



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Posgrado en Ciencias Biológicas

Factores determinantes en la estructuración de la
comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa,
Honduras

Tesis que presenta

ALEX EMILIO VALLEJO HAM

En opción al título de

MAESTRO EN CIENCIAS

(CIENCIAS BIOLÓGICAS: OPCIÓN RECURSOS NATURALES)

Mérida, Yucatán, México

2023

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATAN, MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS EN EL VALLE DE
SULA**

**MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS OPCIÓN EN RECURSOS
NATURALES**

**Factores determinantes en la estructuración de la
comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa,
Honduras**

TESIS QUE PRESENTA

ALEX EMILIO VALLEJO HAM

**En opción al título de
MAESTRO EN CIENCIAS
(Ciencias Biológicas: Opción Recursos Naturales)**

Mérida, Yucatán, México

Noviembre, 2023

*CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A. C.
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS*



RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis de **Alex Emilio Vallejo Ham** titulado “**Factores determinantes en la estructuración de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa Honduras**”, fue realizado en la Unidad de Recursos Naturales, en la línea de investigación de Sistemática y Florística del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. bajo la dirección del **Dr. German Carnevali Fernández-Concha** dentro de la opción de Recursos Naturales, perteneciente al Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de este Centro y la Codirección de la **Dra. Claudia Cecilia Lardizábal Joya** de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

Atentamente

Dra. Cecilia Hernández Zepeda
Directora de Docencia

Mérida, Yucatán, México, a 22 de noviembre de 2023

DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en la sección de Materiales y Métodos, los Resultados y Discusión de este documento proviene de las actividades de investigación realizadas durante el período que se me asignó para desarrollar mi trabajo de tesis, en las Unidades y Laboratorios del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y que a razón de lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente a dicho Centro de Investigación. Por otra parte, en virtud de lo ya manifestado, reconozco que de igual manera los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que deriven o pudieran derivar de lo correspondiente a dicha información, le pertenecen patrimonialmente al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y en el mismo tenor, reconozco que si derivaren de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se registrarán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.

Firma: _____



Alex Emilio Vallejo Ham

Este trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y forma parte del proyecto titulado “Factores determinantes en la estructuración de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa, Honduras” bajo la dirección del Dr. Germán Carnevali Fernández-Concha y con la Dra. Claudia Lardizábal como co-directora de tesis.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, esposa e hijos que han estado apoyándome durante todo el proceso, a pesar del descuido en el cual se cae por cumplir con los compromisos adquiridos.

Al Dr. Germán Carnevali Fernández-Concha, director de tesis por su apoyo y dirección durante todas las fases de este proyecto.

Al Dr. Sergio Solari, quien, por su conocimiento en el grupo de quirópteros, ha sido indispensable para lograr mejorar el análisis del estudio y dando comentarios y sugerencias que permitieron mejorar el estudio, además del tiempo dado.

A todos los miembros del comité tutorial, Dra. Claudia Lardizábal, Dr. Richard Feldman y Dr. Rodrigo Duno, por todos sus aportes, comentarios y ayuda en la mejora del presente estudio que permitieron fortalecer la calidad del trabajo presentado.

Al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. por todo su apoyo en los tiempos de permitir lograr a buen término el presente estudio y acompañamiento durante todo el proceso.

A la Fundación IDEA Wild quienes han apoyado con equipo el presente estudio, con el cual el abordaje de campo se facilitó logrando consolidar el esfuerzo de muestreo programado.

A cada uno de los profesores de CICY de los cuales tuve la dicha de recibir clases, y que han mostrado un alto nivel de compromiso, ética, apoyo y dedicación en transmitir el conocimiento de manera oportuna y profesional, sin los cuales hubiera sido mucho más difícil lograr la meta.

A todos mis compañeros de maestría, Emmanuel Orellana, Luis Herrera, Diana Mencía, Carlos Andino por su acompañamiento durante toda la vida de la maestría y especialmente a Annie Pinel con quien sostuvimos conversaciones aclaratorias de los resultados logrados por la particularidad de estar ambos trabajando con este taxón de quirópteros.

DEDICATORIAS

A mi esposa María de Los Ángeles Perea quien ha sido un apoyo para seguir adelante y finalizar con bien la presente etapa de mi vida.

A mis hijos Luis Vallejo y Lucía Vallejo que han sabido comprender esos largos días de desvelo y dedicación al presente estudio.

A mi padre Emilio Vallejo quien a pesar de que ya no está con nosotros, seguro estará orgulloso del presente logro.

A mi madre Martha Ham, quien siempre estaba a la expectativa de como avanzaba durante todo este tiempo que duró el estudio.

A mis hermanos Claudia Vallejo, Roger Vallejo y José Vallejo, por estar pendientes de mis avances y de mis logros personales con los cuales comparto con alegría.

Especialmente dedico el presente estudio a aquellos colegas que nos han dejado y que han sido parte de todo un esfuerzo por comprender y entender las razones por las cuales se dan fenómenos o situaciones en el mundo natural, que sin su esfuerzo no sería posible saber todo lo que sabemos hoy en día.

INDICE	I
INDICE DE FIGURAS	lii
INDICE DE TABLAS	iv
Resumen	1
Abstract	2
I. INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	7
1.1. ANTECEDENTES	7
1.1.1. Diversificación Evolutiva de los Murciélagos Neotropicales	7
1.1.2. Factores que condicionan la riqueza y abundancia de las comunidades de murciélagos	11
1.1.3. Distribución y abundancia de las comunidades de los murciélagos en un gradiente altitudinal	12
1.1.4. Efectos de la fragmentación sobre la riqueza y abundancia de las comunidades de murciélagos	13
1.2. ÁREA DE ESTUDIO	14
1.3. JUSTIFICACION	16
1.3.1. Pregunta de Investigación	17
1.3.2. Objetivo General	17
1.3.3. Objetivos Específicos	18
1.3.4. Hipótesis	18

CAPITULO II	19
2.1. METODOLOGIA	19
2.1.1. Captura de ejemplares	19
2.1.2. Identificación de Individuos	20
2.1.3. Sitios de estudio	20
2.1.4. Análisis Estadístico	21
2.1.4.1. Elaboración de matrices de datos	22
2.1.4.2. Identificación de Comunidad de Murciélagos	22
2.1.4.3. Construcción de un RDA	23
Capitulo III	24
3.1. RESULTADOS	24
3.1.1. Estructura de la comunidad de murciélagos por rango altitudinal	24
3.1.2. Curvas de Rango Abundancia	28
3.1.3. Curva de Acumulación de Especies	29
3.1.4. Disimilitud entre rangos altitudinales	30
3.1.5. Variables de uso de suelo	34
3.1.6. Comparación del ensamblaje de murciélagos entre sotavento y barlovento	38
CAPITULO IV.	43
4.1. DISCUSIÓN	43

CAPITULO V.	49
5.1. Conclusiones	49
5.2. Recomendaciones	50
REFERENCIAS	51
Anexos	65

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del área de estudio conforme a la Sierra de Omoa, Honduras.	29
Figura 1.1. Filogenia de inferencia bayesiana de Noctilionoidea del Nuevo Mundo.	33
Figura 1.2. Diversidad de murciélagos neotropicales por familia.	34
Figura 1.3. Países en cada subregión donde se reportan las mayores tasas de diversidad en el neotrópico.	35
Figura 2.1. Colocación de redes en diversos sectores.	43
Figura 2.2 Identificación de especímenes.	44
Figura 2.3. Mapa de rangos altitudinales definidos por el estudio y sitios de muestreo.	45
Figura 3.1. Fotografías de algunas especies capturadas en el estudio.	49
Figura 3.2. Distribución de las familias de murciélagos en la Sierra de Omoa por rango altitudinal.	50
Figura 3.3. Curvas de rango-abundancia por cada rango altitudinal en la Sierra de Omoa.	54
Figura 3.4. Riqueza de especies observadas usando tres estimadores y el promedio de especies esperadas con relación a las especies observadas.	55
Figura 3.5. Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) de la comunidad de murciélagos de la Sierra de Omoa.	59
Figura 3.6. Mapas de uso del suelo, basado en el mapa forestal de Honduras del año 2018.	61
Figura 3.7. Abundancia de especies en posición a barlovento.	63
Figura 3.8. Abundancia de especies en posición a sotavento.	64

Figura 3.9. Comparación de la riqueza de especies observadas y esperadas a barlovento y sotavento.	64
Figura 4.1. Distribución de individuos por familia en la Sierra de Omoa.	70
Figura 4.2. Distribución de las subfamilias de la familia Phyllostomidae presentes en la Sierra de Omoa por rango altitudinal.	71
Figura 4.3. RDA de las especies, contrastando los rangos altitudinales y cobertura de uso de suelo.	72
Figura 4.4. Biplot de RDA de variables explicativas con relación a especies presentes y gradientes estudiados.	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Descripción de sitios muestreados, posición al impacto de los vientos y tipo de vegetación presente.	44
Tabla 3.1. Distribución de la riqueza y abundancia de murciélagos en la Sierra de Omoa.	51
Tabla 3.2. Resultados del Análisis del Porcentaje de Disimilitud mediante SIMPER.	56
Tabla 3.3. Resumen de uso de la tierra por cada gradiente de altitud analizado en la Sierra de Omoa.	62
Tabla 3.4. Principales especies que aportan a la disimilitud entre gradientes a barlovento.	65
Tabla 3.5. Principales especies que aportan a la disimilitud entre gradientes.	66
Anexo 1. Material complementario 1 resultados de análisis SIMPER mediante el Índice de Bray-Curtis, de la comunidad de murciélagos en todos los gradientes altitudinales en general en la Sierra de Omoa.	93
Anexo 2. Material complementario 1 resultados de análisis SIMPER mediante el Índice de Bray-Curtis, de la comunidad de murciélagos en todos los gradientes altitudinales en general en la Sierra de Omoa.	102
Anexo 3. Material complementario 3, resultados de análisis SIMPER mediante el Índice de Bray-Curtis, de la comunidad de murciélagos a posición a sotavento.	110

RESUMEN

La abundancia y distribución de las especies son condicionadas por factores tanto abióticos como bióticos. Para dar respuestas a los fenómenos que ocurren en una comunidad de especies de murciélagos, es necesario hacer uso de herramientas multivariadas, derivado a la amplia gama de variables que ahora se capturan. El estudio busca identificar aquellos factores que determinan la estructuración de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa, Honduras. Localizada sobre un macizo montañoso del mismo nombre que cruza los departamentos de Copán, Santa Bárbara y Cortés, paralelo a la franja fronteriza entre los países de Guatemala y Honduras.

Se trabajaron doce sitios de los cuales siete de ellos son producto de un monitoreo realizado por Operación Wallacea (OPWALL) y otros cinco productos de este trabajo. Se definieron por gradiente altitudinal de 500 m de amplitud en todo el piso altitudinal que va de los 20 m hasta los 2,242 m, altura representada por el Cerro Jilincó, que forma parte del Parque Nacional Cusuco. El área de intervención del estudio agrupa este parque junto al Parque Nacional Omoa y la Zona de Reserva del Merendón, formando un subsistema de Áreas Protegidas con un área de 68,411 hectáreas.

Se capturaron individuos, identificados a nivel de especies con el uso de claves, agrupándolos por familia, subfamilia, gremio alimenticio, gradiente altitudinal y posición sea este a barlovento o sotavento al cual pertenecen. Se capturaron 600 individuos, siendo *Centurio senex* el más abundante de las 49 especies identificadas. El 80.5% son de hábito frugívoro y la familia Phyllostomidae como la más diversa y abundante. La composición general de las especies es poco significativa (ANOSIM, $R = 0.21$, $P = 0.051$), no siendo concluyente el nivel de disimilitud presente. De las 12 variables predictoras, el bosque latifoliado, bosque de coníferas y el gradiente dan el mayor peso de explicación del patrón observado mediante la realización de un RDA.

A pesar de la existencia de actividades antrópicas, no se presentan espacios muy amplios de área descubierta de vegetación. La presencia de parches de vegetación tanto continua como aislada, permiten probablemente una mayor oportunidad de migración de muchas especies, existiendo aún remanentes de bosque natural que albergan especies que pueden ser consideradas como indicadoras de bosque nativo.

ABSTRACT

Species abundance and distribution are conditioned by both abiotic and biotic factors. To provide answers to the phenomena that occur in a community of bat species, it is necessary to make use of multivariate tools that capture the wide range of variables. The study seeks to identify those factors that determine the structuring of the bat community in the Sierra de Omoa, Honduras. Located on a mountain massif of the same name that crosses the departments of Copán, Santa Bárbara, and Cortés, parallel to the border strip between the countries of Guatemala and Honduras.

Twelve sites were researched, seven of which are the result of monitoring carried out by Operation Wallacea (OPWALL) and five others are products of this work. They were defined by an altitudinal gradient of 500 m amplitude throughout the altitudinal floor ranging from 20 m to 2,242 m, represented by the Cerro Jilenco, which is part of the Cusuco National Park. The study intervention area groups this park together with Omoa National Park and the Merendón Reserve Zone, forming a subsystem of Protected Areas with an area of 68,411 hectares.

Individuals were captured, identified at the species levels with the use of keys, grouping them by family, subfamily, feeding guild, altitudinal gradient and windward or leeward position to which they belong. Six hundreds (600) individuals in total were captured, with *Centurio senex* being the most abundant of the 49 species identified. The Phyllostomidae family is the most diverse and abundant of the 49 species identified. The 80.5 % are frugivorous and the Phyllostomidae family is the most diverse and abundant. The overall species composition is insignificant (ANOSIM, $R = 0.21$, $P = 0.051$), and the level of dissimilarity present is inconclusive. Of the Twelve-predictor variables, broadleaf forest, coniferous forest and gradient gave the greatest weight in explaining the pattern observed by performing an RDA.

Despite the existence of anthropogenic activities, there are not very large areas of bare vegetation. The presence of patches of vegetation, both continuous and isolated, probably allow a greater opportunity for migration of many species and there are still remnants of natural forest that harbor species that can be considered as indicators of native forest.

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la abundancia y riqueza se ha trabajado en primera instancia a través de inventarios (Silveira *et al.*, 2010), permitiendo detectar sitios, altitudes, zonas de vida, hábitat y otros aspectos relacionados con los lugares de presencia de las especies (Cárdenas *et al.*, 2014). Gracias a ello se conoce que, entre los murciélagos, por ejemplo, el frugívoro *Centurio senex* tiene un rango de tolerancia altitudinal de entre 0 hasta 1943 m (Trujillo *et al.*, 2022), o que *Desmodus rotundus* se localiza desde el nivel del mar hasta los 3600 m en los Andes (Kwon y Gardner, 2008). Estos son algunos ejemplos de la información suministrada por estos tipos de inventarios. De acuerdo con Krebs (1985) la supervivencia se encuentra fuertemente condicionada a diversos factores, tanto intrínsecos como del medio en el cual se encuentran. Estos factores pudieran repercutir en la distribución y abundancia de las especies, creando una distribución heterogénea, influida por la disponibilidad de alimentos, de nichos apropiados, condiciones climáticas, patrones de depredación, competencia intraespecífica, migración y adaptación, entre otras.

En el presente estudio, se trabajó con la información recopilada en 12 sitios de la Sierra de Omoa, región Norte de Honduras que agrupa tres áreas protegidas de diversas categorías de manejo, con un amplio gradiente altitudinal y con dos posiciones al impacto de los vientos. Se usaron una serie de estimadores para comparar la abundancia observada (la que se captura en los muestreos a realizar) con la abundancia esperada (la que se estima esté presente en un área particular). Tales como Chao 1 (Pineda-López, 2019), Jackknife 1 (Bautista-Hernández *et al.*, 2013) y Bootstrap con el propósito de poseer un promedio entre las tres mediciones (Dogmo *et al.*, 2020). Las curvas de rarefacción o curvas de rango-abundancia nos permiten observar las especies dominantes por gradiente (López-Mejía, 2017).

Existen muchas variables para considerar en estudios sistemáticos o ecológicos, estas pueden ser de tipo morfológico (características externas o internas), o fisiológicas, químicas, ecológicas (como hábitat, interacciones bióticas, alimentación, fenología, especies y comportamiento), geográficas (patrones de distribución, relación entre poblaciones, ambientales) o genéticas (cromosomas, secuencias de ADN/ARN o secuencias de aminoácidos) de acuerdo con Palacio *et al.* (2020).

Desde mediados de los 1960, pero con un desarrollo más amplio durante la década de 1970, se ha abordado el análisis multivariado como herramienta de análisis en la sistemática y

ecología (Rodríguez, 2007). El objetivo esencial de los análisis multivariados se centra en estudiar una serie de variables que se han medido en una población, siendo particularmente uno de sus propósitos lograr resumir un conjunto de variables en pocas variables que den explicación del fenómeno existente con la menor pérdida de información posible de las variables originales (Peña, 2002). En nuestro caso, al tener acceso a una gama amplia de variables, es apropiado poder resumir estas y determinar cuáles son las que más peso poseen para explicar la realidad presente en el área de estudio.

Existe hoy en día, una adopción más generalizada en el uso del análisis multivariado para estudiar los ensamblajes de murciélagos. Ejemplo de ello podemos referirnos a Frick *et al.* (2019) que identifican una explicación integral sobre las amenazas existentes (variables) para los murciélagos. Mientras que Atagana *et al.* (2021) contrastaron el comportamiento de las poblaciones de murciélagos en cuatro tipos de hábitat (variables) o en el caso de Bolívar-Cimé *et al.* (2013) donde evalúan el efecto de una serie de estructuras boscosas (variables) sobre los patrones de riqueza de los murciélagos.

La Sierra de Omoa es un macizo montañoso que parte desde la región occidental del país hasta profundizarse en las aguas del Caribe hondureño (Figura 1). El área de este estudio en particular se concentra en una porción de esta cadena montañosa presentando diferencias significativas en sus características ambientales, tales como: amplio gradiente altitudinal, rangos de precipitación y temperatura diferenciada, usos de suelo variables, red hídrica segmentada, efecto de la humedad de acuerdo con la cara en la que los vientos ejercen su efecto entre otras. Las cuales de forma aislada o conjunta pueden tener un efecto sobre la distribución y abundancia de las comunidades de murciélagos. Al tener el área parches de hábitat que en su interior están ocupados por muchos individuos de diferentes especies, el enfoque del presente estudio se da a escala local (Cueto, 2016).

El estudio ha considerado información colectada por Operación Wallacea (organización que estudia la biodiversidad y el clima con sede en Reino Unido) en el Parque Nacional Cusuco (PANACU) que incluye las porciones más elevadas de la Sierra, colindante con el área donde se establecieron nuevos sitios que alimentaron los datos originales del área de estudio. Por tal motivo se plantea la siguiente interrogante ¿Cuáles variables tendrán mayor efecto sobre la

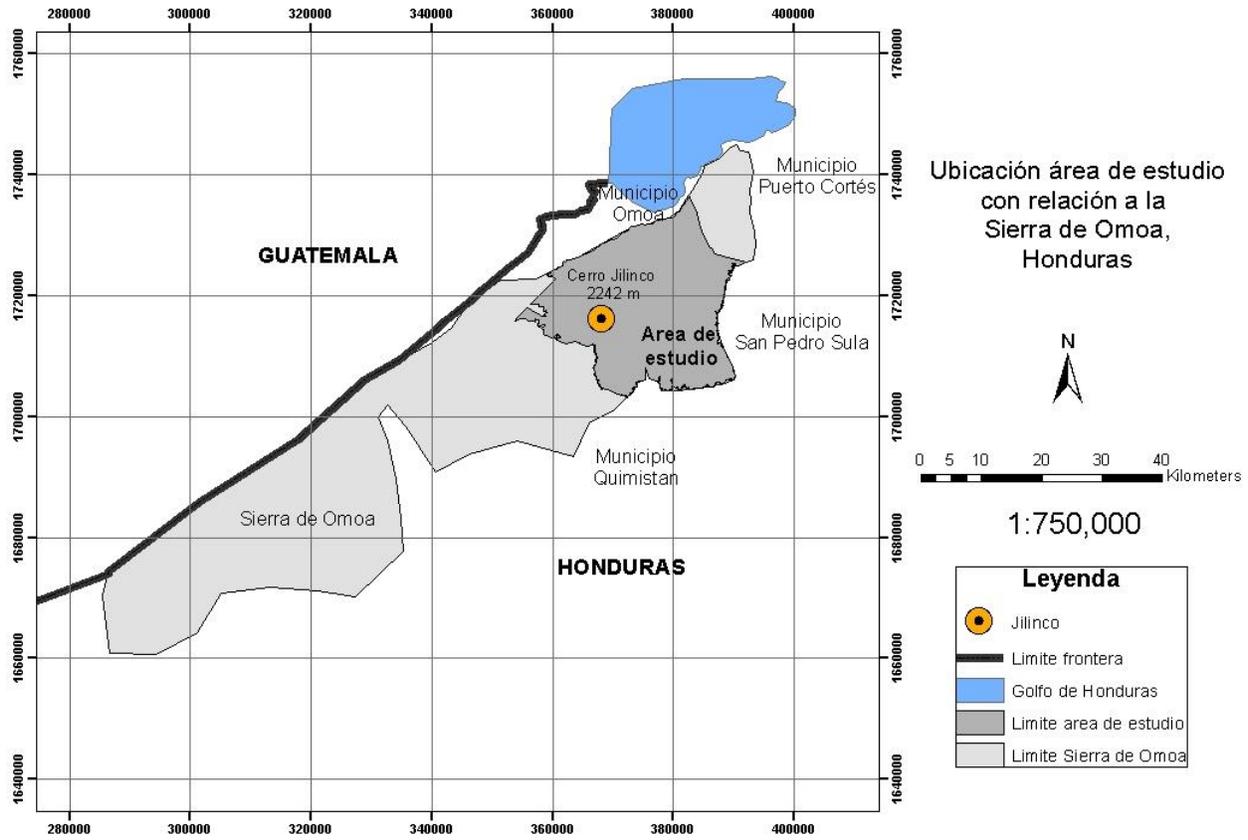


Figura 1. Ubicación del área de estudio conforme a la Sierra de Omoa, Honduras.

abundancia y riqueza de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa en Honduras? El área de estudio presenta una amplia heterogeneidad del paisaje, que a pesar de la existencia de una amplia gama de actividades antrópicas, la pérdida de cobertura boscosa no se da en áreas tan amplias, existiendo remanentes de bosque prácticamente colindantes con las áreas productivas, aunado a las características particulares de clima por efectos de fenómenos tanto tropicales como extra tropicales y el comportamiento orográfico del macizo montañoso podemos esperar comportamientos de la comunidad de murciélagos presentes, bajo dos hipótesis. La primera se plantea en el sentido de que la comunidad de murciélagos de la Sierra de Omoa presenta un patrón modal en cuanto a la riqueza, mientras que la segunda plantea que la comunidad de murciélagos presenta una mayor riqueza y abundancia en la posición a barlovento que ha sotavento.

Derivado a que las especies de murciélagos presentes en una comunidad responden de manera diferente a estas condiciones climáticas: en este caso, se señalan tres aspectos que

pueden jugar un papel importante para la adaptación ante estas modificaciones. Primero, las especies de menor tamaño pueden mostrar una mayor tolerancia a ambientes más fríos y tener mejores oportunidades para desplazarse a otras áreas, en contraste a aquellas de mayor tamaño (Humphries *et al.*, 2002). Segundo, las especies de hábito frugívoro tienen mayores oportunidades de adaptación sobre los otros hábitos alimenticios, por tener mayor disponibilidad de recursos alimenticios, en especial en áreas donde también se localizan actividades antrópicas (Ferreyra-García *et al.*, 2018) y tercero, la heterotermia en el caso particular de los murciélagos es lo que les ayuda a controlar el gasto energético, presentándose también en especies que se localizan en regiones cálidas.

CAPÍTULO I

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Diversificación evolutiva de los murciélagos Neotropicales

Los orígenes de los murciélagos se remontan hasta hace unos 65 millones de años (Ma), durante el cretácico tardío o paleoceno temprano, sufriendo una rápida radiación en el Eoceno (Tsagkogeorga *et al.*, 2013). Esta diversificación esta históricamente relacionada con la conexión que existía entre Sudamérica y África a través de la Antártida y la existente entre Eurasia con Norteamérica a través del estrecho de Bering (Parreira *et al.*, 2018). Suramérica fue sumamente importante para el surgimiento de los murciélagos neotropicales exclusivos de esta región, gracias al levantamiento de los Andes que modificó fuertemente las condiciones originales de la región suramericana, provocando la aparición de una barrera geográfica muy importante que generó un proceso de especiación y de este punto potenció una dispersión hacia el Centro y Norteamérica (Rojas *et al.*, 2016). Sin embargo, en el caso de las Antillas Menores que surgieron hace unos 20 Ma a consecuencia de la actividad volcánica, nunca unidas entre si (Pindell, 1994; Donnelly, 1988; Bender *et al.*, 1979) fue diferente al estar distanciadas por estrechos oceánicos que formaron barreras que limitan la dispersión (Koopman, 1977). Debido a la ausencia de conectividad de estas islas, la dispersión se presentó de manera accidental, provocada por el efecto de los huracanes y tormentas que azotan la región para crear el traslado de algunas especies entre las islas (Pedersen *et al.*, 1996; Pedersen, 1998).

