

# Dieta de murciélagos frugívoros y su efecto sobre la germinación de dos especies en el Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia

## Diet of frugivore bats and its effect on the germination of two species in the Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia

Isabel Anteliz-Pallares <sup>1,2</sup>, Angie Tatiana Sánchez <sup>1</sup>, Juan David Sánchez-Londoño <sup>1,\*</sup>

- Recibido: 26/Mar/2020
- Aceptado: 31/May/2021
- Publicación en línea: 03/Jun/2021

**Citación:** Anteliz-Pallares IC, Sánchez AT, Sánchez-Londoño JD. 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. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n2.85460>

### ABSTRACT

The study of bat diets is important to understand how their assemblage is shaped and how they can contribute to the dynamics of the forests. Since there are few studies on the diet of fruit bats in the tropical dry forest, our objective was to describe their diet and to understand their effect on seed germination. The work was carried out in the Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia, corresponding to a premontane dry forest life zone (bs-PM). Mist nets were used to capture bats; their excreta were also collected. The seeds of *Vismia baccifera* and *Piper* sp4, obtained from the excreta, were selected for the germination experiment whose response was analyzed by means of the germination capacity index. An accumulation curve was made for the seeds richness, the best disperser index DII and the Morisita index were calculated to study diet overlap. Ten species of fruit bats were recorded from which seven are new local records for a total of 18 species in the area, thirteen of these were frugivorous species. *Carollia brevicauda* was the most abundant and the best disperser species, considering it key for the dispersal of most plant species. A total of 18 seed morphospecies were identified, including *Calycolpus moritzianus*, being a new record for the diet of bats. We did not find differences in the germination of seeds of the two plant species obtained from either the excreta or from the fruit directly.

**Keywords.** Tropical dry forest, Chiroptera, frugivorous diet, seed dispersal.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES (Medellín, Colombia). Semillero Mamíferos Silvestres. [iscristina31@hotmail.com](mailto:iscristina31@hotmail.com)

<sup>2</sup> Área Natural Única Los Estoraques. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

\* Autor para correspondencia



## RESUMEN

El estudio de la dieta de los murciélagos es importante para entender cómo se conforma su ensamblaje y cómo aportan a la dinámica de los bosques. Al ser pocos los estudios de dieta de murciélagos frugívoros en el bosque seco tropical, nuestro objetivo fue describir su dieta y analizar cuál es su efecto sobre la germinación de semillas. El trabajo se realizó en el Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia; una zona de vida de bosque seco premontano (bs-PM). Para la captura de murciélagos se utilizaron redes de niebla y se recolectaron sus excretas. Las semillas de *Vismia baccifera* y *Piper* sp4, obtenidas de las excretas, fueron seleccionadas para el experimento de germinación cuya respuesta se analizó mediante el índice de capacidad de germinación. Se hizo una curva de acumulación para describir la riqueza de semillas, se calculó el índice de mejor dispersor DII y el índice de Morisita para estudiar solapamiento de dieta. Se registraron diez especies de murciélagos con siete registros nuevos para un total de 18 en la zona, trece de ellas fueron frugívoras. *Carollia brevicauda* fue la especie más abundante y la mejor dispersora, considerándola clave para la mayoría de las especies vegetales. Se identificaron 18 morfoespecies de semillas, incluyendo *Calycolpus moritzianus*, nuevo registro en la dieta de los murciélagos. En ninguna de las dos especies de plantas se encontraron diferencias en la germinación de semillas obtenidas de las excretas y aquellas extraídas del fruto directamente.

**Palabras Clave.** Bosque Seco Tropical, Chiroptera, dieta frugívora, dispersión de semillas.

## INTRODUCCIÓN

La dispersión de semillas es considerada un mecanismo reproductivo fundamental en los ecosistemas y son los vertebrados la clave para que esto se pueda dar en algunas especies vegetales (Howe y Smallwood 1982, Wang y Smith 2002). La frugivoría es un hábito alimentario que ha aparecido a lo largo de la evolución en muchos vertebrados (Howe y Smallwood 1982, Fleming y Kress 2011), quienes en el trópico dispersan más del 80 % de las especies leñosas (Howe y Smallwood 1982), dentro de este grupo las aves y los murciélagos frugívoros son los agentes dispersores de mayor importancia, en especial en las zonas perturbadas o fragmentadas donde se da la dispersión principalmente de especies vegetales pioneras (Medellín y Gaona 1999, Galindo-González et al. 2000).

En Colombia hay aproximadamente 209 especies de murciélagos, 123 pertenecen a la familia Phyllostomidae (Sociedad Colombiana de Mastozoología 2017), siendo los géneros más representativos: *Artibeus*, *Carollia* y *Sturnira* (Medellín y Gaona 1999, Saldaña-Vázquez 2014, Arias y Pacheco 2019). La especialización en la dieta de los murciélagos depende de factores extrínsecos como características físicas de la fruta, contenido nutricional y su

disposición en el follaje, así como de factores intrínsecos como la fisiología del murciélago (Muscarella y Fleming 2007). Estos factores son relevantes en la conformación de ensamblajes de murciélagos (Saldaña-Vázquez 2014).

Se ha evaluado en diferentes estudios que la dispersión de semillas es el principal beneficio que los murciélagos proporcionan a las plantas (Traveset 1998, Traveset y Verdú 2002) considerándolos así efectivos dispersores de un gran número de especies vegetales, consumiendo frutos de alrededor de 549 especies (Lobova et al. 2009), siendo *Vismia*, *Cecropia*, *Piper*, *Solanum* y *Ficus* los géneros más consumidos (Charles-Dominique 1986, Galindo-González 1998, Muscarella y Fleming 2007). Debido a su capacidad para defecar mientras vuelan, generan una lluvia de semillas (Charles-Dominique 1986) a lo largo de grandes distancias recorridas que les permiten incluso llegar a zonas perturbadas, siendo así importantes para la restauración de los bosques (Fleming y Heithaus 1981, Wunderle Jr 1997, Galindo-González et al. 2000).

