

MURCIÉLAGOS COMO INGENIEROS ECOSISTÉMICOS EN LA CONECTIVIDAD DE BOSQUE SUBANDINO





CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL HUILA-CORHUILA

Oscar Eduardo Chavarro Arias
Rector

Luis Alexander Carvajal Pinilla
Docente coordinador del proyecto, investigador-grupo Efecto Ambiental

Daniela Barón Cruz
Lizeth Fernanda Hoyos Díaz
Coinvestigadores del proyecto

Holme Harrinso Gutiérrez Bautista
Director oficina Ciencia, Tecnología e Innovación

Daniela Barón Cruz
Lizeth Fernanda Hoyos Díaz
Diseño y diagramación

ISBN: 978-958-52203-6-2

Primera edición: Neiva, Colombia – noviembre de 2020
Marcos Fabián Herrera Muñoz
Coordinador editorial

Carolina Isabel Arroyo
Coordinadora de comunicaciones

Javier Cardoso Gutiérrez
CAM – Proyecto Cuenca Río Ceibas

Camilo Augusto Agudelo Perdomo
Director General CAM

Editorial Corporación Universitaria del Huila-CORHUILA
Dirección: Calle 21 No. 6-01 Barrio Quirinal Neiva-Huila-Colombia
Teléfono: 8-754220

PRESENTACIÓN

Los humanos han mitificado a los murciélagos como animales peligrosos, y en un “instinto de supervivencia”, destruyen su hábitat creyendo que al ahuyentarlos, su presencia perturbadora termina. Lo cierto, es que los murciélagos son esenciales para los ecosistemas, son controladores de sobrepoblaciones de insectos, polinizadores y excelentes dispersores de semillas al favorecer la propagación vegetal, debido a su elevado consumo de frutos cada noche, su capacidad para transportar semillas a largas distancias entre ecosistemas y la adaptabilidad para habitar zonas que tienen o han tenido perturbación humana.

Dada la situación anterior, las estudiantes de ingeniería ambiental Daniela Barón Cruz y Lizeth Fernanda Hoyos Díaz, bajo la dirección del docente Luis Alexander Carvajal Pinilla, desarrollaron el proyecto *Murciélagos dispersores de semillas para la restauración ecológica de bosque subandino, Cuenca alta Río Las Ceibas*, en articulación con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y Proyecto Cuenca Río Las Ceibas. Esta investigación se realizó en el predio La Colonia, ubicado en la vereda La Plata, municipio de Neiva, zona incluida en la Reserva Forestal Protectora del Río Las Ceibas, declarada 10 años atrás para recuperar las dinámicas del bosque subandino. En la actualidad, este territorio integra el Parque Natural Regional Siberia-Ceibas por su importancia en la conservación y mantenimiento de la cuenca del Río Las Ceibas para el abastecimiento hídrico de Neiva y municipios cercanos en el departamento de Huila.

Por ende, este proyecto se realizó con el objetivo de identificar la influencia de los murciélagos para la recuperación de dinámicas estructurales y funcionales del bosque subandino en proceso de restauración. También se propuso resaltar la importancia de las interacciones mutualistas de murciélagos y plantas en los procesos de sucesión natural del bosque subandino, que contribuyen al aumento de cobertura vegetal, disponibilidad de hábitat y potencializa la conectividad entre parches de bosques, fortaleciendo la oferta de bienes y servicios ambientales y logrando el mantenimiento de la conectividad entre ecosistemas.

INTRODUCCIÓN

Los resultados de la investigación identifican la influencia de los murciélagos dispersores de semillas para la restauración del bosque secundario subandino en la zona alta de la cuenca hidrográfica del río Las Ceibas; en esta zona estas especies aportan en el desarrollo funcional del ecosistema mediante las interacciones entre flora y fauna, que dinamizan el flujo genético, de materia y energía entre las poblaciones que componen dicho sistema (Vargas, 2011; García, Ramírez y Reinoso, 2019; Ríos & Pérez, 2015; Cardona, Castaño, & Botero, 2016; Velásquez & Murillo, 2019).

El ecosistema de bosque subandino es de alta importancia para la biodiversidad y mantenimiento de servicios ambientales que ofrece, sin embargo, han presentado fuertes amenazas para su sostenibilidad por presiones antrópicas a lo largo de los últimos años (Velásquez, Maniguaje, & Duque, 2012; Rodríguez, Beltrán & Moreno, 2017; Camargo, Gil, & Morales, 2019).

Debido a la fragmentación que se presenta en estos ecosistemas, es necesario implementar procesos de restauración ecológica para superar los tensionantes, recuperar las dinámicas naturales y restablecer la composición, estructura y funciones del bosque subandino (Vargas, 2007; Ríos & Pérez, 2015; Cardona et al., 2016; Velásquez & Murillo, 2019). Al eliminar barreras ecológicas se dinamizan las interacciones mutualistas de dispersión entre plantas y murciélagos. Estos últimos, logran y potencian este proceso al ser excelentes dispersores de semillas en la mayoría de ecosistemas y su fácil adaptación a diferentes entornos, incluso a lugares con alto nivel de degradación ecosistémica (Murray, Bronstein, & Kinsman, 2000; García et al., 2019; Cardona et al., 2016; Ríos & Pérez, 2015).