En cambio las Antillas Mayores más antiguas que las Antillas Menores, datan del tiempo en el cuál Norteamérica y Suramérica estaban separadas hace unos 170 Ma con muchas de las islas que en un momento estuvieron unidas entre sí durante el Eoceno (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999; Kerr *et al.*, 1999; Pindell y Barrett, 1990), muchos millones de años posteriores las islas estaban completamente separadas entre sí, surgiendo una disminución de agua del mar de entre 100 a 150 metros durante el Plioceno/Pleistoceno tardío (2,4 Ma) exponiendo masas terrestres desde Yucatán y Florida hasta Cuba y desde Nicaragua hasta Cuba y Jamaica (Bagley y Johnson, 2014; Griffiths y Klingener, 1998), lo que pudo haber facilitado la dispersión de especies desde el área continental a estas islas y luego el salto entre ellas (Loureiro *et al.*, 2021).

La diversificación de los murciélagos neotropicales ha tratado de ser explicada mediante una serie de mecanismos, considerando las consecuencias derivadas del cambio climático cuaternario (Hooghiemstra y van der Hammen, 1998), fuerzas geomorfológicas (Mayle, 2004), aspectos paleoecológicos (Porto *et al.*, 2013) y biogeográficos (Poelchau y Hamrick, 2013), mientras que Rojas *et al.* (2016) refieren otros mecanismos como eventos de vicarianza derivado del resultado del tectonismo y el cambio de hábitat durante el período pre-cuaternario. Actualmente existen 7 superfamilias de murciélagos en todo el mundo; Emballonuroidea, Molossoidea, Nataloidea, Noctilionoidea, Vespertilionoidea, Rhinolophoidea y Rhinopomatoidea (Macdonald, 1984).

La superfamilia noctilionoidea agrupa a 7 familias (Flores y Chumacero, 2010) siendo la familia Phyllostomidae la más diversa del Neotrópico (Fleming y Kress, 2013) incluyendo también a las familias Thyropteridae, Furipteridae, Noctilionidae y Mormoopidae exclusivas de esta región (figura 1.1), las restantes dos familias pertenecen al Viejo Mundo como son Myzopodidae (restringida a África y Madagascar) y Mystacinidae (limitado a Australia y Nueva Zelanda). De acuerdo con Gunnel *et al.* (2014) la superfamilia Noctilionoidea tiene ancestros provenientes de África y de Australia, lo que hace pensar un origen gondwanico para esta superfamilia. Hoy en día estas familias se agrupan en dos grandes subórdenes (Teeling *et al.*, 2005); Yinpterochiroptera (que agrupa a los murciélagos del viejo mundo y algunas familias del nuevo mundo), anteriormente llamados Megaquiropteros y los Yangochiroptera (agrupa a la mayoría de los murciélagos existentes en la actualidad) llamados anteriormente Microquirópteros (Torres-Flores y Guevara-Chumacero, 2010).

En la actualidad se presentan un total de 1395 especies de murciélagos (Frick *et al.*, 2019), siendo el segundo grupo de mamíferos más numeroso, superado solamente por los roedores (York *et al.*, 2019). Los murciélagos adquieren importancia al proveer de diversos servicios ecosistémicos, tales como la polinización, dispersión de semillas y la depredación de insectos (Sánchez-Barrera, 2020). Para Anteliz-Pallares *et al.* (2021) son importantes para el mantenimiento de la composición de especies vegetales en los bosques, donde junto a las aves promueven una amplia dispersión de semillas, en especial de aquellas especies pioneras en los procesos de sucesión vegetal y restauración de ecosistemas degradados (Galindo-González *et al.*, 2000; Medellín y Gaona, 1999).

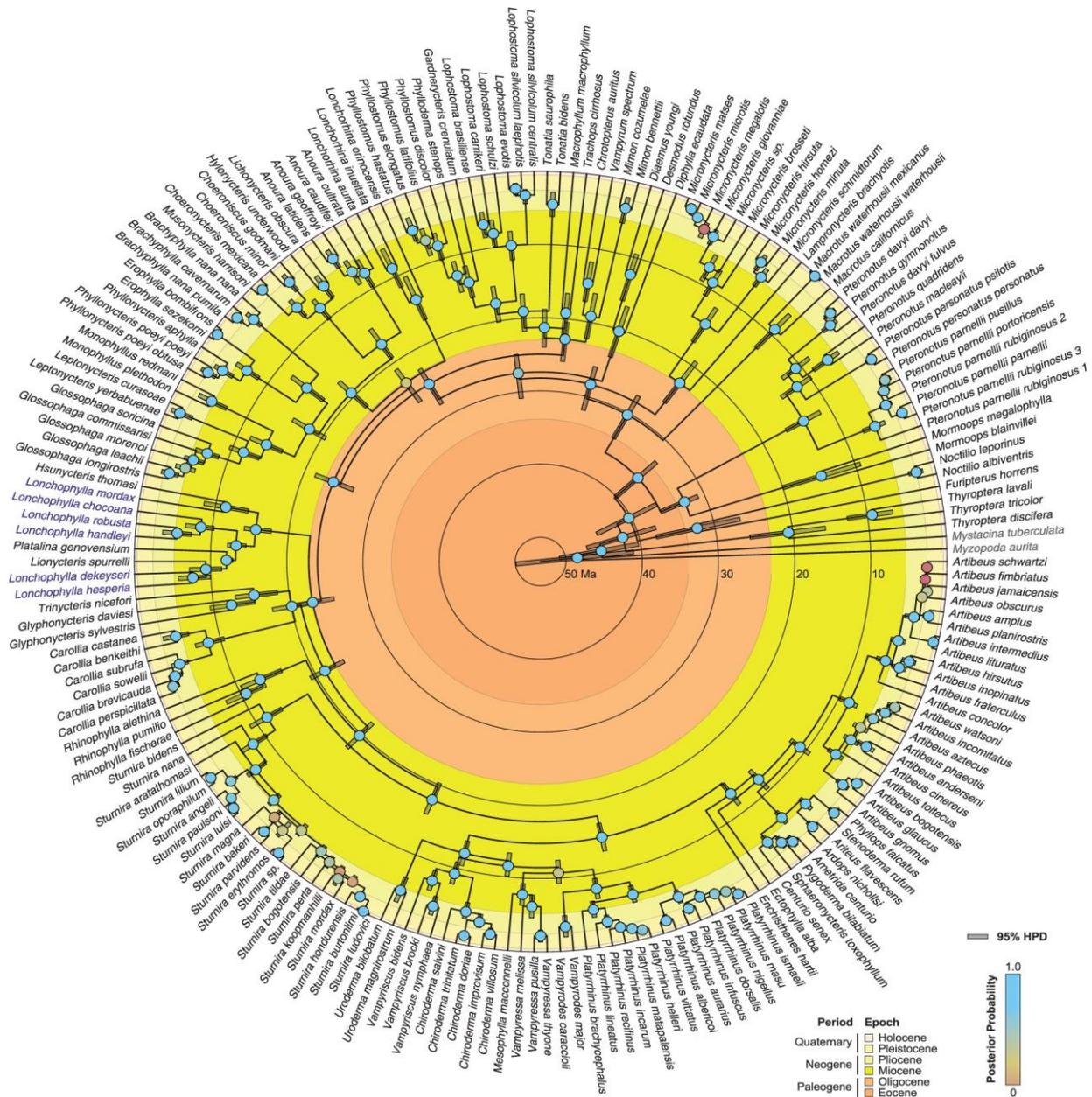


Figura 1.1. Filogenia de inferencia bayesiana de Noctilionoidea del Nuevo Mundo. Basado en Rojas et al (2016), basado en secuencias nucleares no codificantes y las secuencias de ARN ribosómico mitocondrial). Entiéndase Ma (Millones de años).

Para el Neotrópico, Solari y Martínez-Arias (2014) indicaron la presencia de al menos 380 especies, pertenecientes a 9 familias, pero en la última actualización realizada por Diaz *et al.* (2021) se reportan 450 especies de murciélagos, distribuidos siempre en 9 familias, siendo la familia Phyllostomidae la más diversa de todas con 226 especies (50.22 % del total). Tal como sucede con todas las especies, estas están condicionadas por diversos factores que limitan su distribución y abundancia (Krebs, 1985). En la figura 1.2 se presenta la diversidad de murciélagos neotropicales por familia.

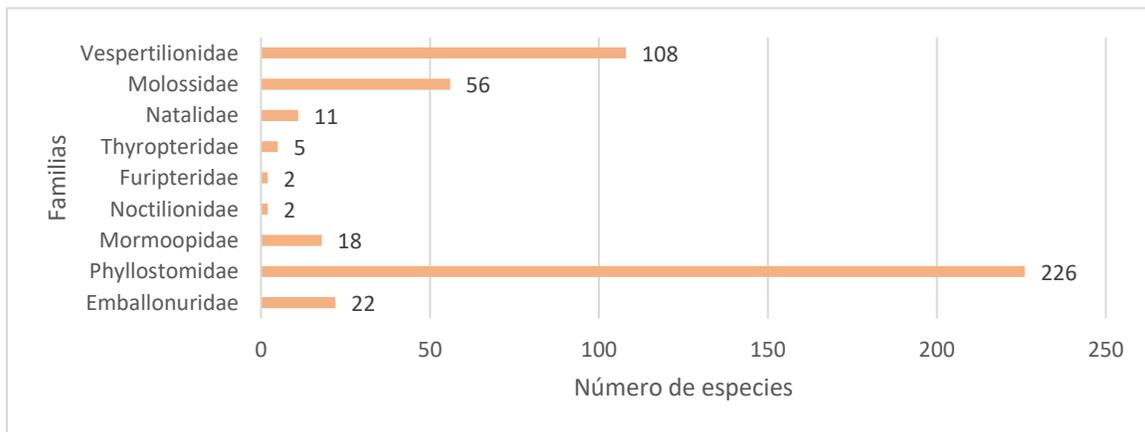


Figura 1.2. Diversidad de murciélagos neotropicales por familia (elaboración propia con datos de Diaz et al. (2021)).

Esta diversidad no está distribuida de manera uniforme en las diversas subregiones del Neotrópico y en cada uno de los espacios territoriales (países). Para la subregión de Norteamérica, México como único país con representación de parte de su territorio dentro del Neotrópico posee 141 especies reportadas y 2 especies probables. En la subregión de Centroamérica, Costa Rica presenta la mayor diversidad con 117 especies, mientras que, en la subregión de las Antillas Mayores, Cuba lidera con 26 especies. En contraste la mayor diversidad en las Antillas Menores la posee Granada con 15 especies. Las islas dependientes de los Países Bajos la mayor diversidad recae en Bonaire con 10 especies, mientras que, en los territorios insulares dependientes del Reino Unido, Monserrat es la que reporta 11 especies y una como probable. De los territorios insulares dependientes de Francia el líder es Guadalupe con 13 especies y una probable, mientras que entre los que dependen de Estados Unidos de América el más rico en especies es Bahamas con 9 especies y una probable. En la subregión de Sudamérica, Colombia es la más diversa con 217 especies y 4 probables. Posicionando a

Perú, Ecuador y Brasil en segundo, tercer y cuarto lugar respectivamente. En la figura 1.3 se ilustra la distribución de estas especies por país basado en Diaz *et al.* (2021).

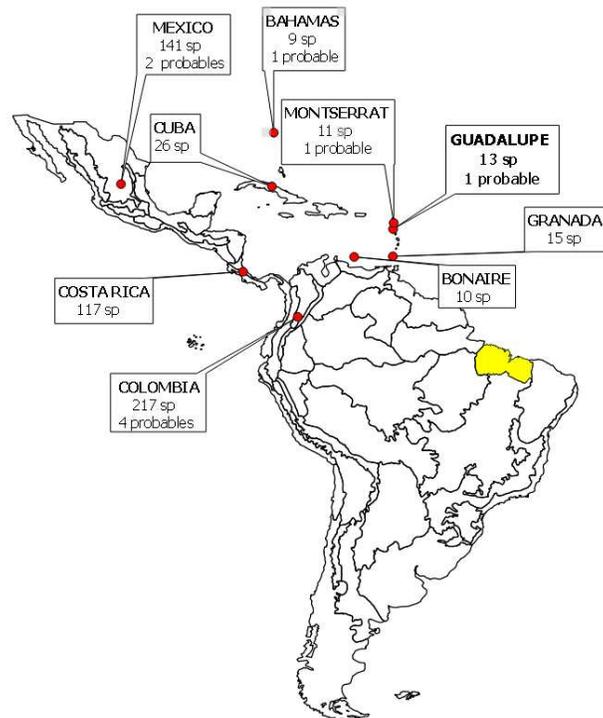


Figura 1.3. Países en cada subregión donde se reportan las mayores tasas de diversidad en el neotrópico, elaboración propia basado en Diaz *et al.* (2021).

1.1.2. Factores que condicionan la riqueza y abundancia de las comunidades de murciélagos

La presencia de un organismo o de un grupo de organismos depende de un conjunto de factores (Odum, 1972). Por ejemplo, la distribución y abundancia de las especies está limitada por factores como la temperatura y precipitación, de igual manera por la disponibilidad de recursos en un área en particular (Krebs, 1995). En el caso de los murciélagos, uno de los aspectos a considerar es el microclima y los micronichos, especialmente de perchas y áreas de refugio, donde la temperatura y humedad juegan un papel importante para definir la asociación de las especies en un sitio (Rodríguez-Durán y Soto-Centeno, 2002), en otros casos miembros de la familia Vespertilionidae tienen a establecer un recambio de especies a altas altitudes, mientras que los pertenecientes a la familia Phyllostomidae tienden a decaer en número bajo este mismo escenario (Castilla *et al.*, 2020).

Todas las especies responden de diferente manera a factores tanto intrínsecos como extrínsecos, en el caso particular de los murciélagos, la respuesta varía de acuerdo con diversos factores. Muñoz-Romo *et al.* (2012) establecen que la disponibilidad de alimento y la reproducción son los fundamentales; con relación a la reproducción, el hecho de contar con mayor longevidad, crías más pequeñas y madurez sexual tardía les da una ventaja competitiva sobre otros mamíferos de similar tamaño (Barclay, 2003). Mientras que, para Durant *et al.* (2013) y Mello *et al.* (2009), el refugio, la temperatura y la precipitación serían los de mayor efecto sobre la respuesta de los murciélagos.

Factores extrínsecos como la elección de un sitio para descanso diurno como cuevas en lugar de posarse sobre follaje que puede exponerlo más a la depredación o mantenerse en grupos grandes que les puede permitir tener mejores oportunidades de vigilancia (Langwig *et al.*, 2012). También los recursos dietarios pueden condicionar la exposición a depredación, tal es el caso de que los recursos alimenticios sean estacionarios o predecibles o móviles que requerirían ser cazados y capturados (Biagi *et al.*, 2016; Ottaviani *et al.*, 2011). Son factores que han permitido a los murciélagos presentar una mayor longevidad en comparación con mamíferos de similares proporciones.

1.1.3. Distribución y abundancia de las comunidades de los murciélagos en un gradiente altitudinal

La distribución de las especies de murciélagos puede darse bajo diferentes patrones, para McCain (2007) las condiciones locales influyen en la distribución de la diversidad. En el caso de aquellas regiones donde las tierras bajas son húmedas tiende a presentar el patrón clinal (la riqueza es mayor a bajas altitudes y disminuye conforme la altitud se incrementa), señalado también por Arias-Aguilar *et al.*, (2020); Dongmo *et al.*, (2020); Patterson *et al.*, (1996). Caso contrario a regiones donde las áreas bajas son áridas o con características secas el patrón a observarse comúnmente es el patrón modal (la riqueza es mayor a altitudes intermedias que en las bajas) señalado también por Dongmo *et al.*, (2020); Morales-Martínez y Díaz (2020). Sin embargo, existen algunos casos donde el efecto de la orografía juega un papel crucial en la distribución de la diversidad, provocando que las condiciones de humedad se incrementen con la altura, en este caso de presentarse especies con diferentes amplitudes geográficas o ecológicas dentro del gradiente limitado puede causar una mayor concentración de riqueza en la parte media, considerándose así la presencia del “Efecto de Dominio Medio” (MDE, siglas en inglés) de acuerdo a lo planteado por Colwell *et al.* (2004).

El MDE es un modelo nulo que excluye cualquier efecto de los gradientes espaciales en la distribución de los rangos de las especies al interior de un dominio geográfico (tales como los gradientes climáticos o fisiográficos). En este sentido al excluir estos componentes, se asume que cualquier especie puede tener la capacidad de extenderse a lo largo del dominio del gradiente. Para este caso un gradiente, como lo definen Willig y Presley (2013), es un cambio gradual de la biodiversidad con un cambio gradual de la altitud, condicionadas por una amplia gama de factores tanto abióticos como bióticos. Las condiciones climáticas tienen un efecto importante o aquellas relacionadas con características propias de las especies como las medidas craneales, dureza de las presas o envergadura de las alas (Stevens *et al.*, 2006).

Las comunidades naturales de murciélagos son afectados de diversa manera por el gradiente altitudinal, los de hábito insectívoro (como la familia Vespertilionidae) tienden a ser más abundantes en elevaciones altas, contrario a la mayoría de especies que tienden a declinar conforme la altitud se incrementa (Falta y Van Den Bussche, 2010) mostrando diferentes niveles de respuesta. En el caso de los murciélagos del sotobosque, estos son afectados negativamente conforme se incrementa la elevación, particularmente por la estructura de la vegetación, diversidad y disponibilidad de alimentos (Avilla-Cabadilla *et al.*, 2012; Estrada-Villegas *et al.*, 2012; Vleut *et al.*, 2012; Muller *et al.*, 2012), mientras que las especies de espacios abiertos no muestran alteración significativa a medida que la elevación incrementa (Mancini *et al.*, 2019).

1.1.4. Efectos de la fragmentación sobre la riqueza y abundancia de las comunidades de murciélagos

Sin embargo, los quirópteros están sometidos a una serie de amenazas antrópicas como la fragmentación y deterioro del hábitat, consideradas como causas muy importantes del declive de las poblaciones de acuerdo con Wainwright (2008). Los murciélagos frugívoros del dosel y del sotobosque consideradas como especies generalistas, son menos susceptibles a ser afectadas a la transformación de los espacios naturales, facilitado por la oportunidad de explotar recursos ya sea en bosque continuo como en áreas intervenidas (Klingbeil y Willig, 2009; Medellín *et al.*, 2007; Laurence, 1991). Aquellas especies con hábito carnívoro y en algunos casos nectarívoros que poseen poca movilidad, prefieren áreas de bosque continuo que espacios abiertos (Meyer *et al.*, 2008; Fenton *et al.*, 1992).

Los murciélagos del sotobosque (mayormente frugívoros) presentan un patrón que obedece en gran parte al hecho que los murciélagos frugívoros en el ámbito tropical presentan dos tipos de estrategias de búsqueda de alimento (Dumont, 2003), la primera - Steady State - son aquellos que se alimentan de plantas con producción constante y la segunda - Bing Bang - son especies que se alimentan de plantas que producen flores o frutos de manera abundante y esporádica o concentrada en una época corta (Dumont, 2003; Gentry, 1974).

Mientras tanto las especies insectívoras se agrupan en las familias Molossidae, Vespertilionidae, Emballonuridae, Thyropteridae, Furipteridae, Natalidae y Mormoopidae, caracterizadas en gran parte por la altura del vuelo que ejercen (Bejarano-Bonilla *et al.*, 2007). Muchas frecuentando desplazamientos en la parte media - alta del dosel, permitiendo que la capacidad de alimentación se presenta en un área de mayor tamaño en busca de este alimento. Sin embargo, Alvarado (2019) señala que la familia Phyllostomidae posee limitantes para poder desplazarse a altitudes mayores a los 2,500 m, no así en el caso de los Vespertiliónidos que son favorecidos por grandes altitudes, derivado de la historia evolutiva de este grupo en particular (Arita *et al.*, 2014).

Ejemplo de ello son los resultados obtenidos por Placencia-Vasquez *et al.* (2017), en la selva inundable del sureste de México, donde encontraron que en áreas con perturbación la abundancia de murciélagos frugívoros era más abundante que en áreas boscosas, posiblemente por la abundancia de recursos alimenticios adicionales a los presentados en ambientes naturales, promoviendo un proceso de dispersión de semillas por estos murciélagos en estas áreas.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende parte de la porción nor-occidente del país (Figura 1). Forma parte de la Región del Golfo de Honduras que se comparte con Guatemala y Belice. El gradiente altitudinal existente en esta área parte desde el nivel del mar hasta la altura máxima de toda la Sierra de Omoa que recae en el llamado Cerro Jilincó a 2,242 m.

El territorio incluye tres áreas protegidas (AP) colindantes entre sí, formando un subsistema de AP. Estas AP's responden al Parque Nacional Cusuco, Parque Nacional Omoa y Zona de Reserva del Merendón, esta última bajo la categoría de zona productora de agua. Posee una extensión de 68,411 hectáreas. En su interior (menor a 400 m) se localizan más de

un centenar de comunidades de ámbito rural, donde sus actividades productivas varían desde aquellas vinculadas con el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*; Jacq. 1897) y cacao (*Theobroma cacao*; L.) en la parte baja, hasta más o menos los 300 o 400 m, también encontrándose esta última en algunas parcelas en la parte intermedia (400 a 1500 m) encontrando pequeñas áreas de pasto particularmente para la alimentación de mulas o animales de carga. Por encima de los 900 m el cultivo de café es frecuente y el de hortalizas y flores, entre los 1300 a 1500 m. En la parte alta (mayor a los 1500 m) es frecuente encontrar abundante bosque latifoliado a barlovento, mientras que sotavento, se caracteriza en diferentes conformaciones vegetales que van del bosque de roble, roble-pino, pino, pino-liquidámbar y pino-latifoliado de altura desde los 200 m hasta los 2242 m.

La pendiente de la zona se caracteriza por ser de moderada a fuerte en casi toda el área, con escasas porciones de pendiente suave, esto hace, que, junto con el tipo de suelo existente, el área sea susceptible a derrumbes producto de la lluvia. Los regímenes de precipitación varían desde los 3,500 mm al año en años lluviosos a cerca de los 2,000 mm en años secos. Se muestrearon un total de 14 sitios de los cuales 9 de ellos son producto de OPWALL y 5 son propios del presente estudio.

1.3. JUSTIFICACION

A nivel centroamericano Costa Rica lidera el estudio del grupo de quirópteros (Noguera-Urbano y Escalante, 2014). En Honduras el estudio de los mamíferos, que compone el 12.91 % de las especies reportadas (DIBIO, 2017) se ha concentrado más en los macromamíferos (felinos, por ejemplo), no así los micromamíferos que han sido relegados a un segundo plano, siendo más evidente el rezago en los quirópteros a pesar de que este grupo representa más de la mitad de los mamíferos reportados para el país (Mora, 2016).

El Programa de Conservación de Murciélagos de Honduras (PCMH) ha desarrollado un trabajo consistente con la realización de conteos en diversas partes del país. Sin embargo, estos conteos se han centrado en las regiones central y parte del occidente del país, careciendo de conteos en la región norte, incluyendo la Sierra de Omoa. Particularmente desde el año 2000, Operación Wallacea (OPWALL) ha estado realizando un proceso sistemático de monitoreo de la biodiversidad, incluyendo murciélagos. Este monitoreo se ha centrado en el Parque Nacional Cusuco (PANACU) y un sitio en el Parque Nacional Omoa, más no así de la Zona de la Reserva del Merendón.

En Honduras el uso de análisis multivariados para entender aspectos ecológicos como la diversificación o distribución en ensamblajes de mamíferos, y en particular los murciélagos, ha sido poco atendido. La mayoría de los estudios se centran en identificar taxonómicamente las especies presentes en un espacio y tiempo definidos, tal como sucede con el Programa de Conservación de Murciélagos de Honduras. En los últimos años, han realizado algunos estudios, aunque limitados, como es el caso de Turcios-Casco *et al.* (2021), quienes resaltaron el efecto de la elevación como agente condicionante en la diversidad de los murciélagos especialmente de la familia Phyllostomidae. En el Parque Nacional Cusuco, Medina-Van Berkum *et al.* (2021) señalan que existe una correlación de los ectoparásitos encontrados en los murciélagos con relación a la altitud y entre áreas boscosas y abiertas, sujetas a intervención humana. Más allá de estos últimos estudios, no se evidencian trabajos que muestren el uso de estas técnicas multivariadas en el análisis de las comunidades de murciélagos.