Otro de los servicios evaluados es la mayor probabilidad de germinación de la semilla al pasar por el tracto digestivo del murciélago, y aunque en algunos estudios respaldan esta idea (Traveset y Verdú 2002), trabajos recientes

indican que las semillas consumidas por los murciélagos no incrementan su germinación y que la probabilidad de esta varía entre las especies de plantas dependiendo, además, de la especie de murciélago que la consume (Saldaña-Vázquez *et al.* 2019).

Los estudios que se han realizado sobre la dispersión o germinación de semillas por murciélagos se han enfocado principalmente en los bosques húmedos tropicales y en ecosistemas no boscosos (Galindo-González *et al.* 2000, Estrada-Villegas y Pérez-Torres 2010, Heer *et al.* 2010, Arias y Pacheco 2019, Daza-Gallo *et al.* 2019) y son pocas las investigaciones al respecto en el bosque seco tropical (Bs-T) (Novoa *et al.* 2011, Ríos-Blanco y Pérez-Torres 2015, García-Herrera *et al.* 2019), a pesar de ser un ecosistema altamente amenazado en Colombia y en el mundo (Pizano y García 2014).

El propósito de este trabajo fue registrar cuáles son los frutos que están siendo consumidos por el ensamble de murciélagos frugívoros y cuál es su efecto sobre la germinación de dos especies de semillas en el Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se realizó en el Área Natural Única Los Estoraques (ANULE) perteneciente al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia; se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental de los Andes en el departamento de Norte de Santander. El ANULE tiene una extensión de 640,2 ha, se caracteriza por sus severos procesos de erosión debido a la acción de la escorrentía, precipitación y acción del viento que ha generado numerosas geoformaciones que pueden llegar hasta los 30 m de altura (Aparicio y Rojas 2003), pertenece a una zona de vida de bosque seco premontano (bs-PM) (Holdridge 1947, Espinal y Montenegro 1977). La vegetación del ANULE se considera subxerofítica, clasificada como vegetación semiárida subandina, siendo un tipo de bioma azonal donde hay zonas con déficit de humedad, con una vegetación discontinua y en su mayoría de tipo arbustivo y subarbustivo de 5-7 m, encontrando especies de las familias Myrtaceae, Clusiaceae, Hypericaceae y Cactaceae (Suárez *et al.* 2016).

### Captura de murciélagos

La captura de murciélagos se realizó durante cinco sesiones de campo en 2019: 15-27 abr, 17-29 jun, 8-18 ago, 11-21

sep y 10-13 dic, abarcando tanto la época seca como la época lluviosa. Se instalaron cuatro redes de niebla de 2,5x12 m por 24 noches en las diferentes coberturas del ANULE: vegetación asociada a las geoformaciones, arbustales densos en poca pendiente, bosque de galería y piedemonte de bosque subandino. Las redes se mantuvieron abiertas durante cuatro horas y media (19:00-23:30 h) y fueron revisadas cada 25 min para extraer los murciélagos (Novoa *et al.* 2001, Ríos-Blanco y Pérez-Torres 2015); el esfuerzo de captura fue de 432 redes/hora/noche. Las especies de murciélagos se identificaron siguiendo a Díaz *et al.* (2016) y se verificó su distribución geográfica siguiendo a Solari *et al.* (2013). A cada uno de los individuos se les tomaron medidas morfométricas generales y datos de sexo, peso, estado de desarrollo; también se realizó registro fotográfico (Kunz y Parsons 2009).

### Recolección e identificación de semillas

Luego de ser capturados los murciélagos se mantuvieron en bolsas de papel, al interior de bolsas de tela durante 25 min para obtener las muestras fecales, éstas fueron almacenadas en tubos de microcentrífuga y fueron etiquetadas con el número de captura del murciélago, posteriormente las semillas se limpiaron con agua y se fijaron en FAA (formaldehído, alcohol, acético), el cual se usa comúnmente para fijar tejidos vegetales. Para la identificación de las semillas se utilizaron artículos y guías especializadas en identificación de semillas las cuales tienen en cuenta las características morfológicas como el color, tamaño, forma, textura, presencia de cicatrices y quillas, entre otros (Ríos R *et al.* 2004, de Oliveira y Pereira 2016, Daza-Gallo *et al.* 2019), también se usaron las muestras de referencia tomadas del área, permitiéndonos llegar a la identificación a nivel de especie. Las semillas y material de referencia fueron depositados en la Colección Biológica de la Universidad CES (CBUCES), con los números CBUCES-J 100 al 309, CBUCES-J 415 al 424 y CBUCES-H 484 al 503 (Anexo).

### Germinación de semillas

Para evaluar el efecto de la germinación sobre las semillas obtenidas de las excretas se escogieron dos especies vegetales, con base en su abundancia en las excretas y en los frutos tomados de las muestras de referencia garantizando un mayor número de réplicas; estas fueron *Vismia baccifera* (L.) Planch. & Triana y *Piper* sp4; esta última se escogió además por su disponibilidad para el manejo. Se realizaron dos tratamientos para el ensayo de germinación: las semillas obtenidas de las excretas de los murciélagos, de

las cuales no se diferenciaron la especie de murciélago fuente para obtener la mayor cantidad de muestras, y las semillas obtenidas de frutos directamente. Para acercarse lo más posible a las condiciones naturales como temperatura y humedad, los ensayos de germinación se realizaron en el invernadero del ANULE.

