

Respuestas funcionales de murciélagos asociados a fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba (Colombia): implicaciones del tipo de manejo en sistemas de ganadería extensiva

Functional responses of bats associated to tropical dry-forest in Córdoba (Colombia): management implications in extensive livestock systems

Dennis Castillo-Figueroa^{1*}, Jairo Pérez-Torres^{1*}

Resumen

Introducción: En el Caribe colombiano la expansión de sistemas convencionales (SC) de ganadería extensiva ha generado una pérdida masiva de bosque seco tropical (Bs-T). Pese a la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en esta región, son escasos los estudios que evalúen la incidencia de este tipo de manejo sobre murciélagos. **Objetivo:** Analizar la variación de rasgos funcionales de grupos ecológicos de murciélagos entre fragmentos de Bs-T inmersos en SC y SSP, pertenecientes a cinco localidades del departamento de Córdoba (Colombia). **Metodología:** Se usaron ejemplares de colección para identificar grupos ecológicos a partir de rasgos de historia de vida, y luego se compararon rasgos morfométricos de cada grupo asociados con el tamaño (longitud del antebrazo) y vuelo (longitud del dígito tres y cinco) entre fragmentos de Bs-T inmersos en SC y SSP. **Resultados:** Se identificaron seis grupos ecológicos. Los rasgos asociados con el tamaño y vuelo fueron significativamente mayores en los SSP para dos de los grupos ecológicos identificados ($p < 0,05$). La matriz en los SSP constituye parte del hábitat para murciélagos, lo cual puede ofrecer mejores condiciones para el desarrollo morfométrico de algunas especies claves en procesos de polinización y dispersión de semillas. **Conclusión:** Aunque las respuestas funcionales de murciélagos fueron idiosincráticas, el manejo silvopastoril parece ser más sostenible para estos mamíferos. Es importante tener en cuenta el tipo de manejo de sistemas productivos que favorezcan la biodiversidad, porque al dominar en las matrices de los paisajes, son determinantes para el mantenimiento de las especies en escenarios de transformación.

Palabras clave: Colecciones biológicas, Grupo ecológico, Rasgos funcionales, Rasgos de respuesta, Sistemas convencionales, Sistemas silvopastoriles.

Abstract

Introduction: In the Colombian Caribbean, the expansion of conventional management systems (CS) of extensive livestock has lead a massive loss of tropical dry forest (Td-F). Despite silvopastoral systems (SPS) have been implemented in this region, there are few studies evaluating the incidence of this type of management on bats. **Objective:** Analyze the variation of functional traits of bat ecological groups between fragments of Td-F immersed in CS and SPS belonging to five localities of Córdoba department (Colombia). **Methodology:** Using bat specimens from biological collections, ecological groups were identified based on life history traits, and then each group were compared using morphometric traits related to size (forearm length) and flight (length of digit three and five) between fragments of Td-F immersed in CS and SPS. **Results:** Six ecological groups were identified. The traits related to size and flight were significantly higher in SPS for two ecological groups ($p < 0,05$). The matrix in the SPS provides habitat for bats, which may offer better conditions for the morphometric development of some key species in the pollination and seed dispersal processes. **Conclusion:** Although the functional responses of bats were idiosyncratic, silvopastoral management seems to be more sustainable for these mammals. It is important to take into account the type of management of productive systems that improve biodiversity, because they dominate

¹ Laboratorio de Ecología Funcional, Departamento de Biología, Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

* Autores correspondencia: dennis.castillof@gmail.com jaiperez@javeriana.edu.co

Fecha recepción: Septiembre 7, 2017

Fecha aprobación: Abril 11, 2018

Editor Asociado: Mantilla-Meluk H

in the matrix of the landscapes, so they are determinant for the maintenance of the species in habitat transformation contexts.

Keywords: Biological collections, Conventional system, Ecological group, Functional traits, Response traits, Silvopastoral system.

Introducción

La pérdida acelerada de biodiversidad es actualmente una de las principales preocupaciones a nivel mundial, porque amenaza los servicios ecosistémicos y el bienestar humano (Ceballos *et al.* 2010, Ceballos *et al.* 2015). Se cree que la tasa de extinción de especies se puede incrementar en los próximos años, debido al cambio en el uso del suelo generado por la implementación de sistemas productivos como la agricultura y la ganadería (Bradshaw *et al.* 2009). Los rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas o fenológicas, que además de incidir en la adecuación biológica del organismo (Violle *et al.* 2007), muestran interacciones con el ambiente, bien sea por reflejar algún proceso ecosistémico (rasgos de efecto) o responder a cambios del entorno (rasgos de respuesta) (Lavorel y Garnier 2002; Luck *et al.* 2012). Con base en los rasgos, se pueden formar grupos ecológicos que reflejen características funcionales de las especies (Blaum *et al.* 2011). Conocer la variación de los rasgos funcionales en un contexto antropogénico es útil en planes de manejo y conservación (Laurance 1991; Kotiaho *et al.* 2005), al proporcionar información sobre las respuestas de los grupos ecológicos de especies ante cambios en el ambiente (Blaum *et al.* 2011; Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2015).

Los murciélagos presentan variedad de funciones ecológicas (Kasso y Balakrishnan 2013) y de rasgos sensibles a los cambios ambientales (Kalko y Schnitzler 1993). Por ejemplo, los rasgos asociados con el tamaño, como la longitud del antebrazo, están relacionados con el gasto energético, el tipo y la cantidad de recursos consumidos por las especies (García-Morales *et al.* 2016, Gómez-Ortiz y Moreno 2017), por lo cual pueden mostrar mejores condiciones de desarrollo corporal en hábitats con mayor oferta de recursos. De igual manera, los rasgos vinculados con el vuelo, como la longitud del dígito tres y cinco, reflejan la capacidad de desplazamiento, velocidad del vuelo y uso del hábitat (Norberg y Ray-

ner 1987, Dietz *et al.* 2006, Gómez-Ortiz y Moreno 2017). Mayores longitudes del dígito cinco indican alas anchas, de gran maniobrabilidad, alta capacidad de suspensión, vuelo corto y adaptado a espacios densos y complejos (Dietz *et al.* 2006). Por su parte, mayores longitudes del dígito tres indican alas largas, de baja maniobrabilidad, vuelo rápido, de poco gasto energético y adaptado a espacios poco densos y simplificados estructuralmente (Dietz *et al.* 2006). Aunque se han relacionado los rasgos funcionales de murciélagos con ambientes fragmentados por la implementación de sistemas agropecuarios y sistemas urbanos en México (García-García *et al.* 2014), Brasil (Farneda *et al.* 2015), Estados Unidos (Duchamp y Swihart 2008), Australia (Hanspach *et al.* 2012), y algunas zonas de África (Reardon y Schoeman 2017, Monadjem *et al.* 2018) en Colombia aún no se han hecho este tipo de aproximaciones.

Los sistemas ganaderos son uno de los factores más importantes de transformación de las coberturas a nivel regional y mundial (McAlpine *et al.* 2009). Instituciones internacionales han promovido la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) de ganadería extensiva en Costa Rica, Nicaragua y Colombia (Calle *et al.* 2009). En Colombia, los sistemas convencionales (SC) de ganadería extensiva se han expandido en la región Andina, la Orinoquia y el Caribe (Pizano y García 2014). Particularmente, en el Caribe colombiano la expansión de los SC de ganadería extensiva ha generado una pérdida masiva de bosque seco tropical (Bs-T) (Pizano y García 2014), dejando en la actualidad cerca del 8% de la cobertura original (Gómez y Moreno 2016).