Ante la escasa investigación en este grupo de quirópteros, para comprender el comportamiento de la distribución y abundancia de murciélagos en Honduras, es necesario desarrollar procesos multivariados que permitan demostrar los efectos de diversas variables como una forma de dar explicaciones de los fenómenos presentes.

1.3.1. Pregunta de Investigación

¿Qué variables serán determinantes de la abundancia y riqueza de especies de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa, Honduras?

1.3.2. Objetivo General

Evaluar la distribución de la diversidad y abundancia de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa, Honduras.

1.3.3. Objetivos Específicos

- Caracterizar el paisaje local midiendo variables por el tipo de hábitat, especies y ambientales de tipo geográfico.
- Identificar las variables que más peso tienen en la explicación de la composición de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa.

1.1.4. Hipótesis

Los patrones de distribución de las comunidades de murciélagos están condicionados por varios factores, entre ellos la precipitación, temperatura y humedad. Se ha señalado que en áreas donde la base del macizo montañoso es árida la diversidad tiende a concentrarse en la parte media del gradiente. En contraste, en aquellas donde la base de las montañas está dominada por alta disponibilidad de recursos hídricos, la diversidad tiende a ser mayor en las partes bajas.

La heterogeneidad del paisaje puede ejercer influencia en estos patrones, derivado por la disponibilidad de recursos que pueden ser más abundantes en ciertos pisos del gradiente. Pero también la barrera climática por efecto de las bajas temperaturas en las partes más altas puede minimizar la abundancia de recursos en el área de estudio. Por tanto, se presenta la siguiente predicción:

Predicción: Una mayor abundancia de recursos en la parte altitudinal media, permite una distribución de tipo modal de la comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa.

La Sierra de Omoa presenta dos caras con relación a la posición geográfica al choque de los vientos: cara norte más húmeda (barlovento) y la cara sur menos húmeda (sotavento), en ambas caras se reflejan diferencias en cuanto a la conformación vegetativa. Mientras a barlovento es mayormente bosque latifoliado, en sotavento la estructura vegetal está dominada en gran parte por bosque de conífera o mixto. Estas diferentes estructuras de vegetación pueden condicionar la riqueza y abundancia de las especies por lo tanto se llega a la siguiente predicción.

Predicción: La comunidad de murciélagos en la Sierra de Omoa, presenta una mayor riqueza y abundancia en la posición a barlovento que a sotavento.

CAPÍTULO II

2.1. METODOLOGIA

2.1.1. Captura de ejemplares

Se ubicaron 12 sitios, de los cuales siete de ellos son los que ya Operación Wallacea estuvo monitoreando durante varios años, cinco nuevos sitios se han identificado de acuerdo con la facilidad de acceso y seguridad de pernoctar durante las horas nocturnas, estas nuevas ubicaciones se catalogaron con la finalidad de ampliar la cobertura geográfica de los siete. Estos nuevos sitios se evaluaron durante dos noches continuas, cambiando cada dos noches la ubicación de las redes dentro del mismo sitio para evitar el aprendizaje de los individuos a la ubicación de las redes (Bracamonte, 2018), evitando colocarlas durante los días de luna llena para evitar el fenómeno conocido como “Fobia lunar” (Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas 2013), cada red se distanció de la otra 20 ó 25 m, colocadas sobre senderos, orilla de cauces superficiales o áreas abiertas dentro del bosque, tratando de identificar sitios que potencialmente pudieran ser áreas de paso.

Se usaron 2-3 redes de neblina de 12 x 2.5 metros, para asemejar el esfuerzo usado por Silva *et al.* (2019); Garcés *et al.* (2016); Lavariega y Briones-Salas (2016). Se efectuó un esfuerzo de muestreo de 240 m² horas-red (para los sitios Berklin, Gallito, Campamento e Hidroeléctrica) y 60 m² horas-red (sitio Pinos) todos estos sitios al interior de la Zona de reserva del Merendón, llegando a sumar un total de 1,020 m² horas red. Las redes se abrieron por espacio de 5 horas (desde las 18:00 h hasta las 23:00 h) de acuerdo con lo referido por Ferro-Muñoz *et al.* (2018). Las redes fueron revisadas cada 30 minutos para evitar la hipotermia o el enredo excesivo de los individuos capturados (Figura 2.1).



Figura 2.1. Colocación de redes en diversos sectores. Foto propia.

2.1.2. Identificación de Individuos.

La identificación se realizó mediante el uso de diversas claves (Medellín *et al.*, 2007; Medina-Fitoria, 2014; Díaz *et al.*, 2016; Mora, 2016; York *et al.*, 2019). Ver figura 2.2.



Figura 2.2. Identificación de especímenes. Foto propia.

2.1.3. Sitios de estudio

En la tabla 2.1 se muestran las altitudes de cada sitio muestreado con sus respectivas coordenadas. Esta información permitió agrupar por rangos los diferentes sitios, partiendo desde nivel del mar hasta por encima de los 2 000 m en amplitudes de 500 m cada uno (figura 2.3). También, agruparlos de acuerdo con la disposición del viento (barlovento y sotavento).

Tabla 2.1. Descripción de sitios muestreados, posición al impacto de los vientos y tipo de vegetación presente.

Sitio	Nombre	Altura	Coordenadas		Posición	Bosque	Grupo*
			X	Y			
HI	Hidroeléctrica	285	375937	1725438	Barlovento	Secundario	1
CAMP	Campamento	380	375902	1724658	Barlovento	Secundario	1
PA	Paraíso	315	382264	1733451	Barlovento	Primario	1
CT	Cortesito	1400	361446	1716361	Barlovento	Primario	3
DT	Danto	1591	362438	1717930	Barlovento	Primario	3
AM	Agua Mansa	1630	363921	1717081	Barlovento	Primario	3
CA	Cantiles	1825	366161	1716068	Barlovento	Primario	4
BA	Buenos Aires	850	373594	1713807	Sotavento	Secundario	2
BE	Berklin	921	385265	1715849	Sotavento	Secundario	2
GL	Guanales	1287	370448	1711553	Sotavento	Primario	2
LF	La Fortuna	1395	368066	1711702	Sotavento	Secundario	3
PI	Pinos	1270	379854	1714804	Sotavento	Secundario	3
BC	Base Camp	1572	369963	1713457	Sotavento	Primario	4
GA	Gallito	1520	380132	1715300	Sotavento	Secundario	4

(*) Entiéndase grupo como los diferentes rangos altitudinales, siendo 1 (menor a 500 m), 2 (entre 500-1000 m), 3 (entre 1000-1500 m) y 4 (mayor a 1500 m).

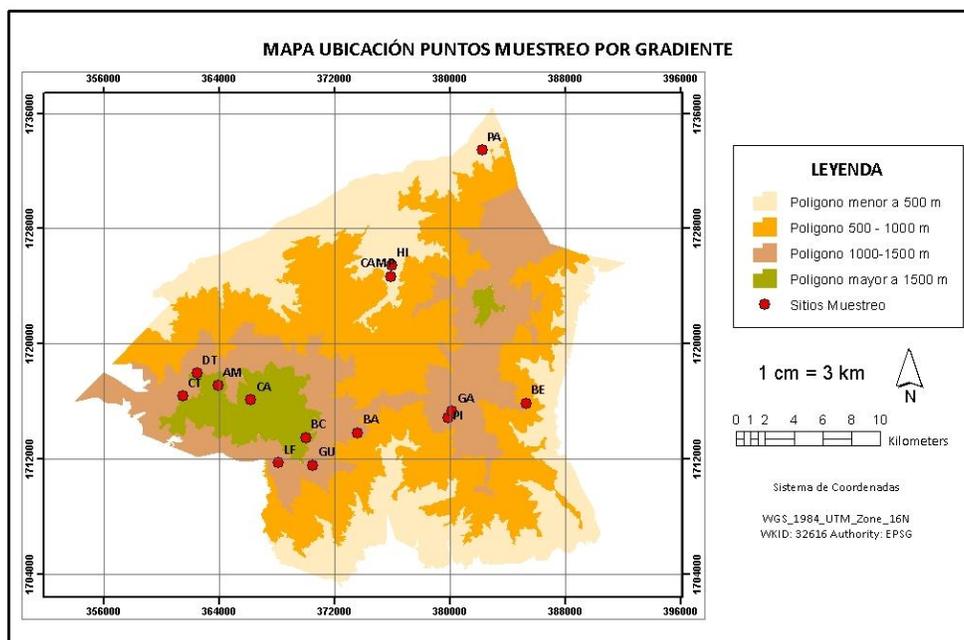


Figura 2.3. Mapa de rangos altitudinales definidos por el estudio y sitios de muestreo.

2.1.4. Análisis Estadístico

La elección de las variables, se agrupan en diferentes tipos de variables. Las variables ecológicas se estimaron bajo el análisis del mapa de forestal del año 2018 en Arc Gis 10.2.2. las variables por especies se estimaron de acuerdo con los datos recabados y colocados en una matriz general de donde se calcularon estos datos usando Excel y las variables geográficas se estimaron creando el mapa de altura por gradiente altitudinal en Arc gis 10.2.2, a continuación, se describen las variables obtenidas.

- *Variables ecológicas*
 - ✓ Por el tipo de hábitat (área de bosque latifoliado, área de bosque de coníferas, área de bosque mixto, área de cafetales, área de vegetación secundaria, área de pastos/cultivos, áreas urbanizadas, recursos hídricos (basado en las fuentes superficiales como ríos o riachuelos) y frutales (áreas dominadas por árboles frutales), estas variables corresponden a variables continuas y calculadas en hectáreas.
 - ✓ Por las especies (herbívoros, sanguívoros, frugívoros, nectarívoros, insectívoros (variables dadas como discretas), abundancia, riqueza (como variables continuas),

especies, familias, subfamilias, especialistas (las que se consideran poseen una alimentación especial o en su defecto son sujetas a permanecer en un tipo de hábitat en particular), generalistas (pueden tener una mayor amplitud de ofertas alimenticias, no dependen de un alimento o hábitat en particular), dadas como variables continuas y calculadas como el número de individuos.

- *Variables geográficas*
 - ✓ De tipo ambiental (elevación, dado en metros y de posición (barlovento, sotavento) dadas como variables continuas.

2.1.4.1. Elaboración de matrices de datos

Para procesar la información, los datos capturados se colocaron en dos matrices básicas de datos (MBD) convirtiéndolas en archivos con extensión .CSV para poder ser analizados en R versión 4.2.1. Una de las matrices conteniendo especies observadas por cada sitio y por cada rango altitudinal, la otra matriz considerando los gradientes altitudinales con relación a las variables de uso del suelo como variables explicativas. Los gradientes altitudinales se definieron en amplitudes de 500 m (figura 8). Los valores de uso del suelo surgen del mapa forestal de Honduras del 2018, del cual se agruparon los 28 tipos de uso definidos originalmente a nueve (bosque latifoliado, bosque de coníferas, bosque mixto, urbanización, pastos, recursos hídricos, cafetales, frutales y vegetación secundaria) considerando que tanto detalle no era necesario para el presente estudio.

2.1.4.2. Identificación de Comunidad de Murciélagos

Se listaron las especies observadas, agrupadas por familia y subfamilia, contrastadas al número de especímenes de cada una de ellas por cada rango altitudinal. Se identificó la riqueza de cada uno de estos rangos, como también de la abundancia y gremio alimenticio al cual pertenece cada una de las especies observadas, esta última obtenida de acuerdo con la información ya conocida. Se calculó el índice de biodiversidad de Shannon, el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Laura, 2006). Este índice se expresa mediante la fórmula:

$$H = - \sum_{s=1}^s \pi_i \ln \pi_i$$

Para facilitar procesos estadísticos posteriores se abrevian los nombres de las especies de murciélagos capturados para facilitar su reconocimiento en los análisis posteriores (tabla 2).

Las curvas de rango abundancia se realizaron usando el programa GraphPad Prism versión 9. La riqueza de especies se realizó mediante el programa EstimateS versión 2.3.4, considerando tres estimadores (Chao1, Jackknife 1 y Bootstrap), los cuales se promediaron para tener mayor certeza de la riqueza esperada, debido que en cada uno de ellos existen discrepancias en cuanto a la confianza del valor dado (Pineda-López, 2019) contrastarlo con la observada en el estudio, también usado por Dogmo *et al.* (2020); Giberto *et al.* (2015). Estos estimadores se calcularon tanto a barlovento como sotavento para identificar la presencia de diferencias en cuanto a la riqueza esperada.

2.1.4.3. Construcción de un RDA

El RDA (análisis de redundancias), fue realizado en el software R versión 4.1.0, apoyándose en el uso del paquete *vegan*. las dos matrices se importaron a r, en archivos .csv. Los datos biológicos (especies) se estandarizaron usando el comando `decostand()`, mediante el método de Hellinger el cual permite asignar una distancia euclideana a los datos.

Para realizar el RDA, se creó un modelo nulo que considero solamente las especies, excluyendo las variables predictoras. Luego se creó un modelo saturado donde se consideraban las variables predictoras en el análisis. En este caso el RDA estableció que existen variables predictoras que eran redundantes, lo cual en el cálculo realizó automáticamente una corrección de estas colinealidades existentes. Una vez realizado esta segunda etapa, se procedió a realizar un modelo simplificado mediante la utilización del comando `ordiR2step` que utilizara solo aquellos predictores que maximicen el R² y dejar por fuera aquellos que no pesan en la explicación de la varianza estimada

CAPÍTULO III

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Estructura de la comunidad de murciélagos por rango altitudinal

Durante el período de febrero a julio del 2021, se tomaron datos por 17 noches, con 46 murciélagos capturados en cinco sitios ubicados en la ZR del Merendón y el PN Omoa (Figura 3.1 presenta algunos ejemplares), sumado a esto, están los 554 murciélagos capturados por Operación Wallacea en varios sitios dentro del área geográfica del PANACU y un sitio en el área del PN Omoa en los últimos 16 años, sumando 600 individuos (Tabla 3.1).



Figura 3.1. Fotografías de algunas especies capturadas en el estudio, 1. *Carollia perspicillata*, 2. *Artibeus jamaicensis*, 3. *Carollia sowelli*, 4. *Phyllostomus discolor*, 5. *Lophostoma brasiliense*, 6. *Hylonycteris underwoodii*, 7. *Carollia subrufa* y 8. *Sturnira hondurensis*. Fotos Alex Vallejo.

Del total de individuos capturados (600) y de especies reflejadas hasta el momento (49) los frugívoros representan el 80.5 % (n=483) como el grupo alimenticio dominante, sobre los insectívoros (16 %, n=95), carnívoros (0.003 %, n=2), sanguinívoros (1.6 %, n=10) y nectarívoros (1.6 %, n=10). La familia Phyllostomidae es la mejor representada con el 84.66 % (n=508 individuos), seguido por Vespertilionidae con el 10 % (n=60 individuos), Mormoopidae agrupa el 4.8 % (n=29 individuos), Molossidae con el 0.66 % (n=2 individuos) y Thyropteridae apenas con el 0.33 % (n=1 individuo). Figura 3.2.

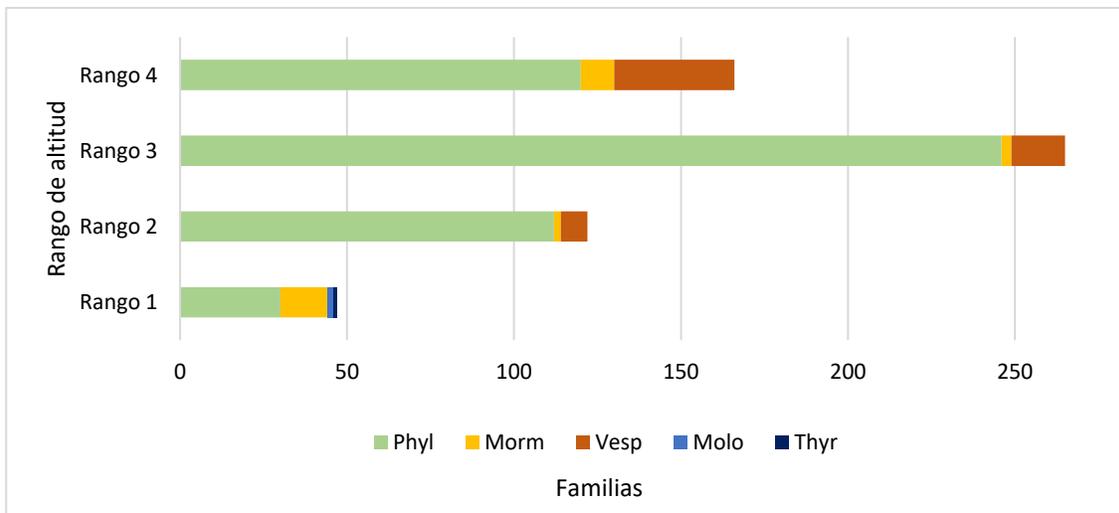


Figura 3.2. Distribución de las familias de murciélagos en la Sierra de Omoa por rango altitudinal
Entiéndase como rango 1 (menor a 500 m), rango 2 (500-1000 m), rango 3 (1000-1500 m), rango 4 (mayor a 1500 m), en cuanto a las familias representadas interpretar como Phyl (Phyllostomidae), Morm (Mormoopidae), Vesp (Vespertilionidae), Molo (Molossidae) y Thyr (Thyropteridae).

En total se registraron 49 especies, *Centurio senex* (conocido como murciélago de cara arrugada) fue la más abundante con el 22.66 % (n=136), seguido por *Sturnira hondurensis* con el 14.33 % (n= 86) y *Myotis keaysi* con el 6.33 % (n=38), las dos primeras especies pertenecen a la subfamilia Stenodermatinae de la familia Phyllostomidae, mientras que la última es Vespertilionidae. Las especies consideradas raras, debido a que solo se reporta un individuo del total de capturados son *Carollia subrufa* (Carolliinae), *Lophostoma brasiliense*, *Macrophyllum macrophyllum* (Phyllostominae), *Micronycteris microtis* (Micronycterinae), *Lonchorhina aurita* (Lonchorhininae), *Anoura geoffroyi* (Glossophaginae), *Lonchophylla mordax* (Lonchophyllinae), *Uroderma bilobatum* (Sternodermatinae), *Pteronotus mesoamericanus* (Mormoopidae), *Lasiurus frantzii*, *Myotis riparius*, *Lasiurus blossevillii* y *Myotis nigricans* (Vespertilionidae), *Molossus sinaloae* y *Molossus rufus* (Molossidae) y *Thyroptera tricolor*

(Thyropteridae), en este caso las dos últimas familias representan el 100% de los individuos capturados como raros, mientras que Phyllostominae y Vespertilionidae son las que agrupan el mayor número de especies raras con 4 cada una.

Tabla 3.1. Distribución de la riqueza, abundancia, hábitos alimenticios de murciélagos en los diferentes intervalos altitudinales en la Sierra de Omoa, Honduras. (*).

Especie	Habito alimenticio	Rangos altitudinales				Total
		< 500	500-1000	1000-1500	1500-2000	
Familia Phyllostomidae (F1)						
Subfamilia Carolliinae (SF1)						
<i>Carollia subrufa</i> [Cs]	F	1				1
<i>Carollia sowelli</i> [Cso]	F	1	13	3	13	30
<i>Carollia brevicauda</i> [Cb]	F			2	6	8
<i>Carollia perspicillata</i> [Cp]	F	13	1			14
Subtotal		15	14	5	19	53
Subfamilia Phyllostominae (SF2)						
<i>Lophostoma brasiliense</i> [Lb]	F	1				1
<i>Macrophyllum macrophyllum</i> [Mm]	I		1			1
<i>Trachops cirrhosus</i> [Tc]	F			1	4	5
<i>Chrotopterus auritus</i> [Ca]	C			2		2
<i>Phyllostomus hastatus</i> [Pha]	F		1	1	1	3
Subtotal		2	2	4	6	14
Subfamilia Lonchorhinae (SF3)						
<i>Lonchorhina aurita</i> [La]	I	1				1
Subtotal		1				1
Subfamilia Micronycterinae (SF4)						
<i>Micronycteris microtis</i> [Mmi]	I				1	1
Subtotal					1	1
Subfamilia Glossophaginae (SF5)						
<i>Hylonycteris underwoodii</i> [Hu]	N	2			1	3
<i>Choeroniscus godmani</i> [Cg]	N			7		7
<i>Anoura geoffroyi</i> [Ag]	F			1		1
<i>Glossophaga soricina</i> [Gs]	F	2	8	14	4	28
<i>Glossophaga commissarisi</i> [Gc]	N			1	1	2
Subtotal		4	8	23	7	42
Subfamilia Lonchophyllinae (SF6)						
<i>Lonchophylla mordax</i> [Lm]	N				1	1
Subtotal					1	1
Subfamilia Stenodermatinae (SF7)						
<i>Sturnira hondurensis</i> [Sh]	F		7	30	49	86
<i>Sturnira parvidens</i> [Sp]	F	2	21	1	4	28
<i>Artibeus jamaicensis</i> [Aj]	F	2	27	19	3	51

<i>Artibeus toltecus</i> [At]	F		7	10	15	32
<i>Uroderma bilobatum</i> [Ub]	F			1		1
<i>Enchisthenes hartii</i> [Eh]	F			18	2	20
<i>Centurio senex</i> [Cse]	F		1	129	6	136
<i>Aribeus lituratus</i> [Al]	F	1	4	1	1	7
<i>Artibeus watsoni</i> [Aw]	F	2	1			3
<i>Platyrrhinus helleri</i> [Ph]	F	1	2	1	3	7
<i>Artibeus aztecus</i> [Aa]	F		3			3
<i>Artibeus phaeotis</i> [Ap]	F			4		4
<i>Chiroderma salvini</i> [Csa]	F		2		1	3
<i>Vampyressa thylene</i> [Vt]	F		6			6
<i>Vampyrodes caraccioli</i> [Vc]	F		2			2
Subtotal		8	83	214	84	389
Subfamilia Desmodontinae (SF8)						
<i>Desmodus rotundus</i> [Dr]	S	1	5			6
<i>Diphylla ecaudata</i> [De]	S				4	4
Subtotal		1	5	0	4	10
Familia Mormoopidae (F2)						
<i>Pteronotus mesoamericanus</i> [Pm]	I	1				1
<i>Mormoops megalophylla</i> [Mme]	I	2				2
<i>Pteronotus davyi</i> [Pd]	I		2	1		3
<i>Pteronotus parnellii</i> [Pp]	I	11		2	10	23
Subtotal		14	2	3	10	29
Familia Vespertilionidae (F3)						
<i>Lasiurus frantzii</i> [Lf]	I				1	1
<i>Myotis riparius</i> [Mr]	I		1			1
<i>Myotis keaysi</i> [Mk]	I		3	7	28	38
<i>Eptesicus brasiliensis</i> [Eb]	I		1		2	3
<i>Bauerus dubiaquercus</i> [Bd]	I		2	7	4	13
<i>Lasiurus blossevillii</i> [Lb]	I			1		1
<i>Myotis albescens</i> [Ma]	I			1	1	2
<i>Myotis nigricans</i> [Mn]	I		1			1
Subtotal		0	8	16	36	60
Familia Molossidae (F4)						
<i>Molossus sinaloae</i> [Ms]	I	1				1
<i>Molossus rufus</i> [Mr]	I	1				1
Subtotal		2	0	0	0	2
Familia Thyropteridae (F5)						
<i>Thyroptera tricolor</i> [Tt]	I	1				1
Subtotal		1	0	0	0	1
Total		47	122	265	166	600
Total especies		19	24	25	25	49
Índice de Shannon		3.56	3.76	2.87	3.55	

(*) significa total de capturas, por rango de altitud, hábito alimenticio, familia y subfamilia. Los hábitos alimenticios están referidos como F (frugívoro), I (insectívoro), N (nectarívoro), S (sanguinívoro), C (carnívoro), la abreviatura en corchetes a la par de nombre científico responde a la abreviatura usada en los estadísticos mostrados más adelante por no poder usar el nombre completo, en los subtotales el número en negritas responde al valor más elevado de individuos en un gradiente en particular.

De acuerdo con el agrupamiento de estos sitios se observa que a medida que incrementa la altitud aumenta el número de especies, siendo los rangos de 1000-1500 m y 1500-2000 m como los de mayor riqueza con 25 especies cada una, en contraste con el rango inferior que solo representa 19 especies. Sin embargo, la abundancia se concentra en el rango de 1000-1500 m, con valores muy por encima de los reflejados en los rangos altitudinales próximos a este.

El índice de Shannon estima una riqueza media en todo el contexto de la Sierra de Omoa, con una diferencia más amplia con el rango 1000-1500 m en contraste con los restantes que muestran valores de 3.55, 3.56 y 3.76 para los rangos mayor a 1500 m, menor a 500 m y rango 500-1000 m respectivamente. Sin embargo, este rango con el menor valor de Shannon muestra la mayor abundancia.