Para *Vismia baccifera* se sembraron 20 semillas por cada caja petri, con un total de diez cajas por cada tratamiento y para *Piper* sp4 se sembraron 20 semillas por cada caja de petri, con un total de seis cajas por cada tratamiento.

Las semillas se sembraron con base en el protocolo presentado por Ríos-Blanco (2010). Se colocaron en cajas de Petri con papel absorbente, se rotularon y fueron cubiertas por una malla que permitiera el paso del agua y evitará la pérdida de las semillas; para el suministro de agua se emplearon los dispersores automáticos del invernadero del área programados para regarlas dos veces al día. Se revisaron semanalmente, se contó el tiempo y número de semillas germinadas y se definió que una semilla había germinado una vez se podía identificar la radícula. El conteo se realizó semanalmente hasta que no se presentaron cambios en el número de semillas germinadas en el lapso de una semana, según lo propuesto por Ríos-Blanco (2010).

#### Análisis estadísticos

Mediante el programa Estimates 9.1.0 (Colwell 2013) se construyó una curva de acumulación para evaluar la riqueza de especies de semillas que fueron consumidas por los murciélagos, ésta se comparó con los estimadores Chao1: especies esperadas basado en el número de especies raras, Jack 1: basado en la presencia-ausencia, y Bootstrap: riqueza estimada basada en la proporción de cada especie (Villarreal et al. 2006). Se calculó el índice de mejor dispersor DII para evaluar la importancia de cada especie de murciélago como potencial dispersor, el cual se basa en la abundancia relativa de los murciélagos capturados y el porcentaje de semillas obtenidas por cada uno, indicando valores del 0-10 siendo 0 la especie que no dispersa ninguna semilla y 10 que dispersa todas las semillas registradas (Galindo-González et al. 2000). Se calculó el índice de Morisita para caracterizar el solapamiento de dieta por pares de especies de murciélagos, como una medida de cómo se reparten las semillas disponibles en el bosque, evaluando la proporción de las semillas obtenidas entre las dos especies, este tiene valores de 0-1, siendo 0 un solapamiento

nulo y 1 solapamiento completo (Krebs 1999), para este índice solo se analizaron las especies de murciélagos que tenían más de cinco registros de semillas.

El éxito de germinación de las semillas se evaluó mediante la comparación del índice de capacidad de germinación (ICG), el cual indica el porcentaje de semillas que germinaron al finalizar el experimento (González-Zertuche y Orozco-Segovia 1996, Segura-Linares 2017). Para evaluar si había diferencias en el índice de germinación entre los dos tratamientos se utilizó la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon (Bauer 1972) usando el software R versión 3.0.2 (R Core Team 2018), con una confiabilidad del 0,90.

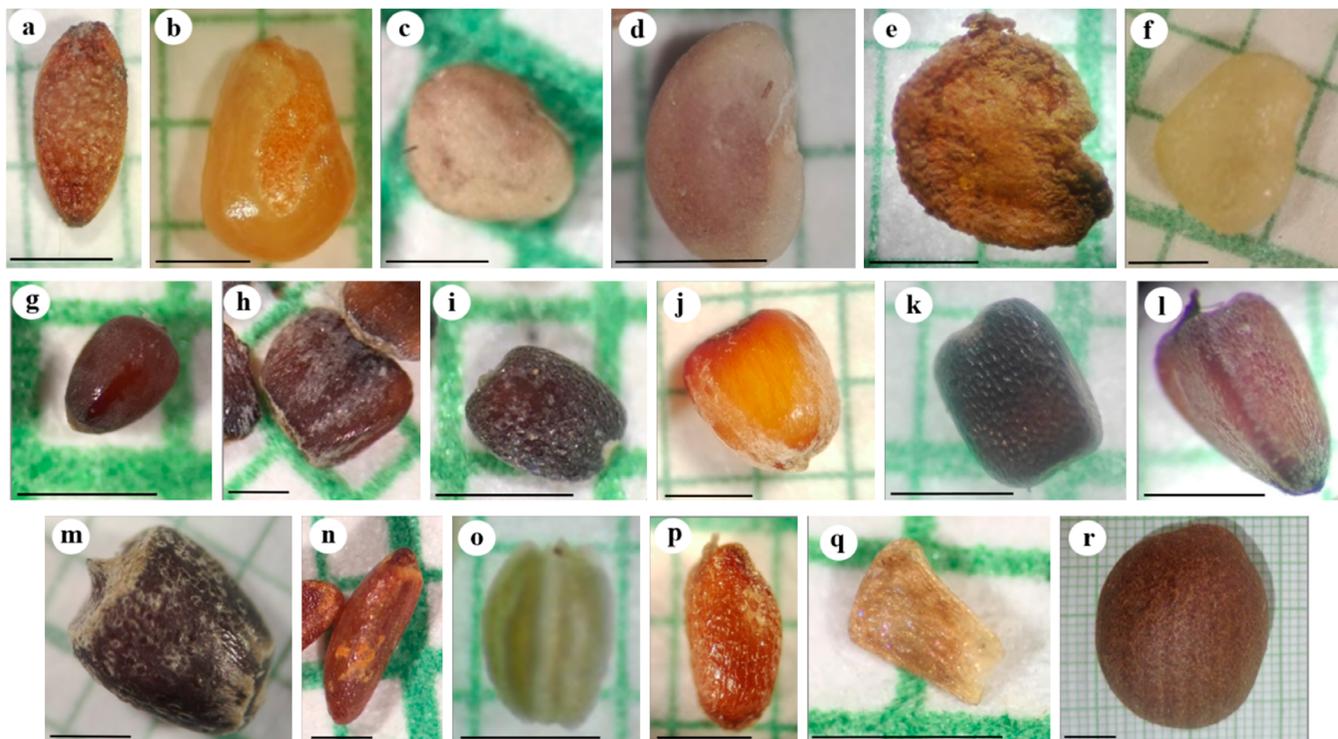
## RESULTADOS

Se capturaron 290 murciélagos frugívoros pertenecientes a nueve especies de la familia Phyllostomidae. Las especies más abundantes fueron *Carollia brevicauda* (Schinz, 1821) (64,5 %), *Dermanura glauca* (Thomas, 1893) (16,6 %) y *Enchisthenes hartii* (Thomas, 1892) (4,8 %) (Tabla 1).