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1: Bosque subandino.....	6
Estado y riesgo del bosque subandino.....	8
Área de estudio.....	10
Capítulo 2: Murciélagos dispersores de semillas.....	11
Identificación de murciélagos y semillas	14
Género <i>Sturnira</i>	19
Género <i>Artibeus</i>	21
Género <i>Micronycteris</i>	23
Género <i>Eptesicus</i>	24
Preferencia alimenticia de murciélagos.....	25
Diversidad y abundancia de murciélagos.....	27
Índice de Margalef.....	28
Índice de Simpson.....	29
Índice de Shannon Wiener.....	30
Índice de Jaccard.....	30
Capítulo 3: Efectividad de germinación.....	31
Germinación de semillas producto de endozoocoria.....	32
Germinación de semillas <i>Retrophyllum rospigliosii</i>	35
Capítulo 4: Murciélagos en la restauración ecosistémica.....	38



Murciélagos en la eliminación de barreras ecológicas de dispersión.....	39
Capítulo 5: Conectividad de fragmentos de bosque subandino.....	45
Murciélagos en la restauración ecosistémica.....	46
Glosario.....	49
Agradecimientos.....	51
Bibliografía.....	52





BOSQUE SUBANDINO

C
A
P
Í
T
U
L
O

1

BOSQUE SUBANDINO

Los bosques subandinos, son considerados ecosistemas únicos, frágiles y estratégicos de alta importancia nacional y mundial, por sus factores bióticos y abióticos, su extraordinaria biodiversidad y regulación hídrica (Rodríguez, Morales, Armenteras, & Romero, 2006; Rivera, García, & Franco, 2018; Solano & Mercado, 2018; Camargo et al., 2019). Además, poseen caracteres diferenciales asociados a la tendencia altitudinal con los demás ecosistemas, ya que presentan un mayor número de especies de murciélagos y roedores (Rodríguez et al., 2006) y una diversidad faunística y florística muy amplia (Fontal et al., 2018; Camargo et al., 2019).

Su piso bioclimático se distribuye de manera general entre los 1.050 y 2.400 m.s.n.m. (Solano, 2006; Rudas et al., 2007; Fontal et al., 2018). En el departamento del Huila, el bosque subandino presenta rangos de precipitación media entre los 1.000 a 2.000 mm y la temperatura oscila entre los 18 a 22 °C (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena- CAM, 2020).



ESTADO Y RIESGO DEL BOSQUE SUBANDINO

En Colombia, para el año 2000, se estimaba que menos del 10% de la totalidad de bosques andinos originales del país perduraban. En el año 2012, los bosques andinos ya habían perdido aproximadamente un 70% de su cobertura original, ocasionando el aumento de fragmentación ecosistémica con alto grado de aislamiento (Ojeda et al, 2001; Velásquez et al., 2012).

En la actualidad, la fragmentación de los bosques ha aumentado considerablemente por presiones antrópicas (Becerra et al., 2017; Etter, Amaya, Andrade, Arévalo, & Saavedra, 2017), principalmente por factores como la cacería, el comercio de especies silvestres, deforestación, cambio climático y cambio de uso de suelo (Velásquez et al., 2011; Rodríguez, 2017; Etter et al., 2017; Camargo et al., 2019).





La fragmentación del ecosistema genera pérdida regional de hábitat, es decir, disminuye la densidad regional de las especies, aumenta la insularización causada por la reducción de cobertura vegetal y ocasiona el aislamiento de los fragmentos de hábitat y migración forzada (Santos & Tellería, 2006; Peh, Foster, Luke, Turner, & Yangchen, 2014; Mullu, 2016).

Por este motivo, el Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, realizó un análisis con métodos estadísticos de indicadores sintéticos, asociado a los fragmentos de bosque subandino, entre los años 1985-2000. En este documento se evidencian los cambios de cobertura en este periodo (Rudas et al., 2007).

La degradación del bosque es menor en regiones con empresas de agua potable y saneamiento básico, que velan por la conservación de las cuencas hidrográficas (Rudas et al., 2007).



ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada en el municipio de Neiva, Huila, más exactamente en el predio La Colonia, vereda La Plata, próximo a la zona alta de la cuenca hidrográfica del Río las Ceibas, con coordenadas $2^{\circ} 45' 10''$ N y $75^{\circ} 04' 33''$ W. Esta zona se encuentra dentro del Parque Nacional Regional Siberia - Ceibas, a una altura de 2.100 m.s.n.m., cuenta con un ecosistema de bosque subandino que registra precipitaciones de 1.400 a 1.600 mm al año en promedio y temperaturas promedio que están entre 12 y 18°C (Borbón et al., 2007). La zona se encuentra a una distancia aproximada de 31,57 Km del área urbana de la ciudad de Neiva (Imagen 1).

