receptores diariamente en rutas diferentes dentro del parque y sus alrededores, en un perímetro máximo de 12 km, durante periodos de 12 horas, desde las 17:00 horas del día hasta las 05:00 horas del día siguiente.

Se cuantificaron las lecturas de rumbo y se cargaron al software Locate 3.33 (Nams, 2000), para triangular la localización del transmisor en el sistema de coordenadas geográficas decimales (Datum WGS84). Las localizaciones se exportaron a *ArcView* 3.2 (Esri1) para calcular con la extensión *Home Range* los patrones de desplazamiento por medio del Polígono Mínimo Convexo (Loayza y Loiselle, 2008), y se superpusieron los puntos en una capa vectorial de uso de suelo (MARENA, 2012).

RESULTADOS

Identificamos 29 especies de murciélagos de 6 familias, entre ellas 19 especies de Phyllostomidae, cinco Mormopidae, dos Emballonuridae, dos Vespertilionidae y una especie de Noctilionidae (Apéndice 1). Esta riqueza representa el 26.3% del total de especies reportadas en Nicaragua (Medina-Fitoria y Martínez-Fonseca, 2019), y el 39% del total de especies reportadas en el Pa-

cífico nicaragüense (Medina-Fitoria *et al.*, 2017). Dieciséis de estas especies representan nuevos reportes para el PNVM (Apéndice 1).

El gremio trófico más diverso fueron los insectívoros con 12 especies (41% de la riqueza), seguido de los frugívoros con 10 (29%), nectarívoros con cuatro (12%), hematófagos con dos (6%) y una especie piscívora. Cuatro especies están asociadas al bosque seco, por lo que se distribuyen básicamente en la región Pacífica, *Balantiopteryx plicata*, *P. davyi*, *Glossophaga leachii* y *Carollia subrufa*; y cuatro especies tienen una distribución restringida en la región mesoamericana, *G. leachii*, *C. subrufa*, *Sturnira parvidens* y *Rhogeessa bickhami*.

Según IUCN ninguna especie del parque es considerada en riesgo a nivel mundial (peligro de extinción, en peligro o vulnerable); no obstante, una es clasificada con poblaciones decrecientes en todo su rango de distribución, *M. megalophylla*, la cual además es catalogada como amenazada en el país; el PNVM es una de tres localidades conocidas en el Nicaragua donde se encuentra esta especie (Medina-Fitoria *et al.*, 2017). Según Dávalos (2006), la subespecie presente en el país es *M. megalophylla megalophylla*, cuyo límite sur de distribución es el volcán Masaya.

Composición de especies por hábitat. Evaluamos cinco tipos de cobertura en 12 sitios de estudio entre febrero y diciembre de 2014; con un esfuerzo de muestreo de 252 horas/red, y una tasa de captura de 2.07 individuos por hora/red. Durante este esfuerzo capturamos 252 individuos de 28 especies (Apéndice 1). Del total de individuos contabilizados, el 51.2% fueron hembras y el 43.8% fueron machos.

Las capturas en los hábitats indicaron que las especies insectívoras fueron las más diversas (11 especies), aunque solo representaron el 7.8% de los individuos registrados; en cambio, los frugívoros con 10 especies fueron los más abundantes con el 76.8% de las capturas; los carnívoros (piscívoro) fueron los de menor riqueza y abundancia (Cuadro 2). Las cuatro especies más abundantes fueron filostómidos frugívoros, que acumularon el 70% de las capturas. *Artibeus jamaicensis* fue la más común con 163 individuos (31.2% del total), seguida de *Carollia perspicillata* con 77 individuos (14.7% de las capturas), *Artibeus lituratus* con 65 individuos (12.4%) y *Carollia subrufa* con 61 individuos y el 11.6% de las capturas (Apéndice 1).

La riqueza de especies y número de individuos fue mayor en el BC con 18 especies y 183 individuos (35%); este hábitat además presentó la mayor tasa de captura con 2.9 individuos por hora/red. Por el contrario, el AA registró la menor riqueza de especies con cuatro, menor cantidad de individuos con 14 (2.7% de las capturas), y menor tasa de captura con 0.4 individuos por hora/red (Apéndice 1). Un total de 13 especies (45%) fueron registradas en un solo tipo de cobertura, de las cuales 6 fueron capturadas únicamente en el BC, cuatro fueron exclusivas del BR, dos fueron registradas solo en el BA, y una en el AG; en cambio, el AA no presentó ninguna de estas especies. Ocho de estas fueron representadas por un solo individuo (Apéndice 1).

Basadas en muestras estándar de capturas para los diferentes hábitats, las curvas de rarefacción mostraron diferencias en los valores de riqueza de especies observadas, principalmente al comparar el AA con el resto de las coberturas. En este caso no se observa una superposición clara de los intervalos de confianza (95%) en el

Cuadro 2. Número de especies e individuos de murciélagos por gremio trófico, capturados con redes de niebla en el PNVM, 2014.

Gremio trófico	Nº Especies	Individuos	% capturas
Frugívoros	10	401	76.8
Insectívoros	11	41	7.8
Nectarívoros	4	66	12.6
Hematófagos	2	10	2
Carnívoros	1	4	0.8