3.1.2. Curvas de Rango Abundancia

Al realizar las curvas de rango-abundancia de cada rango altitudinal, es evidente que la especie dominante difiere en cada uno de ellos, la figura 3.3 muestra las curvas de rango-abundancia de cada rango altitudinal, donde *Artibeus jamaicensis* como la dominante en el rango más bajo (10a), a diferencia de *Carollia perspicillata* para el rango de 500-1000 m (10b) o *Centurio senex* para el rango de 1000-1500 m (10c) y finalmente *Sturnira hondurensis* para el rango más elevado por encima de los 1500 m (10d). Solamente se presenta a *Pteronotus parnellii* como una especie compartida entre los rangos extremos (menor a 500 m y mayor a 1500 m), mientras que la otra especie compartida es *Sturnira hondurensis* entre los dos rangos intermedios (500-1000 m y 1000-1500 m) considerando las tres especies más dominantes en cada rango mencionado.

Los rangos de 500-1000 m y 1500-2000m muestran que tienen más especies dominantes con cuatro y cinco especies respectivamente. Para el caso del primero tenemos a *Artibeus jamaicensis*, *Sturnira parvidens*, *Carollia sowelli* y *Glosophaga soricina* y para el segundo *Sturnira hondurensis*, *Myotis keaysi*, *Pteronotus parnellii*, *Artibeus toltecus* y *Carollia sowelli*.

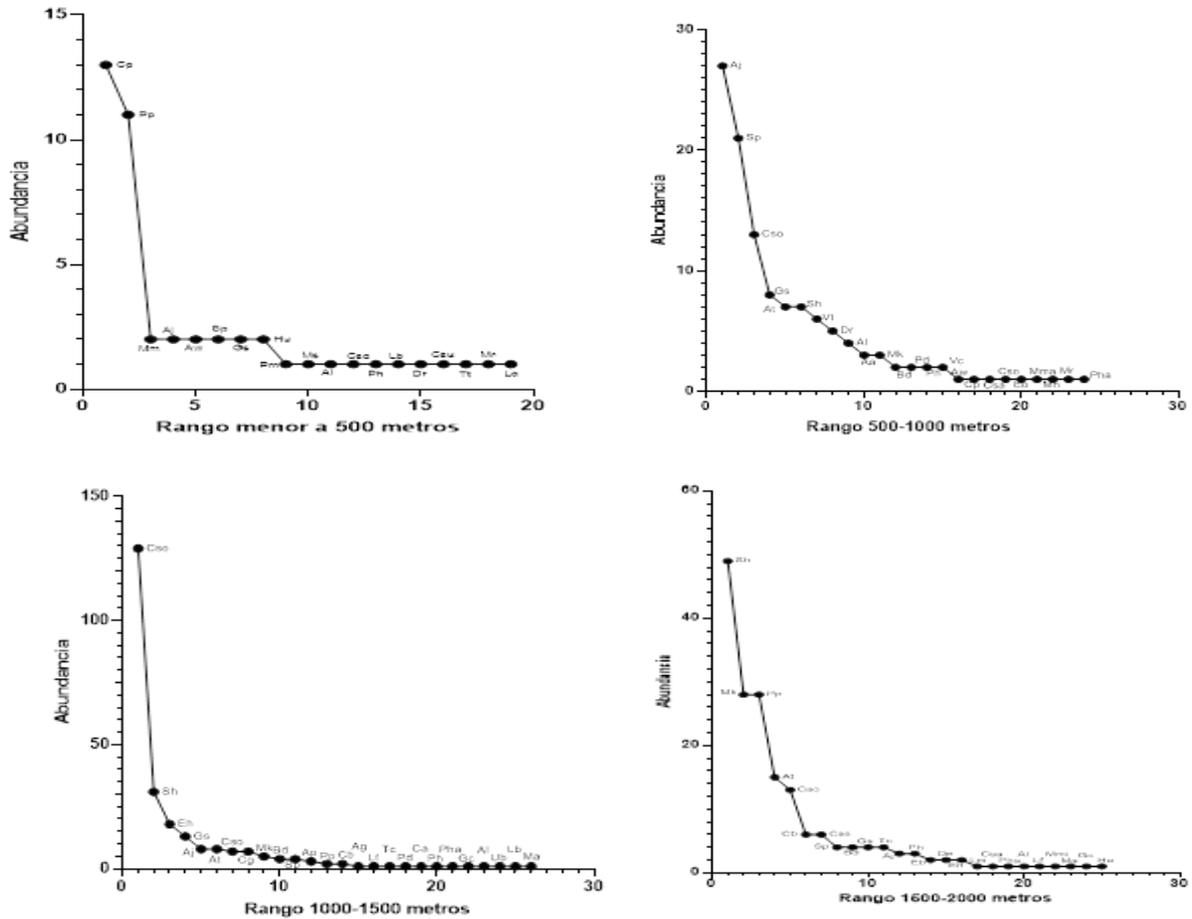


Figura 3.3. Curvas de rango-abundancia por cada rango altitudinal en la Sierra de Omoa. Las abreviaturas de cada especie corresponden a la presentada en la Tabla 1.

3.1.3. Curva de Acumulación de Especies

La riqueza de especies a partir del total capturado (49 especies) indica que la curva de acumulación de especies observadas no ha alcanzado la asíntota, contrastándolo con diversos indicadores de riqueza tal como Chao1, Jackknife 1 y Bootstrap arroja los valores de 67, 68 y 58 especies para cada uno respectivamente (figura 3.4).

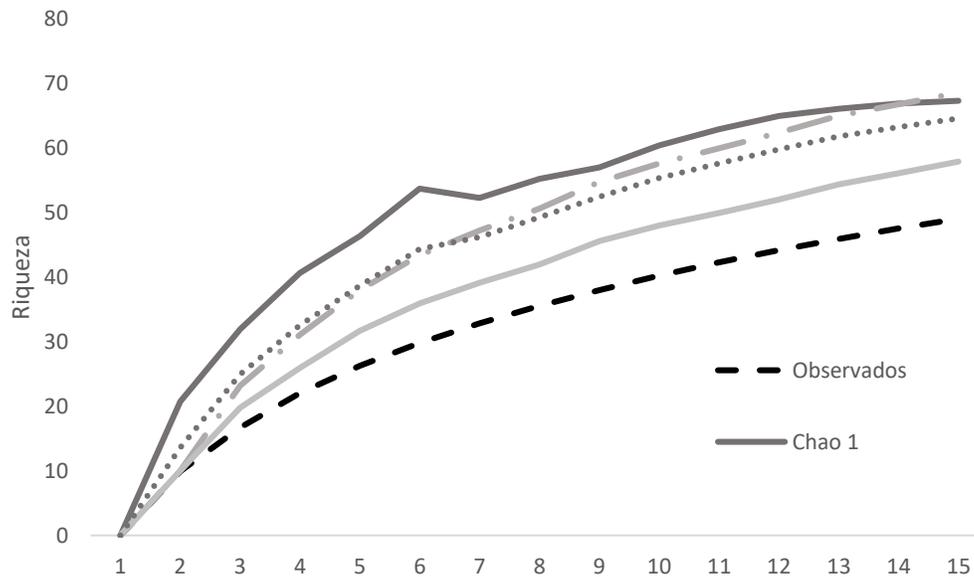


Figura 3.4. Riqueza de especies observadas usando tres estimadores y el promedio de especies esperadas con relación a las especies observadas.

3.1.4. Disimilitud entre rangos altitudinales

La diferencia en la composición general de las especies estadísticamente es poco significativa entre los tipos de rangos altitudinales (ANOSIM, $R = 0.21$, $P = 0.051$). Se evidencia la existencia de una disimilitud entre los diferentes rangos altitudinales (tabla 3), pero esta no es concluyente por la cercanía existente al límite de valor de significancia del 95 %. Mediante el uso de SIMPER se muestra que las especies que más contribuyen a la disimilitud (con relación al porcentaje de contribución de cada especie a la disimilitud planteada contrastando diferentes rangos altitudinales) para el caso entre el intervalo menor a 500 m y el intervalo entre 500-1000 m son *Sturnira hondurensis* (15.74 %), *Artibeus jamaicensis* (11.24 %), *Sturnira parvidens* (8.85 %), *Carollia sowelli* (6.91 %), *Carollia perspicillata* (6.4 %), *Pteronotus parnellii* (5.29 %) e *Hylonycteris underwoodii* (5.18 %). Mientras que *Centurio senex* (15.65 %), *Artibeus jamaicensis* (11.94 %), *Sturnira hondurensis* (10.13 %), *Hylonycteris underwoodii* (7.2 %), *Carollia perspicillata* (6.5 %), *Pteronotus parnellii* (6.22 %) y *Choeroniscus godmani* (5.41 %) contribuyen a la disimilitud entre el intervalo menor a 500 m y el intervalo entre 1000-1500 m (Tabla 3). *Sturnira hondurensis* (17.5 %), *Myotis Keaysi* (16.08 %), *Pteronotus parnellii* (11.68 %), *Carollia perspicillata* (6.79 %), *Carollia sowelli* (6.38 %) y *Sturnira parvidens* (3.89 %) contribuyen más a la disimilitud del intervalo menor a 500 m y el intervalo entre 1500-2000 m (Tabla 3). Entre el intervalo de 500-1000 m y el intervalo entre 1000-1500 m las especies que

más contribuyen a la disimilitud son *Artibeus jamaicensis* (16.12 %), *Centurio senex* (14.89 %), *Sturnira hondurensis* (14.06 %), *Sturnira parvidens* (8.26 %), *Carollia sowelli* (4.89 %) y *Glossophaga soricina* (4.06 %). *Artibeus jamaicensis* (12.31 %), *Myotis keaysi* (11.82 %), *Sturnira hondurensis* (10.7 %), *Sturnira parvidens* (10.47 %), *Carollia sowelli* (8.95 %) y *Pteronotus parnellii* (7.3 %) son las especies que más contribuyen a la disimilitud entre los rangos de 500-1000 m y 1500-2000 m (tabla 3). Finalmente, entre los intervalos de 1000-1500 m y 15000-2000 m *Centurio senex* (17.43 %), *Sturnira hondurensis* (15.79 %), *Myotis keaysi* (12.22 %), *Artibeus jamaicensis* (9.67 %) y *Pteronotus parnellii* (7.68 %) son las especies que más contribuyen a la disimilitud entre estos dos rangos (tabla 3.2).

De todas las especies señaladas antes, solamente *Sturnira hondurensis* es común en todas las comparaciones entre grupos como una especie que explica la disimilitud entre ellos, derivado a que esta especie en particular presenta amplio rango de desplazamiento, prefiriendo bosques de mediana altura, pero con posibilidades de migrar a bosques bajos dependiendo de las condiciones climáticas existentes (Torres-Morales, 2019), favorecido por el hecho que el área de estudio presenta un importante paisaje donde el bosque nativo es indispensable para la presencia de esta especie como lo señalan Hernández-Canchola *et al.* (2021) a excepción de los intervalos menor a 500 y 500-1000 m y entre los intervalos menor a 500 m y 1500-2000 m como la especie que más porcentaje de contribución a la disimilitud revela. En las restantes comparaciones esta especie está posicionada entre las tres primeras. Otras, como *Artibeus jamaicensis* y *Pteronotus parnellii* está presente en 5 de las 6 comparaciones, ausente únicamente en la comparación entre menor a 500 m y 1500-2000 m para *Artibeus jamaicensis* y entre 500-1000 m y 1000-1500 m para *Pteronotus parnellii*. En el material complementario 1 puede verse los datos completos generados por SIMPER para este caso.

Tabla 3.2. Resultados del Análisis del Porcentaje de Disimilitud mediante SIMPER (*).

Intervalo 1 (menor a 500 m) vs intervalo 2 (entre 500-1000 m)					
Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 1	Abundancia media rango 2
Sh	15.33	15.74	15.74	0	3.5
Aj	10.94	11.24	26.98	0.667	13.5
Sp	8.624	8.856	35.83	0.667	10.5
Cso	6.735	6.915	42.75	0.333	6.5
Cp	6.264	6.432	49.18	4.33	0.5
Pp	5.153	5.292	54.47	3.67	0

Hu	5.044	5.18	59.65	0.667	0
Intervalo 1 (menor a 500 m) vs intervalo 3 (entre 1000-1500 m)					
Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 1	Abundancia media rango 3
Cse	15.27	15.65	15.65	0	32.3
Aj	11.66	11.94	27.59	0.667	4.75
Sh	9.887	10.13	37.72	0	7.5
Hu	7.029	7.201	44.92	0.667	0
Cp	6.437	6.594	51.51	4.33	0
Pp	6.079	6.227	57.74	3.67	0.5
Cg	5.283	5.412	63.15	0	1.75
Intervalo 1 (menor a 500 m) vs intervalo 4 (entre 1500-2000 m)					
Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 1	Abundancia media rango 4
Sh	16.21	17.5	17.5	0	9.8
Mk	14.9	16.08	33.59	0	5.6
Pp	10.82	11.68	45.27	3.67	5.6
Cp	6.297	6.798	52.06	4.33	0
Cso	5.91	6.381	58.44	0.333	2.6
Sp	3.608	3.895	62.34	0.667	0.8
Intervalo 2 (entre 500-1000 m) vs intervalo 3 (entre 1000-1500 m)					
Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 2	Abundancia media rango 3
Aj	14.11	16.12	16.12	13.5	4.75
Cse	13.03	14.89	31.01	0.5	32.3
Sh	12.31	14.06	45.07	3.5	7.5
Sp	7.238	8.269	53.34	10.5	0.25
Cso	4.283	4.893	58.23	6.5	0.75
Gs	3.554	4.06	62.29	4	3.5
Intervalo 2 (entre 500-1000 m) vs intervalo 4 (entre 1500-2000 m)					
Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 2	Abundancia media rango 4
Aj	10.23	12.31	12.31	13.5	0.6
Mk	9.828	11.82	24.13	1.5	5.6
Sh	8.896	10.7	34.83	3.5	9.8
Sp	8.709	10.47	45.3	10.5	0.8
Cso	7.448	8.958	54.26	6.5	2.6
Pp	6.07	7.3	61.56	0	5.6

Intervalo 3 (entre 1000-1500 m) vs intervalo 4 (entre 1500-2000 m)					
Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 3	Abundancia media rango 4
Cse	14.53	17.43	17.43	32.3	1.2
Sh	13.16	15.79	33.22	7.5	9.8
Mk	10.19	12.22	45.44	1.75	5.6
Aj	8.065	9.675	55.11	4.75	0.6
Pp	6.403	7.682	62.8	0.5	5.6

(*) Mostrando la importancia de la disimilitud para diferentes especies de murciélagos en los diferentes rangos altitudinales. Solo se muestran las especies que más contribuyen con alrededor del 60% del total, para ver el listado completo referirse al apéndice A. Especies listadas de acuerdo con el código otorgado a cada una y descrito en la tabla 1.

El Análisis de Correspondencia Sin Tendencia (DCA), muestra una serie de asociaciones (Figura 3.5), en este caso *Lophostoma brasiliense*, *Pteronotus mesoamericanus* y *Carollia subrufa* están más asociadas con el sitio Guanales ubicado a 1287 m mostrando además que entre ellas existe una asociación sumamente estrecha, el sitio Berkling a 921 m de altura presenta una mayor asociación con *Micronycteris microtis*, *Lonchophylla mordax*, *Sturnira hondurensis*, *Myotis keaysi*, *Trachops cirrhosus* y *Carollia brevicauda*.

El intervalo menor a 500 m presenta asociación con 18 especies de las cuales señalamos a *Pteronotus parnellii*, *Artibeus lituratus*, *Vampyroides caraccioli*, *Pteronotus davyi*, *Artibeus jamaicensis* y *Myotis nigricans*, mientras que *Lasiurus blossevillii*, *Artibeus phaeotis* y *Centurio senex* están asociadas fuertemente con el intervalo de 1000-1500 m a pesar de estar asociadas con el intervalo menor a 500 m, pero con un nivel de asociación más débil. Para el caso *Artibeus toltecus* está fuertemente asociada al intervalo de 500-1000 m, pero también está fuertemente asociada a *Bauerus dubiaquercus*, quienes también reflejan una fuerte asociación con el sitio Cantiles a 1825 m. Entre tanto *Carollia sowelli*, *Carollia perspicillata* y *Mormoops megalophylla* no muestran asociación alguna con algún sitio o intervalo en particular.

Los sitios La Fortuna (1395 m), Danto (1591 m) y Cantiles (1825 m) están muy asociados entre sí, particularmente más estrecha la asociación entre La Fortuna y Danto. Mientras que *Desmodus rotundus*, se encuentra moderadamente asociada con el sitio Paraíso (315 m).

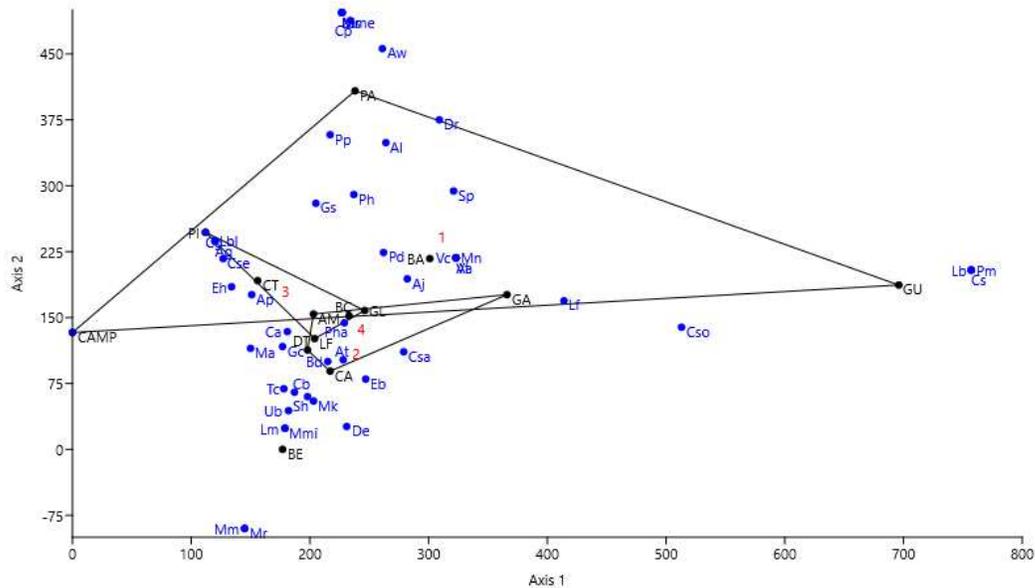
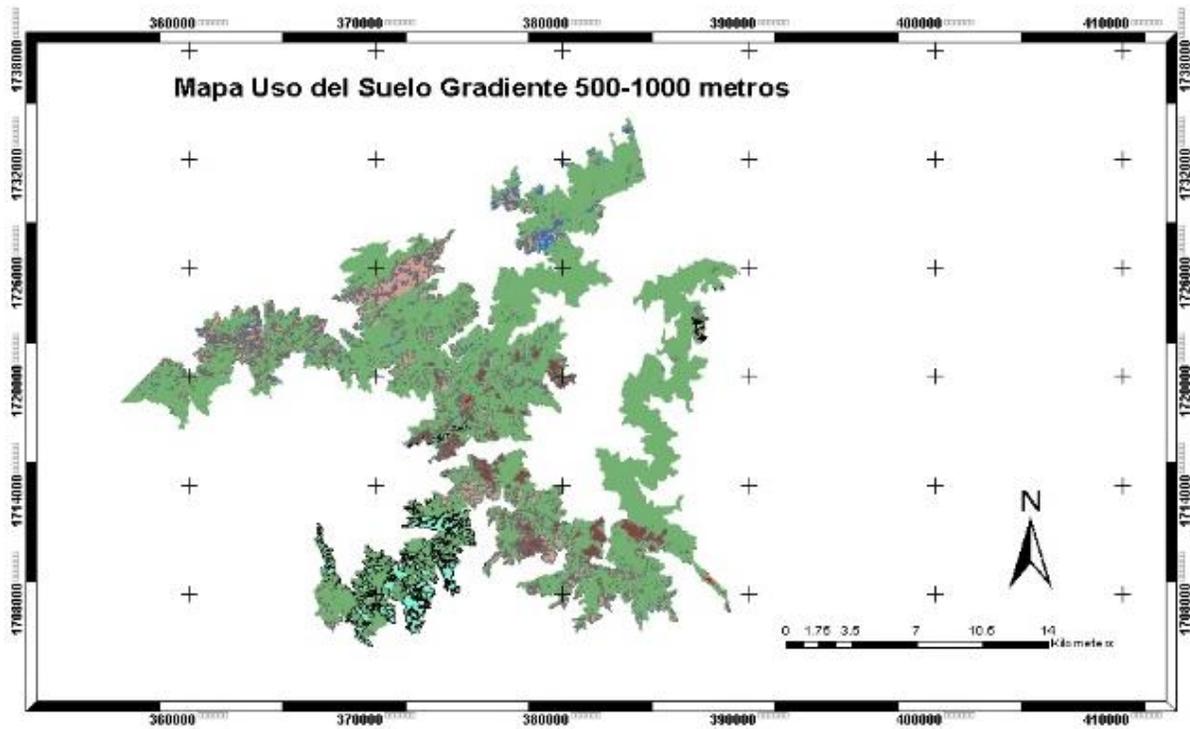
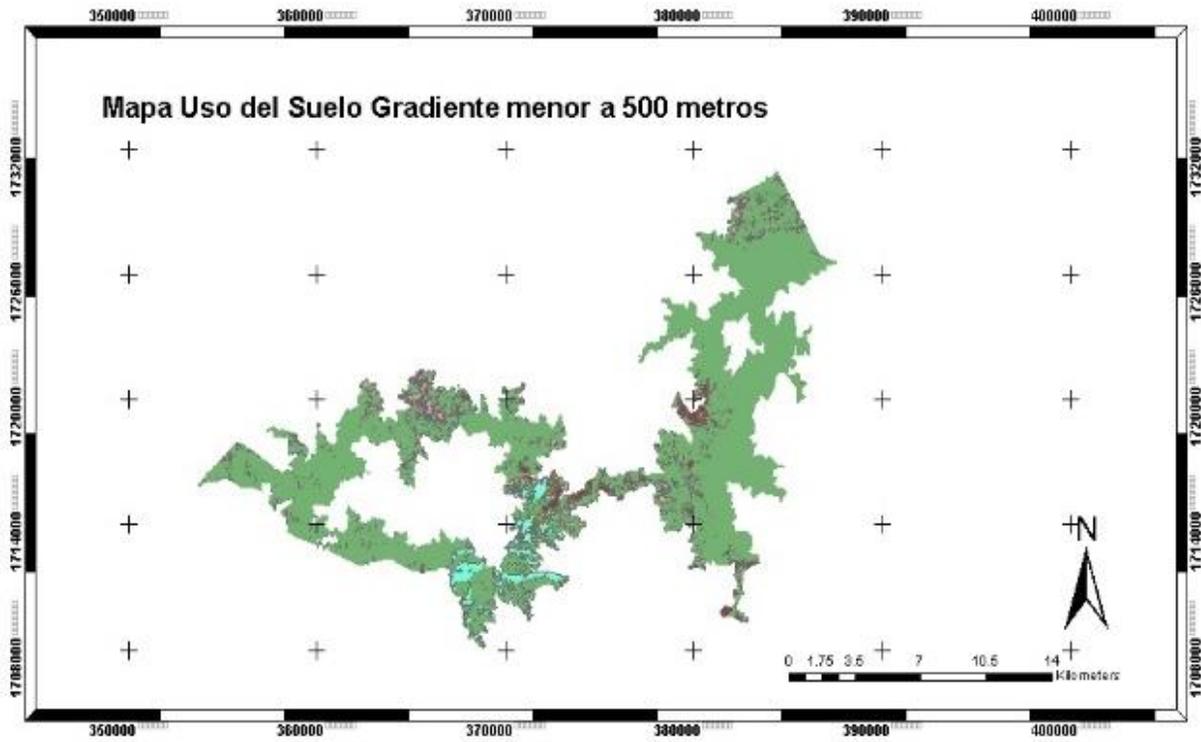


Figura 3.52. Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) de la comunidad de murciélagos de la Sierra de Omoa. Entiéndase los números rojos como los diferentes intervalos altitudinales muestreados siendo 1 (menor a 500 m), 2 (500-1000 m), 3 (1000-1500 m) y 4 (mayor a 1500 m), especies observadas abreviadas con letras azules y corresponden a las listadas en la tabla 1 y los sitios de muestreo con abreviaciones en color negro, siendo PA (Paraíso), HI (Hidroeléctrica), CAMP (Campamento), CT (Cortesito), DT (Danto), AM (Agua mansa), CA (cantiles), BA (Buenos Aires), BE (Berkling), GU (Guanales), LF (La Fortuna), PI (Pinos), BC (Base camp) y GA (Gallito).