Se obtuvieron 138 excretas con semillas provenientes de las nueve especies de murciélagos, 26 de estas contenían semillas de dos, tres o cuatro especies vegetales, por lo cual el número de registros de semillas total fue de 164. Se identificaron 18 morfoespecies de semillas (Fig. 1) siendo *Vismia baccifera*, *Piper* sp3, *Piper* sp1 y *Calycolpus moritzianus* (O. Berg) Burret las más frecuentes con una representatividad del 25 %, 15,2 %, 14,6 % y 14 % respectivamente (Tabla 1). De acuerdo con la curva de acumulación se encontraron 18 especies de semillas que cuando se compararon con los indicadores de riqueza se obtuvo una representatividad del muestreo para Chao1, Jack 1 y Bootstrap del 90,0 %, 74,20 % y 86,30 % respectivamente (Fig. 2).

La dieta de *Carollia brevicauda* fue la más amplia con once morfoespecies (128 muestras) siendo *Vismia baccifera* la más frecuente (39), seguida de *Piper* sp1 (24) y *Piper* sp3 (24). *Dermanura glauca* tuvo la segunda dieta más amplia con cuatro morfoespecies (diez muestras) predominando la especie *Calycolpus moritzianus* (diez) (Tabla 1).

*Carollia brevicauda* fue el dispersor de mayor importancia (DII=5,41) seguido por *Dermanura glauca* (DII=0,10) (Tabla 1). Según el índice de Morisita, el mayor solapamiento lo presentaron *Enchisthenes hartii* y *Dermanura*



**Figura 1.** Morfoespecies de semillas obtenidas de las excretas de murciélagos frugívoros en el Área Natural Única Los Estoraques (ANULE). **a.** *Cecropia* sp, **b.** *Calycolpus moritzianus*, **c.** *Ficus* sp1, **d.** *Ficus* sp2, **e.** Solanaceae sp1, **f.** Solanaceae sp2, **g.** *Piper* sp1, **h.** *Piper* sp2, **i.** *Piper* sp3, **j.** *Piper crassinervium*, **k.** *Piper* sp4, **l.** *Piper* sp5, **m.** *Piper* sp6, **n.** *Vismia baccifera*, **o.** *Xanthosoma* sp1, **p.** *Psammisia penduliflora*, **q.** *Cavendishia pubescens*, **y r.** *Syzygium jambos*. Escala = 1mm

*glauca* (0,98) seguidas por *Carollia brevicauda* y *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (0,83) (Tabla 2).

**Experimento de germinación**

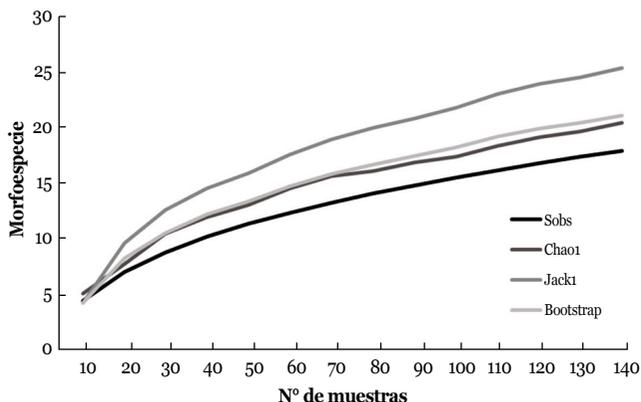
Las semillas de *V. baccifera* empezaron a germinar a la tercera semana y terminaron hacia la sexta semana. El porcentaje de germinación de las semillas sembradas de las excretas fue del 73,5 % y de las sembradas del fruto fue de 86,0 %, sin embargo, esto no representó una diferencia

significativa ( $U=0,37, P = 0,22$ ). Las semillas de *Piper* sp4 empezaron a germinar a la cuarta semana y terminaron de germinar en la sexta semana. El porcentaje de germinación de las semillas sembradas de las excretas fue del 14,5 % y de las sembradas del fruto fue de 4,0 %, pero no se presentaron diferencias significativas ( $U=0,41, P = 0,18$ ).

**DISCUSIÓN**

Para el ANULE se conocían únicamente seis especies de murciélagos frugívoros antes de la realización de este trabajo, en el cual se registraron adicionalmente las especies *D. glauca*, *V. thyone* y *S. ludovici*. Nuestros resultados mostraron que estas especies adicionales participan activamente en el consumo de diferentes especies vegetales en el área protegida, especialmente *D. glauca* que fue una especie frecuente en los muestreos y consumió frutos no reportados anteriormente en la literatura como *C. moritzianus* (Castaño et al. 2018).

El ecosistema seco presente en el ANULE es un tipo de bioma azonal (Suárez et al. 2016), condición que pudo favorecer el registro de nuevas interacciones planta-animal, por ejemplo, hasta ahora no se había registrado en la literatura



**Figura 2.** Curvas de acumulación y de estimación de las morfoespecies de semillas encontradas en las excretas de murciélagos para el Área Natural Única Los Estoraques (ANULE). Sobs: especies observadas, Chao1, Jack 1 y Bootstrap.