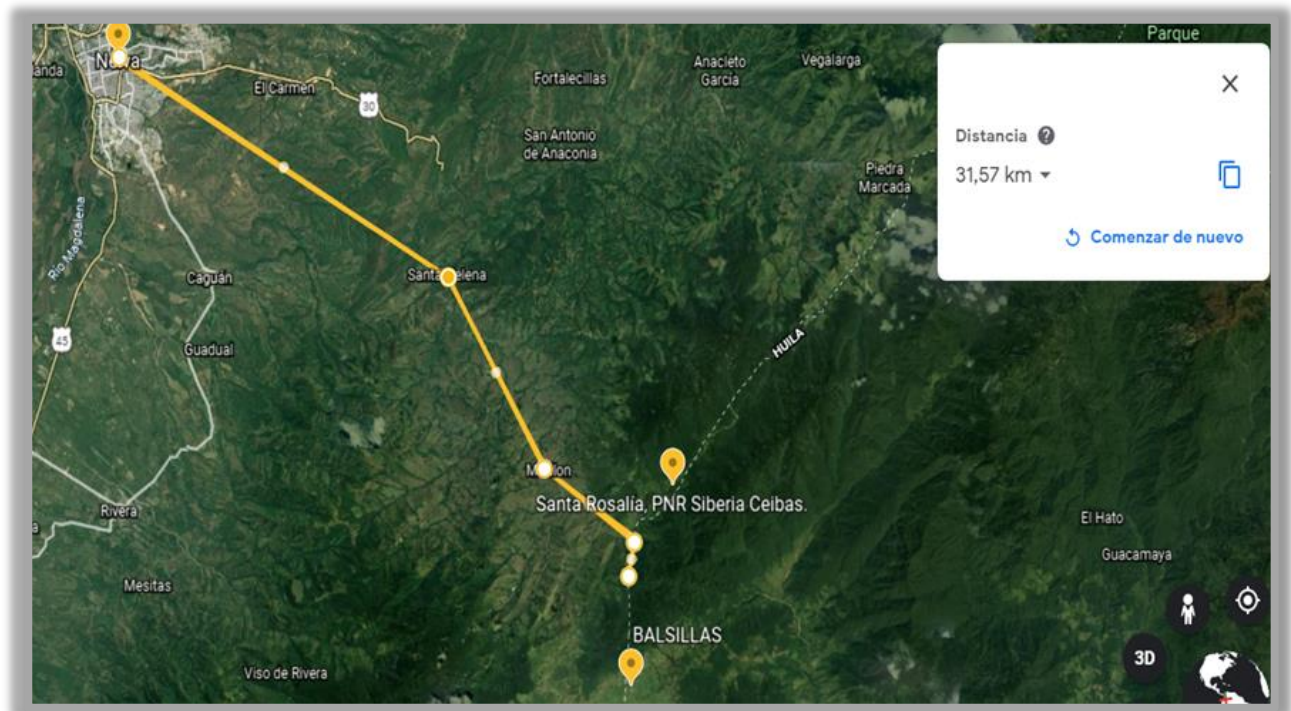


Imagen 1. Ruta desde área urbana de Neiva hasta predio La Colonia, Vereda La Plata
Fuente: Google Earth



**MURCIÉLAGOS
DISPERSORES
DE SEMILLAS**

**C
A
P
I
T
U
L
O

2**

MURCIÉLAGOS DISPERSORES DE SEMILLAS

Los murciélagos se destacan por ser los únicos mamíferos con capacidad de vuelo, facilidad para mantener estructuras sociales complejas y por ser muy longevos en correlación a su tamaño, muchas especies de pequeños murciélagos (4 a 10 gramos) llegan a vivir más de 25 años (Castaño & Botero, 2004; Aguilar & Aréchiga, 2011).



Los murciélagos (orden *Chiroptera*) son el segundo orden más diverso de mamíferos vivos, con más de 1.400 especies en 21 familias (Solari, Sotero, & Baker, 2019; Burgin, Colella, Kahn, & Upham, 2018). El vuelo les permite alcanzar casi todas las regiones del planeta, con excepción del continente Antártico y algunas remotas islas oceánicas (Mancina, 2011; Voigt & Kingston, 2015).

El orden *Chiroptera* se divide en los subórdenes *Megachiroptera* y *Microchiroptera* (Mancina, 2011; Voigt & Kingston, 2015), *Microchiroptera* es el suborden más diverso en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Los murciélagos de los Andes colombianos, son aproximadamente el 59% de las especies de murciélagos registradas (Rodríguez, 2010).



IDENTIFICACIÓN DE MURCIÉLAGOS Y SEMILLAS

Para determinar la diversidad de especies de murciélagos y su influencia en el ecosistema en el que habitan, este estudio logró establecer el aporte ambiental de murciélagos que favorecen potencialmente la conectividad y la eliminación de barreras ecológicas, según la caracterización de la interrelación entre murciélagos y semillas asociadas a su consumo y su influencia en la dispersión y germinación de las mismas. En su fase inicial, se ejecutó la captura de los murciélagos presentes en el área de estudio mediante 3 redes de niebla de 12 m x 6 m, por dos noches consecutivas quincenalmente durante 6 meses, con horario de apertura de redes de 6:00 pm a 11:59 pm, para un total de 144 horas; así se logró un esfuerzo de captura de 18 h/red y un éxito de captura de 1,22%.





El muestreo se realizó en áreas de captura divididas en tres zonas: i) zona de percha, ii) zona de restauración y iii) lugares de conectividad. Las zonas de percha son zonas abandonadas o lugares con presencia de perturbación antrópica; con lugares de conectividad se hace referencia a las posibles zonas que han elegido los murciélagos para su alimentación o descanso, para luego trasladarse a la zona de restauración, es decir la zona intermedia de las áreas de movimiento del murciélago en el perímetro de estudio, para ello se tuvo como referencia los sitios con cercanía a la especie forestal *Retrophyllum rospigliosii* (pino romerón).

Tabla 1. Áreas de captura, su nomenclatura y ubicación de las redes de niebla

No.	Nombre del área de captura	Nomenclatura	Ubicación de la red de niebla
1	Zonas de percha	P1	Sótano a 3Km de la Colonia
2		P2	Casa a 1Km de la Colonia
3		P3	Casa la Colonia
4		P4	Centro de estudio en la Colonia
5	Lugares de Conectividad	CZR1	Corredor natural hacia puerta principal la Colonia, transición entre potrero y bosque subandino
6		CZR2	Margen derecho de la puerta principal entrada la Colonia
7		CZR3	Margen izquierdo de la puerta principal entrada la Colonia
8	Zonas de restauración – sobre el sendero	ZR1	A 5m del inicio del sendero
9		ZR2	A 30m del inicio del sendero
10		ZR3	A 106m del inicio del sendero
11		ZR4	A 2m del final de la zona de restauración



Se capturaron 20 individuos, cada uno fue aprehendido en la red de niebla y se mantuvo en bolsa de tela de algodón durante un lapso de tiempo entre 45 a 60 minutos, tiempo necesario para que finalicen su proceso de digestión y realicen la deposición de muestra fecal para posteriormente identificar su preferencia alimenticia (Ríos & Pérez, 2015).