3.1.5 Variables de uso de suelo

Los diferentes tipos de cobertura señalados (bosque latifoliado, bosque de coníferas, bosque mixto, árboles dispersos, cafetales, vegetación secundaria, cultivos/pastos, urbanización y suelo desnudo), se encuentran reflejados en cada gradiente estudiado, difiriendo en los porcentajes en cada uno, a nivel del bosque latifoliado, el rango de mayor altura refleja el mayor porcentaje de este en contraste con los restantes intervalos. En la figura 3.6 se muestran la configuración espacial de estos tipos de cobertura con el uso de ArcGis 10.2.2.



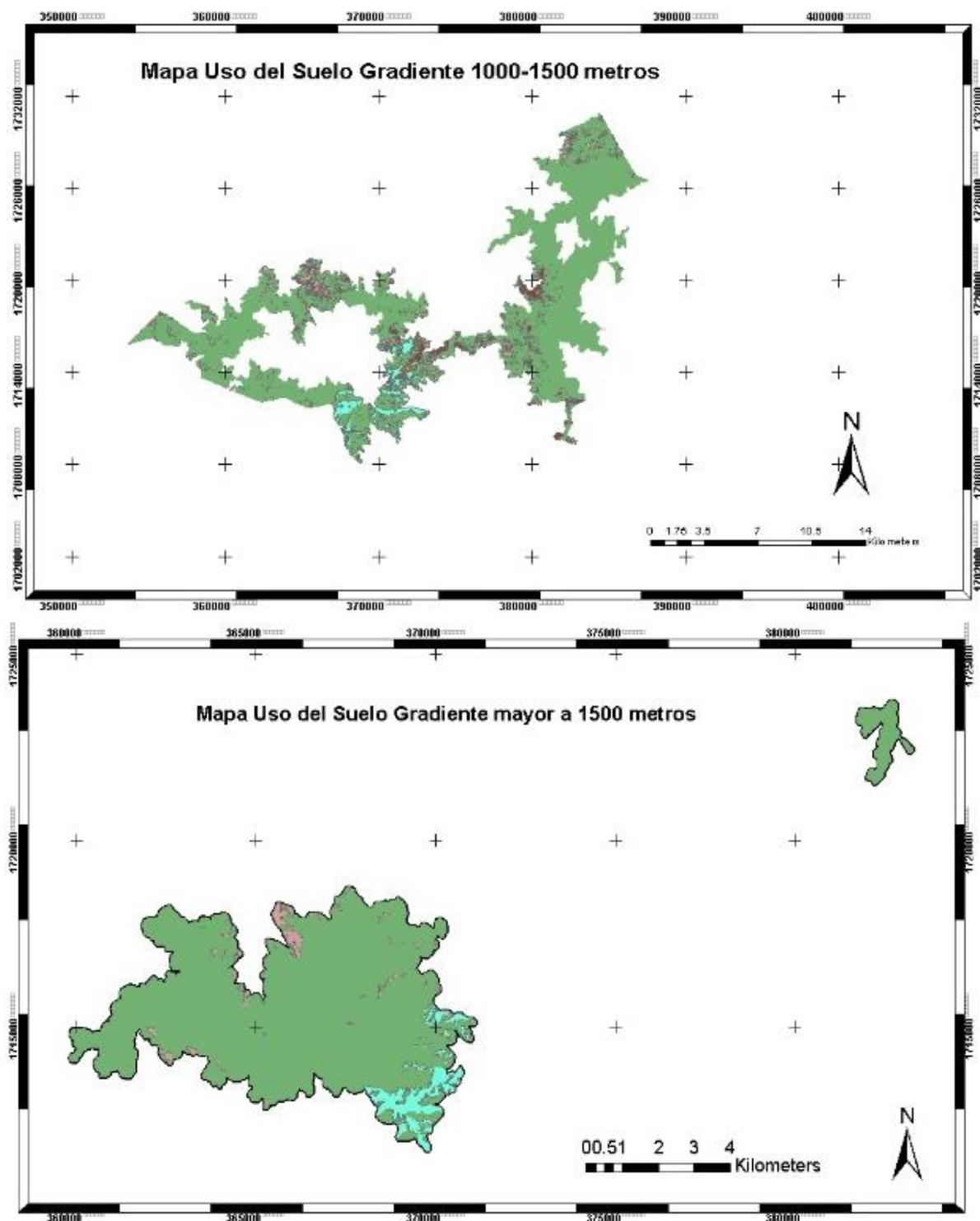


Figura 3.63. Mapas de uso del suelo, basado en el mapa forestal de Honduras del año 2018 (ICF, 2018).

Los diferentes tipos de cobertura del suelo en el área de estudio están referidos en la tabla 3.3, el color reflejado indica el color al cual esta agrupado el uso en cada uno de los mapas señalados en la figura 3.6.

Tabla 3.3. Resumen de uso de la tierra por cada gradiente de altitud analizado en la Sierra de Omoa.

Color	Gradiente	Menor a 500		500 - 1000		1000 - 1500		Superior a 1500		Total
		Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	
	Bosque latifoliado	13,347.40	67.37	18,800.47	96.79	13,630.67	85.03	3,873.80	91.23	45,778.54
	Bosque conifera	926.50	4.68	1.92	0.01	69.64	0.43	247.34	5.82	998.06
	Bosque mixto	476.97	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	476.97
	Cafetales	79.32	0.40	21.23	0.11	33.68	0.21	1.88	0.04	134.23
	Frutales	69.02	0.35	5.87	0.03	437.20	2.73	0.00	0.00	512.09
	Vegetación secundaria	334.31	1.69	162.80	0.84	98.50	0.61	0.00	0.00	595.61
	Urbanización	4,510.30	22.77	431.12	2.22	1,760.66	10.98	123.28	2.90	6,702.08
	Recursos hídricos	65.97	0.33	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	66.53
	Pastos	1.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16
	Total	19,810.95	35.85	19,423.41	35.15	16,030.91	29.01	4,246.30	7.68	55,265.27

El bosque latifoliado es la cobertura dominante en el área de estudio. Agrupa un promedio de 12,413.08 hectáreas en general, siendo los gradientes de 500 a 1000 m y mayor a 1500 m los que reflejan el mayor porcentaje de este tipo de cobertura con el 96.79 % (18,800.47 ha) y 91.23 % (3,873.80 ha) respectivamente. A esto le sigue el gradiente de 1000 a 1500 m con el 85.03 % (13,630.67 ha). Las áreas de cafetales se concentran en los primeros tres gradientes altitudinales con el porcentaje de cobertura del 0.40 %, 0.11 % y 0.21 % para los rangos de menor a 500 m, 500 a 1000 m y 1000 a 1500 m respectivamente.

El bosque de coníferas se concentra en el gradiente más bajo con el 4.68 % del total de área de este gradiente, siendo casi insignificante el valor en el gradiente continuo de 500 a 1000 m que solo representa el 0.01 % mientras en el tercero sube apenas al 0.43 % del total de estos gradientes respectivamente. El gradiente que está por encima de los 1500 m refleja la mayor cantidad de bosque de coníferas con el 5,82 % del total de área para este gradiente (247.34 Ha). Esta situación se refleja en el sentido que este tipo de bosque es frecuente en la posición a sotavento, donde el pino es más abundante y se encuentra asociado con otros tipos de vegetación como es el roble (en la parte baja) o el liquidámbar (en la parte alta).

La mayor área de árboles frutales se localiza en el gradiente comprendido entre los 1000 a 1500 m, esto puede de alguna manera favorecer a aquellas especies de las cuales los frutos disponibles en mayor abundancia permitan una mayor concentración de estas especies

frugívoras por sobre otras de otros hábitos alimenticios. Aunque la urbanización se concentra en la parte baja, al estar presentes áreas pobladas a lo largo del gradiente más bajo, el tercer gradiente (1000 a 1500 m), muestra una importante área urbana del 10.98 % (1,760.66 Ha).

En cuanto a los recursos hídricos, los mismos se concentran en el gradiente más bajo, esto no debe de valorarse en el sentido que no existan recursos hídricos en los restantes gradientes, lo que implica es que en la parte baja, es donde se ubican fuentes superficiales como lagunas o áreas con acumulación de agua que no se dan en los restantes gradientes, que son cruzados por diversas fuentes superficiales de agua lotica como ríos, quebradas o riachuelos, no así de fuentes lenticas.

3.1.6 Comparación del ensamblaje de murciélagos entre sotavento y barlovento.

Tanto la abundancia como la riqueza entre ambas posiciones de los vientos, muestra diferencias tangibles. Es así, como a barlovento existe un mayor número de especies, con pocas especies sobresalientes en su abundancia. Allí, destaca dentro de estas especies *Centurio senex* (n=130) como la especie dominante y más abundante, otras con una abundancia más limitada recaen en *S. hondurensis* (n=36), *M. keaysi* y *P. parnellii* (n=19 cada una), mientras que *G. soricina* y *E. hartii* con 18 y 17 individuos respectivamente, (figura 3.7).

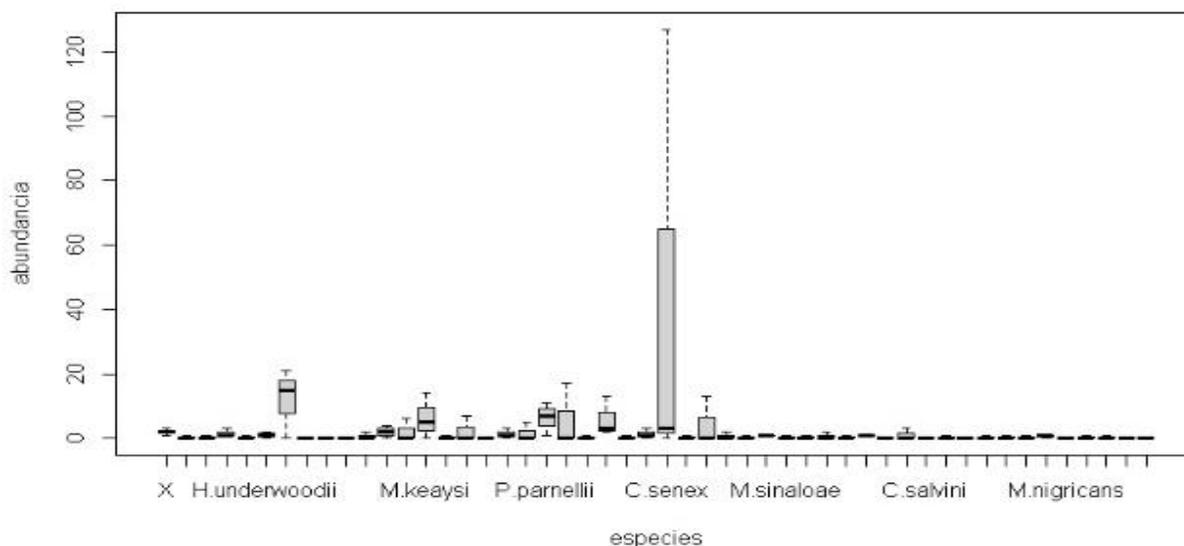


Figura 3.7. Abundancia de especies en posición a barlovento.

Entiéndase caja de bigotes como el rango Inter cuartil de cada una de las abundancias de cada especie, la línea central dentro de la caja es la media, en el caso de líneas punteadas fuera de la caja es señal de valores extremos.

En contraste a sotavento la abundancia no recae en una especie, es más bien compartida entre un grupo de 5 especies principales, siendo *S. hondurensis* (n=48), *A. jamaicensis* (n=45), *S. parvidens* (n=26) y *A. toltecus* (n=24), mientras que *M. keaysi* y *C. sowelli* con 12 individuos cada una (Figura 3.8).

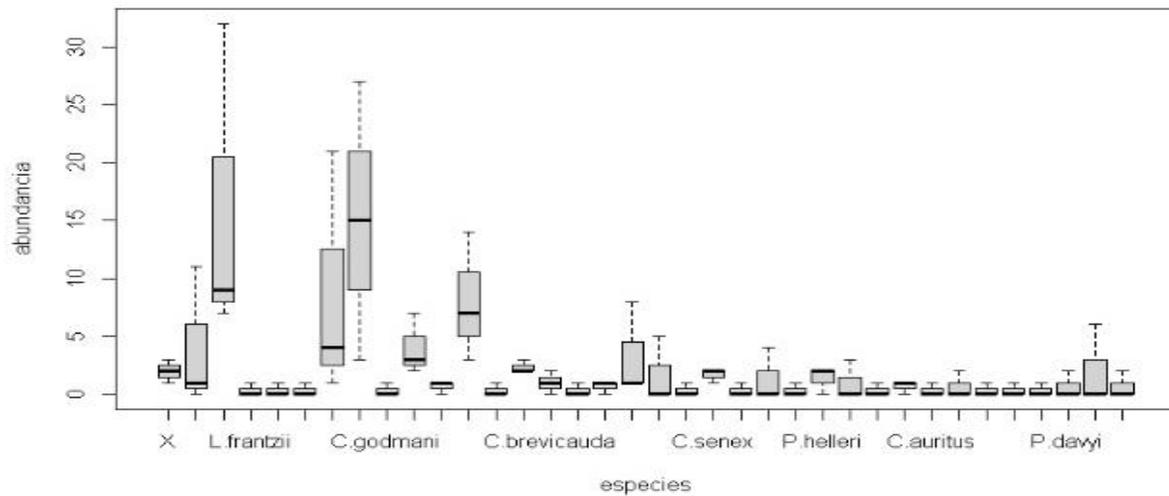


Figura 3.8. Abundancia de especies en posición a sotavento (*).

Otra diferencia en cuanto a la riqueza esperada, usando los indicadores de Chao 1 para cada una de las posiciones al impacto de los vientos se muestra en la figura 3.9. Considerando este estimador, tanto a barlovento como a sotavento faltó un mayor esfuerzo de muestreo para lograr la asíntota, siendo barlovento la que representa una mayor diferencia entre las especies esperadas con las observadas en este estudio.

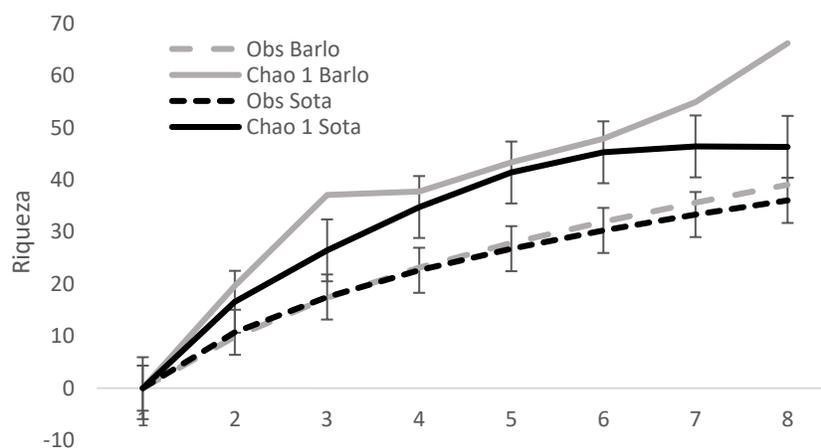


Figura 3.9. Comparación de la riqueza de especies observadas y esperadas a barlovento y sotavento.

En cuanto a la disimilitud de cada uno de los intervalos en estas dos posiciones a los vientos, se observa que a barlovento se presentan dos especies que le dan más peso a esta disimilitud. De seis combinaciones diferentes entre estos gradientes *Sturnira hondurensis* (Sh) y *Myotis keaysi* (Mk) están presentes en 5 y 4 de ellos respectivamente, ausentes para la combinación del gradiente 1 y 2 en ambos casos. Otros como *Carollia perspicillata* (Cp), *Centurio senex* (Cse) y *Carollia brevicauda* (Cb) se presenta en tres de las seis combinaciones posibles. En este caso *Sturnira hondurensis* (Sh) y *Myotis keaysi* (Mk), se ubican entre las tres primeras especies que explican la disimilitud en las combinaciones donde aparecen, manteniéndose en estos primeros tres lugares en la explicación general a barlovento (tabla 3.4). En material complementario 2 se presentan los resultados completos que puede revisar de los resultados en SIMPER realizados para barlovento.

Tabla 3.4. Principales especies que aportan a la disimilitud entre gradientes a barlovento (*).

Combinación de gradientes a Barlovento			
1 vs 2	1 vs 3	1 vs 4	2 vs 3
Hu= 16.67 (16.67)	Cse= 21.37 (21.37)	Mk= 28.24 (28.24)	Cse= 21.9 (21.9)
Cp= 14.44 (31.11)	Sh= 14.53 (35.90)	Cp= 11.82 (40.06)	Sh= 16.87 (38.78)
Pp= 12.22 (43.33)	Mk= 12.69 (48.59)	Pp= 10 (50.06)	Mk= 15.38 (54.15)
Cs= 9.44 (52.78)	Pp= 9.44 (58.04)	Sh= 8.06 (58.12)	Pp= 9.23 (63.39)
Pm= 9.44 (62.22)	Cp= 7.57 (65.61)	Hu= 6.25 (64.37)	Cb= 5.86 (69.25)
Cso= 9.44 (71.67)	Cb= 4.72 (70.34)	Cso= 4.03 (68.41)	Gs= 4.89 (74.14)
		At= 4.03 (72.44)	

Combinación ... Barlovento (Cont...)		General
2 vs 4	3 vs 4	
Mk= 43.75 (43.75)	Cse= 30.61 (30.61)	Cse= 17.81 (17.81)
Sh= 12.50 (56.25)	Sh= 15.47 (46.07)	Mk= 11.97 (29.78)
Eh= 6.25 (62.50)	Pp= 10.33 (56.40)	Sh= 11.86 (41.65)
Cs= 6.25 (68.75)	Cb= 6.48 (62.89)	Pp= 11.09 (52.73)
Pm= 6.25 (75)	Gs= 6.17 (69.06)	Cp= 9.08 (61.82)
	Eh= (5.78 (74.85)	Gs= 3.89 (65.71)
		Cb= 3.62 (69.34)
		Eh= 3.17 (72.51)

(*) interpretese como principales especies que aportan a la disimilitud entre gradientes, interpretese 1=gradiente menor a 500 m, 2=gradiente entre 500-1000m, 3=gradiente entre 1000-1500 m y 4=gradiente mayor a 1500 m. en cuanto a las especies identifíquese como Hu= *Hylonycteris underwoodii*, Cp=*Carollia perspicillata*, Pp= *Pteronotus parnellii*, Cs= *Carollia subrufa*, Pm= *Pteronotus mesoamericanus*, Cso= *Carollia sowersi*, Cse= *Centurio senex*, Sh= *Sturnira hondurensis*, Mk= *Myotis keaysi*, Cb= *Carollia brevicauda*, At= *Artibeus toltecus*, Gs= *Glosophaga sorisina*, Eh= *Enchisthenes hartii*. Los datos entre paréntesis corresponden a los valores acumulados de las especies que reflejan al menos el 70 % de explicación de los datos.

Mientras tanto a sotavento solo se presentan en este caso tres gradientes, el primer gradiente (menor a los 500 m) no se realizó por razones de seguridad de las zonas que pudieran ser apropiadas para el estudio. En los restantes gradientes al revisar las especies que más aportan a la disimilitud de estos tres analizados, surge que *Sturnira hondurensis* (Sh), *Sturnira parvidens* (Sp), *Artibeus toltecus* (At) y *Carollia sowelli* (Cso) están representados en las tres combinaciones, todos ellos de hábito frugívoro. En la tabla 3.5 se muestran las principales especies en cada combinación posible y los que se dan en un análisis general de la posición a sotavento, en el material complementario 3 se puede revisar los datos completos de este análisis con SIMPER.

Tabla 3.5. Principales especies que aportan a la disimilitud entre gradientes (*).

Combinación de gradientes a Sotavento			
2 vs 3	2 vs 4	3 vs 4	General
Aj= 23.48 (23.48)	Aj= 17.32 (17.32)	Sh= 24.75 (24.75)	Sh= 18.52 (18.52)
Sh= 17.88 (41.36)	Sh= 14.93 (32.25)	Cso= 16.65 (41.41)	Aj= 16.71 (35.23)
Sp= 7.22 (48.58)	Cso= 11.65 (43.9)	Pp= 11.82 (53.23)	Cso= 9.81 (45.05)
At= 4.58 (53.16)	Sp= 10.44 (54.34)	Sp= 8.94 (62.17)	Sp= 8.80 (53.86)
Bd= 4.26 (57.43)	Pp= 9.34 (63.68)	At= 8.47 (70.64)	Pp= 6.79 (60.65)
Cg= 3.99 (61.43)	At= 7.77 (71.45)		At= 6.69 (67.34)
Cso= 3.83 (65.27)			Mk= 3.75 (71.10)
Mm= 3.83 (69.1)			
Mr= 3.83 (72.94)			

(*) interprétese 1=gradiente menor a 500 m, 2=gradiente entre 500-1000m, 3=gradiente entre 1000-1500 m y 4=gradiente mayor a 1500 m. En cuanto a las especies identifíquese como Aj= *Artibeus jamaicensis*, Sh= *Sturnira hondurensis*, Sp= *Sturnira parvidens*, At= *Artibeus toltecus*, Bd= *Bauerus dubiaquercus*, Cg= *Choeroniscus godmani*, Cso= *Carollia sowelli*, Mm= *Macrophyllum macrophyllum*, Mr= *Myotis riparius* y Pp= *Pteronotus parnellii*. Los datos entre paréntesis corresponden a los valores acumulados de las especies que reflejan al menos el 70 % de explicación de los datos.

CAPÍTULO IV.

4.1. DISCUSIÓN

McCain (2007) describe tres patrones en los cuales las comunidades de murciélagos se presentan, afirmando que estos patrones están condicionados a las características propias de las partes bajas de las áreas montañosas. En tierras bajas húmedas la riqueza tiende a concentrarse en pisos bajos y en tierras bajas áridas tienden a concentrarse en altitudes intermedias.

En nuestro estudio la comunidad de murciélagos nos muestra un patrón en la parte media en cuanto a abundancia, mientras que, en cuanto a riqueza, esta presenta una mayor concentración en la parte alta del piso altitudinal en términos generales. Estos resultados contrastan con los obtenidos por García (2019) en Oaxaca, México donde los murciélagos presentaban un patrón clinal, con una riqueza inversa a la altitud. Este patrón es congruente con lo referido por Morales-Martínez y Díaz (2020) en la región de la vertiente amazónica de los Andes en Colombia, mientras que Bejarano-Bonilla *et al.* (2007) mostraron un mayor número de especies en altitudes intermedias, congruente con lo planteado por Dongmo *et al.*, 2020; Morales-Martínez y Díaz, 2020, pero difiriendo a lo planteado por McCain (2007).

El estudio identificó especies pertenecientes a cinco familias (Phyllostomidae, Mormoopidae, Vespertilionidae, Molossidae y Thyropteridae), siendo la familia Phyllostomidae la más numerosa con el 84.66 % (n=508 individuos) ver figura 4.1, similares resultados han arrojado otros estudios en Costa Rica por Mora-Escobar y Maglianesi (2021) y Rodríguez (2017). En este sentido los filostómidos muestran claramente una mayor abundancia en la parte intermedia, mientras que los vespertilónidos lo muestran en altitudes más elevadas (sobre los 1500 m), congruente con lo expresado por Peixoto *et al.* (2018), por el hecho que esta familia posee un origen evolutivo neártico y por lo tanto poseen adaptaciones que les permiten habitar en áreas con clima templado a frío; contrario a los filostómidos cuyo origen evolutivo es neotropical y las adaptaciones a climas fríos les limita habitar este tipo de ámbitos climáticos (Lack y Van Den Bussche, 2010).

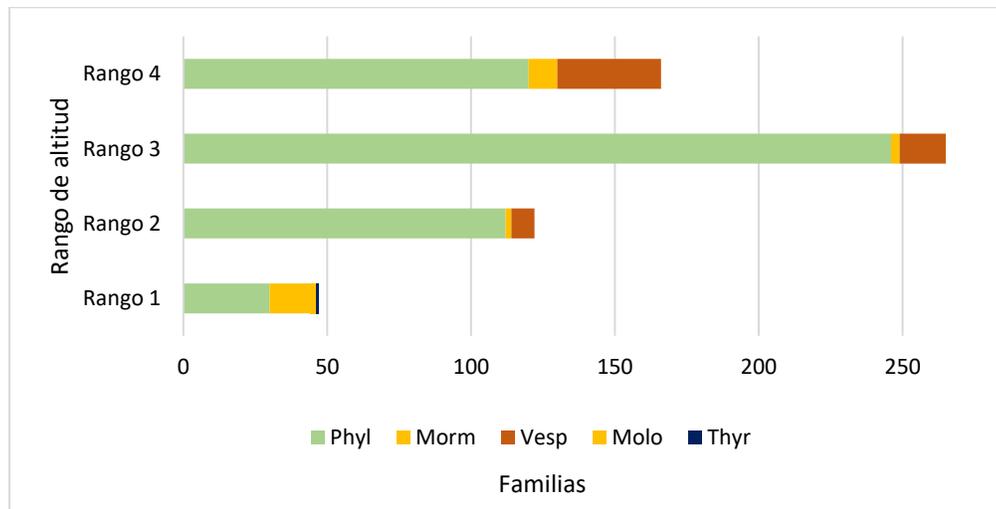


Figura 4.1. Distribución de individuos por familia en la Sierra de Omoa.