**Tabla 1.** Cantidad de individuos capturados por especie de murciélagos frugívoros, índice de mejor dispersor (DII) y frecuencia de morfoespecies de semillas consumidas por especie.

	<i>C. brevicauda</i>	<i>D. glauca</i>	<i>E. hartii</i>	<i>A. lituratus</i>	<i>A. planirostris</i>	<i>P. discolor</i>	<i>V. thyone</i>	<i>S. ludovici</i>	<i>P. nigellus</i>	<i>P. helleri</i>	Total	%
<i>Piper crassinervium</i> Kunth	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	4	2,4
<i>Piper</i> sp1	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	14,6
<i>Piper</i> sp2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6
<i>Piper</i> sp3	24	-	-	-	-	1	-	-	-	-	25	15,2
<i>Piper</i> sp4	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4,9
<i>Piper</i> sp5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6
<i>Piper</i> sp6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6
<i>Cavendishia pubescens</i> (Kunth) Hemsl	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	11,0
<i>Ficus</i> sp1	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	4	2,4
<i>Ficus</i> sp2	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	2	1,2
Solanaceae 1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1,2
Solanaceae 2	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2	1,2
<i>Xanthosoma</i> sp	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,6
<i>Calycolpus moritzianus</i> (O. Berg) Burret	8	6	6	1	1	1	-	-	-	-	23	14,0
<i>Psammisia penduliflora</i> (Dunal) Klotzsch	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,8
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	1,8
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana	39	1	-	1	-	-	-	-	-	-	41	25,0
<i>Cecropia</i> sp	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6
Nº de individuos capturados	187	48	14	10	16	1	4	6	3	1	290	0
DII	5,41	0,10	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0	0

el consumo de la especie *C. moritzianus* por parte de los murciélagos, a pesar de que esta planta tiene una distribución amplia en los Andes tropicales (Landrum 2010, Yáñez Rueda et al. 2016). Los frutos de esta especie fueron consumidos por seis especies de murciélagos en el área de estudio y fue común en la dieta de tres de ellos (Tabla 1). Si bien se han reportado el consumo de al menos seis especies de plantas de la familia Myrtaceae, esta no suele ser de las familias más frecuentemente consumidas por los murciélagos, los cuales tienen mayor asociación con las familias Piperaceae, Urticaceae, Moraceae, Solanaceae y Clusiaceae (Castaño et al. 2018, Regolin et al. 2020).

La riqueza de las especies vegetales consumidas por murciélagos que se obtuvo en el ANULE fue mayor a la que se ha registrado en otros estudios realizados en el bosque seco, como los encontrados por Segura-Linares (2017) de ocho morfoespecies vegetales, García-Herrera et al. (2019) de once morfoespecies y Ríos-Blanco y Pérez-Torres (2015) de quince morfoespecies vegetales consumidas. Aunque los frutos más frecuentes en las dietas encontrados en todas las localidades fueron *V. baccifera* y *Piper* spp, para el caso de ANULE, *C. moritzianus* fue una especie altamente consumida, a la par de algunas especies del género *Piper*, lo cual sugiere que este es un recurso importante

**Tabla 2.** Solapamiento de dieta calculado mediante el índice de Morisita para los murciélagos frugívoros del Área Natural Única Los Estoraques (ANULE). En negrita los valores más altos.

	<i>A. lituratus</i>	<i>C. brevicauda</i>	<i>D. glauca</i>	<i>E. hartii</i>	<i>A. planirostris</i>
<i>A. lituratus</i>	-	0,83	0,62	0,50	1,00
<i>C. brevicauda</i>		-	0,29	0,17	0,57
<i>D. glauca</i>			-	0,98	0,60
<i>E. hartii</i>				-	0,53
<i>A. planirostris</i>					-

localmente, al menos temporalmente, para el ensamblaje de especies frugívoras.

*C. brevicauda* fue la especie más abundante y la que presentó la dieta más amplia con doce morfoespecies consumidas; las especies de los géneros *Piper* y *Vismia* fueron las que presentaron mayor frecuencia de consumo lo cual ha sido previamente documentado por otros autores. Gorchov *et al.* (1995), Zavala-Calloapaza (2018) y Arias y Pacheco (2019) concluyen que *Carollia* tiene una dieta compuesta principalmente por *Vismia*, mientras que Novoa *et al.* (2011), Lobova *et al.* (2009) y Sánchez *et al.* (2012) registraron que *Carollia* tiene un mayor consumo de especies del género *Piper*. No obstante, se debe tener en cuenta que esto puede variar en diferentes épocas del año, por ejemplo, en los últimos muestreos de este trabajo, entre los meses septiembre y diciembre, *V. baccifera* fue la especie que encontramos con mayor fructificación en el área y de la que obtuvimos semillas en las excretas con mayor frecuencia.

El solapamiento en la dieta entre las especies de murciélagos se da principalmente cuando estos tienen tamaños y hábitos similares (Sánchez *et al.* 2012, Montoya-Bustamante *et al.* 2016, Zavala-Calloapaza 2018) como se observó entre *D. glauca* y *E. hartii*, los cuales presentaron el mayor índice de Morisita (Tabla 2). Sin embargo, aunque *A. lituratus* es una especie grande (AB > 55 mm) y con hábitos de forrajeo de dosel (Soriano 2000), y *C. brevicauda* es una especie de tamaño mediano (AB = 36-43 mm) y de estratos a nivel del sotobosque (Soriano 2000), el solapamiento que presentaron fue también alto (Tabla 2). Este resultado puede deberse a la baja estratificación del bosque en el área de estudio ocasionando que *A. lituratus* consuma lo que hay disponible en los estratos medios como *V. baccifera* y *C. moritzianus*, sobreponiendo su dieta con especies más pequeñas. Así mismo en áreas intervenidas y fragmentadas, el solapamiento de nicho entre las diferentes especies de murciélagos puede aumentar debido a la baja disponibilidad de frutos de algunas espe-

cies vegetales. Si bien el ANULE es un área protegida, es un área relativamente pequeña en medio de una paisaje históricamente intervenido y fragmentado, donde la red de interacción entre murciélagos y plantas puede variar en relación con los sitios altamente conservados (Regolin *et al.* 2020), presentando nuevas interacciones o variaciones en las dietas esperadas.