A pesar de la implementación de SSP en algunas zonas del Caribe colombiano, pocos estudios han evaluado el efecto de este tipo de manejo sobre la biodiversidad. En el departamento de Córdoba se han hecho comparaciones de murciélagos entre SC y SSP de ganadería extensiva, para entender el efecto del tipo de manejo sobre la estructura y composición de sus ensamblajes (Ballesteros-Correa 2015), su fenología reproductiva (Vela-Vargas 2013) y su carga de ectoparásitos (Calonge 2012). A partir de estos trabajos se evidencia que los SSP ofrecen mayor estabilidad en la oferta de recursos y mejores condiciones para la permanencia de murciélagos. Sin embargo, aún se desconoce el efecto sobre los rasgos funcionales en diferentes grupos ecológicos de murciélagos.

El objetivo de este trabajo fue analizar la variación de los rasgos funcionales de grupos ecológicos de murciélagos entre fragmentos de Bs-T inmersos en SC y SSP, en cinco localidades del departamento de Córdoba (Colombia). Se estableció como hipótesis, que los valores de los rasgos funcionales de respuesta asociados con el tamaño y vuelo, serán mayores en SSP en comparación con SC de ganadería extensiva.

Metodología

Área de estudio. Se analizó el material depositado en la Colección de Mamíferos del Museo Javeriano de Historia Natural Lorenzo Uribe Uribe SJ (MPUJ-MAMM) de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Estos ejemplares son producto de investigaciones de doctorado (Ballesteros-Correa 2015), maestría (Calonge 2012, Vela-Vargas 2013) y pregrado (Olaya-Rodríguez 2009, Ríos-Blanco 2010) realizadas en fragmentos de Bs-T inmersos en matrices de SC y SSP de ganadería extensiva en el departamento de Córdoba (Tabla 1). Los fragmentos de Bs-T en los SSP estaban localizados en las fincas Las Palmeras y San Lorenzo (Calonge 2012, Vela-Vargas 2013, Ballesteros-Correa 2015) mientras que en los SC se ubicaban en las fincas Chimborazo (Calonge

2012, Vela-Vargas 2013, Ballesteros-Correa 2015), El Refugio (Calonge *et al.* 2010) y Betancí-Guacamayas (Olaya-Rodríguez 2009, Ríos-Blanco 2010, Calonge 2012, Vela-Vargas 2013, Ballesteros-Correa 2015, Ríos-Blanco y Pérez-Torres 2015) (Figura 1). Todas las localidades se encontraban separadas por lo menos 30 km de distancia.

Selección del material. Las fechas de colecta de los ejemplares comprendieron el período 2009-2012. Para las comparaciones, se tuvieron en cuenta solo los especímenes adultos según la información de las etiquetas y libretas de campo asociadas al mismo. Fueron excluidos del análisis aquellos ejemplares en mal estado de preparación (Salgado-Negret 2015). Se corroboró la identificación de cada individuo con la clave de Gardner (2007).

Selección de rasgos funcionales. Se seleccionaron los rasgos morfométricos y de historia de vida que proporcionaban más información en términos funcionales y simultáneamente eran de fácil obtención (Pla *et al.* 2012). Los rasgos morfométricos correspondían a medidas cuantitativas y continuas, mientras que los rasgos de historia de vida eran medidas cualitativas y nominales.

Rasgos morfométricos (Tabla 2). Las medidas de longitud del antebrazo, longitud de los dígitos tres y

Tabla 1. Datos de las cinco localidades analizadas del departamento de Córdoba

Finca	Betancí-Guacamayas	Las Palmeras	Chimborazo	San Lorenzo	El Refugio
Municipio	Buena Vista	Montería	Canalete	Los Córdoba	Pueblo Nuevo
Localización GPS	08° 11'05,3" N 075° 31'49,2" W	08° 30'37,1" N 076° 06'12,9" W	08° 44'32,4" N 076° 19'23,4" W	08° 53'20,0" N 076° 18'42,6" W	08° 32'44,3" N 075° 20'39,9" W
Área de la finca (ha)	450	560	470	800	160
Área del fragmento (ha)	34	45	55	90	SI
Manejo de ganadería extensiva	SC	SSP	SC	SSP	SC
Investigaciones correspondientes a los ejemplares analizados	Olaya-Rodríguez 2009; Ríos-Blanco 2010; Calonge 2012; Vela-Vargas 2013; Ballesteros-Correa 2015; Ríos-Blanco y Pérez-Torres 2015	Calonge 2012; Vela-Vargas 2013; Ballesteros-Correa 2015	Calonge 2012; Vela-Vargas 2013; Ballesteros-Correa 2015	Calonge 2012; Vela-Vargas 2013; Ballesteros-Correa 2015	Calonge <i>et al.</i> 2010

SI= Sin información

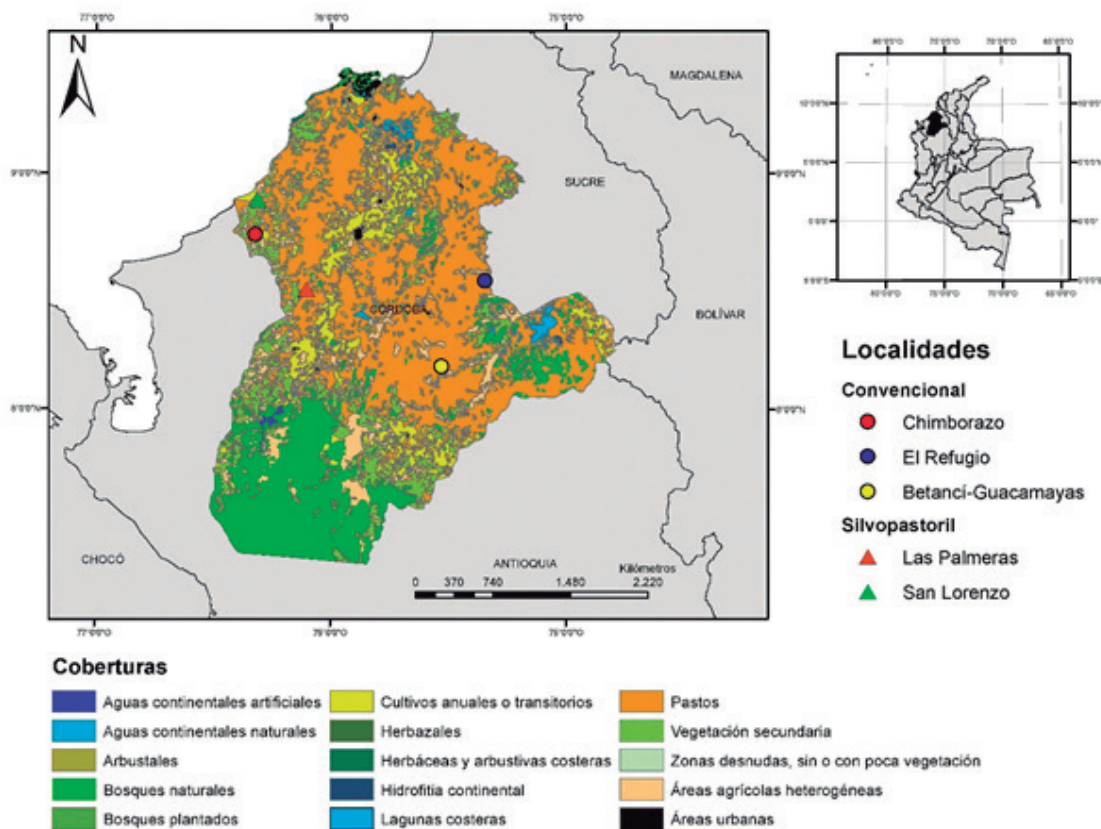


Figura 1. Localización geográfica de los fragmentos de Bs-T en paisajes de ganadería extensiva bajo SSP (Las Palmeras, San Lorenzo) y matrices de SC (Betanci-Guacamayas, Chimborazo y El Refugio) en el departamento de Córdoba.

cinco, fueron tomadas dorsalmente con un calibrador digital (Mitutoyo Calibrador Vernier Mod Cd6 -csx 150 Mm) con una precisión de 0,01 mm. Para ponderar posibles sesgos por la asimetría en los murciélagos (Ueti *et al.* 2015) a cada ejemplar se le tomó el valor del ala izquierda y derecha. Estas mediciones fueron tomadas por el mismo investigador (Dennis Castillo Figueroa).