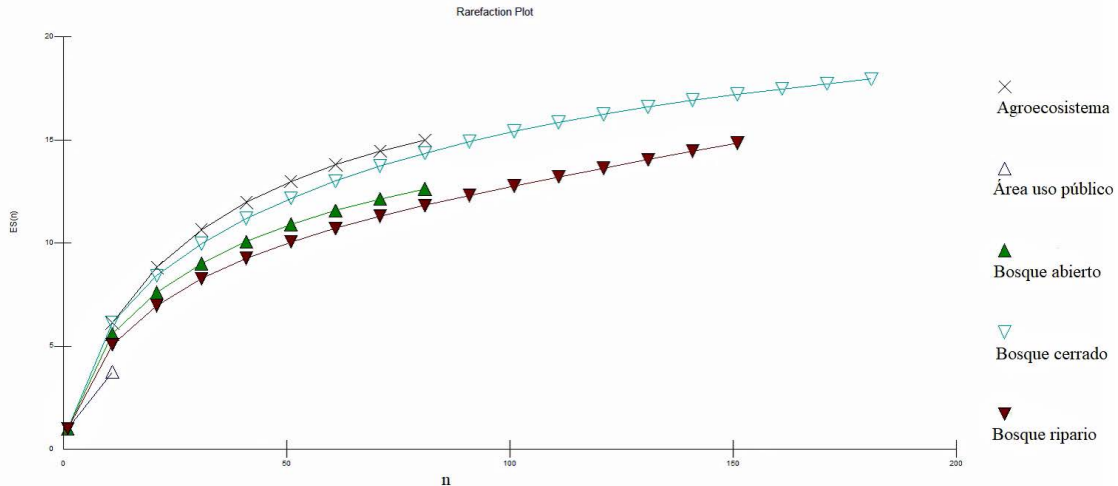


Figura 3. Curva de rarefacción basado en la riqueza de especies para una muestra estándar en diferentes hábitats en el PNVM, 2014.

punto en que la muestra mayor (BC) iguala a la muestra menor, en este caso el AA. Además, la tendencia específica de especies muestra la probabilidad de añadir nuevas especies conforme aumenta el muestreo, ya que, aunque algunas curvas muestran tendencia a la horizontalidad aún no alcanzan la asíntota (Figura 3).

El índice de similitud de Jaccard indica que los hábitats presentan una similitud media en cuanto a la composición de especies de murciélagos. El clúster agrupó los hábitats de la siguiente manera: el BA y el AG se presentan como los hábitats más similares, al compartir el 65% de las especies. Le siguen el BR y el BC con similitudes medias; el AA fue el tipo de cobertura más disímil en comparación con el resto, con un valor de similitud mínimo de 15.7% al compararse con el BC (Figura 4 y Cuadro 3).

Registramos 152 individuos reproductivos pertenecientes a 15 especies. Las hembras preñadas agruparon el 31.5% de los registros, un 27.6% fueron hembras lactantes y el 40.7% fueron machos con testículos escrotados. Nueve de estas especies fueron frugívoras y reunieron el 83.6% del total de individuos reproductivos; dos fueron insectívoras y agruparon el 1.3% de los registros, dos fueron nectarívoras (12.5%), una hematófaga (2%), y una ictiófaga (0.6%). La especie con la mayor cantidad de individuos

reproductivos fue *A. jamaicensis* con el 31% de los registros (Cuadro 4).

El 87.5% de las hembras preñadas fueron registradas a mediados de la época seca (febrero), de manera que a comienzos de la época lluviosa (mayo) se empezó a registrar la mayor cantidad de hembras lactantes, hasta agosto (mediados de la estación lluviosa). Los machos activos fueron constantes desde mediados de la estación seca hasta comienzos de la estación lluviosa (entre febrero y mayo), con un segundo pico de actividad a mediados de la estación lluviosa (Figura 5). Este comportamiento muestra un patrón estacional en las especies, que se activa a mediados de la estación seca, de modo que la mayoría de las crías nacen entre finales de la estación seca y comienzos de la estación lluviosa, cuando los recursos alimenticios son abundantes en estos bosques (frutos, flores e insectos). Un segundo pico se observó antes de finalizar la estación lluviosa, cuando las precipitaciones son máximas en esta región; con actividades reproductivas mínimas durante la transición de la época lluviosa a seca (Figura 5).

Murciélagos de la cueva Tzinacanoste. (Figura 6) En seis sesiones de muestreo acumulamos 21 horas de esfuerzo de trabajo, con un promedio de 3.5 h/muestreo. El promedio de captura por muestreo fue de 423.8 individuos,

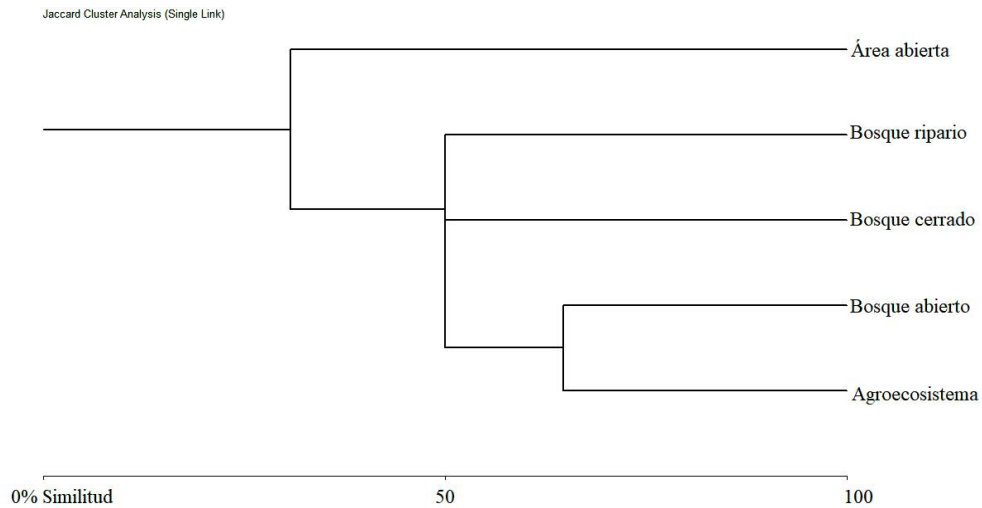


Figura 4. Clúster de similitud de la composición de especies de murciélagos entre hábitats en el PNVM, 2014.

Cuadro 3. Matriz de similitud de la composición de especies de murciélagos entre hábitats en el PNVM, 2014.