Considérese Phyl = Phyllostomidae, Morm = Mormoopidae, Vesp = Vespertilionidae, Molo = Moloosidae y Thyr = Tryropteridae, rango 1 = menor a 500 m, rango 2 = entre 500-1000m, rango 3 = entre 1000-1500m y rango 4 = mayor a 1500m.

La familia Phyllostomidae integró dentro de este grupo a siete subfamilias (figura 4.2), de las cuales Stenodermatinae, es la más numerosa con un total del 76.57 % de los filostómidos encontrados (n=389 individuos de la familia Phyllostomidae). En este sentido, la diferencia la establece la gran abundancia de la especie *Centurio senex* con el 34.96 % de abundancia (n=136 individuos), concentrándose en el gradiente intermedio de 1000-1500 m, rango en el cual se concentra el 49.16 % (n=236 individuos) de los frugívoros capturados Stenodermatinae, Carollinae, Phyllostominae y Glossophaginae. Similares resultados obtuvieron García-García y Santos-Moreno (2014) en un análisis del ensamblaje de filostómidos en áreas fragmentadas y de bosque en Oaxaca, México. Ellos señalaron que este comportamiento está influenciado por la mayor disponibilidad de alimentos (frutos y semillas), favoreciendo la importancia que murciélagos de este gremio alimenticio tienen como dispersores de semillas y polinización de plantas tanto en áreas fragmentadas como en áreas boscosas, señalado también por Muscarella y Fleming (2007) y Tschapka (2004).

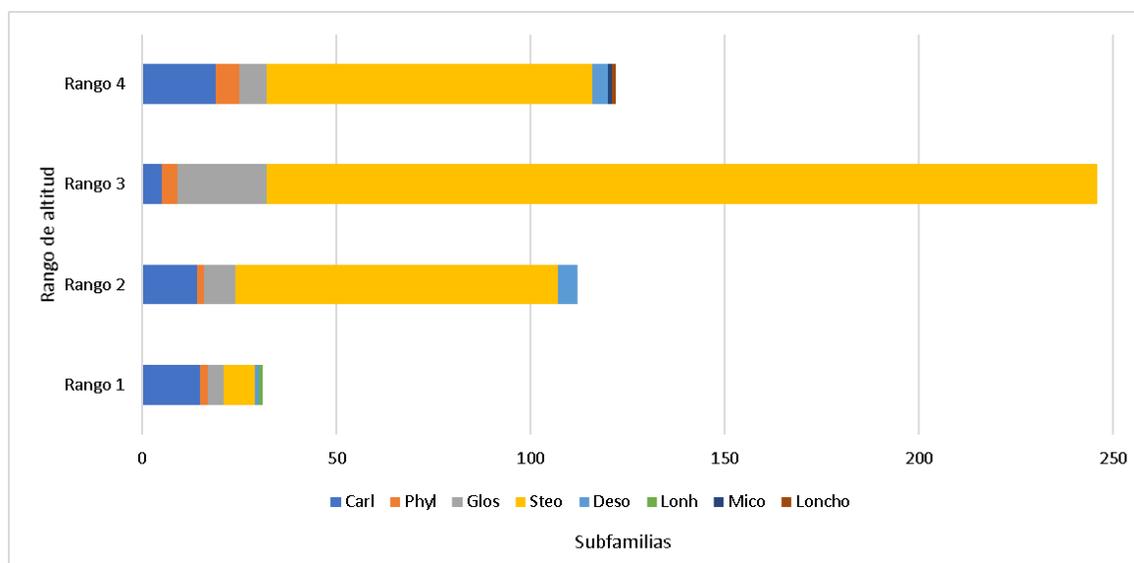


Figura 4.2. Distribución de subfamilias de la familia Phyllostomidae presentes en la Sierra de Omoa por intervalo altitudinal.

Entiéndase rango 1 (menor a 500 m), rango 2 (500-1000 m), rango 3 (1000-1500 m), rango 4 (mayor a 1500 m), en cuanto a las subfamilias representadas interpretar como Carl (Carollinae), Phyl (Phyllostominae), Gos (Glossophaginae), Steo (Stenodermatinae), Deso (Desmodontinae), Lonh (Lonchorhininae), Mico (Micronycterinae) y Loncho (Lonchophyllinae).

García-Méndez (2019) señala a *Sturnira hondurensis* y *Sturnira parvidens* como los más importantes dispersores de familias como las Piperaceae, Urticaceae, Moraceae y Solanaceae, además de especies pioneras. En nuestro caso *S. hondurensis* muestra una mayor abundancia directamente proporcional a la altitud, mientras que *S. parvidens* lo hace a la inversa. *S. hondurensis* es una especie que habita áreas templadas, pero es de alguna manera dependiente de bosques nativos o áreas con vegetación importante que generan bloques continuos (Hernández-Canchola *et al.*, 2021), en nuestro caso se apoya dicha conclusión ya que *S. hondurensis* se presenta en las porciones más elevadas, puede verse favorecido al incremento de parches más amplios de bosque en buen estado, a medida que el rango altitudinal es mayor, ante la ausencia de actividades antrópicas que generen una amplia fragmentación de estas áreas.

Otras especies como *Micronycteris microtis* y *Lasiurus frantzii* (insectívoros), *Diphylla ecaudata* (sanguinívoro) y *Lonchophylla mordax* (nectarívoro) se registraron por encima de los 1500 m, que es donde se localizan las mayores áreas de bosque continuo, pueden considerarse como especies indicadores de esta cobertura ya que prefieren no exponerse a áreas con intervención o abiertas. En este caso *M. microtis* es una especie de hábito

mayormente insectívoro que prefiere áreas boscosas densas o cerradas para pernoctar (Albrecht *et al.*, 2007), obteniendo en este estudio la presencia de un solo ejemplar en el gradiente localizado por encima de los 1500 m. Estos autores también determinaron para el caso que *Artibeus watsoni*, su presencia no era afectada de manera considerable por la fragmentación del hábitat, con lo cual esta especie no está condicionada a áreas boscosas, tanto así que las capturas obtenidas por el presente estudio solo lo reportan en los primeros intervalos altitudinales (menor a 500 m y 500-1000 m) donde las áreas están muy alteradas por actividades antrópicas generalizadas.

El análisis de redundancia (Figura 4.3), establece que, de las 11 variables explicativas iniciales solamente tres tienen peso para explicar el patrón encontrado en la Sierra de Omoa, una de ellas es el gradiente mismo, que explica un 55.51 % de la de la variación, siendo las especies relacionadas con los dos intervalos más altos (superior a los 1000 m) *Centurio senex*, *Enchistenes hartii*, *Sturnira hondurensis*, *Myotis keaysi* y *Artibeus toltecus*, en contraste a lo que es el bosque latifoliado y de conífera que son las otras dos variables de mejor explicación en el modelo. Conclusiones similares fueron obtenidas por Castro *et al.* (2020) en un estudio a nivel de país, pero sin considerar los registros de la Sierra de Omoa, quienes señalan que los murciélagos filostómidos particularmente están condicionados por la elevación (concentraron el estudio en esta familia). En nuestro caso existe una mayor asociación de ciertas especies con el rango alto (mayor a 1500 m) que los restantes intervalos altitudinales.

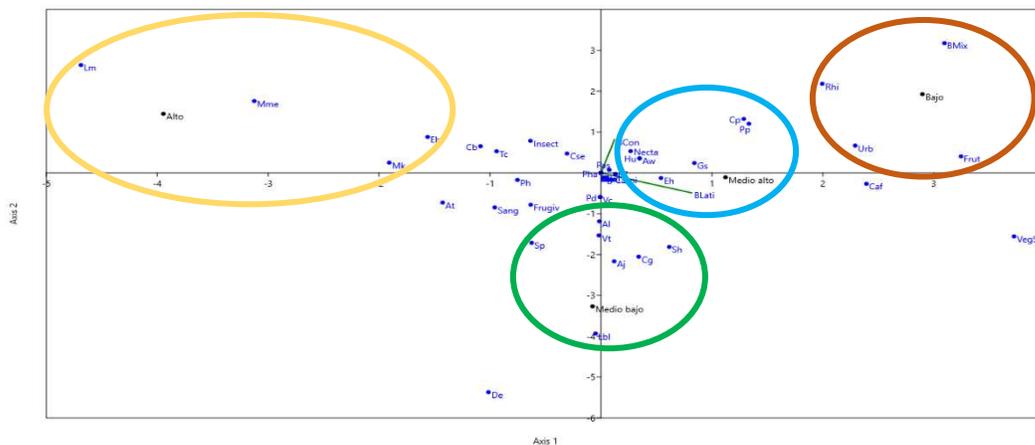


Figura 4.3. RDA de las especies, contrastando los intervalos altitudinales y cobertura de uso de suelo.

Entiéndase a las áreas encerradas en círculos que corresponden a las asociaciones de las especies con relación a los intervalos altitudinales, siendo bajo (menor a 500 m), medio bajo (500-1000 m), medio alto (1000-1500 m) y alto (mayor a 1500 m)

La acción de los vientos ejerce una influencia en las características del macizo montañoso, así en la parte que se orienta al Golfo de Honduras es más húmeda (barlovento), que aquella que se orienta hacia el lado opuesto como el Valle de Sula (sotavento), generando en el primer caso una gran abundancia de nacimientos o afloramientos de agua muy generalizada (ICF, 2019).

Las diferencias de especies presentes en barlovento y sotavento se explican por el tipo de vegetación predominante, mientras a barlovento se caracteriza por consistir prácticamente en bosque latifoliado en todo su piso altitudinal, a sotavento se presentan una serie de conformaciones vegetales que van de bosque de roble a alturas bajas hasta bosque mixto en diferentes transiciones (roble-pino, pino-liquidámbar, pino-latifoliado). En este sentido el bosque latifoliado permite ofrecer mayores oportunidades de áreas de percha, refugio y alimentación, favoreciendo con ello la oportunidad que un mayor número de especies puedan interactuar, evitando con ello la competencia interespecífica y la competencia por recursos, favoreciendo la abundancia y riqueza de estas especies (Calderón-Patrón *et al.*, 2013). Otras especies de acuerdo con Mendoza *et al.* (2017) como *C. sowelli*, *A. toltecus*, *S. hondurensis*, *S. parvidens*, *A. lituratus* y *A. jamaicensis* son ejemplos de especies que pueden ser abundantes por la posibilidad de desplazarse en busca de recursos alimenticios tanto en bosques perturbados (pobres) o maduros (en buen estado de conservación). En nuestro caso, las especies *S. parvidens*, *D. rotundus* y *A. watsoni* se relacionan más con el bosque latifoliado, mientras que *C. perspicillata* y *P. parnellii* se relacionan mejor con el bosque de conífera, esto se puede apreciar en la figura 4.4, donde es fácilmente observable que muchas especies estén mayormente relacionadas con el bosque latifoliado, provocando que la cara a barlovento sea más rica que la de sotavento.

Se han desarrollado algunos trabajos relacionados con la fuerza de mordida de algunas especies, en este caso de acuerdo con Freeman y Lerner (2010) señalaron que *C. perspicillata* posee una fuerza de mordida por el orden de los 5.6 newtons, en contraste con *C. senex* cuya fuerza de mordida se estimó en 10.9 newtons (Dumont *et al.*, 2009). En este sentido Madrid-López *et al.* (2013) reportaron el consumo de un fruto muy duro dentro de la dieta de *C. senex*, específicamente *Sideroxylon capiri* (A.DC.) Pittier (Sapotaceae), apoyando el hecho de que la fuerza de mordida de esta especie puede favorecerle en el consumo de frutos duros que por lo general están fuera del alcance de otras especies. Otras especies con capacidad de mordida inferior prefieren variar su dieta de frugívoros a insectívoros o de nectarívoros a insectívoros

(Gardner, 1977). La abundancia en extremo encontrada a barlovento de *Centurio senex*, puede presentar su explicación a la presencia de frutos duros como los reportados.

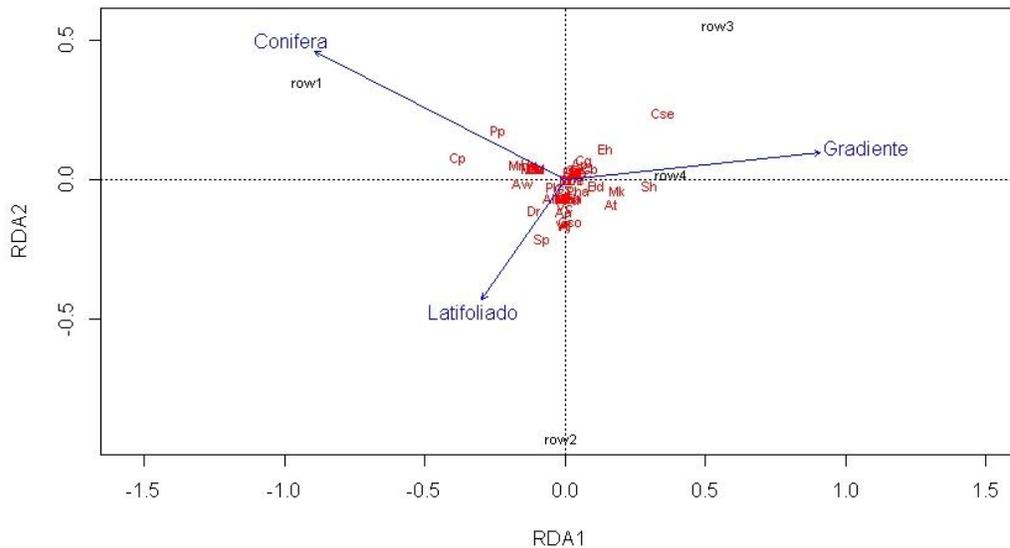


Figura 4.4. Biplot de RDA de variables explicativas con relación a especies presentes y gradientes estudiados.

Entiéndase como row 1 (gradiente menor a 500), row 2 (gradiente 500-1000 metros), row 3 (gradiente 1000-1500 metros) y row 4 (gradiente mayor a 1500 metros)

Finalmente, la heterogeneidad del paisaje puede ser una condicionante muy importante para el establecimiento de comunidades de murciélagos, señalado por Farneda *et al.* (2018), quienes estudiaron este efecto en un territorio del Amazonas, donde la fragmentación es muy amplia y severa. En nuestro estudio, esta fragmentación, aunque existe, la presencia de bosque es importante, donde los parches libres de vegetación natural son pequeños a diferencia de lo expresado por Farneda *et al.* (2018).

CAPÍTULO V.

5.1. CONCLUSIONES

1. El intervalo altitudinal intermedio entre 500-1000 presenta el mejor índice de Shannon con 3.76 con relación a los restantes intervalos. A pesar de que este intervalo muestra 24 especies y el intervalo de 1000-1500 m reporta 25 especies diferentes, el índice de Shannon es menor, en gran parte condicionado a la gran abundancia de *Centurio senex* con 126 individuos que afecta el valor del índice en mención. En cuanto a la riqueza se observa una mayor riqueza a medida que la altitud se incrementa, mientras que la abundancia se concentra en el intervalo de 1000-1500 m producto de la abundancia entregada por *C. senex*.
2. La mayor riqueza de especies se presenta en la sección a barlovento, influenciadas fuertemente por la abundancia de recursos hídricos gracias al aporte de humedad proveniente de la parte costera. Esta abundante humedad permite que la comunidad de murciélagos no se vea afectada, al menos significativamente, por la carencia de recursos alimenticios y de percha para subsistir.
3. La existencia de bosque en toda el área, incluyendo aquellas donde se evidencian actividades antrópicas, permite que las comunidades puedan migrar con mayor facilidad que en aquellos sitios intervenidos, donde el volumen de bosque nativo está severamente diezmado. Aquellas especies que son frecuentemente dependientes del bosque, aunque pueden verse afectadas por la fragmentación, en nuestro caso no es tan severa como para impedir, al menos, en parte, el desplazamiento entre porciones de bosque próximos.
4. *Centurio senex*, conocido como murciélago de cara arrugada es ampliamente abundante en barlovento y representa la especie más abundante de todo el estudio, esta abundancia extrema podría estar asociada a los recursos alimenticios existentes que le permiten tener una mayor obtención de alimentos, cuya dureza está fuera del alcance de la gran mayoría de murciélagos frugívoros presentes.
5. Al estar conformada el área de estudio con pocas zonas de gran tamaño desprovistas de vegetación, situación que contrasta en otros estudios que realizaron en otros lugares donde las áreas antrópicas están regularmente asociadas a una vegetación muy pobre

y espacios abiertos muy amplios, derivando que los resultados obtenidos en el presente estudio también contrastan con los obtenidos en otras latitudes donde la actividad antrópica, si bien tiene un efecto sobre la comunidad, no en igual medida que se presenta en regiones caracterizadas por presentar amplios espacios abiertos.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo en el área, para intentar capturar a las especies que durante este estudio no fue posible observar - el uso de técnicas complementarias como trampas arpa, búsqueda activa en refugios o grabadoras acústicas puede ser muy positivo para identificar especialmente especies de alto vuelo que con el uso de redes de niebla a nivel de sotobosque no es posible capturar o su captura es muy oportunista.
2. Se recomienda poder establecer un estudio tendiente a identificar los recursos alimenticios en los cuales se basa la dieta de las especies de murciélagos presentes, especialmente aquellas que son de hábito frugívoro. Así, poder determinar la contribución que estos tienen en el proceso de reconversión del bosque producto de ser estos murciélagos frugívoros promotores de procesos de sucesión vegetal. Además de identificar aquellas preferencias alimenticias de especies como el *Centuro senex* y las razones por las cuáles es muy abundante en el piso altitudinal de 100-1500 m.
3. Es importante impulsar acciones tendientes a demostrar en el área, tanto a nivel de las poblaciones presentes, como de las instituciones u organizaciones que realizan trabajos en la zona, de la importancia que tiene el grupo de quirópteros en particular como agentes dispersores de frutos y semillas, que pueden mantener el estado de sucesión vegetal activo y promover acciones de polinización de cultivos en la zona.

BIBLIOGRAFIA

- Albrecht, L., Meyer, C.F.J. & Kalko, E.K.V. (2007). Differential mobility in two small phyllostomid bats, *Artibeus watsoni* and *Micronycteris microtis*, in a fragmented Neotropical landscape. *Acta Theriol* **52**, 141–149.
- Alvarado, R. (2019). Distribución altitudinal de murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) en la zona central de Chalatenango, El Salvador. San Salvador: Tesis de Pregrado. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, escuela de Biología. Pp. 87.
- Anteliz-Pallares, I, Sánchez, A.T., Sánchez-Londoño, J.D. (2021). Dieta de murciélagos frugívoros y su efecto sobre la germinación de dos especies en el Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia. *Caldasia*, **43** (2), 310-319.
- Arias-Aguilar, A., Chacón-Madriral, E., Laval, R. y Rodríguez-Herrera, B. (2020). Patrones de diversidad y actividad de murciélagos insectívoros aéreos a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque tropical de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* **31** (1), 58-63.
- Arita, H.T, Vargas-Barón, J, Villalobos, F. (2014). Gradientes latitudinales de riqueza de géneros y endemismo y la diversificación de los murciélagos del Nuevo Mundo. *Ecografía*. **37**:1024–33.
- Atagana, P., Fils, E. y Kakeunou, S. (2021). Responses of Bat Communities (Mammalia: Chiroptera) to Forest Loss and Habitat Conversion in Southern Cameroon. *Tropical Conservation Science*. (14). 1-18.
- Avilla-Cabadilla, L.D., Sánchez-Azofeifa, G.A., Stoner, K.E., Álvarez-Añorve, M.Y., Bagley, J.C., y Johnson, J.B. (2014). Phylogeography and biogeography of the lower Central American Neotropics: Diversification between two continents and between two seas. *Biological Reviews*, **89** (4), 767–790.

- Barclay, R.M.R. (2003). Historias de vida de los murciélagos: la vida en el carril lento, en: Kunz TH, Fenton MB, editores. Murciélago Ecol. Chicago: Chicago La Universidad de Prensa; 2003. Pp. 209–46.
- BatWorlds, 2015. *BATWORLDS*. <https://www.batworlds.com/es/distribucion-y-habitat-de-los-murcielagos/> (Acceso_6 febrero 2023).
- Bautista-Hernández, C.E., Monks, S. y Pulido-Flores, G. (2013). "Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies". Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. Vol II. Pp. 13-17.
- Bejarano-Bonilla, D.A., Yate-Rivas, A. y Bernal-Bautista, M.H. (2007). Diversidad y distribución altitudinal de la fauna quiróptera en un transecto altitudinal en el departamento del Tolima, Colombia. *Caldasia*. 29, 297-308.
- Bender, M.L., Fairbanks, R.G., Taylor, F.W., Matthews, R.K., Goddard, J.G., y Broecker, W.S. (1979). Uranium-series dating of the Pleistocene reef tracts of Barbados, West Indies. *GSA Bulletin* 90 (6), 577-594.
- Biagi, E. et al. (2016). Microbiota intestinal y longevidad extrema. *Curr. Biol.* 26, 1480 - 1485.
- Bolívar-Cimé, B., Laborde, J., Cristina MacSwiney, G.M., Muñoz-Robles, C., y Tun-Garrido, J. (2013). *Response of Phytophagous Bats to Patch Quality and Landscape Attributes in Fragmented Tropical Semi-Deciduous Forest*. *Acta Chiropterologica*, 15 (2), 399–409.
- 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 (2), 446-454.
- Calderón-Patrón, J.M., Briones-Salas, M., y Moreno, C.E. (2013). Diversidad de murciélagos en cuatro tipos de bosque de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Therya*, 4 (1), 121-137.
- Cárdenas, G.V., Vidal-Astudillo, H., López, C.H., Giraldo, C., Ruíz, C.A. Saavedra-Rodríguez, P., Franco y Gutiérrez-Chacón, C. (2014). Inventarios de fauna y flora en relictos de bosque en el enclave seco del río Amaime, Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*. 15 (1). 133-140.

- Castilla, M.C., Cuyckens, G.A., Erica, y Díaz, M. (2020). RIQUEZA POTENCIAL DE MURCIÉLAGOS EN EL SUR DE LAS YUNGAS: APORTES PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES. *Mastozoología neotropical*, 27(1), 61-71.
- Colwell, R.K., Rahbek, C. y Gotelli, N.J. (2004). The Mid'Domain Effect and Species Richness Patterns: What Have We Learned So Far? *The American Naturalist*. 1633 (3), E1-E23.
- Cueto, V.R. (2006). Escalas en ecología: Su importancia para el estudio de la selección de hábitat en aves. *Hornero*. 21 (1). 1-13.
- Díaz, M., Solari, S., Gregorin, R., Aguirre, L. y Barquez, R. (2021). Clave de Identificación de los Murciélagos Neotropicales. Publicación especies No. 4. Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina. Tucumán, Argentina. 211 pp.
- DiBio. 2017. Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y Plan de Acción 2018-2022. Dirección General de Biodiversidad (Mi Ambiente). Tegucigalpa, Honduras. Pp. 213.
- Dongmo, E.M., Eric-Moise, B.F., Mongombe, A.M., Fernard-Nestor, T.F. (2020). Diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) along an altitudinal gradient in the western region of Cameroon. *Bonn zoological Bulletin*. 69 (1), 45-54.
- Donnelly, T.W. (1988). Restricciones geológicas en la biogeografía caribeña. En JK Liebherr (Ed.), *Zoogeography of Caribbean insects*). Ithaca, Nueva York: Cornell University Press. Pp. 15 – 37.
- Dumont, E.R., Herrel, A., Medellín, R.A., Vargas-Contreras, J.A., Santana, S.E. (2009). Built to bite: cranial design and function in the wrinkle-faced bat. *Journal of Zoology*, 279(4), 329-337.
- Dumont, E.R. (2003). Bats and fruits: An Ecomorphological Approach. In: Kunz, T.H., Fenton, M.B. (eds) *Bat Ecology*. Chicago, Illinois, USA., The University of Chicago Press. Pp. 156–208.
- Durant, K.A., Hall, R.W., Cisneros, M.L., Hyland, M.R. y Willig, R.M. (2013). Reproductive phenologies of phyllostomid bats in Costa Rica. *Journal of Mammalogy*, 6, 1438–1448.