Rasgos de historia de vida (Tabla 2). La dieta, estrategia de forrajeo y hábitat de forrajeo se basaron en las propuestas de Kalko *et al.* (2008). El tamaño se determinó por la longitud del antebrazo, diferenciando en grande (>60 mm), mediano (40-60 mm) y pequeño (<40 mm) según Muñoz (2001). Las especies evaluadas de la familia Phyllostomidae siguieron la clasificación para subfamilias, tribus y subtribus según Baker *et al.* (2016).

Análisis estadístico. Los grupos ecológicos se identificaron a través de un análisis por conglomerados jerárquicos, utilizando el método de Ward

mediante la distancia de cuatro rasgos de historia de vida (dieta, estrategia de forrajeo, hábitat de forrajeo y tamaño), obtenida a partir de la similitud de Jaccard (Pla *et al.* 2012). El método de Ward produce grupos más diferenciados entre sí, al minimizar la heterogeneidad interna, al mismo tiempo que la aumenta entre los demás conglomerados (Casanoves *et al.* 2011). Los análisis se hicieron en el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2008).

Se evaluó si los rasgos de respuesta variaban entre los dos tipos de manejo (SSP vs. SC). Para esto previamente se evaluaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y de homogeneidad de varianzas (Levene) (Zar 1999). Dependiendo del resultado se aplicó la prueba *t* pareada (datos paramétricos) o la prueba de U de Mann-Whitney (datos no paramétricos) para cada rasgo por grupo ecológico. Se usaron estas pruebas porque presentan menor error estadístico tipo β y es el análisis más sencillo para comparar dos tratamientos (Zar 1999). Se consideró

Tabla 2. Descripción de rasgos funcionales morfométricos y de historia de vida de los murciélagos en fragmentos de Bs-T asociados con SSP y SC (Córdoba, Colombia)

Tipo de rasgo	Rasgo	Descripción	Atributo	Fuente
Morfométrico	Longitud antebrazo (LA)	Medida desde la base del codo (punta del proceso olécranon) hasta el extremo distal del antebrazo donde se une con los carpos.	Valor del rasgo en milímetros	M
	Longitud D5 (LD5)	Resultado de la suma del metacarpo y sus dos falanges. El metacarpo se mide desde la articulación con la falange hasta la unión con los carpos. La falange se mide como la distancia máxima entre las articulaciones.	Valor del rasgo en milímetros	M
Historia de vida	Dieta (D)	Basado en el ítem alimentario que consume en mayor medida durante su vida.	Nectarívoro Frugívoro Insectívoro Hematófago	L
	Estrategia de forrajeo (EF)	Estrategia conductual que es usada para obtener el alimento.	Forrajeador aéreo Forrajeador de follaje	L
	Hábitat de forrajeo (HF)	Espacio donde se encuentra el murciélago la mayor parte del tiempo	Áreas abiertas Áreas densas	L
	Tamaño (T)	Clasificación de Muñoz (2001) basado en la LA	Grande Mediano Pequeño	L

M = medición sobre el ejemplar en la colección, L= literatura

un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Los análisis se realizaron con el programa estadístico Rwizard 2.1 (Guisande *et al.* 2014).

Resultados

Se analizaron 298 ejemplares (SC=164 y SSP=134) pertenecientes a 23 especies, distribuidas en 13 géneros y tres familias de murciélagos. La familia Phyllostomidae presentó cinco subfamilias, cinco tribus y dos subtribus (Tabla 3, Anexo 1).

De acuerdo con el análisis de conglomerados jerárquicos se identificaron seis grupos ecológicos, de los cuales, tres fueron frugívoros (frugívoros grandes de follaje de áreas densas (FGFD), frugívoros medianos de follaje de áreas densas – FMFD, Frugívoros pequeños de follaje de áreas densas – FPDF), uno nectarívoro (Nectarívoros pequeños de follaje de áreas densas - NPDF), uno hematófago (Hematófagos medianos de follaje de áreas densas – HMFD) y uno insectívoro (Insectívoros pequeños aéreos de áreas abiertas – IPAA) (Figura 2).

Los rasgos funcionales asociados al tamaño mostraron diferencias significativas entre los SSP y SC de ganadería extensiva para los FGFD ($U=1195$; $p<0,001$) y los NPDF ($t=-5,890$; $p=0,001$). En ambos grupos las medidas de tendencia central fueron mayores en los SSP. Los demás grupos ecológicos no presentaron diferencias significativas, aunque sus valores promedios fueron mayores en SSP (Tabla 4).

Para los rasgos relacionados al vuelo se encontraron diferencias estadísticas en la longitud del dígito cinco para los FGFD ($U=1092$; $p=0,002$) y los NPDF ($t=-2,454$; $p=0,034$). La longitud del dígito tres mostró diferencias en los FGFD ($U=1114$; $p=0,001$). En ambos rasgos hubo una mayor longitud en los SSP. No hubo diferencias significativas en los demás grupos (Tabla 4).

Discusión

Grupos ecológicos de murciélagos. Se han propuesto grupos ecológicos de murciélagos con base en la estrategia de forrajeo, el hábitat de forrajeo y la

Tabla 3. Ejemplares de murciélagos analizados en fragmentos de Bs-T asociados con SSP y SC en el departamento de Córdoba

Familia/ subfamilia	Tribu: subtribu	Especie	Grupo ecológico	SSP	SC
Emballonuridae		<i>Saccopteryx leptura</i> (Schreber, 1774)	IPAA	2	7
		<i>Rhynchonycteris naso</i> (Wied-Neuwied, 1820)	IPAA	0	1
Phyllostomidae		<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	FMFD	26	22
Carollinae		<i>Carollia brevicauda</i> (Schinz, 1821)	FPPD	12	11
		<i>Carollia castanea</i> (Allen, 1890)	FPPD	2	9
Desmodontinae	Desmodontini	<i>Desmodus rotundus</i> (Geoffroy, 1810)	HMFD	12	7
Glossophaginae	Glossophagini	<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	NPFD	4	11
Lonchophyllinae	Hsunnycterini	<i>Hsunnycteris thomasi</i> (Allen, 1904)	NPFD	0	1
Stenodermatinae	Stenodermatini:	<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)	FGFD	11	35
	Artibeina	<i>Artibeus jamaicensis</i> (Leach, 1821)	FGFD	0	1
		<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	FGFD	20	14
		<i>Artibeus anderseni</i> (Osgood, 1916)	FPPD	0	5
		<i>Artibeus phaeotis</i> (Miller, 1902)	FPPD	5	5
	Stenodermatini:	<i>Platyrrhinus helleri</i> (Peters, 1866)	FPPD	4	5
	Vampyressina	<i>Platyrrhinus angulirostris</i> (Velazco, Gardner y Patterson, 2010)	FPPD	0	2
		<i>Uroderma bilobatum</i> (Peters, 1866)	FMFD	15	13
		<i>Uroderma magnirostrum</i> (Davis, 1968)	FMFD	5	3
		<i>Vampyriscus nymphaea</i> (Thomas, 1909)	FPPD	1	2
Sturnirini	<i>Sturnira lilium</i> (Geoffroy, 1810)	FPPD	12	7	
Vespertilionidae		<i>Myotis albescens</i> (Geoffroy, 1806)	IPAA	1	0
		<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	IPAA	2	0
		<i>Myotis riparius</i> (Handley, 1960)	IPAA	0	1
		<i>Rhogeessa io</i> (Thomas, 1903)	IPAA	0	2
Total		23 especies		134	164

Las categorías supraespecíficas de la familia Phyllostomidae corresponden a la clasificación de Baker *et al.* (2016)

Los códigos de los grupos ecológicos están en la Figura 2

dieta (Kalko *et al.* 2008, Aguirre *et al.* 2016). En este trabajo, además de estos rasgos, se incluyó el tamaño por dos razones: 1) es un rasgo ecológicamente importante como mecanismo de partición de recursos para especies simpátricas que consumen el mismo alimento (Willig *et al.* 2003, Montoya-Bustamante *et al.* 2016), 2) las comparaciones de los grupos ecológicos realizadas entre diferentes ambientes (SSP vs. SC), se deben hacer con especies cuyo tamaño se encuentre en un mismo rango (pequeño: <40 mm, mediano: 40-60 mm y grande: >60 mm).