Al ser *C. brevicauda* el mejor dispersor, debido a la magnitud con la cual transporta semillas de un sitio a otro facilitando su disposición en sitios donde se pueden establecer, la especie es clave en el área de estudio y podría tener un papel central en los procesos de restauración mediante la utilización de refugios o cebaderos artificiales, aumentando la lluvia de semillas en estos lugares (Galindo-González 1998, Kelm *et al.* 2008, Preciado-Benítez *et al.* 2015). Ya que ha sido bien documentado en diferentes trabajos que la dieta de los murciélagos se ve representada en mayor proporción por especies pioneras como lo son las especies de los géneros *Piper* y *Vismia* (Oria y Machado 2007, Saldaña-Vázquez 2014, Zavala-Calloapaza 2018), esta especie debería ser considerada clave para los procesos de enriquecimiento en el área, en especial en las zonas que han sido perturbadas por factores como ganadería y agricultura (Suárez *et al.* 2016).

#### Experimento de germinación

Son escasos los trabajos sobre germinación de las especies del género *Vismia*, a pesar de que son muy frecuentes en la dieta de los murciélagos frugívoros (Arteaga 2007). Si bien esta fue una primera aproximación para conocer el efecto del consumo por parte de los murciélagos sobre su germinación, nuestros resultados muestran que no hay un efecto del paso de las semillas por el tracto digestivo de los murciélagos. Esto mismo ha sido encontrado por diferentes trabajos (Saldaña-Vázquez *et al.* 2019), por lo tanto, el beneficio de la interacción entre murciélagos y las especies del género *Vismia*, sería en la fase de transporte y disposición de las semillas hacia sitios donde estas se

pueden establecer, incluso a varios kilómetros de distancia (Galindo-Gonzales 1998, Regolin et al. 2020). No obstante, en nuestro experimento, tuvimos un número bajo de réplicas, no diferenciamos las especies de murciélagos de donde provenían las semillas y no tuvimos en cuenta aspectos como el tamaño de la semilla, su posición en el fruto, el grado de madurez de la semilla y la época del año, variables que pueden influir sobre la germinación de estas (Gray y Thomas 1982, Arteaga 2007). Por lo cual, consideramos que nuestros resultados deben ser interpretados con cuidado.

En el caso de *Piper* sp 4, a pesar de que no encontramos diferencias estadísticas en la germinación de las semillas, si se observó una tendencia a favorecer la proporción de semillas germinadas obtenidas de las excretas puesto que la diferencia neta fue alta (14,5 % vs 4 %), pero con una amplia variación en los resultados de cada réplica. Por lo cual sugerimos utilizar un mayor número de réplicas en estudios posteriores. No obstante, en investigaciones realizadas recientemente, no se ha encontrado evidencia de que la germinación de las semillas del género *Piper* se vea favorecida al pasar por el tracto digestivo de los murciélagos frugívoros, lo cual sugeriría que el beneficio para las plantas esté en la dispersión y no en la germinación (Saldaña-Vázquez et al. 2019, Torres et al. 2019). Como en el caso del experimento con *Vismia*, no tuvimos en cuenta las variables adicionales que pueden afectar la germinación de las semillas y obtuvimos menor número de réplicas, por lo que consideremos que para este caso los resultados no deben ser interpretados como concluyentes.

Este trabajo resalta el desconocimiento que aún se tiene de la diversidad al interior de las áreas protegidas en el país. En este trabajo se aumentó considerablemente el conocimiento de la riqueza de especies de murciélagos del área (siete especies en total, tres de ellas frugívoras) y se encontraron 18 especies de frutos consumidas, lo cual corresponde a la riqueza más alta hasta ahora documentada para los ecosistemas secos en el país. El ensamblaje local de especies de murciélagos frugívoros comparte mucho los ítems alimenticios lo cual puede ser una respuesta a la estructura del bosque y al grado de transformación histórica en la región.

*C. brevicauda* si bien es una especie común a lo largo de todos los bosques tropicales, localmente es una especie clave en el proceso de dispersión de la mayoría de las especies

vegetales consumidas por murciélagos, no solamente por su amplia dieta si no por su abundancia en el área que se traduce en una mayor lluvia de semillas generada. Los murciélagos parecen no tener un efecto sobre la germinación de las semillas del género *Vismia* ni del género *Piper*, pero recomendamos replicar los experimentos con un mayor número de semillas y controlando variables adicionales como la especie del murciélago, el grado de madurez del fruto y el tamaño de la semilla.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

ICAP concepción, diseño del documento, toma de datos, análisis y escritura del documento; ATS concepción, diseño del documento, toma de datos, análisis y escritura del documento; JDS concepción, escritura del documento y análisis.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la fundación IdeaWild por otorgarnos parte de los materiales usados en campo. Al Área Natural Única Los Estoraques por permitirnos el desarrollo, alojamiento y acompañamiento durante toda la realización trabajo. Alejandra Carvajal, Mateo García, Ronal Fernando Peñaranda y Mauricio León por acompañarnos en la fase de campo y a la Dirección de Investigación e Innovación de la Universidad CES por su financiación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## LITERATURA CITADA

