

# DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

Diversidad taxonómica y funcional de ensamblaje de murciélagos filostómidos asociadas a diferentes hábitats en Suratá – Santander.

Astrid Johana Bautista Garcés

Trabajo de Grado para Optar al Título de Bióloga

Director

Víctor Hugo Serrano Cardozo

Doctor en Ciencias Biológicas

Codirectora

Martha Patricia Ramírez Pinilla

Doctora en Ciencias Biológicas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2023

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres, quienes han estado presentes para mí de la forma más comprensiva y amorosa posible, por enseñarme desde pequeña a apreciar la naturaleza y nunca negarme la oportunidad de interactuar con ella.

para mis sobrinas Sofía y Sara que, con un abrazo, una sonrisa o un jugueteo son mi motivación en los tiempos difíciles.

Para mi hermana que ha sido mi compañera de vida, mi primer ejemplo a seguir y mi orgullo por su inteligencia, por el amor que le coloca a todo lo que hace y por crear canciones sobre las partes de la célula para mí cuando tenía evaluaciones de biología en la escuela.

Para mis primos por regalarme los momentos más épicos de mi existencia, por tantas risas, por ser mis confidentes y por siempre escucharme.

Para mi novio Juan que desde el momento en que lo conocí tuvo confianza en mi potencial, por darme un impulso mental, por dedicar tiempo en hacerme sentir mejor cuando no estaba bien, porque en él he encontrado una persona que tiene las mismas ganas de conocer el mundo y que disfruta hacerlo a mi lado.

Para mis amigos de la facultad, que le pusieron sabor a mi tiempo aquí, porque a pesar de las preocupaciones académicas nunca nos hizo falta una risa.

A mis abuelos, por sus oraciones constantes para que todo me salga bien.

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

### **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander (UIS) por acogerme y hacerme parte de ella, por los conocimientos académicos y vivencias que experimente durante el desarrollo de mi carrera, al grupo de investigación en biodiversidad (GeBio) por la financiación y el apoyo en el desarrollo de este proyecto. a mi director Víctor Hugo Serrano y codirectora Martha Patricia Ramírez, por su orientación, enseñanza y paciencia. A la familia Vega Rodríguez por darme la oportunidad de investigar en su finca y a mis compañeros de laboratorio Johan cordón, Daniel Madrid y Juan Villamizar por tomarse el tiempo de acompañarme durante la fase de campo y recolección de datos.

# DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

## Tabla de contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos.....	13
2. Competencias .....	14
3. Metodología .....	15
3.1 Área de estudio .....	15
3.2 Toma de datos .....	16
3.2.1 Muestreo de murciélagos .....	16
3.2.2 Medidas de rasgos funcionales .....	17
3.2.3 Caracterización de la vegetación .....	18
3.3 Análisis de datos .....	19
3.3.1 Análisis de diversidad taxonómica.....	19
3.3.2 Análisis de diversidad funcional .....	20
3.3.3 Características de la vegetación y su relación con la composición de especies .....	20
4.Resultados .....	21

**DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

4.1 Diversidad taxonómica .....	21
4.1.1 composición de especies .....	21
4.1.2 Diversidad alfa .....	23
4.1.3 Diversidad beta .....	24
4.2 Diversidad funcional .....	25
4.3 Características de la vegetación y su relación con la composición de especies .....	27
5. Discusión.....	29
5.1 Diversidad taxonómica .....	29
5.2 Diversidad funcional .....	32
5.3 Características de la vegetación y su relación con la diversidad .....	35
6. Conclusiones .....	37
7. Recomendaciones .....	38
Referencias Bibliográficas .....	39
Apéndices.....	47

**DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS****Índice de tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Valores de diversidad beta utilizando el índice de disimilitud de Sorensen comparando los 3 hábitats. ....	24
<b>Tabla 2</b> Indices de diversidad funcional del ensamblaje de murciélagos presentes en Suratá, Santander. ....	25

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Mapa del área de estudio; vereda Cartagua, municipio Suratá, Santander .....	16
<b>Figura 2</b> Hábitats muestreados en el área de estudio.....	19
<b>Figura 3</b> Curva de rango-abundancia de las especies de murciélagos filostomidos encontrados en los 3 hábitats estudiados.....	22
<b>Figura 4</b> Rarefacción y extrapolación de la diversidad alfa usando numeros de Hill .....	23
<b>Figura 5</b> Riqueza funcional (FRic) entre los 3 hábitats evaluados en Suaratá, Santander .....	26
<b>Figura 6</b> Dispersión funcional (FDis) entre los tres hábitats evaluados en Suratá, Santander. ...	26
<b>Figura 7</b> Especialización funcional (FSpe) comparada entre hábitats .....	27
<b>Figura 8</b> Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre variables ambientales y abundancia de especies de murciélagos en Suratá, Santander. ....	28

**DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS****Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
<b>Apéndice A</b> Abundancia de las especies de murciélagos de la familia Phyllostomidae registrados en la vereda Cartagua del municipio de Suratá, Santander.....	47
<b>Apéndice B</b> Ilustración de la calidad de los espacios funcionales. ....	48
<b>Apéndice C</b> Relación entre los rasgos funcionales y los ejes de PCoaRelación entre los rasgos funcionales y los ejes de PCoa.....	49

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Resumen

**Título:** Diversidad taxonómica y funcional de ensamblaje de murciélagos filostómidos asociadas a diferentes hábitats en Surató – Santander. \*

**Autor:** Astrid Johana Bautista Garcés\*\*

**Palabras Clave:** Diversidad alfa, Diversidad beta, Diversidad funcional, Filostómidos.

### Descripción:

Se presentan los resultados obtenidos en la presente pasantía de investigación, enfocada en el estudio de la quiróptero fauna en el marco del macroproyecto permanente del Grupo de Investigación en Estudios de la Biodiversidad (GEBIO), denominado "Evaluación de la diversidad regional de flora y fauna". El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la diversidad taxonómica y funcional de una comunidad de murciélagos en distintos tipos de hábitats y su relación con la estructura de la vegetación, en la vereda Cartagua del municipio de Surató, Santander. Se establecieron puntos de muestreo en tres tipos de hábitat: bosque, potrero y cultivo. Se registraron las especies presentes en cada uno de ellos, así como sus respectivas medidas morfométricas. En total, se registraron 9 especies, todas pertenecientes a la familia Phyllostomidae y a los gremios frugívoro y nectarívoro. Los análisis de los números de Hill revelaron una mayor riqueza, diversidad y equidad en el hábitat de potrero, seguido del cultivo y del bosque. En cuanto a la diversidad funcional, el hábitat de potrero exhibió una mayor riqueza y dispersión funcional, por el contrario, el bosque mostró un menor valor en estos índices, pero una mayor especialización funcional. La estructura de la vegetación no tuvo relación con la composición de las especies en el área de estudio según el análisis de correspondencia canónica (CCA).

---

\*Trabajo de Grado

\*\*Facultad de ciencias. Escuela de Biología. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo. PhD.  
Codirectora: Martha Patricia Ramirez Pinilla. PhD.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Abstract

**Title:** Taxonomic and functional diversity of phyllostomid bat assembly associated with different habitats in Suratá – Santander.\*

**Author(s):** Astrid Johana Bautista Garcés<sup>1</sup>

**Key Words:** Alpha diversity, Beta diversity, Functional diversity, Phyllostomids.

### Description:

The results obtained in the present research internship focused on the study of the chiropteran fauna, in the framework of the permanent macroproject of the Research Group in Biodiversity Studies (GeBio) called: "Evaluation of the regional diversity of flora and fauna" are presented. The main objective of this work was to evaluate the taxonomic and functional diversity of a bat community in different types of habitats and their relationship with the vegetation structure in the Cartagua trail in the municipality of Suratá, Santander. Sampling points were established in three habitat types: forest, pasture and crop, and the species present in each of them were recorded, as well as their respective morphometric measurements. In total, 9 species were recorded, all belonging to the family Phyllostomidae and to the frugivorous and nectarivorous guilds. Analyses of Hill's numbers revealed a greater richness, diversity, and evenness in the pasture habitat, followed by cultivation, and forest. In terms of functional diversity, the paddock habitat exhibited greater richness and functional dispersion, on the contrary, the forest showed a lower value in these indices, but a higher functional specialization. Vegetation structure had no relationship with species composition in the study area according to canonical correspondence analysis (CCA).

---

\*Trabajo de Grado

\*\* Facultad de ciencias. Escuela de Biología. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo, PhD. Codirectora: Martha Patricia Ramírez Pinilla, PhD.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Introducción

Los quirópteros son considerados el segundo grupo de mamíferos más diversos a nivel mundial. Su participación en múltiples procesos como la dispersión de semillas, polinización y regulación de plagas, hacen que sean un grupo de suma importancia para la dinámica de los ecosistemas (Trujillo & Pérez, 2021). La familia Phyllostomidae posee una amplia distribución, variedad de gremios tróficos, amplia diversidad taxonómica y funcional, como también gran abundancia relativa, características que la convierten en un buen modelo para estimar las interacciones del ensamblaje con el ambiente (Medellín & Viquez, 2014; García & Santos, 2014). Además, por su susceptibilidad a las perturbaciones en el hábitat, los murciélagos de esta familia se consideran un excelente modelo para comprender cómo es que la fragmentación afecta a las poblaciones naturales (Trujillo & Pérez, 2021).

La intervención antrópica con actividades como la ganadería, la agricultura, la minería, el crecimiento demográfico, entre otros, han llevado a que los paisajes se transformen radicalmente produciendo la fragmentación, pérdida de hábitats, falta de conectividad, reducción de la cantidad y calidad de recursos alimenticios y sitios de refugio para este grupo de mamíferos (Peña et al., 2021; Trujillo & Pérez, 2021), esta transformación pone en grave amenaza a la diversidad de especies y con ella a la resistencia y resiliencia de los ecosistemas (Escobar & Maglianesi, 2021).