La unidad analizada fue el grupo ecológico, por

lo cual no se tuvo en cuenta la variabilidad intraespecífica dentro de cada grupo. Limitaciones del número de ejemplares e información asociada a los mismos (pocos datos del sexo y estado reproductivo), no permitieron incluir comparaciones robustas entre sexos. Se reconoce que el uso de colecciones biológicas es limitado por la información disponible de cada ejemplar (Pyke y Ehrlich 2010, Castillo-Figueroa 2018a), sin embargo, de ser posible, se sugiere considerar para futuras investigaciones la variabilidad intraespecífica como otro factor de análisis (Carmona *et al.* 2016, Shipley *et al.* 2016), porque puede ayudar a entender

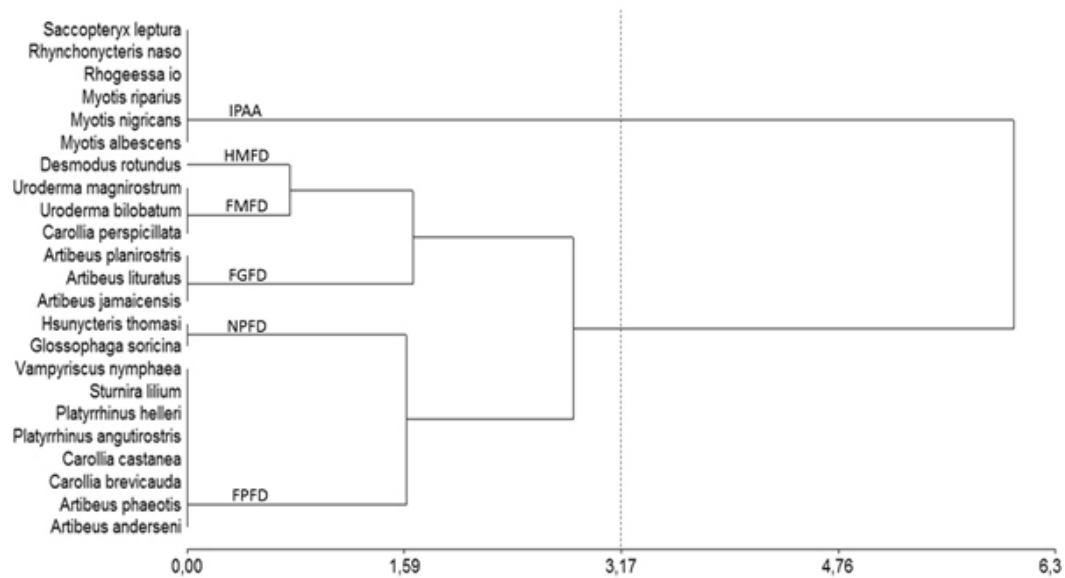


Figura 2. Dendrograma resultante del análisis de conglomerados jerárquicos, para cuatro rasgos de historia de vida de murciélagos presentes en fragmentos de Bs-T inmersos en SSP y SC en el departamento de Córdoba.

FGFD: Frugívoros grandes de follaje de áreas densas. FMFD: Frugívoros medianos de follaje de áreas densas. FPF: Frugívoros pequeños de follaje de áreas densas. NPF: Nectarívoros pequeños de follaje de áreas densas. HMFD: Hematófagos medianos de follaje de áreas densas. IPAA: Insectívoros pequeños aéreos de áreas abiertas.

el efecto de cada especie dentro del grupo ecológico.

Efecto de los SSP. Los resultados permiten apoyar la hipótesis planteada para algunos grupos ecológicos: en SSP los rasgos funcionales asociados con el tamaño y vuelo fueron mayores en comparación con SC de ganadería extensiva (Tabla 4). Específicamente esto ocurrió para dos grupos que se alimentan de frutas y néctar (FGFD, NPF). Dado que la matriz de los fragmentos en los SSP de ganadería extensiva tiene mayor variedad y oferta de recursos complementarios (Ballesteros-Correa 2015), es posible que favorezca a los murciélagos de estos lugares. La configuración del paisaje y la oferta de recursos existentes en la matriz como alimento y refugio, son claves para el desarrollo de las especies que se encuentran aisladas en fragmentos de bosque o ambientes agropecuarios (Pineda-Guerrero *et al.* 2015, Arroyo-Rodríguez *et al.* 2017). A diferencia de los SC, la matriz en los SSP constituye parte del hábitat para las especies, de tal manera que se vuelve importante el manejo de los sistemas productivos implementados allí (Franklin y Lindenmayer 2009, Arroyo-Rodríguez *et al.* 2016, Arroyo-Rodríguez *et al.* 2017).

El hecho de que los FGFD y NPF presentaran mayor longitud del dígito cinco en los SSP puede

deberse a mayores requerimientos de maniobrabilidad para obtener los frutos y el néctar de las flores (Dietz *et al.* 2006); probablemente, hábitats más complejos, con más estratos tanto horizontal como verticalmente en los SSP de ganadería extensiva (Murgueitio *et al.* 2006, Ibrahim *et al.* 2006), favorezcan alas más anchas y maniobrables para estos dos grupos ecológicos. Por otro lado, los FGFD también presentaron mayor longitud del dígito tres en los SSP, de modo que tienen alas no solo anchas sino también largas, y en consecuencia, grandes áreas alares las cuales se relacionan con una alta capacidad de suspensión (Norberg y Rayner 1987).

Respuestas funcionales. Los FGFD presentaron las mayores diferencias en los rasgos de respuesta entre los SC y SPP de ganadería extensiva (Tabla 4). Este grupo comprende especies generalistas de gran tamaño (*Artibeus lituratus*, *A. planirostris*, *A. jamaicensis*), por lo cual tienen acceso a mayor variedad de alimento (Montoya-Bustamante *et al.* 2016). Además, usan varios hábitats por las grandes distancias que pueden recorrer en una noche (Soriano 2000), presentan una alta amplitud en la dieta (Ríos-Blanco y Pérez-Torres 2015), y tienen un elevado nivel de tolerancia en ambientes intervenidos como los sistemas

Tabla 4. Comparación de rasgos de respuesta asociados al tamaño y al vuelo, de seis grupos ecológicos de murciélagos en fragmentos de Bs-T inmersos en SSP y SC en el departamento de Córdoba

Grupo ecológico	Aspecto para evaluar	Rasgo	SSP			SC			Valor de la prueba	Valor de p
			n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s		
FGFD	Tamaño	LA*	31	66,31	18,28	50	61,81	18,01	U=1195	4,58E-02
	Vuelo	LD3*	31	137,14	148,51	50	126,75	136,35	U=1114	0,001
		LD5*	31	94,20	56,36	50	88,06	62,31	U= 1092	0,002
FMFD	Tamaño	LA	46	41,45	1,68	38	41,02	2,87	U=776,5	0,382
	Vuelo	LD3	46	86,09	10,53	38	85,62	12,41	t=-0,637	0,525
		LD5	46	60,53	6,79	38	60,36	6,81	U=914,5	0,719
FPFD	Tamaño	LA	36	39,30	3,22	46	38,12	6,51	U=1238	0,059
	Vuelo	LD3	36	81,80	22,76	46	81,41	39,16	U=1149	0,490
		LD5	36	57,24	10,82	46	56,94	18,02	t=-0,356	0,722
HMFd	Tamaño	LA	12	58,84	8,69	7	58,01	8,63	U=48	0,650
	Vuelo	LD3	12	90,42	18,51	7	96,01	60,83	t= 1,625	0,142
		LD5	12	73,05	12,16	7	74,56	8,95	U=32	0,432
IPAA	Tamaño	LA	5	34,52	3,42	11	34,58	12,15	t=0,041	0,967
	Vuelo	LD3	5	59,62	18,42	11	61,27	69,48	t=0,487	0,633
		LD5	5	42,01	2,61	11	40,15	20,63	t=-1,132	0,276
NPFd	Tamaño	LA*	4	36,03	0,26	12	33,94	0,40	t=-5,890	0,001
	Vuelo	LD3	4	69,70	7,18	12	68,11	10,18	t= -0,875	0,417
		LD5*	4	49,76	0,40	12	48,46	1,60	t=-2,454	0,034