Hábitat	AG	AA	BA	BC	BR
Agroecosistema	*	26.67	64.71	50.00	50.00
Área abierta	*	*	30.77	15.79	26.67
Bosque abierto	*	*	*	40.91	47.37
Bosque cerrado	*	*	*	*	32.00
Bosque ripario	*	*	*	*	*

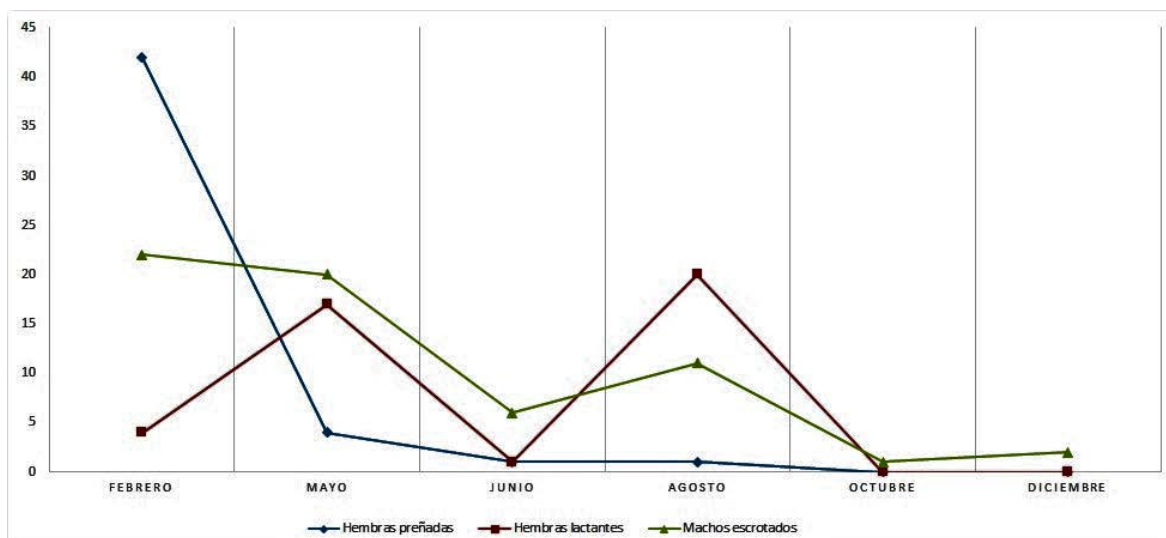


Figura 5. Actividad reproductiva de murciélagos en los diferentes meses de muestreo en el PNVM, 2014.

Cuadro 4. Especies y cantidad de individuos en estado reproductivo en el PNVM, 2014.

ESPECIES	Hembras preñadas	Hembras lactando	Machos escrotados	Total individuos
<i>Artibeus jamaicensis</i>	16	6	25	47
<i>Artibeus lituratus</i>	11	3	15	29
<i>Carollia perspicillata</i>	4	4	14	22
<i>Carollia sowelli</i>	1	4	1	6
<i>Carollia subrufa</i>	2	11	1	14
<i>Dermanura phaeotis</i>			1	1
<i>Dermanura watsoni</i>	3	2	1	6
<i>Diphylla ecaudata</i>	2		1	3
<i>Eptesicus furinalis</i>		1		1
<i>Glossophaga commissarisi</i>	7			7
<i>Glossophaga soricina</i>		9	3	12
<i>Lophostoma brasiliense</i>		1		1
<i>Noctilio leporinus</i>		1		1
<i>Platyrrhinus helleri</i>	1			1
<i>Uroderma convexum</i>	1			1
Total individuos	48	42	62	152
Total especies	10	10	9	15



Figura 6. Entrada al tubo de lava Tzinancanoste o cueva del murciélago (Foto: Bruce Taubert).

con una tasa de captura de 121 individuo/hora trampa. Los valores máximos se presentaron en el mes de julio con 637 individuos capturados (182 individuos/hora), y mayo con 526 registros (150.2 individuos/hora). Por el contrario, se obtuvo un valor mínimo en noviembre con 241 individuos y un promedio de 68.8 individuos/hora (Cuadro 5).

La cueva registró cinco especies insectívoras de la familia Mormoopidae. La especie con mayor cantidad de registros fue *Pteronotus per-*

sonatus, con un promedio de 137.5 individuos por muestreo, que fue la más abundante en cuatro de los seis meses evaluados; le sigue *P. mesoamericanus* con un promedio de 112.5 individuos por muestreo. Por el contrario, fue *M. megalophylla* la que presentó la menor cantidad de registros con tres especímenes, que promediaron 0.5 individuos/muestreo (Cuadro 5). Cuatro de estas especies presentaron evidencia reproductiva, y el 57% de los registros (hembras preñadas o lactando, y machos con testículos escrotados) se presentó en el mes

Cuadro 5. Número de individuos de murciélagos capturados por especies y por muestreo en la cueva Tzinacanoztoc del PNM, 2019.

Meses	<i>Pteronotus davyi</i>	<i>Pteronotus gymnonotus</i>	<i>Pteronotus mesoamericanus</i>	<i>Pteronotus personatus</i>	<i>Mormoops megalophylla</i>	Total
Enero	65	41	133	143	0	382
Marzo	65	56	102	128	0	351
Mayo	102	207	100	116	1	526
Julio	186	24	262	165	0	637
Septiembre	112	82	17	194	1	406
Noviembre	51	49	61	79	1	241
Total ind.	581	459	675	825	3	2543
x ind/muestreo	96.8	76.5	112.5	137.5	0.5	423.8