En Colombia se estima que aproximadamente el 30% del área subandina entre 1.000 y 2.400 msnm ha sido modificada (Chávez, 2012). Es por esto por lo que en las últimas décadas ha aumentado el interés en estudios para comprender cómo la fragmentación afecta a las comunidades animales y vegetales, especialmente en el trópico, donde la deforestación y el cambio en el uso del

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

suelo ha venido aumentando de manera alarmante (García & Santos, 2014). Sin embargo, gran parte de estos estudios se han enfocado en evaluar únicamente aspectos de la diversidad taxonómica, dando probablemente una interpretación sesgada de las dinámicas ambientales estudiadas (Cisneros et al., 2014), pues supone una equivalencia ecológica entre especies y no debe ser así, ya que el impacto en un ecosistema por la pérdida o adición de una especie puede ser mayor, menor o igual dependiendo de los rasgos funcionales que esta posea (Tilman et al., 1997).

Los rasgos funcionales son características biológicas que afectan el desempeño de un organismo y que a su vez se pueden relacionar con procesos que ocurren en el ecosistema (Violle et al., 2007), identificarlos es el primer paso para entrar a evaluar diversidad funcional.

Este estudio bajo la modalidad de pasantía de investigación evaluó la variación de la diversidad taxonómica y funcional de un ensamblaje de murciélagos filostómidos en tres microhábitats presentes en la zona de estudio (bosque, cultivo y potrero), teniendo en cuenta que estimar simultáneamente las dimensiones taxonómica y funcional de la diversidad, da una visión más completa del impacto de la transformación del paisaje en la biodiversidad (Cisneros et al., 2014).

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

### **1. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Evaluar la diversidad taxonómica y funcional de un ensamblaje de murciélagos en diferentes tipos de hábitat y su relación con la estructura de la vegetación, en la vereda Cartagua del municipio de Suratá, Santander.

#### **Objetivos Específicos**

Analizar la diversidad taxonómica de un ensamblaje de murciélagos filostómidos.

Caracterizar la estructura de la vegetación en los tres hábitats de muestreo.

Determinar la diversidad funcional usando índices de riqueza, dispersión y especialización funcional.

Establecer la relación de la composición taxonómica con las características de la vegetación.

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

### **2. Competencias**

Hace uso de las técnicas de campo necesarias para la captura, toma de datos morfométricos, fijación y colecta de especímenes.

Determina taxonómicamente los especímenes colectados empleando claves de campo.

Maneja programas y software para analizar estadísticamente los datos obtenidos en campo.

Se familiariza, entiende y explica el uso de los índices para la cuantificación de la diversidad funcional.

Aprende a tomar datos y los análisis asociados con la estructura de la vegetación.

Produce un informe final, en donde se mostrará la interpretación de los resultados obtenidos y conclusiones sobre el trabajo.

### 3. Metodología

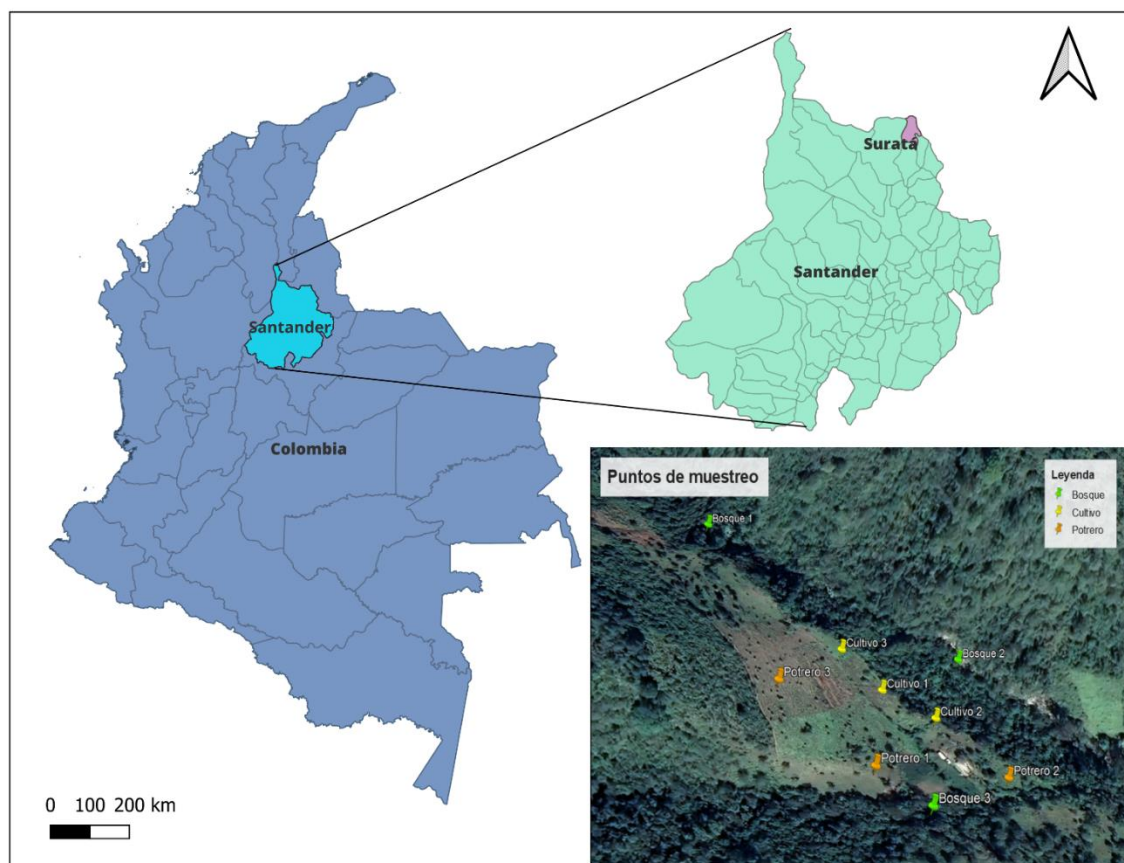
#### 3.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la finca Casa Nueva ( $7^{\circ}24'28.448''$  N- $72^{\circ}59'0.865''$  W) ubicada en la vereda Cartagua del municipio de Suratá al nororiente del departamento de Santander, que a su vez se encuentra en el flanco occidental de la Cordillera Oriental de los andes colombianos. Más exactamente en el kilómetro 6.3 de la vía que comunica Suratá con el corregimiento de Cachirí, 200 m arriba de la escuela veredal Cartagua (Figura 1). El rango altitudinal va de 2000 a 2400 msnm, zona conformada por bosque sub andino. Posee una precipitación anual promedio de 2200 mm con un régimen de lluvias bimodal, presentando el periodo de lluvias de marzo a mayo o a veces abril a junio y de septiembre a noviembre (CDMB, 2006). La zona presenta un paisaje heterogéneo del cual fueron seleccionados el bosque secundario, el cultivo y el potrero, como puntos de muestreo por ser los hábitats más contrastantes entre sí. El bosque está distribuido alrededor de la finca en parches alargados, siguiendo el cauce de la quebrada Cartagua con zonas tupidas con árboles que alcanzan hasta los 17 m y otras con mayor grado de intervención, con árboles de menor altura. Los potreros presentan pendientes superiores a 30 grados y algunos árboles dispersos, por último, en el cultivo de mora se encuentran inmersos algunos árboles de aguacate, guayaba, plátano, lulo, manzana de agua y granadilla.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

**Figura 1**

*Mapa del área de estudio; vereda Cartagua, municipio Suratá, Santander*



*Nota:* Mapa elaborado en QGIS y Google earth. Puntos de muestreo; cultivo (amarillo), bosque (verde) y potrero (naranja).

### 3.2 Toma de datos

#### 3.2.1 Muestreo de murciélagos

Para el muestreo se utilizaron seis redes de niebla en total, dos redes en cada hábitat ( $12 \times 2.5$  m) ubicadas a nivel del suelo (0-3 m), que permanecieron abiertas durante tres noches consecutivas, desde las 18:00 hasta las 24:00 horas. Se realizaron 4 muestreos en los meses de

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

febrero, marzo, junio y diciembre de 2022, siendo marzo y junio épocas de lluvia y febrero y julio meses secos. Se evitaron muestreos en noches de luna llena para no presentar sesgos por “fobia lunar” (Bracamonte, 2018). Cada red estuvo separada de la otra por una distancia mínima de 50 m, con el fin de maximizar el éxito de captura. Mientras las redes estuvieron activas, se revisó cada 30-45 minutos y los murciélagos capturados fueron depositados en bolsas de tela para identificarlos posteriormente mediante la clave de campo de (Díaz et al., 2021). De cada ejemplar recolectado se tomó peso, sexo y las siguientes medidas morfométricas útiles para la determinación taxonómica: longitud del antebrazo (AB), longitud de la pata (LP), longitud de la oreja (LO), longitud del trago (LTr), longitud total (LT) y envergadura alar. Las medidas fueron tomadas con un calibrador vernier con precisión de 0.05 mm y el peso con un dinamómetro de 100 g, posteriormente se procedió a hacer el registro fotográfico de cada individuo. Una vez tomadas las medidas e identificados taxonómicamente, los murciélagos fueron liberados en el sitio de captura. Se preservaron en total 18 individuos con el fin de guardar registro físico de las especies encontradas, ya que en esta zona no se habían realizado muestreos, como también para identificar con certeza algunas especies que en campo no pudieron ser reconocidas. Estos individuos fueron sacrificados mediante inyección torácica de roxicaina al 2% y preservados ya sea en húmedo con etanol al 70% o fijados en seco como especímenes de colección, además, se preservaron cráneos y tejidos mediante el permiso marco de colección otorgado por la ANLA por medio de la resolución 0047 de 2015. Los ejemplares que se conservaron fueron depositados en la Colección de Mastozoología de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

### ***3.2.2 Medidas de rasgos funcionales***

Siguiendo el protocolo de (Cisneros et al., 2015) se seleccionaron seis rasgos continuos: dos de tamaño corporal (longitud del antebrazo y peso), dos de morfología alar (carga alar y

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

relación de aspecto del ala), dos de morfología craneal como (longitud del cráneo y ancho del paladar a la altura del segundo molar) y un rasgo de historia de vida (estrategia de alimentación). Estos rasgos fueron medidos en especímenes capturados en redes de niebla durante la fase de campo y en especímenes presentes en la Colección de Mamíferos del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander con el fin de tener el mínimo de 3 medidas para poder ser promediadas. El rasgo de estrategia de alimentación se basó en la consulta bibliográfica en artículos (Pardo & Ramírez, 2010;García-García & Santos-Moreno, 2014).