En asterisco las diferencias significativas ($p < 0.05$). Los códigos de los grupos ecológicos están en la Figura 2. \bar{x} = media estadística n = número de ejemplares s = varianza estadística

de ganadería extensiva (Castillo-Figueroa 2018b). Estas características junto con una mayor conectividad de hábitat, disponibilidad de plantas pioneras (como especies del género *Ficus*) (Ballesteros-Correa 2015) y heterogeneidad espacial de los SSP, favorecen el mantenimiento de estos murciélagos (Castro-Luna y Galindo-González 2012), lo cual es importante por el papel de estas especies como dispersores de semillas (Galindo-González 1998).

En contraste con los FGFD los otros dos grupos de frugívoros (FPFD y FMFD) no presentaron diferencias en los rasgos de respuesta (Tabla 4). Esto puede deberse a que murciélagos con la misma dieta (como los frugívoros), responden de forma idiosincrática ante un mismo contexto antropogénico dependiendo de su tamaño (Saldaña-Vásquez *et al.* 2010). Especies pequeñas (correspondientes a los géneros

Sturnira, *Vampyriscus* y *Platyrrhinus*) y medianas (de los géneros *Carollia* y *Uroderma*) requieren de menor demanda de recursos y presentan menor gasto energético con respecto a especies grandes (del género *Artibeus*), de manera que probablemente en ambos tipos de manejo pueden obtener una cantidad suficiente de recursos sin reflejar cambios importantes en el tamaño. Sin embargo, recientemente se han reportado anomalías alares como dígitos no simétricos para algunas especies de frugívoros medianos (*C. perspicillata* y *U. bilobatum*) en los SC de ganadería extensiva (Castillo-Figueroa y Pérez-Torres 2018), lo cual puede indicar que estos ambientes no presentan condiciones óptimas para el desarrollo morfométrico de este grupo de murciélagos. Por lo anterior, es necesario conocer con mayor profundidad el efecto del tipo de sistema ganadero sobre el desarrollo indivi-

dual de estos mamíferos, especialmente en estructuras clave como las alas.

Los NPFD (*Glossophaga soricina* y *Hsunycteris thomasi*) presentaron diferencias significativas en la longitud del antebrazo (Tabla 4), siendo menores en los SC de ganadería extensiva. Por lo general, las especies nectarívoras responden negativamente ante la pérdida de cobertura boscosa, aunque pueden mantener altas abundancias en hábitats intervenidos con una considerable disponibilidad de recursos florales (Cleary *et al.* 2016). Se ha visto que la baja diversidad de flores en la matriz de SC se puede deber a la baja cobertura vegetal (Ballesteros-Correa 2015) y al uso de insumos químicos nocivos en componentes fisiológicos de las plantas (Aktar *et al.* 2009), lo cual reduce la oferta y calidad de flores para los murciélagos. Puede que esto se vea reflejado en menores tamaños corporales en los SC en comparación con los SSP.

El hematófago mediano de follaje de áreas densas (HMFD) (*Desmodus rotundus*) no mostró diferencias estadísticas en ningún rasgo (Tabla 4). Algunos trabajos muestran que *D. rotundus* es indicador de perturbación, y en paisajes de ganadería bovina incrementa sus tamaños poblacionales por la fuente de alimento (Medina *et al.* 2007). No obstante, tanto los SSP y SC son sistemas de ganadería extensiva con una oferta de alimento similar (menos de dos cabezas de ganado por hectárea) (Sadeghian *et al.* 1998), lo cual puede explicar no haber encontrado diferencias significativas en los rasgos funcionales.

Los insectívoros pequeños aéreos de áreas abiertas (IPAA) (*Saccopteryx leptura*, *Rhynchonycteris naso*, *Myotis albescens*, *M. nigricans*, *M. riparius* y *Rhogeessa io*) tampoco presentaron diferencias significativas en ningún rasgo evaluado (Tabla 4). Se ha demostrado que especies insectívoras aéreas forrajeadoras de áreas abiertas son poco afectadas por la fragmentación (Estrada-Villegas *et al.* 2010) y por la implementación de sistemas ganaderos (Gonçalves *et al.* 2017), debido a que pueden visitar zonas cercanas donde exista el recurso alimentario. Posiblemente ocurra lo mismo con estas especies en los SSP y SC, pues a diferencia de los insectívoros de follaje, pueden ser más resilientes a cambios en las coberturas vegetales generados por el manejo de los sistemas ganaderos (Cleary *et al.* 2016, Gonçalves *et al.* 2017).

Conclusión

En el Neotropico se ha demostrado que la ganadería afecta diferencialmente a los murciélagos dependiendo de la familia, la categoría de amenaza y las características ecomorfológicas y comportamentales (Gonçalves *et al.* 2017). No obstante, es importante tener en cuenta no solo el sistema productivo sino también el tipo de manejo, porque como se muestra en el presente trabajo, aunque existan paisajes dominados por un mismo sistema productivo (ganadería extensiva) el tipo de manejo implementado allí (SSP vs. SC) puede generar diferencias sustanciales sobre los murciélagos. Es poco lo conocido sobre el efecto de la ganadería en grupos ecológicos, lo cual es importante para el manejo de los ecosistemas bajo los impactos antropogénicos actuales y futuros (Gonçalves *et al.* 2017). Se sugiere evaluar el efecto del tipo de manejo sobre grupos ecológicos de murciélagos en otras regiones como la Andina y la Orinoquia, en donde la frontera ganadera continúa en expansión (González *et al.* 2011). Se desconoce si los murciélagos responden de manera similar a las localidades analizadas en este trabajo, o si son dependientes del contexto local (composición de especies y condiciones ambientales).

Este es el primer trabajo en Colombia que analiza rasgos funcionales de murciélagos en sistemas de ganadería extensiva. Los resultados muestran diferencias en rasgos funcionales asociados con el vuelo y tamaño para algunos grupos ecológicos de murciélagos entre los SSP y SC. Esto puede reflejar mejores condiciones para el desarrollo morfométrico de algunas especies claves en procesos de polinización y dispersión de semillas. Investigaciones previas han demostrado que en el manejo SSP los murciélagos presentan menor carga de ectoparásitos (Calonge 2012) y mayor amplitud de dieta en comparación con los SC (Ballesteros-Correa 2015), favoreciendo su desempeño biológico. Es importante identificar en los sistemas productivos cuales son los tipos de manejo más sostenibles con la biodiversidad, ya que al dominar en las matrices de los paisajes, son determinantes para el mantenimiento de las especies en escenarios transformados.

Agradecimientos

El material de la colección de mamíferos del Museo Javeriano de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana que fue revisado en este trabajo hizo parte del proyecto “Murciélagos en sistemas de ganadería extensiva silvopastoril y convencional en la región Caribe de Colombia”, apoyado por la Universidad Javeriana (ID: 5695). Agradecemos los comentarios de los revisores y el editor, los cuales mejoraron la calidad del manuscrito.