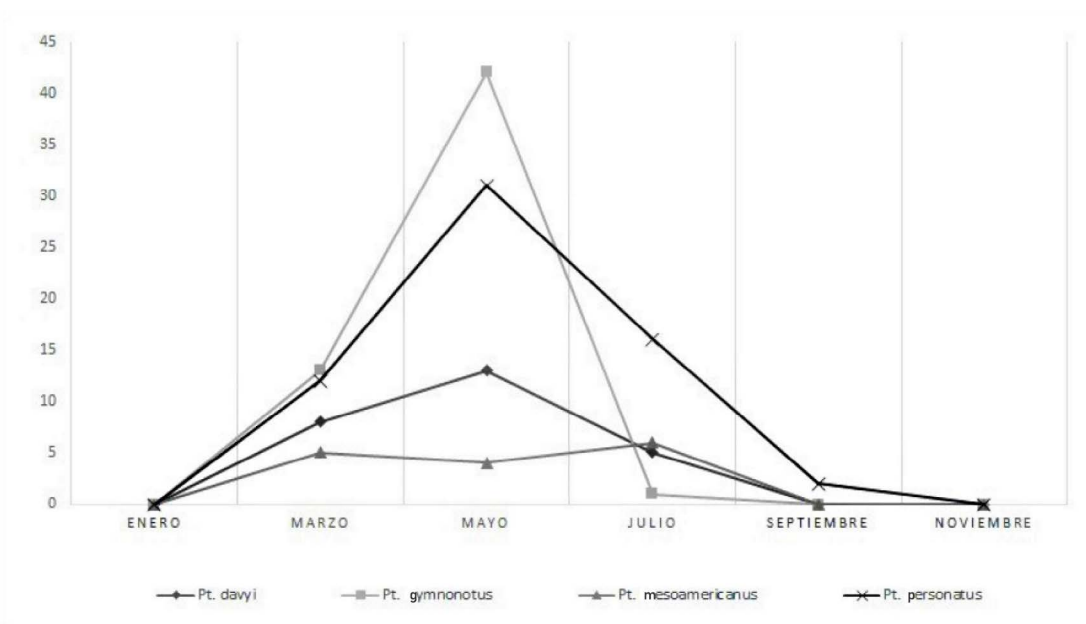


Figura 7. Ciclo reproductivo de los murciélagos de la cueva Tzinacanozte PNM, 2014.

de mayo a comienzo de la estación lluviosa. Por el contrario, no se encontró evidencia reproductiva desde noviembre (finales de la estación lluviosa) hasta enero (comienzos de la estación seca). Aunque tres de las especies presentaron un pico reproductivo en el mes de mayo, *P. mesoamericanus* presentó un perio-

do más o menos constante entre marzo y julio (Figura 7).

Uso del espacio por *P. mesoamericanus*. En 30 días de seguimiento (1 febrero - 1 marzo) obtuvimos 67 posiciones o lecturas en 11 noches efectivas. Estas lecturas corresponden a 10 de

Cuadro 6. Individuos de *P. mesoamericanus* marcados con radio-transmisores, número de noches con lecturas por individuo y total de rumbos.

Nº Individuo	Sexo	Noches con lecturas de rumbo	Total rumbos
1	hembra	8	14
2	hembra	0	0
3	macho	2	3
4	macho	2	4
5	hembra	1	2
6	macho	3	4
7	hembra	2	3
8	hembra	4	9
9	macho	6	14
10	hembra	4	7
11	macho	3	7
Total		11	67

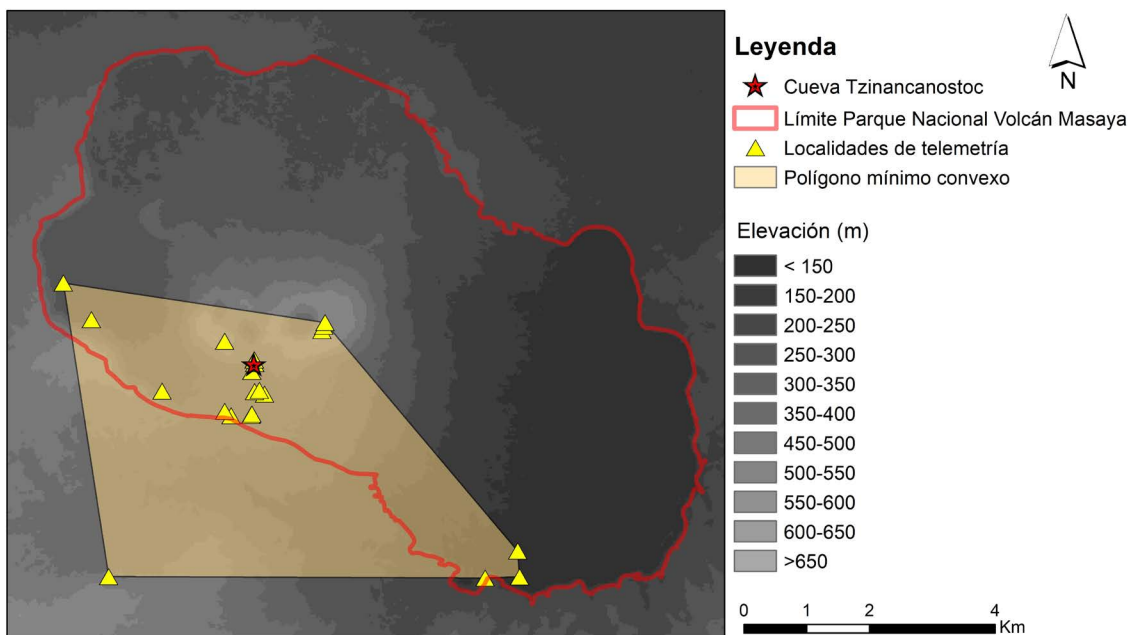


Figura 8. Polígono mínimo convexo con base en localizaciones de rumbo (n=67) para 10 individuos de *P. mesoamericanus*.

los individuos marcados, el 55% de las posiciones pertenecen a tres individuos (Cuadro 6).

Todos los rumbos se localizaron dentro del parque, excepto uno que se ubicó a 3 km de la cueva, que fue el rumbo más distante. Las localizaciones indican que la especie ocupa ampliamente todo el perímetro sur del área protegida a lo largo de unos 9.2 km, desde el extremo suroeste del parque (a 3.5 km al oeste de la cueva Tzinacanoste) hasta el límite suroeste de la laguna, a 5.7 km de la cueva (Figura 8).

Con base en los puntos geográficos se estimó un polígono mínimo convexo de 22.76 km² (Figura 8). Según el plan de manejo (MARENA, 2012), casi la mitad de esta área es ocupada por bosques latifoliados deciduos, que bordean el límite suroeste del parque. La otra mitad del polígono se compone de áreas de producción sostenible en la zona sur de amortiguamiento, alrededor del poblado San Juan de La Concepción, que se caracteriza por abundantes cultivos de café, musáceas y pitahaya.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados reflejan la importancia del PNVM para la conservación de una rica variedad de murciélagos, algunos de ellos característicos del bosque seco mesoamericano. El parque, que solo ocupa el 0.04% del territorio nacional, registra más de la cuarta parte del total de especies quiropterológicas reconocidas en el país (Medina-Fitoria y Martínez-Fonseca, 2019) y casi el 40% de las especies reportadas en la región del Pacífico seco nicaragüense (Medina-Fitoria *et al.*, 2017). LaVal y Rodríguez-H. (2002) reconocen la importancia de proteger los remanentes de bosque seco de la región centroamericana para la conservación de los murciélagos, pues en él coexisten 92 especies, quince de ellas endémicas.