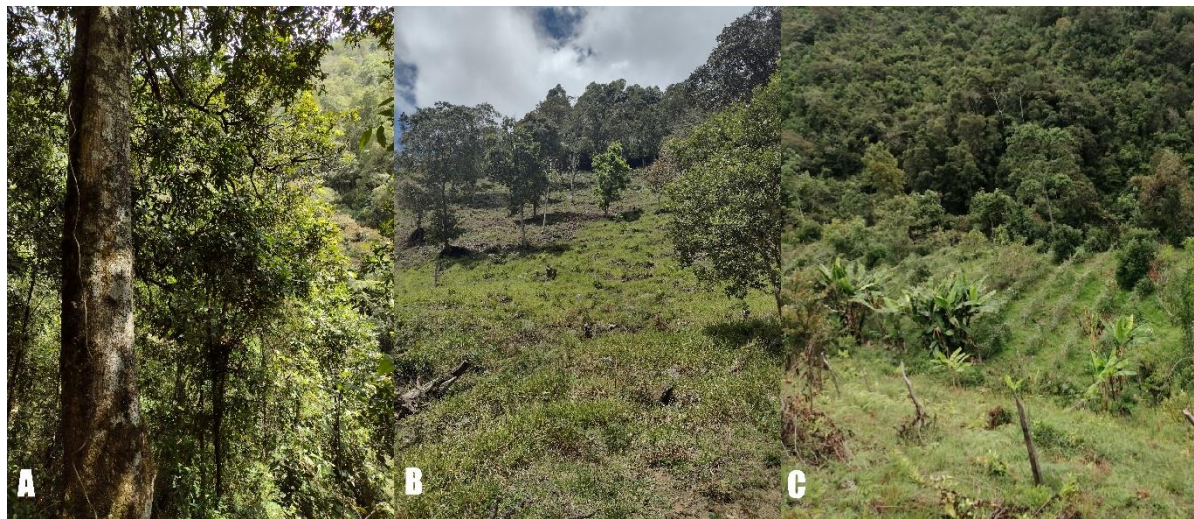
### ***3.2.3 Caracterización de la vegetación***

Para caracterizar la vegetación, se estableció una parcela de 10x10m en cada tipo de hábitat (Figura 2), cerca al lugar donde se ubicaron las redes. Las variables que se midieron en dichas parcelas son las siguientes: 1) Diámetro a la altura del pecho (DAP) a una altura de 1.3m desde el suelo, usando una cinta métrica; 2) número de árboles con DAP>10cm; 3) altura de cada árbol; 4) Porcentaje cobertura de dosel con ayuda de un lente ojo de pescado el cual toma fotografías hemisféricas que fueron procesadas por la aplicación gratuita canopeo.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

**Figura 2**

*Hábitats muestreados en el área de estudio.*



*Nota:* Las fotos corresponden a: A) Bosque secundario B) Potrero C) Cultivo

### 3.3 Análisis de datos

#### 3.3.1 Análisis de diversidad taxonómica

Para evaluar la representatividad del muestreo se hizo un análisis de cobertura de muestreo, usando el paquete iNEXT online (Hsieh y Chao, 2016). Con el mismo paquete se realizó el análisis de diversidad, estimando los índices con números equivalentes o números de Hill (Jost, 2007) que están parametrizados por un orden de diversidad  $q$  de la siguiente manera: ( $q=0$ ) riqueza de especies, ( $q=1$ ) que es el exponencial del índice de Shannon, ( $q=2$ ) que es el inverso del índice de Simpson. Estos ordenes son sensibles en diferente nivel a las abundancias relativas de cada especie, el primero ( $q=0$ ) considera que todas las especies tienen igual frecuencia, ( $q=1$ ) pesa moderadamente a las especies y da un poco más peso a las comunes y el ( $q=2$ ) da más peso a las abundantes. Diversidad beta fue estimada mediante el índice propuesto por (Jost, 2007), este tipo de diversidad evidencia si existe anidamiento o recambio de especies entre sitios, esto mediante el

## **DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

paquete betapart de R para comparar abundancia y composición entre tipos de hábitats (Baselga & Orme, 2012).

### ***3.3.2 Análisis de diversidad funcional***

Se construyó una matriz con los sitios y especies, donde cada especie estuvo representada por su abundancia y una segunda matriz con la información de los rasgos funcionales de cada especie (Gómez-Ortiz et al., 2019). Ya que las variables son de carácter cualitativo y cuantitativo, Se usó la medida de similaridad de Gower, la cual se basa en distancias euclidianas y de Jaccard. Después de esto se realizó un análisis de correlación o de componentes principales para eliminar rasgos que estén altamente correlacionados (Gómez-Ortiz et al., 2019) usando el software libre para análisis de datos R (R core team, 2022). Los análisis de diversidad funcional se hicieron usando índices de riqueza funcional (FRic), dispersión funcional (FDis) y de especialización funcional (FSpe) (Córdova & Zambrano, 2015). Se usaron estos índices para cada uno de los puntos muestreados usando el paquete mFD en R Studio (Magneville et al., 2022) de R core team (2022).

### ***3.3.3 Características de la vegetación y su relación con la diversidad***

La relación entre la abundancia de las especies de murciélagos filostómidos presentes en los tres tipos de hábitat y de las variables de vegetación se hizo mediante un análisis de correspondencia canónica (CCA) (Badii & Castillo, 2007); éste permite entender la ordenación de la comunidad de murciélagos identificando los patrones de variación en la composición de especies que son explicadas por variables ambientales (Braak, 1986). Estos análisis se hicieron en el paquete VEGAN (Oksanen, 2013) de R. Finalmente, se describió la asociación de la composición de murciélagos de Suratá, Santander con las características de la vegetación.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### 4.Resultados

#### 4.1 Diversidad taxonómica

##### 4.1.1 composición de especies

En la finca Casa Nueva, ubicada en la vereda Cartagua del municipio de Suratá, Santander, se llevó a cabo un estudio que registró un total de 57 individuos pertenecientes a la familia Phyllostomidae. Estos individuos se distribuyeron en 4 subfamilias, 7 géneros y 9 especies, que incluyeron a *Carollia perspicillata*, *Artibeus jamaicensis*, *Dermanura bogotensis*, *Artibeus lituratus*, *Dermanura cinérea*, *Platyrrhinus dorsalis*, *Sturnira ludovici*, *Enchisthenis hartii* y *Anoura geoffroyi* (Apéndice A).

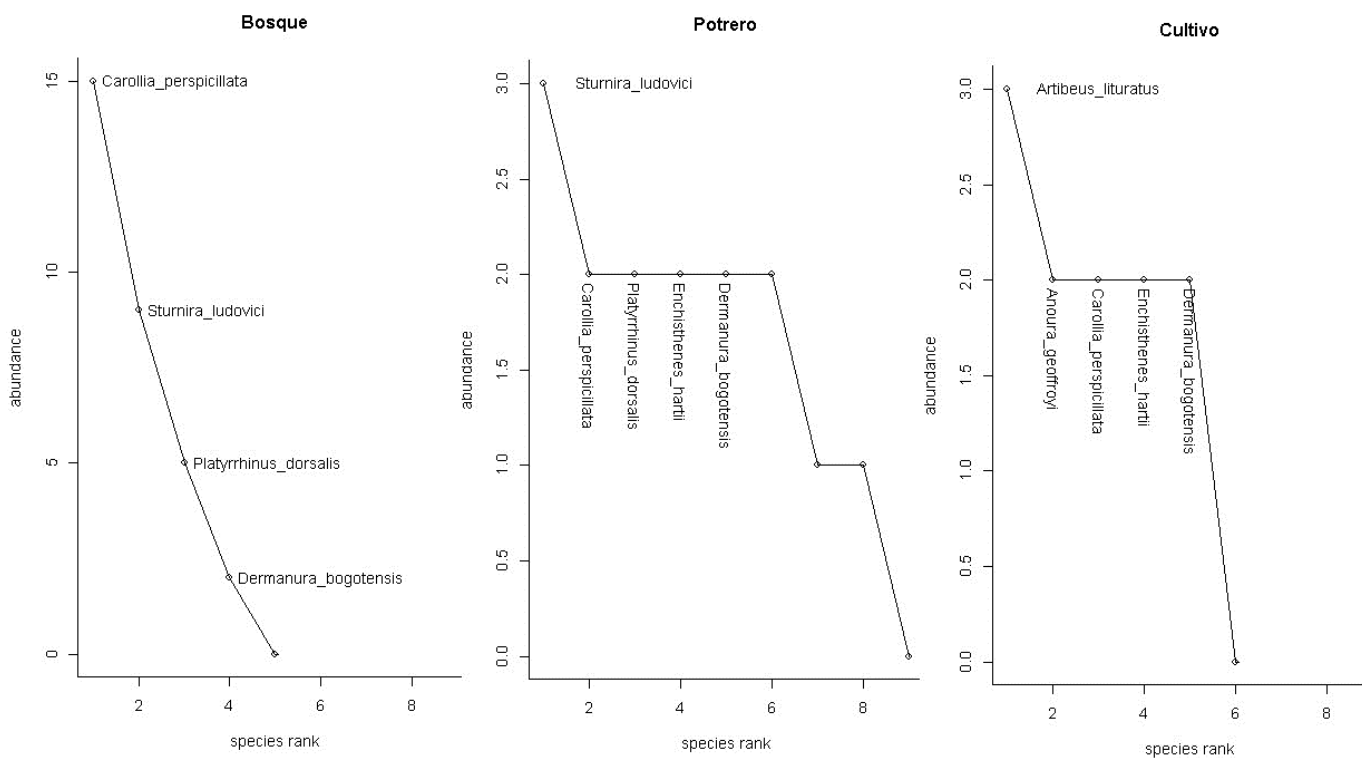
Del total de especies registradas, 8 pertenecieron al gremio frugívoro, mientras que solo se encontró una especie correspondiente al gremio nectarívoro. La especie más abundante en el área de estudio fue *Carollia perspicillata*, con un total de 19 registros, seguida por *Sturnira ludovici* con 12 registros y *Platyrrhinus dorsalis* con 7 registros. La especie menos registrada fue *Artibeus jamaicensis* de la cual solo se encontró un individuo en Potrero (Figura 3)

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

En cuanto a la distribución de las especies según su hábitat, se encontró que el potrero presentó la mayor riqueza de especies, con un total de 8 diferentes especies registradas, seguido de cultivo con 5 especies registradas, y por último bosque con 4 especies. En cuanto a abundancia el bosque fue el hábitat con mayor presencia de individuos, albergando un 55% de los individuos totales registrados, seguido de potrero con el 26% de la abundancia y por último cultivo con el 19% (Figura 3).