Literatura citada

- Aguirre LF, Montaña-Centellas FA, Gavilanez MM, Stevens RD. 2016. Taxonomic and phylogenetic determinants of functional composition of Bolivian bat assemblages. *Plos One*. 11:1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158170>
- Aktar W, Sengupta D, Chowdhury A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdiscip Toxicol*. 2 (1): 1-12. Disponible en: doi [10.2478/v10102-009-0001-7](https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7)
- Arroyo-Rodríguez V, Rojas C, Saldaña-Vásquez RA, Stoner KE. 2016. Landscape composition is more important than landscape configuration for phyllostomid bat assemblages in a fragmented biodiversity hotspot. *Biological Conservation*. 198: 84-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.026>
- Arroyo-Rodríguez V, Pérez-Elissetche GK, Ordóñez-Gómez JD, González-Zamora A, Chaves OM, Sánchez-López S, et al. 2017. Spider monkeys in human-modified landscapes: The importance of the matrix. *Tropical Conservation Science*. 10: 1-13. doi [10.1177/1940082917719788](https://doi.org/10.1177/1940082917719788)
- Baker RJ, Solari S, Cirranello A, Simmons NB. 2016. Higher level classification of phyllostomid bats with a summary of DNA synapomorphies. *Acta Chiropterologica*. 18 (1): 1-38. Disponible en: <https://doi.org/10.3161/15081109A-CC2016.18.1.001>
- Ballesteros-Correa J. 2015. *Efecto del manejo silvopastoril y convencional de ganadería extensiva sobre el ensamblaje de murciélagos asociados a fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia*. (Tesis doctoral). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 220 pp. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/19650/BallesterosCorreaJesus2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blaum N, Mosner E, Schwager M, Jeltsch F. 2011. How functional is functional? Ecological groupings in terrestrial animal ecology: towards an animal functional type approach. *Biodivers Conserv*. 20 (11): 2333-45. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-011-9995-1>
- Bradshaw CJA, Sodhi NS, Brook BW. 2009. Tropical turmoil: a biodiversity tragedy in progress. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7 (2): 79-87. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235438413_Tropical_turmoil_A_biodiversity_tragedy_in_progress
- Calle A, Montagnini F, Zuluaga AF. 2009. Farmer's perception of silvopastoral system promotion in Quindío, Colombia. *Bois et Forêts des tropiques*. 300 (2): 80-94. Disponible en: http://bft.cirad.fr/cd/BFT_300_79-94.pdf
- Calonge B, Vela-Vargas I, Pérez-Torres J. 2010. Murciélagos asociados a una finca ganadera en Córdoba (Colombia). *Rev MVZ Córdoba*. 15 (1): 1938-43. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rmvz.331>
- Calonge B. 2012. *Ectoparásitos de murciélagos presentes en fragmentos de bosque seco tropical en manejos de ganadería convencional y silvopastoril (Córdoba, Colombia)*. (Tesis de Maestría). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 113 pp.
- Carmona CP, de Bello F, Mason NW, Leps J. 2016. Traits without borders: integrating functional diversity across scales. *Trends Ecol Evol*. 31 (5): 382-94. doi: 10.1016/j.tree.2016.02.003.
- Carvajal-Cogollo JE, Urbina-Cardona JN. 2015. Ecological grouping and edge effects in tropical dry forest: reptile-microenvironment relationships. *Biodivers Conserv*. 24 (5): 1109-30. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-014-0845-9>
- Casanoves F, Pla L, Di Rienzo JA (eds.). 2011. *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. Serie Técnica. Informe técnico N° 384. Turrialba: CATIE; 119 pp. Disponible en: <http://www.nucleodiversus.org/uploads/file/Casanoves%20et%20al%202011%20Serie%20Tecnica%20CATIE.pdf>
- Castillo-Figueroa D. 2018a. Beyond specimens: linking biological collections, functional ecology and biodiversity conservation. *Revista Peruana de Biología*. 25 (3): 343-8. doi: 10.15381/rpb.v25i3.14246
- Castillo-Figueroa D. 2018b. Fluctuating asymmetry of three bat species in extensive livestock systems of Córdoba department, Colombia. *Rev Colomb Cienc Anim*. 10 (2): 143-53. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972018000200143
- Castillo-Figueroa D, Pérez-Torres J. 2018. First records of wing defects in phyllostomid bats from Colombia. *Journal of Bat Research & Conservation*. 11 (1): 1-5. Disponible en: https://www.academia.edu/36776769/First_records_of_wing_defects_in_phyllostomid_bats_from_Colombia
- Castro-Luna AA, Galindo-González J. 2012. Enriching agroecosystems with fruit-producing tree species favors the abundance and richness of frugivorous and nectarivorous bats in Veracruz, Mexico. *Mammalian Biology*. 77 (1): 32-40. Disponible en: <https://bit.ly/2WQ2R0k>
- Ceballos G, García A, Ehrlich PR. 2010. The sixth extinction crisis loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology*. 8: 1821-31. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266231196_The_Sixth_Extinction_Crisis_Loss_of_Animal_Populations_and_Species
- Ceballos G, Ehrlich PR, Barnosky AD, García A, Pringle RM, Palmer TM. 2015. Accelerated modern human-induced

- species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*. 1 (5): 1-5. Disponible en: <http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253>
- Cleary KA, Waits LP, Finegan B. 2016. Agricultural intensification alters bat assemblage composition and abundance in a dynamic Neotropical landscape. *Biotropica*. 48 (5): 667-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/btp.12327>
- Dietz C, Dietz I, Siemers BM. 2006. Wing measurement variations in the five European horseshoe bat species (Chiroptera: Rhinolophidae). *J Mammal*. 87 (6): 1241-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-299R2.1>
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González LA, Tablada EM, Robledo CW. 2008. *InfoStat, version 2008*. Software estadístico. Manual del usuario. Córdoba: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283491340_InfoStat_manual_del_usuario
- Duchamp JE, Swihart RK. 2008. Shifts in bat community structure related to evolved traits and features of human-altered landscapes. *Landscape Ecology*. 23 (7): 849-60. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-008-9241-8>
- Estrada-Villegas S, Meyer CFJ, Kalko EKV. 2010. Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation*. 143 (3): 597-608. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.11.009>
- Farneda FZ, Rocha R, López-Baucells A, Groenenberg M, Silva I, Palmeirim JM, et al. 2015. Trait-related responses to habitat fragmentation in Amazonian bats. *Journal of Applied Ecology*. 52 (5): 1381-91. Disponible en: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2664.12490>
- Franklin JB, Lindenmayer DB. 2009. Importance of matrix habitats in maintaining biological diversity. *PNAS*. 106 (2): 349-50. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/106/2/349>
- Galindo-González J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zool Mex*. 73: 57-74. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57507304&cid=9157>
- García-García JL, Santos-Moreno A, Kraker-Castañeda C. 2014. Ecological traits of phyllostomid bats associated with sensitivity to tropical forest fragmentation in Los Chimalapas, Mexico. *Tropical Conservation Science*. 7 (3): 457-74. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/194008291400700307>
- García-Morales R, Moreno CE, Badano EI, Zuria I, Galindo-González J, Rojas-Martínez AE, Ávila-Gómez ES. 2016. Deforestation impacts on bat functional diversity in tropical landscapes. *Plos One*. 11: 1-16. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0166765>
- Gardner AL (ed.). 2007. *Mammals of South America. Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. Chicago: The University of Chicago Press; 690 pp.
- Gómez MF, Moreno LA, Andrade G, Rueda C (eds.). 2016. *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/es/test/item/898-bio2015>
- Gómez-Ortiz Y, Moreno CE. 2017. La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation*. 40 (2): 165-74. Disponible en: http://abc.museuciencias-journals.cat/files/ABC_40-2_pp_165-174.pdf
- Gonçalves F, Fischer E, Dirzo R. 2017. Forest conversion to cattle ranching differentially affects taxonomic and functional groups of Neotropical bats. *Biological Conservation*. 210 (Part A): 343-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.021>
- González JJ, Etter AA, Sarmiento AH, Orrego SA, Ramírez CD, Cabrera E, et al. 2011. *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); 64 pp. Disponible en: <http://bit.ly/2VZUsaC>
- Guisande C, Heine J, González-DaCosta J, García-Roselló E. 2014. RWizard Software. Disponible en: <http://www.ipez.es/rwizard>
- Hanspach J, Fischer J, Ikin K, Stott J, Law BS. 2012. Using trait-based filtering as a predictive framework for conservation: a case study of bats on farms in south-eastern Australia. *Journal of Applied Ecology*. 49 (4): 842-50. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02159.x>
- Ibrahim M, Villanueva C, Casasola F, Rojas J. 2006. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 29 (4): 383-419. Disponible en: <https://bit.ly/2Ur02WQ>
- Kalko EKV, Schnitzler H-U. 1993. Plasticity in echolocation signals of European pipistrelle bats in search flight: implications for habitat use and prey detection. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 33 (6): 415-28. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00170257>
- Kalko EKV, Estrada Villegas S, Schmidt M, Wegmann M, Meyer CFJ. 2008. Flying high-assessing the use of the atmosphere by bats. *Integrative & Comparative Biology*. 48 (1): 60-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/icb/icn030>
- Kasso M, Balakrishnan M. 2013. Ecological and economic importance of bats (order Chiroptera). *Hindawi Publishing Corporation*. Article ID 187415: 9 pp. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/187415/>
- Kotiaho JS, Kaitala V, Komonen A, Päivinen J. 2005. Predicting the risk of extinction from shared ecological characteristics. *PNAS*. 102 (6): 1963-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.0406718102>
- Laurance WF. 1991. Ecological correlates of extinction proneness in Australian tropical rain forest mammals. *Conservation Biology*. 5 (1): 79-89. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00390.x>
- Lavorel S, Garnier E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*. 16 (5):