Aunque existe una importante riqueza de especies de murciélagos en el parque, más de la cuarta parte de ellas resultaron raras en el estudio con solo un individuo; además, el 45% de las especies fueron registradas en un solo tipo de hábitat, lo cual indica que una alta proporción de las especies están asociadas a ciertos tipos de cobertura. Estudios en México (Medellín *et al.*, 2000), Nicaragua (Medina-Fitoria *et al.*, 2004; Medina-Fitoria *et al.*, 2007) y Costa Rica (Har-

vey *et al.*, 2006) demuestran que la vegetación es la variable más importante en la diversidad y distribución de murciélagos en paisajes rurales neotropicales, debido básicamente a la disponibilidad de refugio y alimento.

Nuestros resultados corresponden con este planteamiento, dado que la diversidad de murciélagos (abundancia y riqueza de especies) varió según el tipo de cobertura; que en este caso está influenciada indirectamente por los niveles de actividad volcánica que condicionan los diferentes estadios sucesionales de crecimiento (MARENA, 2012). La mayor cantidad de especies se presentó en hábitats naturales con una sucesión avanzada. Los bosques cerrado y a orillas de la laguna fueron los de mayor importancia quiropterológica, debido a la presencia de un mayor número de especies poco comunes, típicas del bosque maduro. Resultado de ello, el 44% de las especies reportadas en estos hábitats fueron exclusivas a estas coberturas.

Estos hábitats también demuestran ser importantes para la conservación de especies en riesgo como *M. megalophylla*, considerada amenazada a nivel nacional (Medina-Fitoria *et al.*, 2017), y cuya subespecie *M. megalophylla megalophylla*, presenta su límite sur de distribución en el volcán Masaya (Dávalos, 2006). Además, estos bosques son importantes para la conservación de especies de la subfamilia Phyllostominae, un grupo indicador de bajos niveles de perturbación (Medellín *et al.*, 2000); entre éstas, *Micronycteris schmidtorum*, reportado únicamente en el bosque ripario y asociado a bosques conservados de bajura y cuerpos de agua (Reid, 2009).

Por su parte, el área abierta o de uso público no presentó especies únicas y se caracterizó por la presencia de especies comunes en el paisaje, principalmente frugívoras de los géneros *Artibeus* y *Carollia*. Como resultado el 75% de las especies reportadas en este hábitat fueron registradas en todos los tipos de coberturas evaluadas. Estrada *et al.* (2004) y Medina-Fitoria *et al.* (2007), al estudiar paisajes fragmentados en México y Nicaragua, también encontraron que los niveles de actividad de los murciélagos disminuyen drásticamente en áreas de pastizal, en comparación con áreas que tienen coberturas naturales. Esto sugiere que áreas altamente antropizadas podrían mostrarse hostiles a algunas especies (principalmente aquellas propias del

bosque), donde la oferta de recursos alimenticios y de refugio puede no ser suficiente.

La composición de especies presentó mayor similitud entre el bosque abierto y el agroecosistema, resultado de una mezcla de especies de bosque y especies generalistas que comparten ambas coberturas (64% de las especies). Esto es congruente con el arreglo espacial de los hábitats en el parque, donde los agroecosistemas (pequeñas parcelas de menos de media hectárea de cítricos, café con sombra y cultivos anuales) representan únicamente el 2% de la superficie, y en su mayoría están bordeadas de bosque abierto en los límites del área protegida (MARENA, 2012).

Avila-Cabadilla *et al.* (2009), ejemplifican este arreglo espacial en un paisaje de bosque seco de México, al determinar que las áreas de bosque reconocidas como estadios tardíos, son los reservorios más importantes que mantienen la riqueza de murciélagos. En cambio, la vegetación secundaria presentó ensamblajes diversos, mientras que los pastizales solo presentaron unas cuantas especies abundantes y vágiles que ocasionalmente cruzan este hábitat. Según los autores, esto se debió a la disponibilidad de recursos, los cuales son escasos en las primeras etapas sucesionales del bosque seco, producto de la simplicidad que presentan en la estructura de la vegetación (Avila-Cabadilla *et al.*, 2009; Chazdon *et al.*, 2007).

Aunque estudiar el uso de hábitat de los murciélagos es muy importante para caracterizar su diversidad y determinar la importancia de los arreglos espaciales de la vegetación, éstos también pueden ser valorados a partir de indicadores poblacionales. Por ejemplo la cuantificación de colonias masivas de murciélagos insectívoros, las cuales son determinantes en el flujo de energía del ecosistema que habitan y que a su vez es influenciado por la cantidad de insectos que consumen (Rodríguez-Durán y Christenson, 2012).

En este contexto es muy importante la comunidad de murciélagos mormópidos de la cueva Tzinacanoste de unos 40,000 individuos y que se estima consume 80 toneladas de insectos al año (Williams-Guillén y Medina-Fitoria, 2012). Al menos una de estas especies (*P. mesoamericanus*) utiliza un largo corredor a lo largo del límite sur del área protegida para alimentarse (en

el municipio de San Juan de la Concepción), el cual se caracteriza por actividades productivas agrícolas de subsistencia, que incluye cultivos permanentes de frutales con árboles autóctonos y cultivos anuales en parcelas pequeñas (MARENA, 2012). Esta especie aunque se alimenta principalmente de polillas, también captura moscas, escarabajos, cucarachas, termitas, pulgones y cigarras (Chambers *et al.*, 2017), las cuales se consideran plagas importantes en Nicaragua (Jiménez y Rodríguez, 2014).