**Figura 3**

*Curva de rango-abundancia de las especies de murciélagos flostómidos encontrados en los 3 hábitats estudiados*



*Nota: se muestran las 5 especies que presentaron mayor abundancia para cada uno de los 3 hábitats evaluados.*

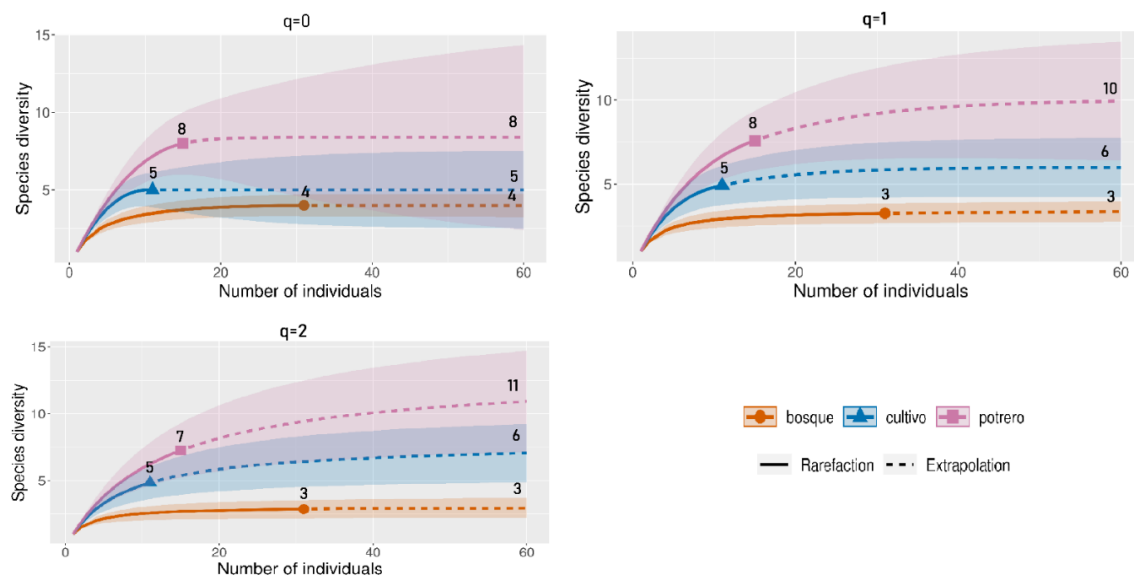
## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### 4.1.2 Diversidad alfa

El estimador de cobertura (SC) arrojó valores de 90% para potrero y de 100% para bosque y cultivo. Todos los valores estuvieron por encima del rango de 80% lo cual significa que el muestreo fue representativo, por otra parte, los números de Hill en el orden  $q=0$  generaron una riqueza efectiva mayor en potrero con 8 especies observadas de 12 esperadas, seguido de cultivo con 5 de 7 y bosque con 4 de 5. En el orden  $q=1$  la diversidad para el número efectivo de especies fue de 7.59 para potrero, seguido de 4.92 para cultivo y por último 3.26 para bosque. Para el orden  $q=2$  los valores de equidad fueron de 7.26, 4.84 y 2.87 para potrero, cultivo y bosque respectivamente (Figura 4).

#### Figura 4

*Rarefacción y extrapolación de la diversidad alfa usando números de Hill.*



*Nota:* Curvas elaboradas en INEXT. Las gráficas corresponden al orden  $q=0$  riqueza de especies, al orden  $q=1$  diversidad y al orden  $q=2$  equidad – dominancia.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### 4.1.3 Diversidad beta

Usando el índice de disimilitud de Sorensen (valor de diversidad beta general) vemos que los 3 hábitats están diferenciados en un 46% y que esta disimilitud es causada en un 27% por el recambio y en un 19% por la diferencia en riqueza en los sitios. Cuando hacemos el análisis entre sitios podemos ver que hay una diferenciación del 55% entre cultivo y bosque esta disimilitud es causada en un 50% por el recambio ( $\beta$ SIM) y un 5% por diferencias en riqueza entre sitios ( $\beta$ SNE), a diferencia de bosque y potrero, los cuales se están diferenciando en un 33% y el total de esta diferencia se debe a las disimilitudes en riqueza ( $\beta$ SNE), lo cual se ve reflejado en que potrero posea más especies que los otros sitios. Por último, vemos que cultivo y potrero presentan una diferenciación del 38% del cual 20% se debe a recambio ( $\beta$ SIM) y 18% a la diferencia de riqueza entre estos dos sitios ( $\beta$ SNE).

#### Tabla1

*Valores de diversidad beta utilizando el índice de disimilitud de Sorensen comparando los 3 hábitats.*

	$\beta$ SOR	$\beta$ SIM	$\beta$ SNE
<b>Beta.multi</b>	0.466	0.272	0.193
<b>Entre potrero y bosque</b>	0.333	0.0	0.333
<b>Entre potrero y cultivo</b>	0.384	0.2	0.184
<b>Entre cultivo y bosque</b>	0.555	0.5	0.05

*Nota:* los índices calculados son disimilitud de Sorensen o diversidad beta general (BSOR), disimilitud de Simpson o valor del componente de rotación (BSIM) Y valor del componente de anidación (BSNE).

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### 4.2 Diversidad funcional

Los índices usados para medir la diversidad funcional en murciélagos filostómidos de Surata, muestran como la riqueza funcional (FRic) es mayor, por mucho en potrero (0.98) en comparación a bosque (0.19) y cultivo (0.11), siguiendo este mismo patrón para dispersión funcional (FDis) pero la diferencia entre el valor de los índices ya no es tan evidente; potrero (0.84) bosque (0.78) y cultivo (0.60). En cuanto a especialización funcional (FSpe) se muestra a bosque como el hábitat con mayor valor de índice (0.80) lo cual indica que hay mayor número de especies “especialistas para ese hábitat”, seguido de potrero (0.67) y el más bajo es cultivo (0.50), mismos resultados que se ven reflejados en el espacio funcional ocupado por las especies de cada hábitat, donde como era de esperarse por su riqueza funcional, potrero está ocupando casi la totalidad del espacio funcional y podemos apreciar como bosque y cultivo ocupan solo pequeñas partes de ese espacio (Figura 5).

**Tabla 2**

*Índices de diversidad funcional del ensamblaje de murciélagos presentes en Surata, Santander.*

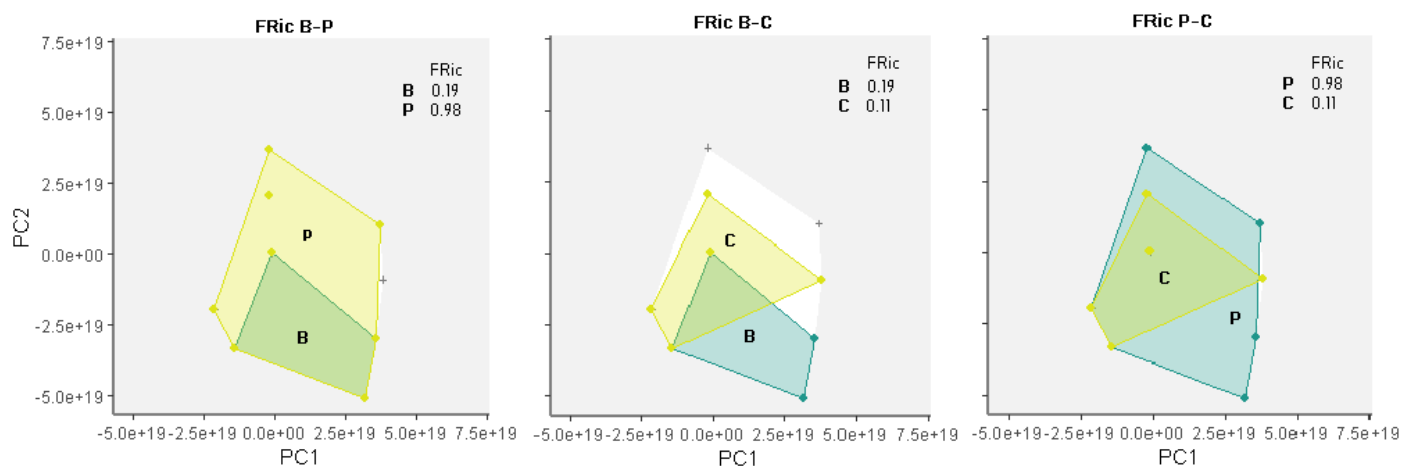
Hábitat	Riqueza S	FDis	FRic	FSpe
<b>Bosque</b>	4	0.782	0.194	0.802
<b>Potrero</b>	8	0.842	0.988	0.678
<b>Cultivo</b>	5	0.605	0.119	0.504

*Nota:* Los índices de diversidad funcional evaluados son riqueza funcional (FRic), dispersión funcional (FDis) y especialización funcional (FSpe).