- Aparicio M, Rojas T. 2003. Estudio geológico y morfodinámico e inventario geo-ambiental del Área Natural Única Los Estoraques, Municipio Playa de Belén, Norte de Santander. [Bucaramanga]: Universidad Industrial de Santander.
- Arias E, Pacheco V. 2019. Dieta y estructura trófica de un ensamblaje de murciélagos en los bosques montanos del Santuario Nacional Pampa Hermosa, Junín, Perú. *Rev. Peru Biol.* 26(2):169–182. doi: <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i2.16375>
- Arteaga LL. 2007. El tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl. (Guttiferae) y su relación con la velocidad de germinación y tamaño de la plántula. *Rev. Peru. Biol.* 14(1):17–20. doi: <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i1.1749>

- Bauer DF. 1972. Constructing Confidence Sets Using Rank Statistics. *J. Am. Stat. Assoc.* 67(339):687–690. doi: <https://doi.org/10.1080/01621459.1972.10481279>
- Castaño JH, Carranza JA, Pérez-Torres J. 2018. Diet and trophic structure in assemblages of montane frugivorous phyllostomid bats. *Acta Oecologica.* 91:81–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.06.005>
- Charles-Dominique P. 1986. Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia.*, birds and bats in French Guyana. En: Estrada A, Fleming TH, editores. *Frugivores and seed dispersal*. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 119–135.
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application.
- Daza-Gallo JG, Sánchez-Londoño JD, Carvajal-Zapata A, Solari S. 2019. Análisis de la dieta de los murciélagos frugívoros del Refugio de Vida Silvestre Alto de San Miguel (Caldas, Antioquia). En: Sánchez-londoño JD, Tuberquia DJ, Parra JL, editores. *Estudios en biodiversidad del Alto de San Miguel*. Vol. 1. Medellín: Universidad CES: Editorial CES. p. 242.
- Díaz MM, Solari S, Aguirre LF, Aguiar L, Barquez RM. 2016. Clave de identificación de los murciélagos de Sudamérica. 2nd ed. Tucumán, Argentina: Yerba Buena.
- Espinal T, Montenegro E. 1977. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Memoria. Departamento Agrológico. Bogotá: IGAC.
- Estrada-Villegas S, Pérez-Torres J. 2010. Ensamblaje de murciélagos en un bosque subandino colombiano y análisis sobre la dieta de algunas especies. *Mastozool. Neotrop.* 17(1):31–41.
- Fleming TH, Heithaus ER. 1981. Frugivorous Bats, Seed Shadows, and the Structure of Tropical Forests. *Biotropica* 13(2):45. doi: <https://doi.org/10.2307/2388069>
- Fleming TH, Kress WJ. 2011. A brief history of fruits and frugivores. *Acta Oecol.* 37(6):521–530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.01.016>
- 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.
- Galindo-González J, Guevara S, Sosa VJ. 2000. Bat- and Bird-Generated Seed Rains at Isolated Trees in Pastures in a Tropical Rainforest. *Conserv. Biol.* 14(6):1693–1703. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2000.99072.x>
- García-Herrera LV, Ramírez-Francel LA, Reinoso-Flórez G. 2019. Consumo de plantas pioneras por murciélagos frugívoros en un fragmento de bosque seco tropical (Colombia). *Cienc. Desarrollo.* 10(2):33–41. doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.8240>
- González-Zertuche L, Orozco-Segovia A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bot. Sci.* (58):15–30. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- Gorchov DL, Cornejo F, Ascorra CF, Jaramillo M. 1995. Dietary Overlap between Frugivorous Birds and Bats in the Peruvian Amazon. *Oikos.* 74(2):235–250. doi: <https://doi.org/10.2307/3545653>
- Gray D, Thomas TH. 1982. Seed germination and seedling emergence as influenced by the position of development of the seed on the parent plant. En: Khan A, editor. *The Physiology and Biochemistry of seed Development, Dormancy and Germination*. Nueva York: Elsevier. p. 81–110.
- Heer K, Albrecht L, Kalko EKV. 2010. Effects of ingestion by neotropical bats on germination parameters of native free-standing and strangler figs (*Ficus* sp., Moraceae). *Oecologia.* 163(2):425–435. doi: <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1600-x>
- Holdridge LR. 1947. Determination of World Plant Formations From Simple Climatic Data. *Science* 105(2727):367–368. doi: <https://doi.org/10.1126/science.105.2727.367>
- Howe HF, Smallwood J. 1982. Ecology of Seed Dispersal. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13(1):201–228. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>
- Kelm DH, Wiesner KR, Helversen O von. 2008. Effects of Artificial Roosts for Frugivorous Bats on Seed Dispersal in a Neotropical Forest Pasture Mosaic. *Conserv. Biol.* 22(3):733–741. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00925.x>
- Krebs CJ. 1999. *Ecological methodology*. 2da ed. Menlo Park, California: Benjamin Cummings.
- Kunz TH, Parsons S, editors. 2009. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2da ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Landrum LR. 2010. A Revision of *Calycolpus* (Myrtaceae). *Syst. Bot.* 35(2):368–389. doi: <https://doi.org/10.1600/036364410791638342>
- Lobova TA, Geiselman CK, Mori SA. 2009. *Seed dispersal by bats in the neotropics*. Bronx, N.Y: New York Botanical Garden.
- Medellín RA, Gaona O. 1999. Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica* 31(3):478–485. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00390.x>
- Montoya-Bustamante S, Rojas-Díaz V, Torres-González AM. 2016. Interactions between frugivorous bats (Phyllostomidae) and *Piper tuberculatum* (Piperaceae) in a tropical dry forest remnant in Valle del Cauca, Colombia. *RBT.* 64(2):701. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.20689>
- Muscarella R, Fleming TH. 2007. The Role of Frugivorous Bats in Tropical Forest Succession. *Biol. Rev.* 82(4):573–590. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00026.x>
- Novoa S, Cardenillas R, Pacheco V. 2011. Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en bosques del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes, Perú. *Mastozool. Neotrop.* 18(1):81–93.