Por esta razón, esta comunidad de murciélagos podría estar desempeñando un importante papel en la sostenibilidad agrícola de la zona, al disminuir el uso de agroquímicos y mantener los rendimientos de producción. Según Kunz *et al.* (2011), aproximadamente el 99% de las posibles plagas de cultivos están limitadas por los ecosistemas naturales, y una buena fracción de esto puede atribuirse a la depredación por murciélagos. Los cuales además actúan como importantes bioindicadores del efecto de los agroecosistemas en el ambiente, ya que una menor actividad de alimentación también indica menor diversidad de murciélagos.

Por su parte, Williams-Guillén y Perfecto (2011) también indican que mantener poblaciones de murciélagos insectívoros en zonas agrícolas incentiva la conservación de la biodiversidad, debido a los servicios ecosistémicos a los agricultores. Sin embargo, Wickramasinghe *et al.* (2003) advierte que la disminución de insectos como resultado de la intensificación agrícola, tendría serias implicaciones en la alimentación de algunas especies, disminuyendo la disposición de este servicio ambiental. Esto sin mencionar a las comunidades de murciélagos frugívoros y nectarívoros que también son afectados por los agroquímicos y que son fundamentales en la dispersión y polinización de plantas del bosque seco como *Cecropia*, *Piper* y *Ficus*, así como plantas de consumo humano como la pitahaya (*Hylocereus* sp.), bastante común en las zonas de producción alrededor del parque (MARENA, 2012).

La disponibilidad de alimento en el parque (insectos, frutas y néctar) es también determinante para la reproducción de los murciélagos, lo cual está influenciado por la entrada de las lluvias que incentivan en las plantas procesos fenológicos como la floración y fructificación (Ceballos *et al.*, 2010; González-Rivas, 2005), así como la apa-

rición de insectos (Maes, 1998). Como resultado, el ciclo reproductivo de los murciélagos del parque muestra un periodo estacional congruente con los patrones de poliestría bimodal típico de los murciélagos neotropicales (Bonaccorso, 1979; Fleming *et al.*, 1972).

Nuestros datos evidencian en las especies frugívoras y nectarívoras un primer pico reproductivo a comienzos de la época lluviosa (mayo y junio), y un segundo periodo en el mes de agosto (aunque menos marcado), próximo a una época donde las lluvias llegan a su nivel máximo en esta región. No obstante, los murciélagos insectívoros (cueva Tzinacanoste), presentaron un solo pico reproductivo en el mes de mayo, que coincide con las primeras lluvias y la salida masiva de insectos, muchos de los cuales pasan la estación seca en pupas o capullos, y emergen como adultos a principio de la estación húmeda cuando los árboles tienen nuevos rebrotes foliares (Maes, 1998).

Concluimos que los arreglos espaciales de la vegetación en los diferentes hábitats es un factor importante en la diversidad y composición de las comunidades de murciélagos del PNVM. Aunque, es difícil determinar la magnitud de cómo influye cada tipo de hábitat en las comunidades de quirópteros, es necesario comenzar por ensayar programas de monitoreo a largo plazo que indiquen posibles variaciones en los patrones cuantitativos poblacionales de los hábitats, lo cual es básico para determinar el manejo que requerirá cada cobertura con fines de conservación e investigación. Por último, recomendamos una adecuada planificación del turismo en el parque que tome en cuenta a los murciélagos y sus refugios, ya que las visitas mal planificadas son muy perjudiciales para los murciélagos, especialmente cuando no hay una estimación adecuada del uso público, como por ejemplo las visitas a las cuevas (McCracken, 1989). Por lo tanto, sugerimos mantener restringida la visita de turistas a la cueva Tzinaconoste, la cual apenas comenzamos a conocer.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y al Parque Nacional Volcán Masaya por su anuencia a la investigación y por disponer de los recursos necesarios para su realización, a sus guardaparques y en

especial a Nelson Toval, el cual fungió como coordinador de investigación del PNVM durante el estudio. Al organismo no gubernamental Paso Pacífico por fomentar la investigación de los murciélagos en el Pacífico de Nicaragua, y al organismo internacional Bat Conservation International (BCI); sin cuyo apoyo la investigación no hubiera sido posible. A todos ellos, nuestra gratitud.

LITERATURA CITADA

- Aldridge, H. y R. Brigham. 1988. Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5% "rule" of radiotelemetry. *Journal of Mammalogy*, 69:379-382.
- Alianza Nacional del Bosque Seco. 2011. *Programa Nacional para la Conservación, Restauración y Manejo del Ecosistema de Bosque Seco en Nicaragua*. Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y Alianza del Bosque Seco; Managua, Nicaragua.
- Avila-Cabadilla, L., K. Stoner, M. Henry y M. Álvarez. 2009. Composition, structure and diversity of phyllostomid bat assemblages in different successional stages of a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 258:986-996.
- Bonaccorso, F.J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences*, 24:359-408.
- Bracamonte, J.C. 2018. Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología. *Ecología Austral*, 28:446-454. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.2.0.272>
- CCAD y PNUMA. 2005. *Perspectivas de la Biodiversidad en Centroamérica*. Observatorio del Desarrollo, Universidad de Costa Rica; San José Costa Rica.
- Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Creel y R. Dirzo. 2010. *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. 1ª ed., Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