- Estrada-Villegas, S., McGill, B.J., Kalko, E.K.V. (2012). Climate, habitat, and species interactions at different scales determine the structure of a Neotropical bat community. *Ecology* 93 (5), 1183 – 1193.
- Farneda, F.Z., Rocha, R., López-Baucells, A., Sampaio, E.M., Jorge M. Palmeirim, J.M., Bobrowiec, P., Grelle, C. y Meyer, C. (2018). El camino hacia la recuperación funcional: efectos temporales de la regeneración matricial en murciélagos amazónicos. *Tropical Conservation Science*. 11: 1–4.
- Fenton, M.B., Acharya, L., Audet, D., Hickey, M.B.C., Merriman, C., Obrist, M.K., Syme, D.M. y Adkins, B. (1992). Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 24 (3), 440-446.
- Ferreira-García, D., Saldaña-Vázquez, R.A., y Schondube, J.E. (2018). La estacionalidad climática no afecta la fenología de murciélagos cavernícolas con dieta omnívora. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(2), 488- 496.
- Ferro-Muñoz, N., Giraldo, A., y Murillo-García, E.O. (2018). Composición, estructura trófica y patrón de actividad de murciélagos de sotobosque en la Reserva Forestal Bitaco. *Revista Acta Biológica Colombiana*, 23(2), 170-178.
- Fleming, T.H., Kress, W.J. (2013). *The ornaments of life - Coevolution and Conservation in the tropics*. Chicago: The University Chicago Press. Pp. 616.
- Flores, J.W. y Chumacero, L.M. (2010). Perspectivas sobre el origen y la filogenia de los murciélagos. *ContactoS*. 77. 5-9.
- Freeman, P. W., y Lemen, C. A. (2010). Simple predictors of bite force in bats: the good, the better and the better still. *Journal of Zoology*, 282(4), 284-290.
- Frick, W.F., Kingston, T., y Flanders, J. (2019). *A review of the major threats and challenges to global bat conservation*. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Pp. 1-21.
- Galindo-González, J., Guevara, S., Sosa, V.J. (2000). Bat-and Bird-Generated Seed Rains at Isolated Trees in Pastures in a Tropical Rainforest. *Conserv. Biol.* 14(6):1693–1703.

- Garcés, M., Ángel, A., Cuéllar, N., y Giraldo, A. (2016). Diversidad de mamíferos en una área con relictos de bosque seco en el Magdalena Medio (Caldas, Colombia). *Revista de Ciencias*, 20, 147-160.
- García, A. (2019). Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros (Familia: Phyllostomidae), en tres tipos de hábitats contrastantes en Pluma Hidalgo, Oaxaca. Tesis doctoral del Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México. Pp. 86.
- García-García, J.L. y Santos-Moreno, A. (2014). Variación estacional en la diversidad y composición de ensamblajes de murciélagos filostómidos en bosques continuos y fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 228-241.
- Gardner, A. (1977). Feeding Habits. *Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae*. 93-350 pp.
- Gentry, A.H. (1974). Coevolutionary Patterns in Central American Bignoniaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 61 (3):728-759.
- Giberto, D.A., Romero, M.V., Escolares, M., Machinandiarena, L. y Bremec, C.S. (2015). Diversidad de las comunidades Bentónicas en las Regiones de Reclutamiento de la Merluza Común *Merluccius hubbsi* Marini. *Rev. Invest. Desarr. Pesq.* No 27: 5-25.
- Griffiths, T.A., y Klingener, D. (1988). On the distribution of Greater Antillean bats. *Biotropica*, 20(3), 240–251.
- Gunnell, G.F., Simmons, N.B., Seiffert, E.R. (2014) New Myzopodidae (Chiroptera) from the Late Paleogene of Egypt: Emended Family Diagnosis and Biogeographic Origins of Noctilionoidea. *PLoS ONE* 9(2): 1-11.
- Hernández-Canchola, G., Ortega, J. y León-Paniagua, L. (2021). *Sturnira hondurensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian species* 53(1001) 23-34.
- Humphries, M.M., Thomas, D.W., Speakman, J.R. (2002) Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals. *Nature* 418: 313–316.

- ICF (2018). Anuario estadístico forestal de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Tegucigalpa M.D.C., Honduras. Volumen 33. Pp. 144.
- ICF (2019). Plan de Manejo Zona de Reserva del Merendón, período 2019-2031. Instituto de Conservación Forestal, Gerencia de Ambiente de la Municipalidad de San Pedro Sula. Pp.158.
- Iturralde-Vinent, M.A. y MacPhee, R. (1999). Paleogeografía de la región del Caribe: implicaciones para la biogeografía cenozoica. *Boletín del Museo Americano de Historia Natural*, 238, 1 - 95.
- Kerr, A.C., Iturralde-vinent, M.A., Saunders, A.D., Babbs, T.L. y Tarney, J. (1999). Un nuevo modelo de placas tectónicas del Caribe. *Geological Society of America Boletín*, 7606, 1581 - 1599.
- Klingbeil, B.T., y Willig, M.R. (2009). Guild-specific responses of bats to landscape composition and configuration in fragmented Amazonian rainforest. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 203-213.
- Koopman, K.F. (1977). Zoogeografía. En Baker, R.J., Jones Jr., J.K. y Carter, D.C. (Eds.), *Biología de los murciélagos de la familia phyllostomidae del nuevo mundo*. Lubbock, Texas. Pp 39-47.
- Krebs, C. (1995). *Ecología: Estudio de la distribución y abundancia* (Segunda edición ed.). México: Harla S.A. de C.V. pp 753.
- Kwon, M. y Gardner, A.L. (2008). Subfamilia Desmodontinae. In *Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats* (ed. Gardner, AL). The University of Chicago Press. Pp. 218–223.
- Lack, J.D. y Van Den Bussche, R.A. (2010). Identifying the confounding factors in resolving phylogenetic relationships in Vespertilionidae. *Journal of Mammalogy*, 91(6):1435–1448.

- Langwig, K.E., Frick, W.F., Bried, J.T., Hicks, A.C., Kunz, T.H., Kilpatrick, A.M. (2012) La socialidad, la densidad-dependencia y los microclimas determinan la persistencia de poblaciones que padecen una nueva enfermedad fúngica, síndrome de la nariz blanca. *Ecol. Letón*.15: 1050-1057.
- Laura, PLA (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *INCI*. 2006, vol.31(8). Pp. 583-590.
- Laurance, W.F. (1991). Ecological Correlates of Extinction Proneness in Australian Tropical Rain Forest Mammals. *Conservation Biology*, 5(1), 79-89.
- Lavariega, M., y Briones-Salas, M. (2016). Notes on bat movement in a fragmented landscape in the Tehuantepec Isthmus, México. *Therya*, 7(2), 321-332.
- Legendre, L. and Legendre, P. (1979). *Écologie numérique*. Masson, Paris and Les Presses de l'Université du Québec, Québec. Pp. 254.
- López-Mejía, M., Moreno, C., Zuria I., Sánchez-Rojas, G., Rojas-Martínez, A. (2017). Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88 (1). 183-191.
- Loureiro, L.O., Engstrom, M.D., y Lim, B.K. (2021). *Biogeography of Neotropical mastiff bats: A case of multiple dispersals between the Caribbean and mainland*. *Journal of Biogeography*, 48(6), 1353–1365.
- Macdonald, D., ed. (1984). *The Encyclopedia of Mammals* (en inglés). Nueva York: Facts on File. p. 804.
- Mancini, M.C., Laurindo, R., Hintze, F., Mello, R. y Gregorín, R. (2019). Diferentes gremios de murciélagos tienen distintas respuestas funcionales a la elevación. *Acta ecológica*. 96: 35-42.

- Mayle, F.E. (2004). Evaluación de la hipótesis de los refugios del bosque seco neotropical a la luz de datos paleoecológicos y simulaciones de modelos de vegetación. *J. Quat. Sci.* 19: 713–720.
- McCain, C.M. (2007). Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 1-13.
- Medellín, R.A., Gaona, O. (1999). Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico¹. *Biotropica* 31(3):478–485.
- Medellín, R., Arita, H., y Sánchez, Ó. (2007). *Identificación de los murciélagos de México: clave de campo* (2da. ed. ed.). México DF, México: Instituto de Ecología, UNAM. Pp. 80.
- Medina-Fitoria, A. (2014). *Murciélagos de Nicaragua* (1 ed. ed.). Managua, Nicaragua: Programa para la Conservación de los Murciélagos de Nicaragua (PCMN) y Miinisterio del Ambiente y los Recusros Naturales (MARENA). Pp. 282.
- Medina-Van Berkum, P., Haelewaters, D., Thompson, J., Uribe, E., Vulinec, K. y Martin, T. (2021). Bat assemblages and their ectoparasites in a Honduran cloud forest: Effects of disturbance and altitude. *Journal of Mesoamerican Biology*. 1 (1). 51-69.
- Mello, M.A.R., Kalko, E.K.V. y Silva, W.R. (2009). Ambient temperature is more important than food availability in explaining reproductive timing of the bat *Sturnira lilium* (Mammalian: Chiroptera) in a montane Atlantic Forest. *Canadian Journal of Zoology*, 87, 239–245.
- Mendoza, V.H., Horváth, A., Montoya, L.R., Segura, G.E. y Gutiérrez, D.A. (2017). Patrones de Diversidad de Murciélagos en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Mastozoología Neotropical*, vol. 24 (2). Pp. 365-387.
- Meyer, C.F.J., y Kalko, E.K.V. (2008). Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: land-bridge islands as a model system. *Journal of Biogeography*, 35(9), 1711–1726.

- Mora, J.M. (2016). Clave para la Identificación de las Especies de Murciélagos de Honduras. *Revista Ceiba*. 54 (2). 93-117.
- Mora-Escobar, F. y Maglianesi, M.A. (2021). Diversidad Funcional de Murciélagos Frugívoros en dos fincas de producción ganadera en Guanacaste, Costa Rica. *UNED Research Journal*. 13 (2).
- Morales-Martínez, D.M. y Díaz, D. (2020). Evaluación rápida de la diversidad de murciélagos (Mammalia:Chiroptera) en un gradiente altitudinal andino-amazónico en el Parque Andakí (Caqueta, Colombia). *Revista Colombiana Amazónica*. 12, 95-108.
- Muller, J., Mehr, M., Bassler, C., Brock Fenton, M., Hothorn, T., Pretzsch, H., Klemmt, HJ, Brandl, R. (2012). Respuesta agregada en murciélagos: abundancia de presas versus hábitat. *Oecologia* 169 (3), 673 - 684.
- Muñoz-Romo, M., Nielsen, T.L., Nassar, M.J. y Kunz, T.H. (2012). Chemical composition of the substances from dorsal patches of males of the Curacaoan long-nosed bats, *Leptonycteris curasoae* (Phyllostomidae: Glossophaginae). *Acta Chiropterologica*, 1, 213–224.
- Muscarella, R. y T.H. Fleming. (2007). The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 82: 573-590.
- Noguera-Urbano, E.A. y Escalante, T. (2014). Datos geográficos de los murciélagos (Chiroptera) en el Neotrópico. *Revista Biología Tropical*. 62 (1), 201-2015.
- Odum, E.P. (1972). *Fundamentals of Ecology [Ecología]* 3^{era} edición. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V. Mexico. Pp. 227.
- Ottaviani, E., Ventura, N., Mandrioli, M., Candela, M., Franchini, A., Franceschi, C. (2011). La microbiota intestinal como candidata para la extensión de la vida útil: una perspectiva ecológica/evolutiva dirigida a los organismos vivos como metaorganismos. *Biogerontología* 12: 599 - 609.

- Palacio, F., Apodaca, M. y Cisci, J. (2020): Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R.- 1a ed.-Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Pp. 268.
- Parreira, F., Pereira, P. y Mendes, P. (2018). A synthesis of ecological and evolutionary determinants of bat diversity across spatial scales. *BMC Ecology*. 18:18. 2-14.
- Patterson, B.D., Pacheco, V. y Solari, S. (1996). Distributions of bats along an elevational gradient in the Andes of south-eastern Peru. *Journal Zool*. 240, 637-658.
- Pedersen, S.C. (1998). Soplado, volado y volado; los murciélagos de Montserrat BWI. *Zoólogo estadounidense*, 37, 17A.
- Pedersen, S.C., Genoways, H.H. y Freeman, P.W. (1996). Notes on bats from Montserrat (Lesser Antilles) with comments concerning the effects of Hurricane Hugo. *Mammalogy papers: University of Nebraska State Museum. Caribbean Journal of Science*, Vol. 32 (2), 206-213.
- Peixoto, F.P., Pereira, P.H. y Mendes, P. (2018). A synthesis of ecological and evolutionary determinants of bat diversity across spatial scales. *BMC Ecol* 18:18
- Peña, D. (2002). Análisis de Datos Multivariados. [Researchgate.net/publication](https://www.researchgate.net/publication/228111111). Pp. 515.
- Pindell, J.L. (1994). Evolución del Golfo de México y el Caribe. En Donovan, S.K. y Jackson, T.A. (Eds.), *Aribbean Geology: An Introduction*. Kingston, JM: Asociación de Editores de la Universidad de las Indias Occidentales. Pp. 19-39.
- Pindell, J.L., Barrett, S. (1990). Evolución geológica de la región del Caribe: una perspectiva de la tectónica de placas. En G. Dengo & J.E. Case (Eds.), *The geology of North America, The Caribbean region*. Pp. 405-432.
- Pineda-López, R. (2019). Estimadores de la riqueza de especies. En moreno CE (ed) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México, pp. 159-174.

- Plasencia-Vázquez, A.H., Escalona-Segura, G., Cú-Vizcarra, J.D., Borges-Jesús, K.P., Serrano Rodríguez, A., Ferrer-Sánchez, Y., y Vargas-Contreras, J.A. (2020). Diversidad de murciélagos en la selva baja inundable del sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 623-640.
- Poelchau, M.F., y Hamrick, J.L. (2013). El modelo de paleodistribución no admite disyunción Refugios del Pleistoceno en varios taxones de plantas de América Central. *J. Biogeogr.* 40: 662–675.
- Portillo-Reyes, H.O., Hernández, J., Manzanares, T., Elvir, F. y Vega H. (2015). Registros y Distribución Potencial del Murciélago Blanco Hondureño (*Ectophylla alba*) en la Región de la Mosquitia hondureña. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época*. 5 (1). Pp. 8.
- Porto, T.J., Carnaval, A.C., da Rocha, P.L.B. (2013). Evaluating forest refugial models using species distribution models, model filling and inclusion: a case study with 14 Brazilian species. *Diversity and distribution*. 19: 330–340.
- Rodríguez, C.F. (2007). Multivariate Analysis. *Paradigma, una revista disciplinar de investigación*. 2 (1): 9-39.
- Rodríguez-Durán, A. y Soto-Centeno, J.A. (2002). Temperature selection by tropical bats roosting in caves. *Journal of Thermal Biology* 28, 465-468.
- Rojas, D., Warsi, O.M. y Dávalos, L.M. (2016). Bats (Chiroptera: Noctilionoidea) Challenge a Recent Origin of Extant Neotropical Diversity, *Systematic Biology*. 65 (3): 432–448.
- Saldaña-Vázquez, R. A., y Munguía-Rosas, M. A. (2013). Lunar phobia in bats and its ecological correlates: A metaanalysis. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 78:216-219.
- Sánchez-Barrera, F.A. (2020). Murciélagos, Chimbes, Chimbilas, posibles aliados en los Sistemas de Producción de Alimentos en Colombia. Universidad de la Amazonia. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FAGROPEC)*. 12 (1). 126-128.

- Sergio M. Madrid-López, Alejandro A. Castro-Luna, Jorge Galindo-González. (2013). First report of a hard fruit in the diet of *Centurio senex* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Mexico, *Journal of Mammalogy*. 94 (3): 628–631.
- Silva, M., Laurindo, R., Hintze, F., Mello, R., y Gregorin, R. (2019). Los diferentes gremios de murciélagos tienen distintas respuestas funcionales a la elevación. *Acta Oecologica*, 96, 35-42.
- Silveira, L.F., Beisiegel B., Curcio, F., Valdujo, P., Dixo, M., Verdade V., Taliaferro G. y Monteiro, P. (2010). Para que servem os inventários de fauna? *Estudos avançados* 24 (68). 173-207.
- Solari, S. y Martínez-Arias, V. (2014). Cambios Recientes en la Sistemática y Taxonomía de Murciélagos Neotropicales (Mammalia: Chiroptera). 5 (1), 167-196.
- Stevens, R.D. (2006). Los procesos históricos mejoran los patrones de diversidad a lo largo gradientes latitudinales. *Actas de la Royal Society B273*: 2283–2289.
- Teeling, E. C., Springer, M. S., Madsen, O., Bates, P., O'brien, S. J. y Murphy, W. J. (2005). A molecular phylogeny for bats illuminates' biogeography and the fossil record. *Science*, 307:580- 584.
- Torres-Flores y Guevara-Chumacero (2010). Perspectivas sobre el origen y la filogenia de los murciélagos. *Revista ContactoS*, 77, 5-9.
- Torres-Morales, L. (2019). Límites de distribución actual de *Sturnira hondurensis*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 90. 1-9 pp.
- Trujillo, L., Martínez-Fonseca, J., Hernández, J., Cajas-Castillo, J., Girón-Galván, L., Medina-Fitoria, A., Rodríguez, M. y Barahona-Fong, R. (2022). Note of the life history of *Centurio senex* (Chiroptera:Phyllostomidae) from northern Central America. *Mammalia*. 86 (5): 468-473.
- Tsagkogeorga, G., Parker, J., Stupka, E., Cotton, J. y Rossiter, S. (2013). Phylogenomic Analyses Elucidate the Evolutionary Relationships of Bats. *Current Biology*, 23: 2262-2267.

- Tschapka, M. 2004. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of Neotropical flower visiting bats. *Journal of Zoology* 263:7-21.
- Turcios-Casco, M., Gatti, R., Dris, G., Cáceres, N., Steven, R. y Dambros, C. (2021). Ecological gradients explain variation of phyllostomid bat (Chiroptera: Phyllostomidae) diversity in Honduras. *Mammalia Biology*. Pp. 19.
- Vleut, I., Levy-Tacher, S.I., Boer, W.F., Galindo-González, J., Vazquez, L., 2012. Tropical manejo forestal secundario Depende la composición frugívora de los murciélagos, la abundancia y el consumo de frutas en Chiapas, México. *PLoS One* 8 (10): Pp. 1-10.
- Wainwright, M. (2008). *The Mammals of Costa Rica: A Natural History and Field Guide*. Ithaca, New York and London, United Kingdom: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. *Journal of Mammalogy*. 89 (1): 256.
- Willig, M.R. y Presley, S.J. (2013). Gradientes Latitudinales de Biodiversidad. *Enciclopedia de la Biodiversidad*. 4: 612-626.
- York, H., Rodríguez-Herrera B., La Val, R. y Timm R. (2019). Field key to the bats of Costa Rica and Nicaragua. *Journal of Mammalogy*. 100 (6): 1726-1749.

ANEXOS

Anexo 1. Material complementario 1 resultados de análisis SIMPER mediante el Índice de Bray-Curtis, de la comunidad de murciélagos en todos los gradientes altitudinales en general en la Sierra de Omoa.

Rango 1 (menor a 500 metros) y rango 2 (entre 500-1000 metros).

Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 1	Abundancia media rango 2
Sh	15.33	15.74	15.74	0	3.5
Aj	10.94	11.24	26.98	0.667	13.5
Sp	8.624	8.856	35.83	0.667	10.5
Cso	6.735	6.915	42.75	0.333	6.5
Cp	6.264	6.432	49.18	4.33	0.5
Pp	5.153	5.292	54.47	3.67	0
Hu	5.044	5.18	59.65	0.667	0
Mm	4.595	4.718	64.37	0	0.5
Mr	4.595	4.718	69.09	0	0.5
Gs	3.603	3.699	72.79	0.667	4
At	2.704	2.777	75.57	0	3.5
Vt	2.318	2.38	77.95	0	3
Dr	2.188	2.246	80.19	0.333	2.5
Pm	1.991	2.044	82.24	0.333	0
Cs	1.991	2.044	84.28	0.333	0
Lb	1.991	2.044	86.32	0.333	0
Al	1.801	1.85	88.17	0.333	2
Mk	1.159	1.19	89.36	0	1.5
Aa	1.159	1.19	90.55	0	1.5
Aw	1.111	1.141	91.69	0.667	0.5
Ph	1.029	1.056	92.75	0.333	1

Mme	0.937	0.9621	93.71	0.667	0
Vc	0.7726	0.7933	94.51	0	1
Pd	0.7726	0.7933	95.3	0	1
Bd	0.7726	0.7933	96.09	0	1
Ms	0.4685	0.481	96.57	0.333	0
La	0.4685	0.481	97.05	0.333	0
Tt	0.4685	0.481	97.54	0.333	0
Mr	0.4685	0.481	98.02	0.333	0
Eb	0.3863	0.3967	98.41	0	0.5
Cse	0.3863	0.3967	98.81	0	0.5
Pha	0.3863	0.3967	99.21	0	0.5
Mn	0.3863	0.3967	99.6	0	0.5
Csa	0.3863	0.3967	100	0	0.5

Rango 1 (menor a 500 metros) y rango 3 (entre 1000-1500 metros).

Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 1	Abundancia media rango 3
Cse	15.27	15.65	15.65	0	32.3
Aj	11.66	11.94	27.59	0.667	4.75
Sh	9.887	10.13	37.72	0	7.5
Hu	7.029	7.201	44.92	0.667	0
Cp	6.437	6.594	51.51	4.33	0
Pp	6.079	6.227	57.74	3.67	0.5
Cg	5.283	5.412	63.15	0	1.75
Bd	3.422	3.505	66.66	0	1.75
At	3.102	3.178	69.83	0	2.5
Gs	2.739	2.806	72.64	0.667	3.5

Eh	2.676	2.741	75.38	0	4.5
Cso	2.594	2.658	78.04	0.333	0.75
Lb	2.349	2.406	80.44	0.333	0
Pm	2.349	2.406	82.85	0.333	0
Cs	2.349	2.406	85.26	0.333	0
Mk	2.026	2.075	87.33	0	1.75
Cb	1.725	1.767	89.1	0	0.5
Sp	1.58	1.618	90.72	0.667	0.25
Ap	1.066	1.092	91.81	0	1
Mme	0.9903	1.014	92.82	0.667	0
Aw	0.9903	1.014	93.84	0.667	0
Ub	0.8626	0.8837	94.72	0	0.25
Ca	0.853	0.8738	95.6	0	0.5
Al	0.538	0.5511	96.15	0.333	0.25
Ph	0.538	0.5511	96.7	0.333	0.25
Ms	0.4952	0.5072	97.21	0.333	0
La	0.4952	0.5072	97.71	0.333	0
Dr	0.4952	0.5072	98.22	0.333	0
Tt	0.4952	0.5072	98.73	0.333	0
Mr	0.4952	0.5072	99.24	0.333	0
Lbl	0.1067	0.1093	99.34	0	0.25
Tc	0.1067	0.1093	99.45	0	0.25
Pha	0.1067	0.1093	99.56	0	0.25
Ma	0.1067	0.1093	99.67	0	0.25
Ag	0.1067	0.1093	99.78	0	0.25
Pd	0.1067	0.1093	99.89	0	0.25

Gc	0.1067	0.1093	100	0	0.25
----	--------	--------	-----	---	------

Rango 1 (menor a 500 metros) y rango 4 (entre 1500-2000 metros).

Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 1	Abundancia media rango 4
Sh	16.21	17.5	17.5	0	9.8
Mk	14.9	16.08	33.59	0	5.6
Pp	10.82	11.68	45.27	3.67	5.6
Cp	6.297	6.798	52.06	4.33	0
Cso	5.91	6.381	58.44	0.333	2.6
Sp	3.608	3.895	62.34	0.667	0.8
At	3.475	3.752	66.09	0	3
Cb	3.072	3.317	69.41	0	1.2
Hu	2.854	3.082	72.49	0.667	0.2
Cse	2.591	2.798	75.29	0	1.2
Aj	2.589	2.795	78.08	0.667	0.6
Gs	1.957	2.113	80.2	0.667	0.8
Bd	1.853	2	82.2	0	0.8
Tc	1.639	1.769	83.96	0	0.8
Cs	1.255	1.354	85.32	0.333	0
Lb	1.255	1.354	86.67	0.333	0
Pm	1.255	1.354	88.03	0.333	0
Eh	1.092	1.178	89.21	0	0.4
Lf	1.019	1.1	90.31	0	0.2
Ph	1.017	1.098	91.4	0.333	0.6
Aw	0.9688	1.046	92.45	0.667	0
Mme	0.9688	1.046	93.5	0.667	0
Al	0.7478	0.8073	94.3	0.333	0.2

Eb	0.6222	0.6717	94.97	0	0.4
Ms	0.4844	0.5229	95.5	0.333	0
La	0.4844	0.5229	96.02	0.333	0
Dr	0.4844	0.5229	96.54	0.333	0
Tt	0.4844	0.5229	97.07	0.333	0
Mr	0.4844	0.5229	97.59	0.333	0
Ma	0.4388	0.4738	98.06	0	0.2
Lm	0.4388	0.4738	98.54	0	0.2
Mmi	0.4388	0.4738	99.01	0	0.2
De	0.3667	0.3959	99.41	0	0.4
Gc	0.1834	0.1979	99.6	0	0.2
Csa	0.1834	0.1979	99.8	0	0.2
Pha	0.1834	0.1979	100	0	0.2

Rango 2 (entre 500-1000 metros) y rango 3 (entre 1000-1500 metros).

Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 2	Abundancia media rango 3
Aj	14.11	16.12	16.12	13.5	4.75
Cse	13.03	14.89	31.01	0.5	32.3
Sh	12.31	14.06	45.07	3.5	7.5
Sp	7.238	8.269	53.34	10.5	0.25
Cso	4.283	4.893	58.23	6.5	0.75
Gs	3.554	4.06	62.29	4	3.5
At	3.497	3.995	66.28	3.5	2.5
Mr	3.07	3.507	69.79	0.5	0
Mm	3.07	3.507	73.3	0.5	0
Cg	2.747	3.138	76.44	0	1.75
Bd	2.392	2.732	79.17	1	1.75

Eh	2.169	2.478	81.65	0	4.5
Vt	1.951	2.229	83.88	3	0
Mk	1.9	2.17	86.05	1.5	1.75
Dr	1.626	1.858	87.9	2.5	0
Al	1.319	1.507	89.41	2	0.25
Cb	1.184	1.352	90.76	0	0.5
Aa	0.9757	1.115	91.88	1.5	0
Ap	0.7986	0.9123	92.79	0	1
Pp	0.6847	0.7821	93.57	0	0.5
Ph	0.6688	0.764	94.34	1	0.25
Pd	0.6688	0.764	95.1	1	0.25
Vc	0.6505	0.7431	95.84	1	0
Ca	0.6131	0.7004	96.54	0	0.5
Ub	0.5919	0.6762	97.22	0	0.25
Pha	0.3436	0.3925	97.61	0.5	0.25
Eb	0.3252	0.3715	97.98	0.5	0
Cp	0.3252	0.3715	98.36	0.5	0
Mn	0.3252	0.3715	98.73	0.5	0
Csa	0.3252	0.3715	99.1	0.5	0
Aw	0.3252	0.3715	99.47	0.5	0
Lbl	0.09276	0.106	99.58	0	0.25
Tc	0.09276	0.106	99.68	0	0.25
Ma	0.09276	0.106	99.79	0	0.25
Ag	0.09276	0.106	99.89	0	0.25
Gc	0.09276	0.106	100	0	0.25

Rango 2 (entre 500-1000 metros) y rango 4 (entre 1500-2000 metros).

Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 2	Abundancia media rango 4
Aj	10.23	12.31	12.31	13.5	0.6
Mk	9.828	11.82	24.13	1.5	5.6
Sh	8.896	10.7	34.83	3.5	9.8
Sp	8.709	10.47	45.3	10.5	0.8
Cso	7.448	8.958	54.26	6.5	2.6
Pp	6.07	7.3	61.56	0	5.6
At	4.211	5.065	66.63	3.5	3
Gs	3.397	4.085	70.71	4	0.8
Cb	2.167	2.607	73.32	0	1.2
Vt	2.036	2.449	75.77	3	0
Cse	1.803	2.169	77.94	0.5	1.2
Mr	1.797	2.161	80.1	0.5	0
Mm	1.797	2.161	82.26	0.5	0
Dr	1.697	2.041	84.3	2.5	0
Al	1.541	1.854	86.15	2	0.2
Bd	1.494	1.797	87.95	1	0.8
Tc	1.183	1.423	89.37	0	0.8
Aa	1.018	1.224	90.6	1.5	0
Ph	0.9662	1.162	91.76	1	0.6
Eh	0.7494	0.9013	92.66	0	0.4
Vc	0.6787	0.8163	93.48	1	0
Pd	0.6787	0.8163	94.29	1	0
Lf	0.6664	0.8014	95.09	0	0.2
Eb	0.575	0.6915	95.79	0.5	0.4

Pha	0.3912	0.4705	96.26	0.5	0.2
Csa	0.3912	0.4705	96.73	0.5	0.2
Cp	0.3394	0.4082	97.13	0.5	0
Mn	0.3394	0.4082	97.54	0.5	0
Aw	0.3394	0.4082	97.95	0.5	0
Ma	0.3162	0.3803	98.33	0	0.2
Lm	0.3162	0.3803	98.71	0	0.2
Hu	0.3162	0.3803	99.09	0	0.2
Mmi	0.3162	0.3803	99.47	0	0.2
De	0.2924	0.3516	99.82	0	0.4
Gc	0.1462	0.1758	100	0	0.2

Rango 3 (entre 1000-1500 metros) y rango 4 (entre 1500-2000 metros).

Especie	Promedio de disimilitud	% de contribución	% Acumulado	Abundancia media rango 3	Abundancia media rango 4
Cse	14.53	17.43	17.43	32.3	1.2
Sh	13.16	15.79	33.22	7.5	9.8
Mk	10.19	12.22	45.44	1.75	5.6
Aj	8.065	9.675	55.11	4.75	0.6
Pp	6.403	7.682	62.8	0.5	5.6
Cso	4.828	5.792	68.59	0.75	2.6
At	3.926	4.71	73.3	2.5	3
Cb	2.848	3.416	76.71	0.5	1.2
Eh	2.558	3.069	79.78	4.5	0.4
Gs	2.421	2.905	82.69	3.5	0.8
Sp	2.406	2.886	85.57	0.25	0.8
Bd	2.322	2.785	88.36	1.75	0.8
Cg	1.693	2.031	90.39	1.75	0

Tc	1.233	1.48	91.87	0.25	0.8
Ap	0.7952	0.954	92.82	1	0
Lf	0.7013	0.8413	93.67	0	0.2
Ph	0.6663	0.7994	94.47	0.25	0.6
Ca	0.5977	0.717	95.18	0.5	0
Ub	0.5484	0.6579	95.84	0.25	0
Eb	0.4863	0.5834	96.42	0	0.4
Al	0.3937	0.4723	96.9	0.25	0.2
Ma	0.3937	0.4723	97.37	0.25	0.2
Lm	0.3342	0.4009	97.77	0	0.2
Mmi	0.3342	0.4009	98.17	0	0.2
Hu	0.3342	0.4009	98.57	0	0.2
De	0.3043	0.365	98.94	0	0.4
Gc	0.2193	0.263	99.2	0.25	0.2
Pha	0.2193	0.263	99.46	0.25	0.2
Csa	0.1521	0.1825	99.64	0	0.2
Lbl	0.09876	0.1185	99.76	0.25	0
Pd	0.09876	0.1185	99.88	0.25	0
Ag	0.09876	0.1185	100	0.25	0

Anexo 2. Material complementario 2 resultados de análisis SIMPER mediante el Índice de Bray-Curtis, de la comunidad de murciélagos en todos los gradientes altitudinales en general en la Sierra de Omoa.

Rango 1 (menor a 500m) y rango 2 (entre 500 y 1000 m) a barlovento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Hu	16.67	16.67	16.67	1	0
Cp	14.44	14.44	31.11	6.5	0
Pp	12.22	12.22	43.33	5.5	0
Cs	9.444	9.444	52.78	0	1
Pm	9.444	9.444	62.22	0	1
Cso	9.444	9.444	71.67	0	1
Lb	9.444	9.444	81.11	0	1
Mme	2.222	2.222	83.33	1	0
Aj	2.222	2.222	85.56	1	0
Sp	2.222	2.222	87.78	1	0
Aw	2.222	2.222	90	1	0
Gs	2.222	2.222	92.22	1	0
Al	1.111	1.111	93.33	0.5	0
La	1.111	1.111	94.44	0.5	0
Dr	1.111	1.111	95.56	0.5	0
Ph	1.111	1.111	96.67	0.5	0
Tt	1.111	1.111	97.78	0.5	0
Mru	1.111	1.111	98.89	0.5	0
Ms	1.111	1.111	100	0.5	0

Rango 1 (menor a 500 m) y rango 3 (entre 1000-1500 m) a barlovento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Cse	19.65	21.37	21.37	0	43.3
Sh	13.36	14.53	35.9	0	12

Mk	11.67	12.69	48.59	0	6.33
Pp	8.688	9.447	58.04	5.5	3
Cp	6.964	7.572	65.61	6.5	0
Cb	4.349	4.729	70.34	0	1.67
Gs	3.449	3.75	74.09	1	5.33
Eh	2.362	2.568	76.66	0	5.67
Tc	2.348	2.553	79.21	0	1.33
Hu	2.054	2.234	81.44	1	0.333
Aj	1.372	1.491	82.93	1	1.33
Bd	1.287	1.399	84.33	0	1.33
Cso	1.087	1.181	85.51	0	1.33
Mme	1.071	1.165	86.68	1	0
Sp	1.071	1.165	87.84	1	0
Aw	1.071	1.165	89.01	1	0
At	0.9725	1.057	90.07	0	2.33
Cg	0.8336	0.9064	90.97	0	2
Ma	0.8087	0.8793	91.85	0	0.667
Al	0.7781	0.846	92.7	0.5	0.667
Ph	0.7781	0.846	93.54	0.5	0.667
Eb	0.6697	0.7282	94.27	0	0.333
Mmi	0.6697	0.7282	95	0	0.333
Lm	0.6697	0.7282	95.73	0	0.333
Ms	0.5357	0.5824	96.31	0.5	0
La	0.5357	0.5824	96.89	0.5	0
Dr	0.5357	0.5824	97.48	0.5	0
Tt	0.5357	0.5824	98.06	0.5	0

Mru	0.5357	0.5824	98.64	0.5	0
Ap	0.4168	0.4532	99.09	0	1
Lbl	0.1389	0.1511	99.24	0	0.333
Pha	0.1389	0.1511	99.4	0	0.333
Ag	0.1389	0.1511	99.55	0	0.333
Gc	0.1389	0.1511	99.7	0	0.333
Ca	0.1389	0.1511	99.85	0	0.333
Pd	0.1389	0.1511	100	0	0.333

Rango 1 (menor a 500 m) y rango 4 (mayor a 1500 m) a barlovento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Mk	28.24	28.24	28.24	0	7
Cp	11.82	11.82	40.06	6.5	0
Pp	10	10	50.06	5.5	0
Sh	8.068	8.068	58.13	0	2
Hu	6.25	6.25	64.38	1	0
Cso	4.034	4.034	68.41	0	1
At	4.034	4.034	72.44	0	1
Cse	4.034	4.034	76.48	0	1
Eh	4.034	4.034	80.51	0	1
Bd	4.034	4.034	84.55	0	1
Mme	1.818	1.818	86.36	1	0
Aj	1.818	1.818	88.18	1	0
Sp	1.818	1.818	90	1	0
Gs	1.818	1.818	91.82	1	0
Aw	1.818	1.818	93.64	1	0
Al	0.9091	0.9091	94.55	0.5	0

La	0.9091	0.9091	95.45	0.5	0
Dr	0.9091	0.9091	96.36	0.5	0
Ph	0.9091	0.9091	97.27	0.5	0
Tt	0.9091	0.9091	98.18	0.5	0
Mru	0.9091	0.9091	99.09	0.5	0
Ms	0.9091	0.9091	100	0.5	0

Rango 2 (entre 500-1000 m) y rango 3 (1000-1500 m).

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Cse	21.46	21.9	21.9	0	43.3
Sh	16.53	16.87	38.78	0	12
Mk	15.07	15.38	54.15	0	6.33
Pp	9.049	9.235	63.39	0	3
Cb	5.747	5.865	69.25	0	1.67
Gs	4.793	4.892	74.14	0	5.33
Tc	3.008	3.069	77.21	0	1.33
Eh	2.53	2.582	79.79	0	5.67
Cs	2.153	2.197	81.99	1	0
Lb	2.153	2.197	84.19	1	0
Pm	2.153	2.197	86.39	1	0
Bd	1.596	1.629	88.01	0	1.33
Cso	1.447	1.477	89.49	1	1.33
At	1.042	1.063	90.55	0	2.33
Al	1.004	1.024	91.58	0	0.667
Ma	1.004	1.024	92.6	0	0.667
Ph	1.004	1.024	93.63	0	0.667
Cg	0.8929	0.9111	94.54	0	2

Eb	0.8547	0.8722	95.41	0	0.333
Lm	0.8547	0.8722	96.28	0	0.333
Hu	0.8547	0.8722	97.15	0	0.333
Mmi	0.8547	0.8722	98.03	0	0.333
Aj	0.5952	0.6074	98.63	0	1.33
Ap	0.4464	0.4556	99.09	0	1
Lbl	0.4464	0.4556	99.24	0	0.333
Ag	0.4464	0.4556	99.39	0	0.333
Gc	0.4464	0.4556	99.54	0	0.333
Ca	0.4464	0.4556	99.7	0	0.333
Pha	0.1488	0.1519	99.85	0	0.333
Pd	0.1488	0.1519	100	0	0.333

Rango 2 (entre 500-1000 m) y rango 4 (mayor a 1500 m) a barlovento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Mk	38.89	43.75	43.75	0	7
Sh	11.11	12.5	56.25	0	2
Eh	5.556	6.25	62.5	0	1
Cs	5.556	6.25	68.75	1	0
Pm	5.556	6.25	75	1	0
At	5.556	6.25	81.25	0	1
Lb	5.556	6.25	87.5	1	0
Bd	5.556	6.25	93.75	0	1
Cse	5.556	6.25	100	0	1

Rango 3 (entre 1000-1500 m) y rango 4 (mayor a 1500 m) a barlovento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Cse	20.16	30.61	30.61	43.3	1

Sh	10.19	15.47	46.07	12	2
Pp	6.806	10.33	56.4	3	0
Cb	4.274	6.487	62.89	1.67	0
Gs	4.067	6.173	69.06	5.33	0
Eh	3.814	5.789	74.85	5.67	1
At	2.39	3.627	78.48	2.33	1
Tc	2.358	3.579	82.06	1.33	0
Mk	1.82	2.762	84.82	6.33	7
Cso	1.14	1.73	86.55	1.33	1
Bd	0.9652	1.465	88.02	1.33	1
Cg	0.8547	1.297	89.31	2	0
Al	0.8227	1.249	90.56	0.667	0
Ma	0.8227	1.249	91.81	0.667	0
Ph	0.8227	1.249	93.06	0.667	0
Eb	0.6803	1.033	94.09	0.333	0
Mmi	0.6803	1.033	95.12	0.333	0
Lm	0.6803	1.033	96.16	0.333	0
Hu	0.6803	1.033	97.19	0.333	0
Aj	0.5698	0.8649	98.05	1.33	0
Ap	0.4274	0.6487	98.7	1	0
Lbl	0.1425	0.2162	98.92	0.333	0
Ag	0.1425	0.2162	99.14	0.333	0
Gc	0.1425	0.2162	99.35	0.333	0
Ca	0.1425	0.2162	99.57	0.333	0
Pha	0.1425	0.2162	99.78	0.333	0
Pd	0.1425	0.2162	100	0.333	0

Especies que más contribuyen a la disimilaridad en conjunto a barlovento

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 3	Mean 1	Mean 4	Mean 2
Cse	15.41	17.81	17.81	43.3	0	1	0
Mk	10.35	11.97	29.78	6.33	0	7	0
Sh	10.26	11.86	41.65	12	0	2	0
Pp	9.588	11.09	52.73	3	11	0	0
Cp	7.859	9.088	61.82	0	13	0	0
Gs	3.366	3.892	65.71	5.33	2	0	0
Cb	3.136	3.627	69.34	1.67	0	0	0
Eh	2.743	3.172	72.51	5.67	0	1	0
Tc	1.719	1.988	74.5	1.33	0	0	0
At	1.696	1.961	76.46	2.33	0	1	0
Aj	1.5	1.735	78.2	1.33	2	0	0
Bd	1.477	1.708	79.9	1.33	0	1	0
Mme	1.209	1.398	81.3	0	2	0	0
Sp	1.209	1.398	82.7	0	2	0	0
Aw	1.209	1.398	84.1	0	2	0	0
Cso	1.189	1.375	85.47	1.33	0	1	1
Lb	1.186	1.372	86.84	0	0	0	1
Pm	1.186	1.372	88.22	0	0	0	1
Cs	1.186	1.372	89.59	0	0	0	1
Al	0.9195	1.063	90.65	0.667	1	0	0
Ph	0.9195	1.063	91.71	0.667	1	0	0
Cg	0.6285	0.7267	92.44	2	0	0	0
Ms	0.6045	0.6991	93.14	0	1	0	0
La	0.6045	0.6991	93.84	0	1	0	0

Dr	0.6045	0.6991	94.54	0	1	0	0
Tt	0.6045	0.6991	95.24	0	1	0	0
Mru	0.6045	0.6991	95.94	0	1	0	0
Ma	0.5981	0.6917	96.63	0.667	0	0	0
Eb	0.4934	0.5705	97.2	0.333	0	0	0
Mmi	0.4934	0.5705	97.77	0.333	0	0	0
Lm	0.4934	0.5705	98.34	0.333	0	0	0
Hu	0.4934	0.5705	98.91	0.333	0	0	0
Ap	0.3142	0.3634	99.27	1	0	0	0
Lbl	0.1047	0.1211	99.39	0.333	0	0	0
Pha	0.1047	0.1211	99.52	0.333	0	0	0
Ag	0.1047	0.1211	99.64	0.333	0	0	0
Gc	0.1047	0.1211	99.76	0.333	0	0	0
Ca	0.1047	0.1211	99.88	0.333	0	0	0
Pd	0.1047	0.1211	100	0.333	0	0	0

Anexo 3. Material complementario 3, resultados de análisis SIMPER mediante el Índice de Bray-Curtis, de la comunidad de murciélagos a posición a sotavento.

Rango 2 (entre 500-1000 m) y rango 3 (entre 1000-1500 m) a sotavento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 1	Mean 3
Aj	21.08	23.48	23.48	13.3	1
Sh	16.04	17.88	41.36	2.67	4
Sp	6.488	7.228	48.58	7	0.5
At	4.111	4.58	53.16	3	0.5
Bd	3.832	4.269	57.43	1.67	0.5
Cg	3.587	3.996	61.43	0	0.5
Cso	3.445	3.838	65.27	4.33	0
Mm	3.444	3.837	69.1	0.333	0
Mr	3.444	3.837	72.94	0.333	0
Gs	3.165	3.527	76.47	3	0
Mk	2.886	3.215	79.68	1.67	0
Cse	2.356	2.625	82.31	0.333	1
Cb	2.336	2.602	84.91	0	1
Vt	1.59	1.771	86.68	2	0
Dr	1.325	1.476	88.16	1.67	0
Pp	1.168	1.301	89.46	0	0.5
Eh	1.168	1.301	90.76	0	0.5
Ub	1.168	1.301	92.06	0	0.5
Al	1.06	1.181	93.24	1.33	0
Ca	1.045	1.165	94.41	0.333	0
Ap	1.045	1.165	95.57	0.333	0
Aa	0.795	0.8857	96.46	1	0
Vc	0.53	0.5905	97.05	0.667	0

Ph	0.53	0.5905	97.64	0.667	0
Pd	0.53	0.5905	98.23	0.667	0
Eb	0.265	0.2952	98.52	0.333	0
Cp	0.265	0.2952	98.82	0.333	0
Pha	0.265	0.2952	99.11	0.333	0
Mn	0.265	0.2952	99.41	0.333	0
Csa	0.265	0.2952	99.7	0.333	0
Aw	0.265	0.2952	100	0.333	0

Rango 2 (entre 500-1000 m) y rango 4 (mayor a 1500 m) a sotavento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 2	Mean 4
Aj	14.18	17.32	17.32	13.3	1.5
Sh	12.23	14.93	32.25	2.67	16
Cso	9.544	11.65	43.9	4.33	5.5
Sp	8.55	10.44	54.34	7	2
Pp	7.65	9.34	63.68	0	10
At	6.365	7.77	71.45	3	7
Mk	3.481	4.249	75.7	1.67	3.5
Gs	2.22	2.71	78.41	3	0.5
Bd	2.118	2.586	80.99	1.67	1
Lf	1.574	1.921	82.91	0	0.5
Vt	1.253	1.53	84.44	2	0
Mr	1.145	1.398	85.84	0.333	0
Mm	1.145	1.398	87.24	0.333	0
Dr	1.044	1.275	88.51	1.67	0
Ph	0.8682	1.06	89.57	0.667	1
Al	0.8353	1.02	90.59	1.33	0

Cse	0.8166	0.9969	91.59	0.333	1
De	0.765	0.934	92.52	0	1
Aa	0.6265	0.7648	93.29	1	0
Ca	0.6019	0.7347	94.02	0.333	0
Ap	0.6019	0.7347	94.76	0.333	0
Eb	0.4341	0.53	95.29	0.333	0.5
Csa	0.4341	0.53	95.82	0.333	0.5
Pha	0.4341	0.53	96.35	0.333	0.5
Vc	0.4176	0.5099	96.86	0.667	0
Pd	0.4176	0.5099	97.37	0.667	0
Tc	0.3825	0.467	97.83	0	0.5
Gc	0.3825	0.467	98.3	0	0.5
Eh	0.3825	0.467	98.77	0	0.5
Cb	0.3825	0.467	99.24	0	0.5
Cp	0.2088	0.2549	99.49	0.333	0
Mn	0.2088	0.2549	99.75	0.333	0
Aw	0.2088	0.2549	100	0.333	0

Rango 3 (entre 1000-1500 m) y rango 4 (mayor a 1500 m) a sotavento

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 3	Mean 4
Sh	21.01	24.75	24.75	4	16
Cso	14.13	16.65	41.41	0	5.5
Pp	10.03	11.82	53.23	0.5	10
Sp	7.589	8.944	62.17	0.5	2
At	7.191	8.474	70.64	0.5	7
Aj	4.319	5.09	75.73	1	1.5
Mk	3.313	3.904	79.64	0	3.5

Lf	2.704	3.187	82.82	0	0.5
Cg	2.181	2.57	85.39	0.5	0
Cse	2.078	2.449	87.84	1	1
Cb	2.036	2.399	90.24	1	0.5
Bd	1.512	1.782	92.02	0.5	1
Eh	1.039	1.224	93.25	0.5	0.5
Ub	0.9968	1.175	94.42	0.5	0
De	0.9465	1.115	95.54	0	1
Ph	0.9465	1.115	96.65	0	1
Tc	0.4732	0.5577	97.21	0	0.5
Eb	0.4732	0.5577	97.77	0	0.5
Gc	0.4732	0.5577	98.33	0	0.5
Csa	0.4732	0.5577	98.88	0	0.5
Gs	0.4732	0.5577	99.44	0	0.5
Pha	0.4732	0.5577	100	0	0.5

Especies que más contribuyen a la disimilaridad en conjunto a sotavento.

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean 2	Mean 4	Mean 3
Sh	15.86	18.52	18.52	2.67	16	4
Aj	14.3	16.71	35.23	13.3	1.5	1
Cso	8.404	9.818	45.05	4.33	5.5	0
Sp	7.537	8.805	53.86	7	2	0.5
Pp	5.815	6.793	60.65	0	10	0.5
At	5.726	6.69	67.34	3	7	0.5
Mk	3.216	3.757	71.1	1.67	3.5	0
Bd	2.609	3.048	74.15	1.67	1	0.5
Gs	2.138	2.498	76.64	3	0.5	0

Cg	1.89	2.208	78.85	0	0	0.5
Mr	1.721	2.011	80.86	0.333	0	0
Mm	1.721	2.011	82.87	0.333	0	0
Cse	1.709	1.997	84.87	0.333	1	1
Cb	1.528	1.786	86.66	0	0.5	1
Lf	1.266	1.479	88.14	0	0.5	0
Vt	1.066	1.246	89.38	2	0	0
Dr	0.8884	1.038	90.42	1.67	0	0
Eh	0.8412	0.9828	91.4	0	0.5	0.5
Ph	0.761	0.889	92.29	0.667	1	0
Al	0.7107	0.8304	93.12	1.33	0	0
Ub	0.6872	0.8029	93.92	0	0	0.5
Ca	0.6177	0.7217	94.65	0.333	0	0
Ap	0.6177	0.7217	95.37	0.333	0	0
Aa	0.5331	0.6228	95.99	1	0	0
De	0.5235	0.6116	96.6	0	1	0
Eb	0.3805	0.4445	97.05	0.333	0.5	0
Pha	0.3805	0.4445	97.49	0.333	0.5	0
Csa	0.3805	0.4445	97.94	0.333	0.5	0
Vc	0.3554	0.4152	98.35	0.667	0	0
Pd	0.3554	0.4152	98.77	0.667	0	0
Tc	0.2618	0.3058	99.07	0	0.5	0
Gc	0.2618	0.3058	99.38	0	0.5	0
Cp	0.1777	0.2076	99.58	0.333	0	0
Mn	0.1777	0.2076	99.79	0.333	0	0
Aw	0.1777	0.2076	100	0.333	0	0