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

**Figura 5**

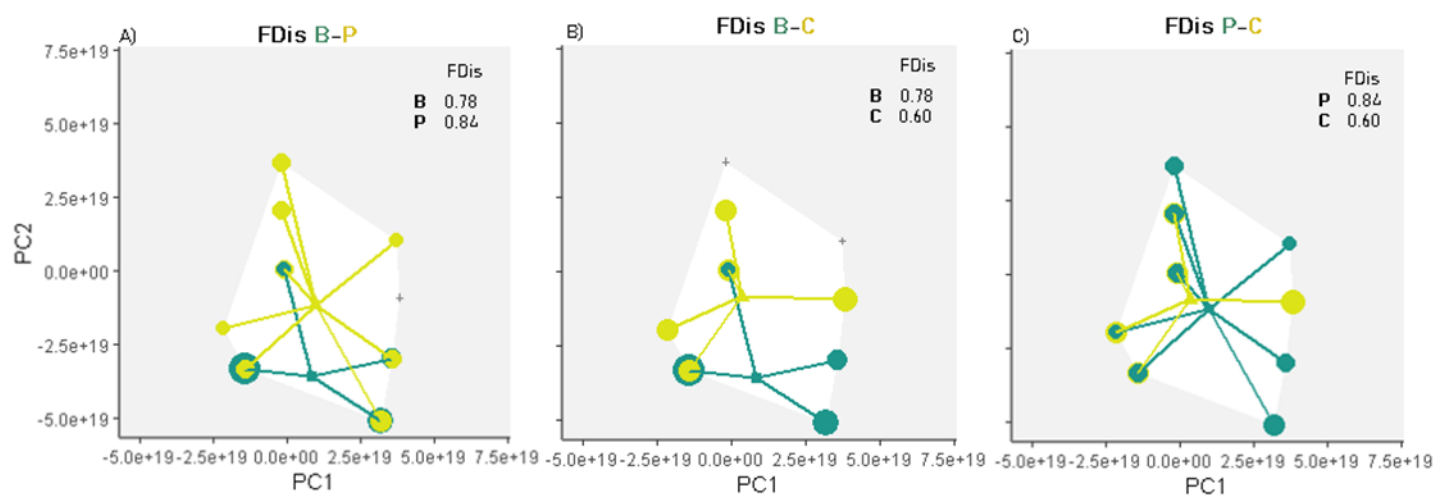
*Riqueza funcional (FRic) entre los 3 hábitats evaluados en Suratá, Santander*



*Nota:* La riqueza funcional es la cantidad de espacio funcional que está siendo ocupado por una comunidad (Villéger *et al.*, 2008). La abreviación corresponde a Bosque (B), Potrero (P) y Cultivo (C).

**Figura 6**

*Dispersión funcional (FDis) entre los tres hábitats evaluados en Suratá, Santander.*

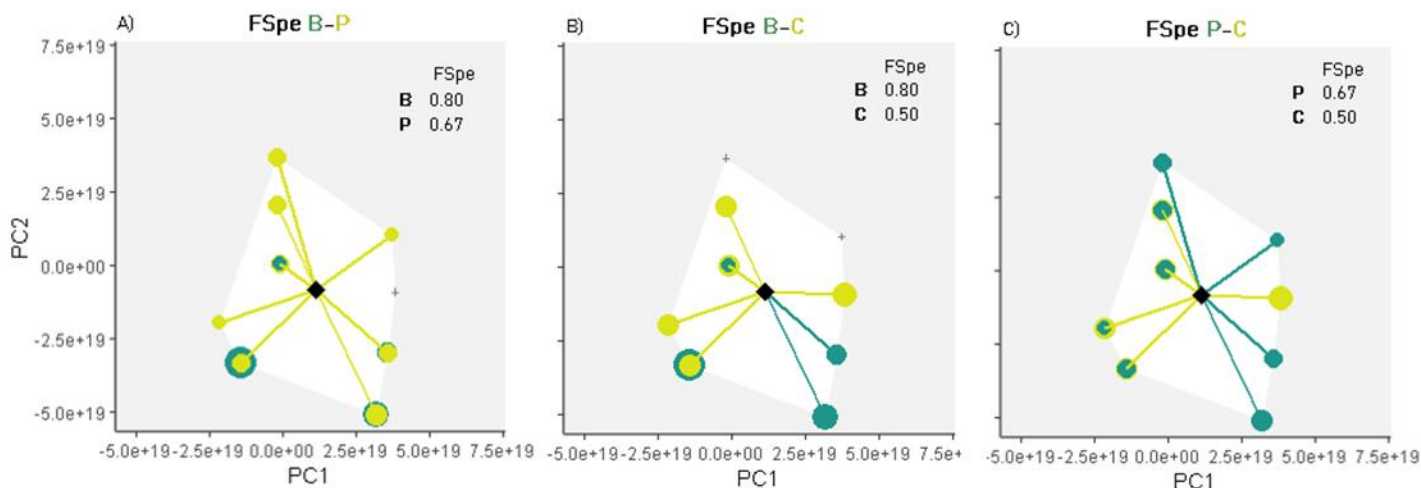


## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

*Nota:* corresponde A) comparación entre Bosque (verde) y Potrero (amarillo) B) comparación entre Bosque (verde) y Cultivo (amarillo) C) comparación entre Potrero (verde) y Cultivo (amarillo).

### Figura 7

*Especialización funcional (FSpe) comparada entre hábitats*



*Nota:* la especialización funcional es mayor entre más especies se encuentren alejadas del centroide (Córdova y Zambrano, 2015). A) comparación entre bosque (verde) y potrero (amarillo), B) comparación entre bosque (verde) y cultivo (amarillo) y C) comparación entre potrero (verde) y cultivo (amarillo).

### 4.3 Características de la vegetación y su relación con la composición de especies

Al realizar el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) y revisar los valores de inflación de varianza (VIF) para evaluar la colinealidad, mostró valores por debajo de 10 solo para 3 de las 4 variables ambientales; número de árboles (1,97), altura (4,3) y DAP (5) mientras que la variable cobertura presento valores muy altos (12) lo cual indica que está variable es redundante al correlacionarse altamente con las demás variables, una vez eliminada del análisis, los valores de colinealidad de las demás variables se redujeron considerablemente: número de árboles (1.68),

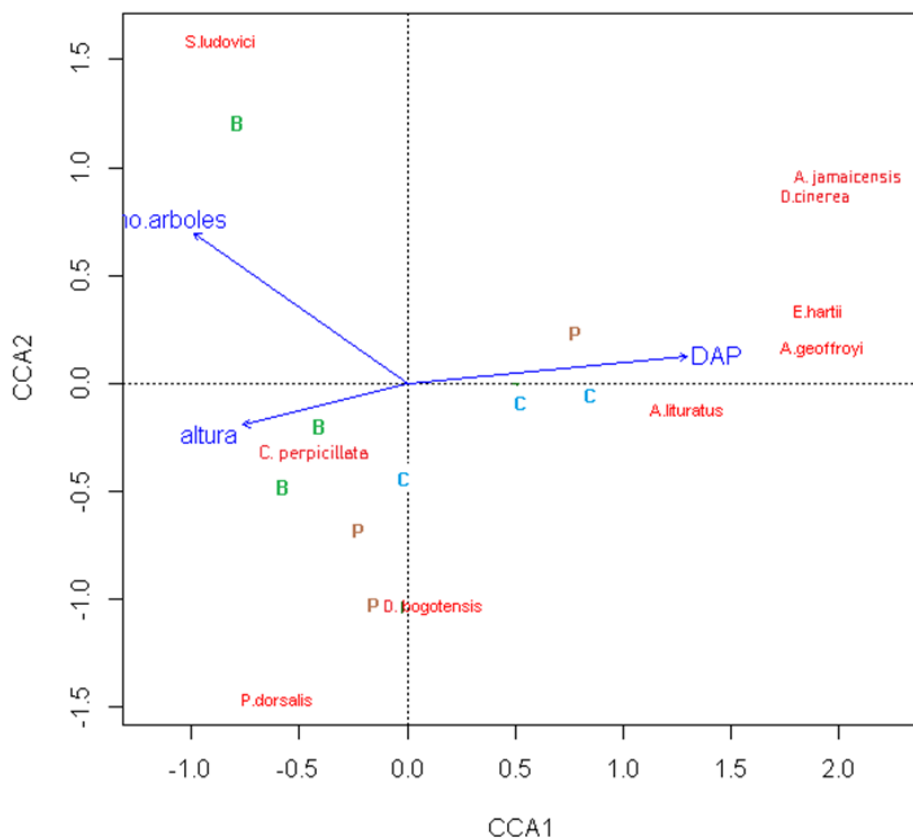
## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

altura (1.23), DAP(1.83). DAP fue la única variable significativa para el análisis ( $F=1.86$ ,  $p=0.045$ ) y el modelo CCA ajustado a las 3 variables seleccionadas explico el 42% de la varianza, pero su estadístico p no dio significativo ( $F= 1.25$ ,  $p= 0.19$ ) lo cual indica que en realidad no hay asociación entre las variables ambientales muestreadas y la composición de especies.

Las especies asociadas a DAP son *Artibeus jamaicensis*, *Dermanura cinérea*, *Enchisthenes hartii*, *Anoura geoffroyi* y *Artibeus lituratus*, en cuanto a altura de los árboles se encuentran asociadas *Carollia perspicillata*, *Dermanura bogotensis* y *Platyrrhinus dorsalis* y con numero de árboles se encuentra *Sturnira ludovici* (Figura8).

### Figura8

*Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre variables ambientales y abundancia de especies de murciélagos en Suratá, Santander.*



Nota: Las letras corresponden a Bosque (B), Potrero (P) y Cultivo (C).

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### 5. Discusión

#### 5.1 Diversidad taxonómica

La riqueza de especies de quirópteros registradas para la zona muestreada en la vereda Cartagua del municipio de Suratá en Santander (9 especies), es baja en comparación a la obtenida en los muestreos realizados para el estudio de impacto ambiental (EIS) en la zona de soto Norte por parte de la compañía minera MINESA (16 especies), encontrando 7 especies compartidas de las 9 registradas en este estudio y complementando la lista de registros con 2 especies más que no se encontraron dentro del estudio de impacto ambiental (*A.jamaicensis* y *D.cinerea*). La diferencia de riqueza se podría atribuir al esfuerzo de muestreo, pues para el EIA el área de influencia del proyecto minero comprende 2 municipios (Suratá y California), 1,988 hectáreas y mayor tiempo de recolección de datos (años 2016, 2017 y 2018) mientras que en este proyecto se dispuso de un área de 6 ha y los datos corresponden a un solo año (2022), 7 especies de diferencia en riqueza para esa cantidad de muestreo, no parecen gran disparidad.

En un estudio realizado en el parque nacional natural serranía de los yariguíes PNNSYA (Lozano et al., 2014) con alturas entre los 500 y 3200 msnm encontraron 21 especies de filostomidos en total con una mayor riqueza de especies en cultivo mixto, seguido de hábitat de borde y por último interior de bosque. Las diferencias en riqueza se pueden deber al esfuerzo de muestreo el cual para el estudio en PNNSYA costo de 26 noches y 4 redes de niebla por noche mas que en nuestro estudio, aparte también cuenta con una extensión y rango altitudinal mas amplios. En cuanto a la riqueza por hábitat encontramos un patrón similar, donde los hábitats intervenidos poseen mayor riqueza que el bosque y esto se podría deber a que la heterogeneidad

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

de especies de cultivo y la proximidad a los parches de bosque hace que el hábitat sea un mosaico y se ha encontrado que estos son atractivos para los murciélagos.