Previo a la liberación de cada individuo capturado en la red se tomó registro fotográfico y las siguientes medidas morfométricas: longitud mayor del cráneo (LMC), longitud del antebrazo (LA), longitud de cola (LC), longitud de pata (LP), longitud de oreja (LO), longitud de hoja nasal (LHN), longitud del fémur (LF) y longitud total (LT) (Dietz & Von Helversen, 2005).





La información colectada en campo fue de apoyo para la identificación taxonómica de los especímenes realizada con claves especializadas y documentos correspondientes a investigaciones en el área de estudio.

Los individuos capturados pertenecen a la familia *Phyllostomidae* y *Vespertilionidae*, se identificaron 4 géneros y 9 morfo-especies.





En la tabla 2 se observan los géneros de murciélagos capturados junto con las respectivas morfo-especies y el número de individuos por cada una. Se evidencia que el gremio que predomina es el frugívoro con un 75%, seguido por el insectívoro que corresponde al 25%; de los individuos capturados el 55% son hembras y el 45% fueron machos.

La morfo-especie con mayor abundancia relativa de 25% fue *Artibeus sp1* con cinco individuos, seguida por *Sturnira sp3*, *Sturnira sp2* y *Micronycteris sp1* con tres individuos cada uno, luego *Sturnira sp1* con dos individuos y por último las morfo-especies *Artibeus sp2*, *Artibeus sp3*, *Micronycteris sp2* y *Eptesicus sp1* con un individuo cada una.

Tabla 2. Registro de individuos con identificación taxonómica encontrados en predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva

Familia	Género	Especie	# Ind	Gremio	Registro	AR	Sexo	
							H	M
Phyllostomidae	<i>Sturnira</i>	<i>sp1</i>	2	F	P2, CZR2	10%	2	
		<i>sp2</i>	3	F	P3, ZR4, CZR1	15%	2	1
		<i>sp3</i>	3	F	CZR1	15%	1	2
	<i>Artibeus</i>	<i>sp1</i>	5	F	ZR4, CZR2, CZR1	25%	1	4
		<i>sp2</i>	1	F	CZR1	5%		1
		<i>sp3</i>	1	F	CZR2	5%		1
	<i>Micronycteris</i>	<i>sp1</i>	3	F	P1	15%	3	
		<i>sp2</i>	1	F	P1	5%	1	
Vesperilionidae	<i>Eptesicus</i>	<i>sp1</i>	1	I	P4	5%	1	
TOTAL			20			100%	11	9

Género *Sturnira*

Sturnira sp1

Estos individuos se caracterizaron por ser de tamaño mediano, pelaje frondoso y suelto, en el dorso es de color pardo oscuro con ciertas tonalidades rojizas a gris oscuro ahumado, tiene un hocico corto y ancho, mentón con excrescencias dérmicas, ojos grandes y vivaces, tiene presencia de hoja nasal mediana, ancha y puntiaguda, cola ausente.



Sturnira sp2

Individuos caracterizados por ser de tamaño pequeño a mediano, de pelaje corto y suelto; con dorso de color pardo claro, amarillo o plateado, su hocico es corto y ancho, en sus labios presenta excrescencias centrales rodeadas por otras pequeñas; con hoja nasal mediana, ancha y puntiaguda, cola ausente.





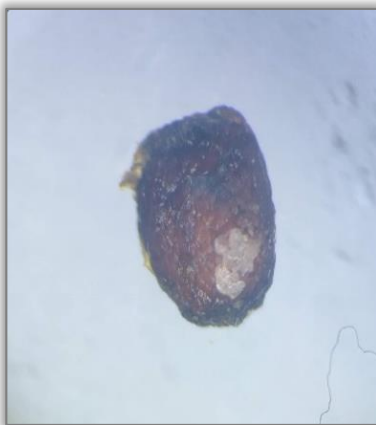
Sturnira sp3

Los tres individuos de esta morfo-especie son de tamaño mediano, con pelaje tupido y suelto, su color es pardo rojizo oscuro, su hocico es corto y ancho, mentón con excrescencias dérmicas; su hoja nasal es mediana, ancha y puntiaguda, no tienen presencia de cola.



Alimentación

Se obtuvo muestra fecal de 9 individuos de este género, el 50% de la muestra fue llevada al laboratorio, se encontró que todos los individuos consumían tres morfotipos de semillas de los cuales dos fueron identificados hasta género.



Los tres morfotipos de semillas aparecieron en la totalidad de los individuos del género, la semilla de la izquierda corresponde al género *Saurauia*, la del centro al género *Piper* y a la derecha el morfotipo 1.

GÉNERO *Artibeus*

Artibeus sp1

Individuos de tamaño grande con pelaje corto y denso, tienen coloración pardo oscuro, presenta cuatro líneas faciales oscuras, su hocico es corto y ancho, rostro peludo y negruzco, tiene mentón con excrescencias dérmicas, su hoja nasal es ancha-puntiaguda y tiene cola ausente.



Artibeus sp2

El tamaño de esta morfo-especie es pequeño con pelaje corto y denso, su dorso es de color castaño oscuro, pardo oscuro a pardo momia, su rostro es peludo y con presencia de cuatro líneas blancas; su hocico es corto y ancho, su labio inferior presenta excrescencias dérmicas, rodeada por otras más pequeñas; su hoja nasal es larga, ancha y puntiaguda, cola ausente.



Artibeus sp3

Individuos de tamaño pequeño con pelaje largo y suelto; su dorso presenta una tonalidad base de gris claro con gris, cenizo oscuro o pardo oscuro, presenta cuatro líneas faciales claras tenues, su hocico es corto y ancho, tiene su rostro peludo, el labio inferior con excrecencias dérmicas; su hoja nasal es baja, ancha y con punta redondeada, con cola ausente.



Alimentación

Se determinó que *Artibeus sp1* y *Artibeus sp3* son los que dispersan la semilla del Pino Romerón (*R. rospigliosii*) dentro de la zona de restauración, se capturaron dos individuos junto con la semilla, uno para cada morfo-especie.