- Chambers, C., D. O'Rourke, J. Foster, J.G. Martínez, A. Medina-Fitoria, M. Chávez y F. Walker. 2017. Genetic identification of bat in Nicaragua. United State, Pp. 28, en: *NASBR North American Society for Bat Research*. 18 al 22 October 2017, World Fair Park, Knoxville USA.
- Chazdon, R., S. Letcher, M. van Breugel, M. Martínez-Ramos, F. Borgers y B. Finegan. 2007. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 362:273-289.
- Dávalos, L. 2006. The Geography of diversification in the mormoopids (Chiroptera: Mormoopidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 88:101-118.
- Estrada, A., A. Jiménez, A. Rivera y E. Fuentes. 2004. General bat activity measured with an ultrasound detector in a fragmented tropical landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27:1-9.
- Fleming, T.H., E. Hooper y D. Wilson. 1972. Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*, 53:653-670.
- Gándora, G., A.N. Correa y C.A. Hernández. 2006. Valoración económica de los servicios ecológicos que presentan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el Norte de México. Tecnológico de Monterrey. *EGAP*, 1-18.
- García-Morales, R. 2014. *Análisis integral de la diversidad de murciélagos neotropicales en relación con la modificación y pérdida de su hábitat*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Área Académica de Biología. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- García, F., D. Araujo-Reyes, O. Vásquez-Parra, H. Brito y M. Machado. 2015. Murciélagos (Mammalia: Chiroptera) asociados con una cueva en el Parque Nacional Yurubí, Sierra de Aroa, Estado Yaracuy, Venezuela. *Caldasia*, 37:381-391. <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.53986>
- Geiselman, C.K., S.A. Mori y F. Blanchard. 2007. *Database of Neotropical Bat/plant/interactions*, the New York Botanical Garden [Internet]. Disponible en: <https://www.nybg.org/botany/tlobova/mori/batsplants/database/dbase_framenet.htm>. [Consultado el 1-10 marzo 2020].
- Gillespie, T.W., A. Grijalva y C. Farris. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*, 147:37-47.
- González-Rivas, B. 2005. *Tree species diversity and regeneration of tropical dry forest in Nicaragua*. Tesis de doctorado, Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå, Sweden.
- Gotelli, N.J. y R.K. Colwell. 2011. Estimating species richness. Pp. 39-54, en: *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. (Magurran, A.E. y B.J. McGill, eds.). Oxford University Press: EUA.
- Harvey, C.A., A. Medina-Fitoria, D. Sánchez, S. Vilchez, B. Hernández, J. Saenz, J.M. Maes y F. Casanoves. 2006. Patterns of animal diversity in different farms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 16:1986-1999.
- Hutson, A., S.P. Mickleburgh y P.A. Racey. 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge., UK.
- IUCN. 2020. *IUCN Red List of Threatened Species* [Internet], Versión 2020-1. Disponible en: <<http://www.iucnredlist.org/>>. [Consultado el 20 febrero 2020].
- Janzen, D.H. 1988. Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem. Pp. 130-137, en: *Biodiversity* (Wilson, E.O. ed.). National Academy Press, Washington DC, the United States.
- Jiménez, E. y O. Rodríguez. 2014. *Insectos plagas de cultivos en Nicaragua*. 1ª ed. Universidad Nacional Agraria, UNA; Managua, Nicaragua.
- Kraker-Castañeda, C. y A. Cobar-Carranza. 2011. Uso de rarefacción para la comparación de la riqueza de especies: el caso de las aves

- en la zona de influencia del Parque Nacional Lachuá en Guatemala. *Naturaleza y Desarrollo*, 9:60-70.
- Kunz, T.H. 2009. *Ecological and behavioral methods in the study of bats*. 2nd.-ed. The Johns Hopkins University Press.
- Kunz, T.H. y A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. Pp. 1-29, en: *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. (Kunz T.H., ed.) Washington DC (USA): Smithsonian Institution Press.
- Kunz, T.H., E. Braun, D. Bauer, T. Lobova y T.H. Fleming. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223:1-38.
- LaVal, R. y B. Rodríguez-H. 2002. *Murciélagos de Costa Rica*. 1ª ed; Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio-Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Loayza, A.P. y B.A. Loiselle. 2008. Preliminary information on the home range and movement patterns of *Sturnira liliium* (Phyllostomidae) in a naturally fragmented landscape in Bolivia. *Biotropica*, 40:630-635.
- Maes, J.M. 1998. *Insectos de Nicaragua*. Secretaría Técnica de la Reserva Bosawas, MARENA, Managua, Nicaragua.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing. Oxford, UK.
- MARENA. 2012. *Plan de manejo del Parque Nacional Volcán Masaya*. Ministerio del ambiente y Recursos Naturales-MARENA & Sistema Nacional de Áreas Protegidas-SINAP; documento técnico no publicado.
- Martínez-Fonseca, J.G. y G. López. 2012. *Actualización del inventario de herpetofauna del Parque Nacional Volcán Masaya*. Herpetónica & Parque Nacional Volcán Masaya, documento técnico no publicado.
- McAleece, N., P. Lamshead y G.L. Paterson. 1997. *BioDiversity Professional* (bdpro33), Version 2. Oban, Argyll (UK); The Natural History Museum & Scottish Association for Marine Science. [CD-ROM].
- McCracken, G.F. 1989. Cave conservation: Special problems of bats. *NSS Bulletin*, 51:49-51.
- MCZ. 2020. *Data base Collection specimens* [Internet]. Cambridge, Massachusetts, Natural History Museum; Disponible en: <<https://mczbase.mcz.harvard.edu/>>. [Consultado el 26 de enero de 2020].
- Medellín, R., W.H. Arita y O. Sánchez. 1997. *Identificación de los Murciélagos de México*. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Publicaciones especiales N° 2.
- Medellín, R., M. Equihua y M. Amin. 2000. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rainforests. *Conservation Biology*, 66:1666-1675.
- Medina-Fitoria, A. 2014. *Murciélagos de Nicaragua: guía de campo*. 1ª ed. PCMN / MARENA. Editora Dirección de Biodiversidad; Managua, Nicaragua.
- Medina-Fitoria, A. y J.G. Martínez-Fonseca. 2019. Cronología histórica de la quiropterología en Nicaragua. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 9:01-28.
- Medina-Fitoria, A., C. Harvey, D. Sánchez, S. Vílchez y B. Hernández. 2004. Diversidad de murciélagos en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro: Revista Académica de la Universidad Centroamericana*, 36:24-43.
- Medina-Fitoria, A., C. Harvey, D. Sánchez, S. Vílchez y B. Hernández. 2007. Bat diversity and movement in a Neotropical agricultural landscape in Matiguás, Nicaragua. *Biotropica*, 39:120-128.
- Medina-Fitoria, A., O. Saldaña, Y. Aguirre, M. Salazar y J.G. Martínez. 2017. Lista roja de los murciélagos de Nicaragua y su estado de conservación. Boletín RELCOM. *Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos*, 8:12-20.
- Nams, V.O. 2000. *Locate II*, Versión 2.81. Dalhousie University. Nova Scotia, Canadá. [CD-ROM].