En cuanto a números de Hill, la diversidad ( $q=1$ ) muestra a potrero como el hábitat más diverso, cultivo y bosque presentan una pérdida de diversidad del 37.5% y 62.5% respecto a este hábitat. En el caso de bosque se debe a sus bajos valores de riqueza y alta dominancia, pues solo *Carollia prespicillata* representa el 48% del total de registros y junto con *Sturnira ludovici* estarían reuniendo 77% de los datos. La dominancia de *Carollia* en el área de estudio podría sugerir que en la vereda Cartagua existe un nivel moderado de perturbación del hábitat, teniendo en cuenta los hallazgos de Medellín et al. (2000), quienes señalaron que este género es muy abundante en entornos con intervención de grado medio. En el estudio de Lozano et al. (2014) se encontró que la amplitud de nicho para *Carollia perspicillata* era mayor en interior de bosque, lo que explica la mayor abundancia de la especie en bosque. A pesar de que cultivo presenta diversidad y equidad un poco más baja que potrero, estas diferencias no son significativas pues sus intervalos de confianza se solapan, contrario a lo que pasa entre estos dos y bosque, en donde las diferencias sí están siendo significativas.

Resultados curiosos pues se esperaba que el bosque al ser un sitio más conservado tuviese mayor diversidad, sin embargo, esto podría explicarse teniendo en cuenta que el área del bosque es reducida en comparación a la de potrero, lo que limita la cantidad de especies que pueden estar presentes en él, además el potrero en la finca casa nueva es un área intermedia entre los remanentes de bosque y el cultivo, por lo cual este hábitat puede estar actuando como un ecotono, es decir un sitio de transición entre dos o más comunidades biológicas distintas (Bernard & Fenton, 2007), lo anterior tendría mucho sentido considerando que bosque y cultivo fueron los lugares con mayor diferenciación al calcular la beta diversidad con el índice de Sorensen (55%). Por consiguiente,

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

que potrero posea la mayor riqueza entre los hábitats evaluados se podría explicar gracias a que los ecotonos suelen ser ricos y diversos debido a que en ellos convergen especies de los diferentes hábitats circundantes como también especies únicas del propio potrero.

Calderón-Patrón & Moreno (2019) dicen que en comunidades con riquezas similares las diferencias serán causadas únicamente por el recambio, mientras que en comunidades con riqueza diferente el anidamiento puede empezar a actuar. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos para diversidad beta en el presente estudio, pues la riqueza entre bosque (B) y cultivo (C) es muy similar (4 y 5 respectivamente) y se encontró que de la disimilitud total entre sitios (55%) casi el 90% se debe al recambio, por el contrario, potrero (P) que dobla a bosque (B) en riqueza (8 y 4 respectivamente) poseen una disimilitud total del 33% siendo las diferencias en riqueza por anidamiento el total responsable de la discrepancia. En cuanto a potrero (P) y cultivo (C) se pudo observar un 38% de diferenciación total siendo el componente de recambio ligeramente mayor al anidamiento, lo cual hace entender que las dos comunidades no son idénticas, pero tampoco son radicalmente diferentes, pues comparten varias especies (4 especies) pero también poseen especies exclusivas (4 para potrero y 1 para cultivo), coincidiendo con la sobreposición de intervalos de confianza de estos dos hábitats en diversidad alfa.

Resultados que cobran mucho más sentido si se observan las especies compartidas y únicas de cada hábitat, bosque no posee especies exclusivas respecto a potrero, es decir sus 4 especies parecen ser un subgrupo de las especies presentes en potrero, por esta razón es mayor  $\beta_{sne}$ . Pero al comparar bosque y cultivo vemos que bosque tiene 2 especies exclusivas (*Platyrrhinus dorsalis* y *Sturnira ludovici*) y cultivo 3 (*Enchisthenes hartii*, *Anoura geoffroyi* y *Artibeus lituratus*), compartiendo entre sí solo dos especies (*Dermanura bogotensis* y *Carollia perspicillata*) razón por la cual  $\beta_{sim}$  es mayor.

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

En este caso se presume que las especies de bosque utilizaron el nuevo hábitat disponible de potrero ya sea como lugar de paso o como proveedor de alimento, sin embargo, es algo que no se puede afirmar pues la caracterización de vegetación se hizo de manera estructural mas no de composición de especies de flora, este es un aspecto importante de tratar en futuros estudios. ya que se ha registrado que los géneros *Carollia* y *Sturnira* (presentes en bosque) han demostrado cierta tolerancia a la perturbación del hábitat (Medellín et al., 2000). Añadido a esto, en un estudio hecho en Costa Rica según (Cisneros et al., 2015) antes de la modificación antropogénica de los hábitats el bosque era el hábitat principal de una comunidad de murciélagos filostomidos, sin embargo, después de la intervención la dependencia de las especies al bosque puede variar debido a que muchos recursos necesarios pueden encontrarse en las zonas modificadas por el hombre, pues el borde de bosque suele presentar vegetación de sucesión temprana, la cual es de interés alimenticio para los murciélagos (Thies & Kalko, 2004) lo cual puede estar sucediendo en el hábitat de potrero de la vereda Cartagua en Suratá, Santander.

El alto recambio entre bosque y cultivo puede deberse a la capacidad de dispersión de las especies (limitante), condiciones ambientales, competencia o a la disponibilidad de recursos (Calderón-Patrón & Moreno, 2019; Cisneros et al., 2015) que podría estar ocasionando una selección de especies por factores ambientales. En este estudio se evidencio que la modificación antropogénica afecto la distribución de las especies y la disponibilidad de alimento por lo cual hubo presencia de especies diferentes en sitios con diferentes niveles de modificación.

### 5.2 Diversidad funcional

Los resultados obtenidos en este estudio muestran como el hábitat de potrero presentó el mayor índice de riqueza funcional (0.98), concordando con el hecho de poseer mayor riqueza específica, dado que ambas medidas suelen estar relacionadas positivamente (Cannon et al., 2019).

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

No obstante, el hábitat de bosque mostró un valor de riqueza funcional ligeramente mayor (0.19) que el de cultivo (0.12), a pesar de poseer menor riqueza de especies (S). Lo anterior podría indicar cierto grado de redundancia funcional en cultivo, en el sentido de que, si bien posee mayor número de especies, estas comparten parcialmente algunas funciones en el ecosistema. Esta redundancia denota a su vez resiliencia y amortiguamiento ante posibles cambios futuros en el hábitat (Cannon et al., 2019). La riqueza funcional muestra la proporción de espacio funcional que una comunidad está ocupando, de modo que valores bajos en este índice implica escasa variedad de rasgos funcionales y por lo tanto un aprovechamiento limitado de los recursos disponibles en el hábitat (Petchey, 2003). Situación que probablemente esté ocurriendo en los hábitats de bosque y cultivo, caso contrario para potrero el cual exhibió alta riqueza funcional de rasgos (Figura 5) lo cual nos muestra la importancia que está teniendo para mantener un amplio pool de rasgos funcionales en la comunidad de murciélagos de Suratá.

La dispersión funcional es la distancia media en el espacio multidimensional de rasgos que hay entre cada especie individual y el centroide de todas las especies (Laliberté & Legendre, 2010), en potrero fue la más alta, lo cual tiene sentido pues como se puede apreciar en la (Figura8) tiene líneas más alejadas del centroide, por ende, mayor dispersión (0.84), caso contrario para cultivo en el cual las líneas que representan a las especies no se ven muy alargadas. *A. lituratus*, es uno de los murciélagos de mayor tamaño encontrados, su alta carga alar le confiere la fuerza de empuje necesaria para poder cargar frutos de mayor tamaño, como la guayaba, la manzana de agua o frutos del genero *Ficus* como la breva, los cuales se encuentran dispersos con poca abundancia entre el cultivo, pudiendo encontrar mayor disponibilidad de recursos en este hábitat, además este género presenta alta tolerancia a la perturbación ambiental (Pereyra et al., 2015).

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

En el estudio de Lozano et al. (2014) se encontraron índices de riqueza funcional (FRic) muy bajos, cercanos a cero y un patrón parecido para dispersión funcional a pesar de poseer mayor riqueza específica que este estudio, lo cual evidencia una muy alta redundancia funcional en el parque Serranía de los Yarigués, es decir que esta área puede estar más preparada para amortiguar posibles pérdidas de especies si se presentan cambios futuros en el hábitat. Mientras que en el presente estudio los altos valores de riqueza funcional denotan la baja redundancia funcional por ende menos resiliencia en el ecosistema y más prioridad para mantener el hábitat, ya que el eliminar especies de él podría afectar en gran medida los servicios ecosistémicos del área.

Potrero posee dos especies exclusivas, una de ellas, *A. jamaicensis* un murciélago de gran tamaño, el único espécimen encontrado pesaba 62 g, en otros estudios se ha demostrado que murciélagos con pesos superiores a los 40 g pueden dispersar semillas más grandes y se suelen encontrar en ambientes más intervenidos a demás son importantes para la regeneración de la cobertura vegetal (Saldaña- Vázquez & Schondube, 2016; Peña et al., 2021).

El hábitat con mayor especialización funcional fue bosque (0.80) indicando mayor presencia de especies especialistas en roles o funciones específicas dentro de él, lo cual parece ser contradictorio con el hecho de que estas mismas 4 especies se registren también en un área intervenida como potrero, sin embargo, la mayor abundancia de estas en bosque podría dar a entender que este es su hábitat de preferencia. Que bosque posea mayor especialización es comprensible, pues este representa un hábitat más complejo ya que su estructura física puede llegar a ser muy variada y desordenada, lo que impulsaría a la especialización por ejemplo en el vuelo, beneficiando a murciélagos con alas cortas y puntiagudas que les confiera mayor agilidad, velocidad y menores costos en transporte (Norberg & Rayner, 1987).