De la morfo-especie *Artibeus sp2* no fue posible recolectar muestras de guano, por tal motivo no se le atribuyen morfotipos de semillas relacionadas con dispersión en la zona de estudio, posiblemente, al momento de captura no se habrían alimentado recientemente o el fruto que consumen posee una semilla de gran tamaño que imposibilita la endozoocoria.

GÉNERO *Micronycteris*

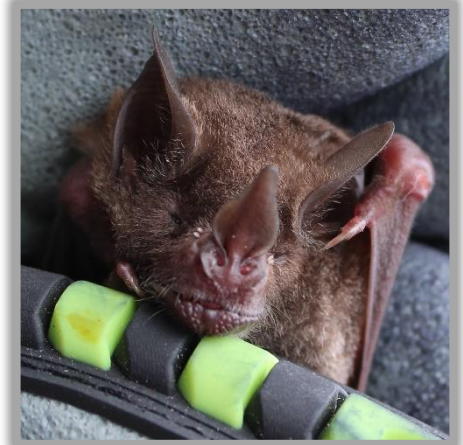
Micronycteris sp1



Esta morfo-especie del género *Micronycteris* es de tamaño pequeño con pelaje mediano y suave, su dorso es de color pardo naranja encendido, amarillo naranja brillante con la base pálida, su rostro es pardo claro cubierto con pelos cortos, su hocico es corto y estrecho, el labio inferior presenta una almohadilla desnuda y surco en forma de Y; presenta hoja nasal pequeña y angosta; el vientre es de color pardo anaranjado amarillento.

Micronycteris sp2

Es de tamaño pequeño con pelaje largo y denso, con dorso de color pardo oscuro, pardo claro o pardo anaranjado; su rostro tiene pelos largos, en el mentón tiene un surco en forma de V, su hoja nasal es pequeña con algunos pelos; en el vientre presenta una coloración pardo cremoso, crema anaranjado o blanco .



Alimentación

Al género *Micronycteris* no se asocian semillas a su consumo, debido a que no se obtuvo muestra fecal. Pero se determinó que su alimentación es insectívora, por muestra de guano del sitio de muestreo P1, que posiblemente habían depositado los individuos de este género.

GÉNERO *Eptesicus*

Eptesicus sp1

El único individuo capturado de esta familia se encontró en P4. Se caracteriza por tener cola larga; son de tamaño mediano a grande, el pelaje es largo, denso y sedoso; su color varía desde pardo oscuro, pardo negruzco, pardo ocráceo a pardo leonada con puntas amarillentas, no tienen hoja nasal, su hocico es corto y ancho.



De este individuo se obtuvo muestra de guano, identificando en laboratorio partes de exoesqueleto de algún insecto, lo que podría indicar su alimentación insectívora, como puede apreciarse en las siguientes imágenes.