- 545-56. Disponible en: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>
- Luck GW, Lavorel S, McIntyre S, Lumb K. 2012. Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *Journal of Animal Ecology*. 81 (5): 1065-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01974.x>
- Medina A, Harvey CA, Sánchez-Merlo D, Vilchez S, Hernández B. 2007. Bat diversity and movement in an agricultural landscape in Matiguás, Nicaragua. *Biotropica*. 39 (1): 120-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00240.x>
- McAlpine CA, Etter A, Fearnside PM, Seabrook L, Laurance WF. 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*. 19 (1): 21-33. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.008>
- Monadjem A, Conenna I, Taylor PJ, Schoeman MC. 2018. Species richness patterns and functional traits of the bat fauna of arid southern Africa. *Hystrix Ital J Mammal*. 29: 19-24. Disponible en: <https://doi.org/10.4404/hystrix-00016-2017>
- Montoya-Bustamante S, Rojas-Díaz V, Torres-González AM. 2016. Interactions between frugivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) and *Piper tuberculatum* (Piperaceae) in a tropical dry forest in Valle del Cauca, Colombia. *Rev Biol Trop*. 64 (2): 701-13. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/20689>
- Muñoz J. 2001. *Los murciélagos de Colombia: sistemática, distribución, descripción, historia natural y ecología*. Medellín: Universidad de Antioquia; 391 pp.
- Murgueitio E, Cuellar P, Ibrahim M, Gobbi J, Cuartas CA, Naranjo JF, et al. 2006. Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. *Pastos y Forrajes*. 29 (4): 365-81. Disponible en: <https://bit.ly/2FYeiw6>
- Norberg UM, Rayner JMV. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol*. 316 (1179): 335-427. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.1987.0030>
- Olaya-Rodríguez MH. 2009. *Análisis de la estratificación vertical del ensamblaje de murciélagos de un fragmento de bosque seco tropical (Córdoba, Colombia) a partir de la heterogeneidad de hábitat y la ecomorfología alar*. (Trabajo de grado). Bogotá: Facultad de Ciencias, Carrera de Biología, Pontificia Universidad Javeriana; 88 pp. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8582/tesis543.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pyke GH, Ehrlich PR. 2010. Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future. *Biol Rev*. 85 (2): 247-66. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00098.x>
- Pineda-Guerrero A, Gonzáles-Maya JF, Pérez-Torres J. 2015. Conservation value of forest fragments for medium-sized carnivores in a silvopastoral system in Colombia. *Mammalia*. 79 (1): 115-9. Disponible en: <https://bit.ly/21eg8g7>
- Pizano C, García H. 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH); 349 pp. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/es/component/k2/item/529-el-bosque-seco-tropical-en-colombia>
- Pla L, Casanoves F, Di Rienzo J. 2012. *Quantifying functional biodiversity*. Berlin: Springer; 98 pp.
- Reardon S, Schoeman MC. 2017. Species richness, functional diversity and assemblage structure of insectivorous bats along an elevational gradient in tropical West Africa. *Acta Chiropterologica*. 19 (2): 273-85. Disponible en: <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2017.19.2.005>
- Ríos-Blanco MC. 2010. Dieta y dispersión efectiva de semillas por murciélagos frugívoros en un fragmento de bosque seco tropical. Córdoba, Colombia. (Trabajo de grado). Bogotá: Facultad de Ciencias, Carrerade Biología, Pontificia Universidad Javeriana; 54 pp. Disponible en: <https://bit.ly/2U7o0kO>
- Ríos-Blanco MC, Pérez-Torres J. 2015. Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un bosque seco tropical (Colombia). *Mastozoología Neotropical*. 22 (1): 103-11. Disponible en: <https://bit.ly/2ImvsGy>
- Sadeghian S, Rivera JM, Gómez ME. 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. pp. 77-95. En: Sánchez MD, Rosales-Méndez M (Eds.) *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO, Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/AGROFOR1/siavosh6.pdf>
- Saldaña-Vásquez RA, Sosa VJ, Hernández-Montero JR, López-Becerra F. 2010. Abundance responses of frugivorous bats (Stenodermatinae) to coffee cultivation and selective logging practices in mountainous central Veracruz, Mexico. *Biodivers Conserv*. 19 (7): 2111-24. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-010-9829-6>
- Salgado-Negret B (ed.). 2015. *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH); 236 pp. Disponible en: <https://bit.ly/2OYq0Lm>
- Shipley B, De Bello F, Cornelissen JHC, Laliberté E, Laughlin DC, Reich PB. 2016. Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology. *Oecologia*. 180 (4): 923-31. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-016-3549-x>
- Soriano PJ. 2000. Functional structure of bat communities in tropical rainforests and Andean cloud forests. *Ecotropicos*. 13 (1): 1-20. Disponible en: <https://bit.ly/2Gbjtu3>
- Ueti A, Santos-Pompeu P, Lopes-Ferreira R. 2015. Asymmetry compensation in a small vampire bat population in a cave: a case study in Brazil. *Subterranean Biology*. 15: 57-67. Disponible en: <https://subtbiol.pensoft.net/article/4807/>

- Vela-Vargas IM. 2013. *Variaciones en la fenología reproductiva de las especies de murciélagos en dos sistemas ganaderos: Efecto de la disponibilidad de recursos*. (Tesis de Maestría). Bogotá: Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana; 89 pp. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9905/VelaVargasIvanMauricio2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Violle C, Navas ML, Vile D, Kazakaou E, Fortunel C, Hummel I, Garnier E. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*. 116 (5): 882-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- Willig MR, Patterson BD, Stevens RD. 2003. Patterns of range, size, richness, and body size in Chiroptera. Pages: 580-621. In: Kunz TH, Fenton MB (eds.) *Bat ecology*. Chicago: The University of Chicago Press; 799 pp.
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall; 929 pp.