- de Oliveira HF, Pereira B. 2016. Guia de sementes dispersas por morcegos (Mammalia: Chiroptera) da América Latina. Brasil: Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Brasilia.
- Oria MFV, Machado SMC. 2007. Determinación de la dieta de algunas especies de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de la cordillera central de Venezuela. *FARAUTE Ciens. Tec.* 2(2):5–15.
- Pizano C, García H, editors. 2014. El Bosque Seco Tropical en Colombia. 1ra ed. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Preciado-Benítez O, Gómez y Gómez B, Navarrete-Gutiérrez DA, Horváth A. 2015. The Use of Commercial Fruits as Attraction Agents May Increase the Seed Dispersal by Bats to Degraded Areas in Southern Mexico. *Trop. Conserv. Sci.* 8(2):301–317. doi: <https://doi.org/10.1177%2F194008291500800203>
- Regolin AL, Muylaert RL, Crestani AC, Dáttilo W, Ribeiro MC. 2020. Seed dispersal by Neotropical bats in human-disturbed landscapes. *Wildl Res.* 48(1):1. doi: <https://doi.org/10.1071/WR19138>
- Ríos RM, Giraldo RP, Correa QD. 2004. Guía de frutos y semillas de la cuenca media del Río Otún. Santiago de Cali, Colombia: Fundación EcoAndina, Wildlife Conservation Society.
- Ríos-Blanco M. 2010. Dieta y dispersión efectiva de semillas por murciélagos frugívoros en un fragmento de bosque seco tropical, Córdoba, Colombia [Tesis de pregrado]. [Bogotá D.C., Colombia]: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ríos-Blanco M, Pérez-Torres J. 2015. Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un Bosque Seco Tropical (Colombia). *Mastozool. Neotrop.* 22(1):103–111.
- R Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R versión 3.0.2. En *The R Project for Statistical Computing*. [Revisada en: 21 Nov 2020]. <http://www.r-project.org/>
- Saldaña-Vázquez RA. 2014. Intrinsic and extrinsic factors affecting dietary specialization in Neotropical frugivorous bats: Frugivory in Neotropical bats. *Mamm. Rev.* 44(3–4):215–224. doi: <https://doi.org/10.1111/mam.12024>
- Saldaña-Vázquez RA, Castaño JH, Baldwin J, Pérez-Torres J. 2019. Does seed ingestion by bats enhance germination? A new meta-analysis 15 years later. *Mamm. Rev.* 49(3):201–209. doi: <https://doi.org/10.1111/mam.12153>
- Sánchez MS, Giannini NP, Barquez RM. 2012. Bat frugivory in two subtropical rain forests of Northern Argentina: Testing hypotheses of fruit selection in the Neotropics. *Mamm. Biol.* 77(1):22–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2011.06.002>
- Segura-Linares A. 2017. Dispersión de semillas por aves y murciélagos frugívoros en un gradiente altitudinal en un enclave seco del cañón de Chicamocha (Santander, Colombia) [Tesis de pregrado]. [Bogotá D.C., Colombia]: Universidad De La Salle.
- Sociedad Colombiana de Mastozoología. 2017. Lista de referencia de especies de mamíferos de Colombia. Versión 1.2. Conjunto de datos/Lista de especies. [Revisada en: 01 ene 2020] <http://doi.org/10.15472/kl1whs>
- Solari S, Muñoz-Saba Y, Rodríguez-Macheda J, Defler T, Ramírez-Chaves H, Trujillo F. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozool. Neotrop.* 20(2):301–365.
- Soriano PJ. 2000. Functional structure of bat communities in tropical rainforests and andean cloud forests. *ECOTROPICOS.* 13(1):1–20.
- Suárez L, Tinjaca Z, Bayona E, Palacios H, Gómez G, García V. 2016. Plan de Manejo del Área Única Natural Los Estoraques. Bucaramanga, Colombia: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Torres DA, Castaño JH, Carranza-Quiceno JA. 2019. Global patterns of seed germination after ingestion by mammals. *Mamm. Rev.* 50(3):278–290. doi: <https://doi.org/10.1111/mam.12195>.
- Traveset A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 1(2):151–190. doi: <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00057>
- Traveset A, Verdú M. 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. En: Levey DJ, Silva WR, Galetti M, editores. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux Intertational. p. 339–350.
- Villarreal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña AM. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2da. ed. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Wang BC, Smith TB. 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends Ecol. Evol.* 17(8):379–386. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02541-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02541-7)
- Wunderle Jr JM. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecol. Manag.* 99(1–2):223–235. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00208-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00208-9)
- Yáñez Rueda X, Sánchez Montaña LR, Granados Conde C, Hernández ML, Medina LV. 2016. Contribución al estudio morfológico de *Calycolpus moritzianus* (O.Berg) cultivado en Norte de Santander (Colombia). *Rev. Fac Cienc. Basic.* 14(1):27–35. doi: <https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2016.2119>
- Zavala-Calloapaza DJ. 2018. Análisis de la dieta de un ensamblaje de murciélagos frugívoros, en el departamento de Madre de Dios [Tesis de pregrado]. [Arequipa-Perú]: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.