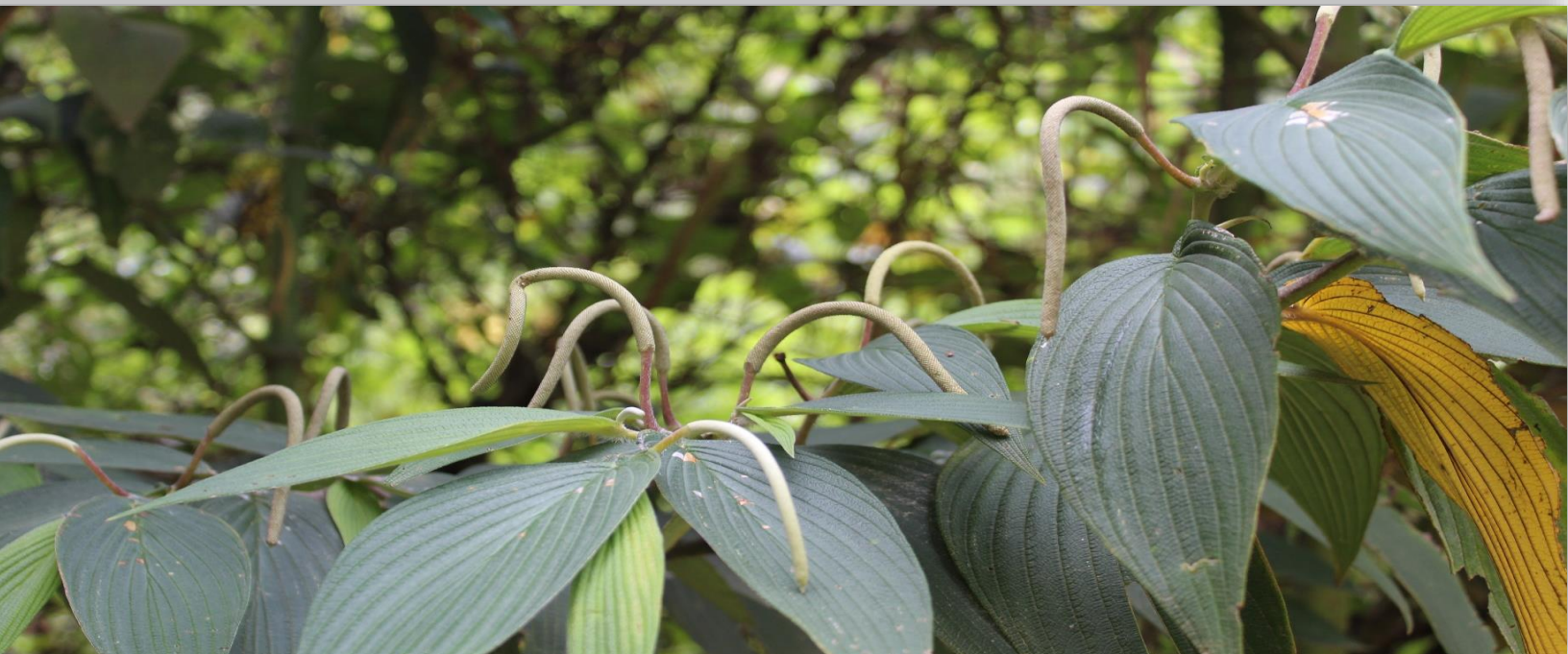


PREFERENCIA ALIMENTICIA DE MURCIÉLAGOS

La mayoría de las plantas que utilizan zoocoria por murciélagos presentan características especiales como frutos expuestos fuera del follaje, olores fuertes o rancios, frutos de color opaco, carnosos, con alto contenido de azúcar y agua (Aguilar, 2004; Buitrago & López, 2015). Además, factores de diversidad, estacionalidad y abundancia del recurso, el costo energético que implica la búsqueda y manejo del fruto, características nutritivas, tamaño del fruto y de la semilla fomenta su consumo a largo tiempo (Aguilar, 2004).



Las especies de plantas que se encuentran disponibles para el consumo de los murciélagos durante todo el año, son consideradas recurso clave, particularmente aquellas que fructifican en temporadas de escasez de frutos; sin embargo, la mayoría de especies de murciélagos complementan su dieta con otras plantas cuando la disponibilidad de estas es alta (Aroca, Gonzáles, Hurtado, & Murillo, 2016; Galindo, 1998).





Se determinó la preferencia alimenticia de los individuos capturados en el área de estudio, de los individuos de *Artibeus sp2*, *Micronycteris sp1*, *Micronycteris sp2* y *Eptesicus sp1* no fue posible obtener muestra de guano.

Se evidencia que la semilla de género *Saurauia*, *Piper* y la semilla morfotipo 1, son consumidas por todas las morfo-especies del género *Sturnira* y la semilla de *Retrophyllum rospigliosii* es la única semilla asociada con la morfo-especie de murciélago *Artibeus sp1* y *Artibeus sp3*. Por ende, serian estas morfo-especies de *Artibeus* las que contribuyen al proceso de sucesión natural en el área de estudio.

Tabla 3. Preferencia alimenticia por morfo-especie de murciélagos en predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva.

No.	Murciélagos	Semillas			
		<i>Saurauia</i> <i>sp.</i>	<i>Piper</i> <i>sp.</i>	<i>Retrophyllum</i> <i>rospigliosii</i>	Morfotipo 1
1	<i>Sturnira sp1</i>	X	X		X
2	<i>Sturnira sp2</i>	X	X		X
3	<i>Sturnira sp3</i>	X	X		X
4	<i>Artibeus sp1</i>			X	
5	<i>Artibeus sp2</i>				
6	<i>Artibeus sp3</i>			X	
7	<i>Micronycteris sp1</i>				
8	<i>Micronycteris sp2</i>				
9	<i>Eptesicus sp1</i>				

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE MURCIÉLAGOS

Cada sitio de muestreo se analizó con índices de diversidad alfa para evaluar la importancia de cada una de las morfo-especies en la composición del ecosistema de bosque subandino. Para ello se organizaron los datos por sitios de muestreo como se muestran en la tabla 4. Los sitios de muestreo ZR1, ZR2, ZR3 y CZR3 no se muestran en las gráficas elaboradas con el programa Past, versión 4.02. ya que no se lograron capturas de individuos, por lo tanto, los resultados siempre serán cero.

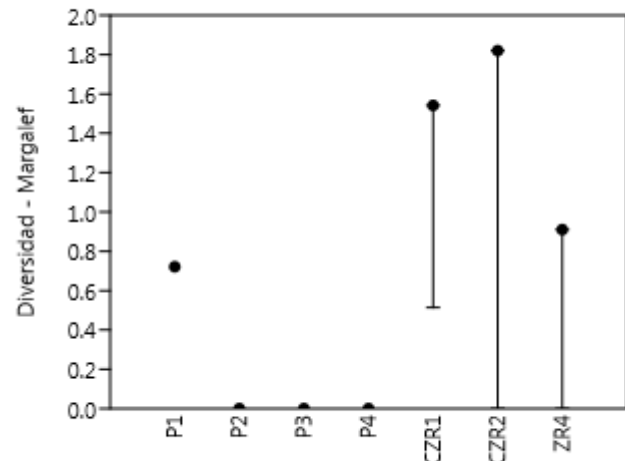
Tabla 4. Individuos de murciélagos por morfo-especie capturados en sitios de muestreo del predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva

No.	Morfo-especie	INDIVIDUOS POR SITIO DE MUESTREO											No. De individuos
		P1	P2	P3	P4	CZR1	CZR2	CZR3	ZR1	ZR2	ZR3	ZR4	
1	<i>Sturnira sp1</i>		1				1						2
2	<i>Sturnira sp2</i>			1		1						1	3
3	<i>Sturnira sp3</i>					3							3
4	<i>Artibeus sp1</i>					2	1					2	5
5	<i>Artibeus sp2</i>					1							1
6	<i>Artibeus sp3</i>						1						1
7	<i>Micronycteris sp1</i>	3											3
8	<i>Micronycteris sp2</i>	1											1
9	<i>Eptesicus sp1</i>				1								1
TOTAL		4	1	1	1	7	4	0	0	0	0	3	20



ÍNDICE DE MARGALEF

En los puntos P2, P3 y P4, aún con capturas el resultado es cero, esto debido a que el índice de Margalef, se basa en la relación número de especies e individuos totales y en estas zonas sólo se logró la captura de una morfo-especie, lo que conlleva a que haya baja diversidad por la abundancia de una sola morfo-especie.