- PCMN. 2018. *Parque Nacional Volcán Masaya: Área de Importancia para la conservación de los Murciélagos en Latinoamérica*. Programa para la Conservación de los Murciélagos de Nicaragua-PCMN. Fecha de aprobación, 18 de diciembre de 2018: AICOM, A-NI-002). Disponible en: <<http://www.relcomlatinoamerica.net/>>. [Consultado el 20 febrero 2020].
- Ralph, C.J., G.R. Geupel y P. Pyle. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany (USA), Pacific Southwest Research Station-USDA Forest Service.
- Reid, F. 2009. *A field guide to the mammals of Central America & Southeast Mexico*. 2ª ed. Oxford University Press.
- Rodríguez-Durán, A. y K. Christenson. 2012. *Breviario sobre los murciélagos de Puerto Rico, La Española e Islas Vírgenes*. Publicaciones Puertorriqueñas y Universidad Interamericana de Puerto Rico, Bayamón.
- Timm, R., R. LaVal y B. Rodríguez. 1999. Clave de campo para los murciélagos de Costa Rica. Departamento de Historia Natural del Museo Nacional de Costa Rica, San José, Costa Rica. *Brenesia*, 52:1-32.
- Wickramasinghe, L., S. Harris, G. Jones y N. Vaughan. 2003. Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 40:984-993.
- Williams-Guillén, K. 2009. *Report on Nicaragua bat workshop*. January 8-13 2009. Paso Pacífico & Bat Conservation International, reporte técnico no publicado.
- Williams-Guillén, K. y K. Gaukler. 2008. *Report on Initial Assessment of Sites for Nicaraguan Bat Workshops*. January 22-29, 2008. Paso Pacífico & Bat Conservation International, reporte técnico no publicado.
- Williams-Guillén, K. y A. Medina-Fitoria. 2012. *Los murciélagos del volcán Masaya Nicaragua, Guía breve*. Paso Pacífico & Parque Nacional Volcán Masaya, Managua Nicaragua.
- Williams-Guillén, K. y I. Perfecto. 2011. Ensemble Composition and Activity Levels of Insectivorous Bats in Response to Management Intensification in Coffee Agroforestry Systems. *PLoS ONE*, 6:e16502. doi:10.1371/journal.pone.0016502
- Williams-Guillén, K. y M. Tuttle. 2008. *Report on Nicaragua Bat Pre-Workshop*. April 20-28, 2008. Paso Pacífico & Bat Conservation International, reporte técnico.
- Zolotoff-Pallais, J.M., M. Lezama y L. Valerio. 2010. Áreas claves de Biodiversidad en Nicaragua. *Biodiversidad Revista Nicaragüense*, mayo 2010 2:9-16.

Apéndice 1. Listado de especies de murciélagos registrados en el PNVM y número de individuos por tipo de hábitat, 2014.

N°	Familia / Especie	Gremio trófico	Fuente	Individuos por especies / Hábitat (capturas con redes)					Total
				Agro ecosistema	Área abierta	Bosque abierto	Bosque cerrado	Bosque ripario	
Emballonuridae									
1	<i>Balantiopteryx plicata</i>	Insectívoro	NR		1				1
2	<i>Rhynchonycteris naso</i>	Insectívoro	NR			1			1
Noctilionidae									
3	<i>Noctilio leporinus</i>	Carnívoro	NR			4			4
Mormoopidae									
4	<i>Pteronotus davyi</i>	Insectívoro	1, 2, 3, 4	5		3			8
5	<i>Pteronotus gymnonotus</i>	Insectívoro	1, 2, 3, 4		1				1
6	<i>Pteronotus mesoamericanus</i>	Insectívoro	1, 2, 3, 4	1		10			11
7	<i>Pteronotus personatus</i>	Insectívoro	1, 2, 3, 4		2				2
8	<i>Mormoops megalophylla</i>	Insectívoro	2						
Phyllostomidae									
9	<i>Lophostoma brasiliense</i>	Insectívoro	NR		1				1
10	<i>Micronycteris microtis</i>	Insectívoro	NR	2					2
11	<i>Micronycteris schmidtorum</i>	Insectívoro	NR			1			1
12	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	2	30	2	30	38	63	163
13	<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívoro	NR	3	8	6	10	38	65
14	<i>Dermanura phaeotis</i>	Frugívoro	2, 4	2	1	1		2	6
15	<i>Dermanura watsoni</i>	Frugívoro	NR	2		1	4	8	15
16	<i>Platyrrhinus helleri</i>	Frugívoro	NR	1				1	2
17	<i>Sturnira parvidens</i>	Frugívoro	NR			2			2
18	<i>Uroderma convexum</i>	Frugívoro	NR					1	1
19	<i>Carollia perspicillata</i>	Frugívoro	2, 3, 4	3		17	45	12	77
20	<i>Carollia sowelli</i>	Frugívoro	NR	7		1		1	9

Apéndice 1. Listado de especies de murciélagos registrados en el PNVM y número de individuos por tipo de hábitat, 2014.

N°	Familia / Especie	Gremio trófico	Fuente	Individuos por especies / Hábitat (capturas con redes)					
				Agro ecosistema	Área abierta	Bosque abierto	Bosque cerrado	Bosque ripario	Total
21	<i>Carollia subrufa</i>	Frugívoro	NR	5	3	16	32	5	61
22	<i>Choeroniscus godmani</i>	Nectarívoro	NR	1					1
23	<i>Glossophaga commissarisi</i>	Nectarívoro	3	2	4	16	11		33
24	<i>Glossophaga leachii</i>	Nectarívoro	4			1		1	2
25	<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	3	13	3	8	6		30
26	<i>Desmodus rotundus</i>	Hematófago	2	1	3	3			7
27	<i>Diphylla ecaudata</i>	Hematófago	2, 4			3			3
Vespertilionidae									
28	<i>Eptesicus furinalis</i>	Insectívoro	NR	1					1
29	<i>Rhogeessa bickhami</i>	Insectívoro	NR	5	4	3			12
Total individuos				81	14	89	183	155	522
Total especies				15	4	13	18	15	28
Esfuerzo de muestreo (h/red)				42	35	52	63	60	252
Tasa de captura				1.9	0.4	1.7	2.9	2.5	2.07