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIÉLAGOS

Por último, cultivo nos muestra poca diversidad de rasgos funcionales, aparte de poseer poca especialización, esto podría causar reducción en los servicios ecosistémicos brindados por los murciélagos al hábitat (Mora & Maglianesi, 2021) sin embargo es el hábitat que contiene en mayor abundancia a *A.geoffroyi*, que entre los murciélagos muestreados fue la única especie nectarívora, cumpliendo un papel indispensable como polinizador directo en el área de estudio y dada la ausencia de otros murciélagos polinizadores, representa un componente clave para mantener este servicio ecosistémico.

### 5.3 Características de la vegetación y su relación con la composición de especies

Para el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) DAP fue la única de las 4 variables evaluadas de la vegetación en dar una asociación significativa para la composición de especies entre los hábitats muestreados para Suratá, Santander. Sin embargo, el modelo del CCA ajustado a 3 variables no dio significativo, lo que quiere decir que en realidad las variables de la vegetación estudiadas aquí no están afectando al ensamblaje de murciélagos. Varios estudios han encontrado que el número de árboles y la cobertura del dosel si están asociados con la abundancia y actividad de los murciélagos, pero estos cambios en su distribución se dan de manera vertical, es decir a diferentes estratos de un mismo hábitat (García-García & Santos-Moreno, 2014) como también en un estudio hecho en un bosque seco tropical de Colombia se encontró relación entre el estrato vertical y la relación de aspecto del ala (Olaya-Rodríguez et al., 2019). Ya que en el presente estudio el muestreo se hizo a nivel de sotobosque, las dinámicas del ensamblaje a otros niveles de altura no fueron captadas.

DAP, la variable significativa se vio asociada con especies de cultivo como *Artibeus lituratus*, *Anoura geoffroyi* y *Enchisthenes hartii*. El mayor DAP en área de cultivo se debe a que en esta se encontraban inmersos arboles de aguacate muy ramificados que reunían DAP grande, como

## DIVERSIDAD TAXONOMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

también plátano y algunos árboles aledaños de guayabo. Según un estudio (Laurindo & Vizentin-Bugoni, 2020) *A. lituratus* en ambientes antrópicos aumenta su consumo de frutos exóticos de mayor tamaño y lo reduce en plantas nativas, entre ellas plátano y guayaba árboles que se encontraban dispersos en el área de cultivo como potrero, por esta razón se podría explicar la preferencia de murciélagos del género *Artibeus* a estos hábitats, en un estudio realizado por Rios-Blanco y Pérez-Torres (2015) encontraron que *carollia perspicillata* consumió frutos de gran variedad de géneros (3), razón que puede estarla beneficiando para ser una de las especies en común para los 3 hábitats evaluados. Por otra parte en estudios realizados por (Serrano, 2011) murciélagos como *A. geoffroyi* no utilizan el olor como señal sensorial para encontrar flores en entornos sencillos, esto podría equivaler a un ahorro energético, cosa que no pasa en entornos complejos como el bosque. Por ende *A. geoffroyi* el único murciélago nectarívoro encontrado en este estudio, puede preferir el cultivo ya que en temporada de floración las plantas de guayaba, plátano y posiblemente orquídeas sembradas por los habitantes de la finca con el fin de ornamentación provee de muchos recursos en un entorno más sencillo.

## DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### 6. Conclusiones

El ensamblaje de murciélagos en la vereda Cartagua, en el municipio de Suratá, Santander, registró la presencia de 9 especies de murciélagos de la familia Phyllostomidae, *Carollia perspicillata* fue la especie más abundante.

El hábitat potrero presento la mayor riqueza de especies y bosque la mayor abundancia de individuos.

La diversidad alfa indicó que potrero posee la mayor diversidad, seguido de cultivo y bosque, lo cual sugiere a potrero como un ecotono donde convergen especies de bosque y de cultivo.

La diversidad beta mostro que los hábitats más diferentes fueron el bosque y cultivo gracias al recambio o cambio en la composición de especies.

La diversidad funcional mostro a potrero como el lugar con más variedad en rasgos funcionales, al bosque como el hábitat con más especies especialistas y a cultivo como el hábitat con menor diversidad funcional, pero con la única especie nectarívora de todo el ensamblaje.

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) no mostro una relación significativa entre las variables de la vegetación estudiadas y la composición de especies de murciélagos.

## **DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

### **7. Recomendaciones**

Se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo, en cuanto a tiempo, área y redes para poder obtener una visión más completa de la composición de especies en el ensamblaje de Suratá, Santander. Como también muestrear a nivel de dosel para ver si se presentan cambios de manera vertical.

También aumentar el número de variables ambientales para tener mayores posibilidades de encontrar que características abióticas de cada hábitat están teniendo relación con las especies allí encontradas.

### Referencias Bibliográficas

- Badii, M. H., & Castillo, J. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones De Negocios*, 4(8). UANL, Mexico.
- Baselga, A., & Orme, C. (2012). Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(5), 808–812. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>
- Bernard, E. & Brock Fenton, M. (2007). Bats in a fragmented landscape: Species composition, diversity, and habitat interactions in savannas of Santarém, Central Amazonia, Brazil. *Revista Biological Conservation*, 134(3), 332–343. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.07.021>
- Braak, C. (1986). Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology*, 67(5), 1167-1179. 10.2307/1938672
- Bracamonte, J. (2018). Sampling protocol for the estimation of bat diversity with mist nets in ecological studies. *Ecologia Austral*, 28(2), 446–454. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.2.0.272>
- Calderón-Patrón, J., & Moreno, C. (2019). *Diversidad beta como disimilitud: Su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza*. *La Biodiversidad En Un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos Y Metodológicos Para Su Estudio*, 203-222.

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIÉLAGOS**

Cannon, P., Gilroy, J., Tobias, J., Anderson, A., Haugaasen, T., & Edwards, D. (2019).

Land-sparing agriculture sustains higher levels of avian functional diversity than land sharing. *Global Change Biology*, 25(5), 1576–1590.

<https://doi.org/10.1111/gcb.14601>.

CDMB. (2006). *Plan de Ordenamiento y Manejo Microcuenca Suratá Alto*.

<https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/PLAN-DE-ORDENAMIENTO-Y-MANEJO-SURATO-BAJO.pdf>

Chávez, A. (2012). *Composición Y Estructura Del Ensamblaje De Murciélagos De Sotobosque En La Reserva La Mariposa, Valle Del Cauca* [Tesis doctoral, Universidad del Valle].

Cisneros, L., Burgio, K., Dreiss, L., Klingbeil, B., Patterson, B., Presley, S., & Willig, M.

(2014). Multiple dimensions of bat biodiversity along an extensive tropical elevational gradient. *Journal of Animal Ecology*, 83(5), 1124–1136.

<https://doi.org/10.1111/1365-2656.12201>

Cisneros, L., Fagan, M., & Willig, M. (2015). Effects of human-modified landscapes on

taxonomic, functional, and phylogenetic dimensions of bat biodiversity. *Diversity and Distributions*, 21(5), 523–533. <https://doi.org/10.1111/ddi.12277>

Cisneros, L., Fagan, M., & Willig, M. (2015). Season-specific and guild-specific effects of

anthropogenic landscape modification on metacommunity structure of tropical bats. *Journal of Animal Ecology*, 84(2), 373–385. [https://doi.org/10.1111/1365-](https://doi.org/10.1111/1365-2656.12299)

[2656.12299](https://doi.org/10.1111/1365-2656.12299)

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIÉLAGOS**

- Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. (2015). *Functional diversity in community ecology. Ecosistemas*, 24(3), 78–87. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.10>
- Díaz, M., Solari, S., Aguirre, L., Aguiar, L., & Barquez, R. (2016). *Clave de Identificación de los Murciélagos de Sudamérica*. Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina; 2021; 211. <http://hdl.handle.net/11336/156765>
- Escobar, F., & Maglianesi, M. (2021). Diversidad funcional de murciélagos frugívoros en dos fincas de producción ganadera en Guanacaste, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 13(2), e3465.
- García, J., & Santos, A. (2014). Variación estacional en la diversidad y composición de ensamblajes de murciélagos filostómidos en bosques continuos y fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 228–241. <https://doi.org/10.7550/rmb.36744>
- García-García, J., & Santos-Moreno, A. (2014). Efectos de la estructura del paisaje y de la vegetación en la diversidad de murciélagos filostómidos (chiroptera: Phyllostomidae) de Oaxaca, México. *Revista De Biología Tropical*, 62(1), 226-249.
- Gómez-Ortiz, Y., Martín-Regalado, C., Ortega-Martínez, I., & Pérez-Hernández C. (2019) *La diversidad funcional de las comunidades ecológicas. En: Moreno CE (Ed) La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México, pp. 237-264

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

- Hsieh, T., Ma, K., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Jost, L. (2007). *Partitioning diversity into independent alpha and beta components*. *Ecology*, 88(10), 2427–2439. <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Laliberté, E., & Legendre, P. (2010). *A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits*. *Ecology*, 91(1), 299–305. <https://doi.org/10.1890/08-2244.1>
- Laurindo, R., & Vizentin-Bugoni, J. (2020). Diversity of fruits in *Artibeus lituratus* diet in urban and natural habitats in Brazil: a review. *Journal of Tropical Ecology*, 36(2), 65–71. <https://doi.org/10.1017/S0266467419000373>
- Lozano, A., Serrano, V., & Rodriguez, R. (2014). *Diversidad funcional y estructura trófica de un ensamblaje de murciélagos filostómidos en el parque nacional natural Serranía de los Yariguies* [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]. [https://uis.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57UIDS\\_INST/ds6hgo/alma991000931179707671](https://uis.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57UIDS_INST/ds6hgo/alma991000931179707671)
- Magneville, C., Loiseau, N., Albouy, C., Casajus, N., Claverie, T., Escalas, A., ... & Villéger, S. (2022). mFD: an R package to compute and illustrate the multiple facets of functional diversity. *Ecography*, 2022(1).