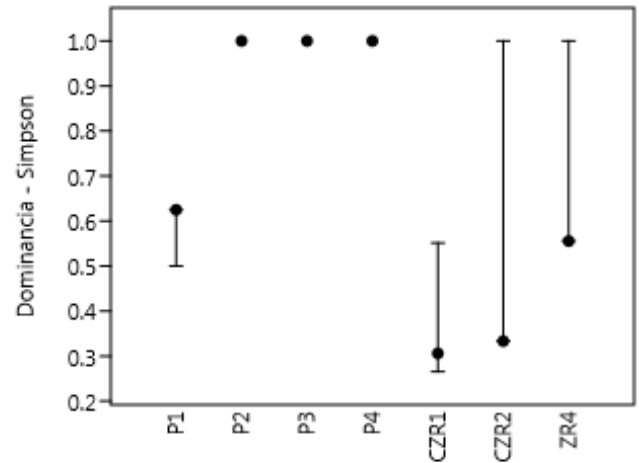


El sitio CZR2 obtuvo un resultado de 1,820 indicando diversidad media, allí se encontraron tres morfo-especies y tres individuos, es decir un individuo por cada morfo-especie y por ende es el sitio de muestreo con mayor diversidad de la zona. El sitio de muestreo ZR4 tuvo un valor de 0,9102 se encontraron dos morfo-especies y tres individuos, en CZR1 un valor de 1,542 con cuatro morfo-especies y siete individuos y P1 obtuvo un valor de 0,7213 con dos morfo-especies y cuatro individuos, aun con estas morfo-especies los resultados siguen indicando una diversidad baja debido a que hay pocos individuos por especie en el sitio.



ÍNDICE DE SIMPSON

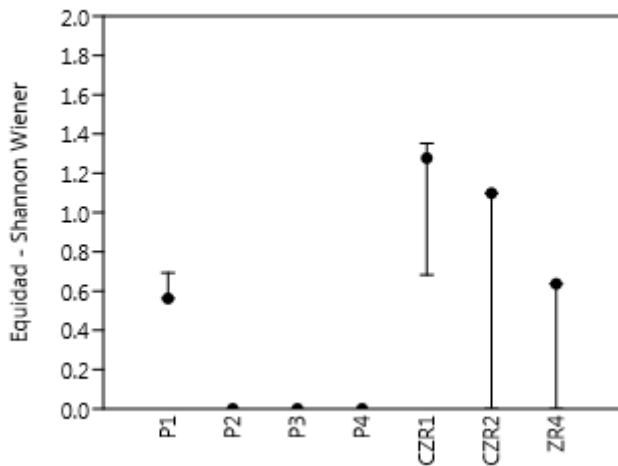
Los resultados de dominancia con el índice de Simpson para los sitios P2, P3 y P4 fue un valor de 1, debido a que en estos lugares se logra la captura de una única morfo-especie. Para el sitio P2 la morfo-especie dominante es *Sturnira sp1*, en el sitio P3 *Sturnira sp2* y en P4 *Eptesicus sp1*.



Las zonas P1 y ZR4 obtuvieron valores de 0.62 y 0.5556 respectivamente, lo cual indica una calificación de dominancia media, debido a que se encontraron morfo-especies, con número de individuos similares entre ellas. Por ello, al sacar dos individuos de manera aleatoria en estos sitios de muestreo, la probabilidad de que sean de la misma morfo-especie es alta, es decir, las morfo-especies que se encuentran en estos sitios de muestreo son igualmente dominantes o probablemente exista una competencia por la zona. Las zonas CZR1 y CZR2 obtuvieron valores de dominancia baja debido a que se encuentran más de 3 morfo-especies. Por lo tanto, no se está hablando de una dominancia, si no de diversidad de morfo-especies



ÍNDICE DE SHANNON WIENER

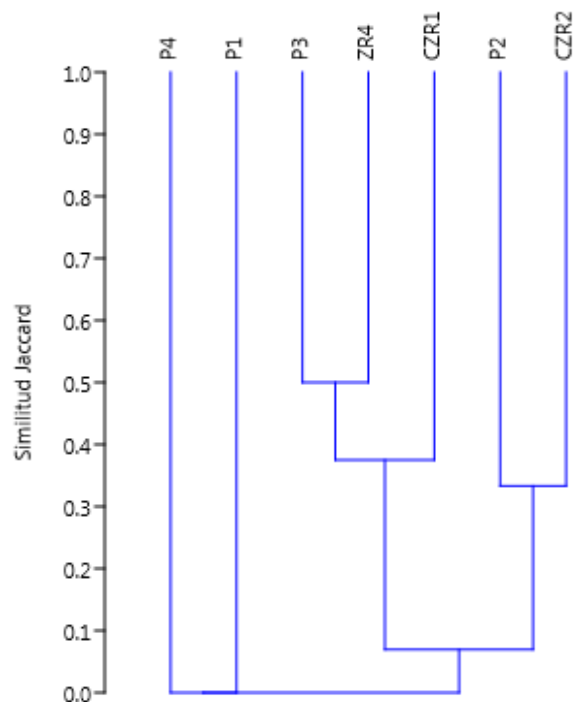


En cuanto a la equidad de las morfo-especies, se evidencia que los sitios P2, P3 y P4 obtuvieron un valor de cero, debido a que solo cuentan con una morfo-especie, por otro lado, los sitios P1, CZR1, CZR2 y ZR4 cuentan con valores que indican alta equidad, ya que hay presencia de más de una morfo-especie y la cantidad de individuos se encuentra de manera proporcional.

ÍNDICE DE JACCARD

El índice de Jaccard demuestra el porcentaje de similitud entre los diferentes sitios de muestreo que se ubican dentro del bosque subandino, en el predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva, donde se realizó la captura de individuos (tabla 5).

Los resultados obtenidos por el índice se dan en intervalo de valores que van desde 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los sitios tienen la misma composición de especies (Aguilar, Renjifo, & Pérez, 2014).