Anexo 1

Material examinado de la Colección de Mamíferos del Museo de Historia Natural Lorenzo Uribe Uribe S. J. (MPUJ-MAMM) de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Familia Emballonuridae

Saccopteryx leptura: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2110♂, 2116♂) (2) Depto Córdoba. Mun Buena Vista. Corr. Nueva estación. Vda Mejor Esquina. Finca Guacamayas (MUJ 1985♂, 1644♂, 1994♀, 1645♀, 1660♀) (3) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio. (MUJ 1573♂) (4) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 950♀).

Rhynchonycteris naso: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 2140♂).

Familia Emballonuridae

Subfamilia Carollinae

Carollia perspicillata: Colombia: (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2162 Ind, 2051♂, 2159♀, 2041♂, 2155♂, 2050♂, 2018 Ind, 2070♀, 2149♂, 2053♀, 2024♂, 2160♂, 2023♂) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2102♀, 2179♀, 2177♂, 2182♂, 2187♂, 2178♂, 2172♀, 2077♀, 2089♀, 2113♀, 2175 Ind, 2087♀, 2103♀) (3) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1598♂, 2143♂, 2145♀, 1996 Ind, 1983 Ind, 2147♂, 1956♀, 2002♂, 1993♀, 1965♂, 1998♀, 1981♂, 2006 Ind) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1562♂, 1530♀) (5) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1922♀, 1934♀, 1928♂, 1937 Ind, 2137 Ind, 1947♀, 1920♂).

Carollia brevicauda: Colombia: (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2056♀, 2055♀, 2161♂, 2028♂, 202♀) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2096♂, 2109♀, 2120♀, 2121♀, 2118♀, 2090♂, 2078 Ind) (3) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1618♂, 1592♀, 2144♀, 1990♀) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1555♀, 1537♂, 1466♂, 1545♀) (5) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 2132 Ind, 1929♀, 1931 Ind).

Carollia castanea: Colombia: (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2069♂, 2049♂) (2) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1593♂, 1602♀, 1938♀, 1615 Ind) (3) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1565♀, 1553♂) (4) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 2139♂, 2084♀, 1921 Ind).

Subfamilia Desmodontinae

Tribu Desmodontini

Desmodus rotundus: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2029♂, 2035♂, 2054♂, 2068♀, 2072♂, 2073♂, 2169♀, 2022♂, 2171♂) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2097♂, 2093♀, 2125♀) (3) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 2148♂, 1653♂, 1997♂) (4) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1930♂, 2138♀, 2136♂) (5) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1568♀).

Subfamilia Glossophaginae**Tribu Glossophagini**

Glossophaga soricina: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2040♀, 2076♂, 2036♀) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2180♂) (3) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1542♀, 1557♀, 1550♂, 1543♂, 1547♂, 1538♂, 1544♂, 1548♂) (4) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1948♀, 1939♂, 2131♂).

Subfamilia Lonchophyllinae**Tribu Hsunycterini**

Hsunycteris thomasi: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1815♀).

Subfamilia Stenodermatinae**Tribu Stenodermatini****Subtribu Artibeina**

Artibeus planirostris: Colombia: (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2047♂, 2044♀, 2017♀, 2026♂, 2045♀, 2052♀, 2021♂) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2098♂, 2114♀, 2106♀, 2091♀) (3) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1608♀, 1601♀, 1606♀, 1604♀, 1607♂, 2146♀, 1977 Ind, 1988♂, 1992♂, 1955♀, 1999♀, 1958 Ind, 1957♀, 1959♀, 2001 Ind, 1976♀, 1989♂, 1980♀, 1968♀, 1982♀, 2000♀, 1969♂) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1528♂, 1564♂, 1579 Ind) (5) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1951♀, 1926 Ind, 1918♂, 1923♂, 1924♀, 1927♀, 1942 Ind, 1935♀, 2133♂, 1970♂).

Artibeus jamaicensis: Colombia: (1) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1659♀).

Artibeus lituratus: Colombia: (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2020 ♀, 2150 ♂, 2016♂, 2057♂, 2059♀, 2046 ♀) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2101 ♂, 2095♀, 2088♂, 2080♂, 2112♂, 2083♀, 2117♀, 2092♂, 2104♀, 2081♀, 2105♀, 2079 Ind, 2115♀, 2108 ♀) (3) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1600♂, 1596♂, 1599♀, 1616♀, 1979♂) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1536♂, 1533♀) (5) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1941♀, 1917♂, 1916♂, 1932♀, 1936♂, 1949♀, 1919♀).

Artibeus anderseni: Colombia (1) Depto Córdoba. Mun Buena Vista. Corr. Nueva estación. Vda Mejor Esquina. Finca Guacamayas (MUJ 1646♂, 1651♂, 1594♀, 1613 Ind) (2) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1551♀).

Artibeus phaeotis: Colombia: (1) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2100♀, 2176♂, 2126♀, 2119♂) (2) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2039♀) (3) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (1964♀) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1570♀, 1571♂, 1578♀) (5) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1914♀)

Tribu Stenodermatini**Subtribu Vampyressina**

Platyrrhinus angutirostris: Colombia (1): Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1946♂, 1973♂).

Platyrrhinus helleri: Colombia (1): Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2048♂, 2074♀, 2015♀) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2086♂) (3) Depto Córdoba. Mun Buena Vista. Corr. Nueva estación. Vda Mejor Esquina. Finca Guacamayas (MUJ 1954♀, 1986♀, 2135♀) (4) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1605♂) (5) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 2130♂).

Uroderma bilobatum: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2032♀, 2025♀, 2030 Ind, 2034♂, 2038 Ind, 2061♂, 2067 Ind, 2064♂, 2060♂, 2043♀) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2122♀, 2107♂, 2085♀, 2123♂, 2174♀) (3) Depto Córdoba. Mun Buena Vista. Corr. Nueva estación. Vda Mejor Esquina. Finca Guacamayas (MUJ 2008♂, 1656♂, 2007♂, 1978♂, 1995♂, 1984♀, 1953♀, 1612♂, 1595♀) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1554 Ind, 1556♂, 1575♂, 1534♂).

Uroderma magnirostrum: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería; Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las

palmeras (MUJ 2062♀, 2065 Ind, 2066♀, 2037♀) (2) Depto.Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2124♀) (3) Colombia. Depto Córdoba. Mun Buena Vista.Corr. Nueva estación.Vda Mejor Esquina.Finca Guacamayas (MUJ 1658♀, 1967♀, 1657♀).

Vampyriscus nymphaea: Colombia (1) Depto.Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2186♀) (2) Colombia. Depto Córdoba. Mun Buena Vista.Corr. Nueva estación.Vda Mejor Esquina. Finca Guacamayas (MUJ 1648♀) (3) Depto.Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1912♀).

Tribu Sturnirini

Sturnira lilum: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería;Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2154♀, 2042♂, 2166♀, 2153♂, 2164♂, 2033, 2163♂, 2157♂, 2158♀) (2) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2185♀, 2184♂, 2183♂) (3) Depto Córdoba. Mun Buena Vista. Corr. Nueva estación. Vda Mejor Esquina. Finca Guacamayas (MUJ 1970♀, 2142♂, 1611♀, 1617♀, 1603♂) (4) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1535♀, 1561♂).

Familia Vespertilionidae

Myotis albescens: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Montería;Corr. Las Palomas; Vda. Verdinal. Finca las palmeras (MUJ 2075♀).

Myotis nigricans: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Los Córdoba; Vda Buena vista; Finca San Lorenzo (el brillante) (MUJ 2129♂, 2127♂).

Myotis riparius: Colombia (1) Depto. Córdoba; Mun. Canalete; Corr. Cordobita central; Finca El Chimborazo (MUJ 1952 Ind).

Rhogeessa io: Colombia (1) Depto. Córdoba. Buena vista. Mejor esquina. Hacienda Betancí-Guacamayas (MUJ 1610♂) (2) Depto. Córdoba. Pueblo nuevo. Las guamas. Primavera. El refugio (MUJ 1569 Ind).

♂= Machos ♀= Hembras Ind= Indeterminado