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

- Medellín, R., & Viquez-R, L. (2014). *Los murciélagos como bioindicadores de la perturbación ambiental. Bioindicadores: Guardianes De Nuestro Futuro Ambiental. México: Editorial S Y G, , 521-539.*
- Medellín, R., Equihua, M., & Amin, M. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforests. *Conservation Biology, 14*(6), 1666-1675.
- Mora, F., & Maglianesi, M. (2021). Diversidad funcional de murciélagos frugívoros en dos fincas de producción ganadera en Guanacaste, Costa Rica. *UNED Research Journal, 13*(2), e3465. <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3465>
- Norberg, U., & Rayner, J. (1987). *Ecological Morphology and Flight in Bats (Mammalia; Chiroptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging Strategy and Echolocation*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 316*, 335-427.
- Olaya-Rodríguez, M. H., Pérez-Torres, J., & Londoño-Murcia, M. C. (2019). Use of forest strata by bats according to wing morphology and habitat complexity in a fragment of tropical dry forest (Colombia). *Journal of Bat Research and Conservation, 12*(1), 83-91.
- Oksanen, J. (2013). *Vegan: ecological diversity*. R project, 368, 1-11.
- Pardo, M. & Ramírez, G. (2010). *Capítulo VIII Composición, dieta y estructura trófica de la comunidad de murciélagos presente en el área de influencia del Parque*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/4382>

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

Peña, J., Ballesteros, J., & Chacon, J. (2021). *Aproximación de la diversidad taxonómica y funcional del ensamblaje de murciélagos en un fragmento de bosque seco tropical en La Unión, Sucre - Colombia.*

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4271>

Pereyra, E., Ruiz, D., & Arce, A. (2015, noviembre 5). *Morfología alar y hábitos alimenticios de tres especies de Murciélagos en el campus Omar Dengo, Universidad Nacional* - RPubS. Recuperado 23 de agosto de 2023, de

<https://rpubs.com/EblimPereyra/123898>

Pérez-Torres, J., & Ahumada, J. (2004). Murciélagos en bosques altoandinos, fragmentados y continuos, en el sector occidental de la sabana de Bogotá (Colombia). *Universitas Scientiarum*, 9(Es1), 33-46. Retrieved from <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5079>

Petchey, O. (2003). Integrating methods that investigate how complementarity influences ecosystem functioning. *Oikos*, 101(2), 323-330.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ríos-Blanco, María Cristina, & Pérez-Torres, Jairo. (2015). Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un bosque seco tropical (Colombia). *Mastozoología neotropical*, 22(1), 103-111. Recuperado en 29 de septiembre de 2023, de

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0327-93832015000100011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832015000100011&lng=es&tlng=es).

- Saldaña-Vázquez, R. A., & Schondube, J. E. (2016). La masa corporal explica la dominancia de *Artibeus* (Phyllostomidae) en ambientes urbanos. In *Memorias en Extenso del I Congreso de Fauna Nativa en Medios Antropizados* (A. Ramírez-Bautista, y R. Pineda-López, eds.). CONACYT-UAQ, México 23-33p
- Serrano, D. (2011). *Anoura geoffroyi* y *Anoura caudifer* (Phyllostomidae: Glossophaginae) para localizar fuentes de alimento. (Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12782>
- Solari, S., & Martínez-Arias, V. (2014). Cambios recientes en la sistemática y taxonomía de murciélagos Neotropicales (Mammalia: Chiroptera). *Therya*, 5(1), 167–196. <https://doi.org/10.12933/therya-14-180>
- Thies, W., & Kalko, E. (2004). Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos*, 104(2), 362-376.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277(5330), 1300–1302. DOI: 10.1126/science.277.5330.1300
- Trujillo, L., Pérez, J. (2021). *Patrones de la diversidad taxonómica y funcional del ensamblaje de murciélagos neotropicales asociados a sistemas productivos: una*

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**

*revisión.* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana].  
<http://hdl.handle.net/10554/59089>.

Villéger, S., Mason, N., Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89(8), 2290-2301. <https://doi.org/10.1890/07-1206.1>

Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). *Let the concept of trait be functional!* *Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>

## DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Apéndices

#### Apéndice A

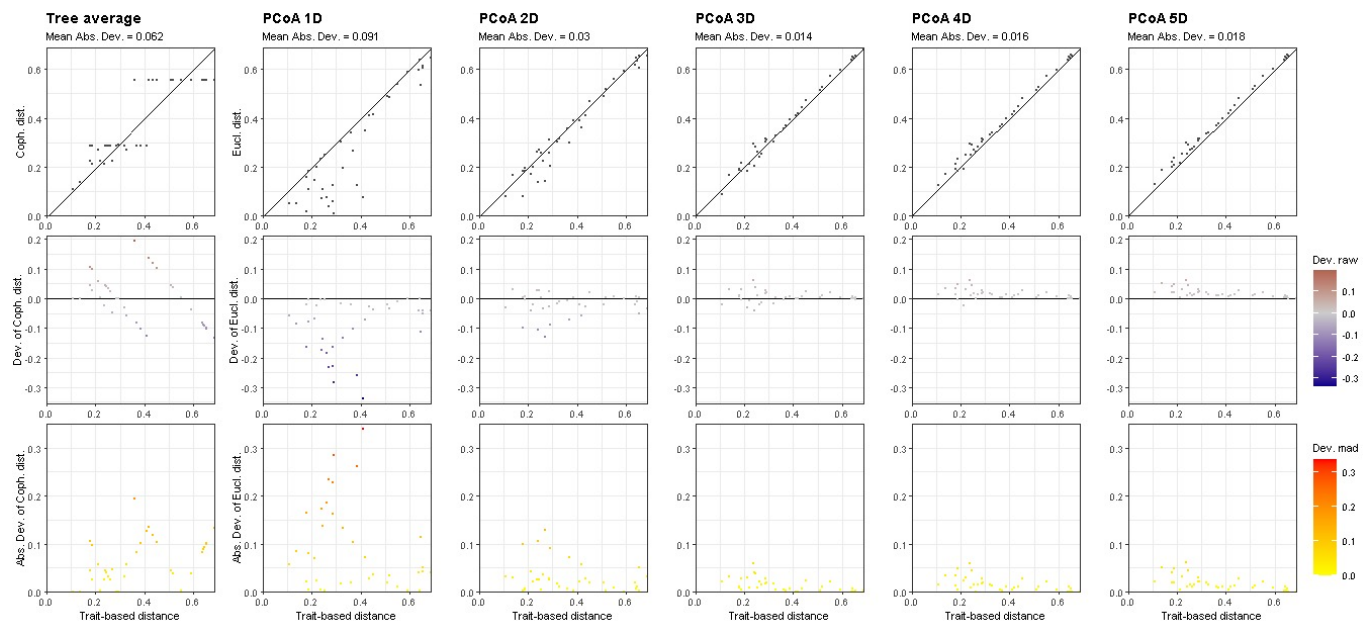
*Abundancia de las especies de murciélagos de la familia Phyllostomidae registrados en la vereda Cartagua del municipio de Suratá, Santander*

Especie	Hábitat		
	Potrero	Bosque	Cultivo
<i>Carollia perspicillata</i>	2	15	2
<i>Platyrrhinus dorsalis</i>	2	5	0
<i>Sturnira ludovici</i>	3	9	0
<i>Dermanura bogotensis</i>	2	2	2
<i>Dermanura cinérea</i>	2	0	0
<i>Enchisthenes hartii</i>	2	0	2
<i>Anoura geoffroyi</i>	1	0	2
<i>Artibeus lituratus</i>	0	0	3
<i>Artibeus jamaicensis</i>	1	0	0

## DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

## Apéndice B

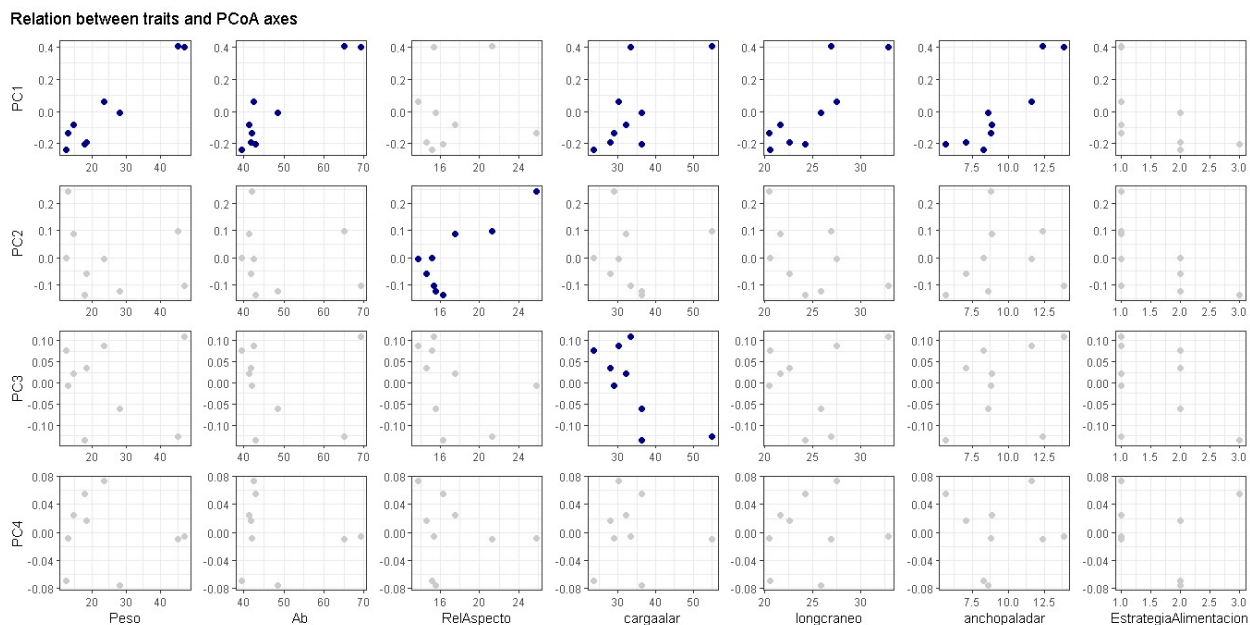
*Ilustración de la calidad de los espacios funcionales.*



## DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS

### Apéndice C

#### Relación entre los rasgos funcionales y los ejes de PCoA



*Nota:* en el grafico se evidencian cuáles son los rasgos que están siendo significativos para cada eje, en PC1 los rasgos significativos son: Peso, Ante brazo (Ab), Carga alar , longitud total del cráneo y el ancho del paladar, en PC2 está siendo significativa la relación de aspecto del ala y en PC3 nuevamente la carga alar.

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE MURCIELAGOS**