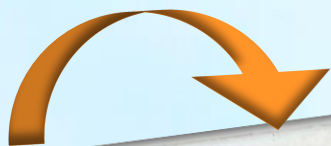


Encontramos que el porcentaje más alto de similitud es del 50%, se presentó entre el punto CZR1 y ZR4 estos sitios tienen en común las morfo-especies *Sturnira sp2* y *Artibeus sp1* y presentan dos morfo-especies diferentes entre sí; también con el mismo porcentaje de similitud se encuentran los puntos ZR4 con P3, tienen en común la morfo-especie *Sturnira sp2* y una morfo-especie diferente. Se registra similitud de 33,33% entre el sitio de muestreo P2 y CZR2 tienen en común la morfo-especie *Sturnira sp1* y dos morfo-especies de diferencia. Se obtuvo similitud del 25% entre P3 con CZR1 al tener en común la morfo-especie *Sturnira sp2* y el mismo porcentaje de similitud entre CZR2 y ZR4 estos sitios tienen en común la morfo-especie *Artibeus sp1* y presentan tres morfo-especies diferentes entre sí. Los puntos CZR2 y CZR1 tienen un porcentaje de similitud del 16,7% con la morfo-especie en común *Artibeus sp1* y se encontró una diferencia de cinco morfo-especies entre estos sitios. Por último, los puntos P2, P3 y P4 presentan una similitud del 0%, por no presentar morfo-especies similares entre ellas.

Tabla 5. Índice de Jaccard en los puntos de muestreo del predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva.

Índice de Jaccard	P1	P2	P3	P4	CZR1	CZR2	ZR4
P1	1	0	0	0	0	0	0
P2		1	0	0	0	0,33	0
P3			1	0	0,25	0	0,50
P4				1	0	0	0
CZR1					1	0,167	0,50
CZR2						1	0,25
ZR4							1





EFFECTIVIDAD DE GERMINACIÓN

C
A
P
Í
T
U
L
O
3

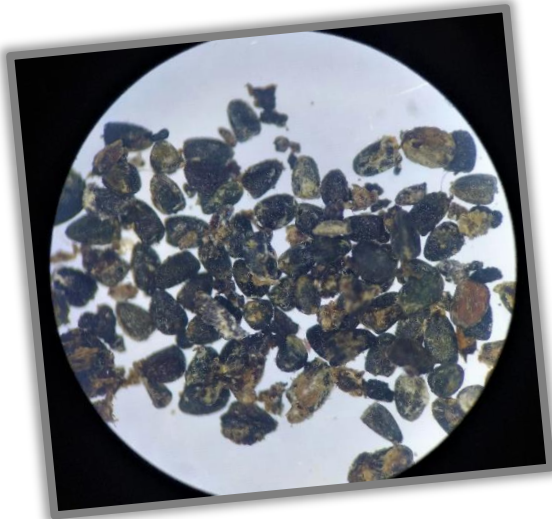
GERMINACIÓN DE SEMILLAS PRODUCTO DE ENDOZOOCORIA

La endozoocoria consiste en el consumo de semillas por animales, que pasan por el tracto digestivo y favorecen su dispersión en la zona, especialmente la endozoocoria

de murciélagos mejora la posibilidad de germinación de la semilla como lo afirman Albrecht, Heer & Kalko (2010); Davidson y colaboradores (2019) donde demuestran que el proceso no deteriora las semillas por el corto tiempo de paso intestinal menor a 30 min, sin afectar negativamente el potencial de germinación; los murciélagos después de consumir frutos de semillas pequeñas junto con la pulpa, defecan en los refugios nocturnos,

diurnos o en otros sitios recorridos durante el vuelo dispersando las semillas lejos de la planta madre y transportándolas a grandes extensiones, característica que varía dependiendo de la especie (Galindo, 1998; Murray et al., 2000 Aguilar, 2004).

El recorrido de las semillas por el tracto digestivo de los murciélagos, implica el contacto de estas con jugos gástricos, que contienen ácido clorhídrico y posiblemente pueden producir la escarificación de las mismas en conjunto con otros agentes de escarificación natural potenciales sobre la testa de las semillas, como el intemperismo y la acción microbiana, contribuyendo al aumento del porcentaje de germinación (Henríquez, Campos, Cona, & Díaz, 2014)





Cuando las plantas se han establecido, propician la restauración ecosistémica (Aguilar & Aréchiga , 2011).



Teixeira (2017) documenta germinación ligeramente mejorada y acelerada después del paso intestinal y Moreno (2011) demostró que las semillas de algunas especies aumentaron su capacidad y velocidad de germinación al ser consumidas por los murciélagos; además se registró que el sitio y la especie consumidora también inciden en la germinación de las semillas, destacando a *Dermanura phaeotis* evidenciando un

efecto positivo en el número de semillas germinadas; adicional, Saldaña y colaboradores (2018) afirman que los murciélagos del género *Artibeus* aumentaron la germinación de semillas de *Cecropia* al igual que el género *Sturnira* positiva con las semillas de *Piper*.

Después de la ingesta de las semillas por murciélagos se reduce la posibilidad de infección por hongos, al remover eficientemente la pulpa y el mesocarpo (Galindo,1998).

En este estudio las semillas sembradas producto de endozoocoria de los murciélagos del género *Sturnira* presuntamente clasificados en las tres morfo-especies, dispuestas en bolsas negras en el vivero del predio La Colonia, no coinciden con los datos anteriores con respecto a la influencia y éxito de germinación, al obtener datos nulos de germinación y presencia de hongos, aunque se pudo observar la germinación de plantas catalogadas como maleza.





Como afirman Albrecht y colaboradores (2010) el material fecal puede servir como fertilizante o acumulador de agua, lo que puede ser beneficioso para la germinación de semillas en condiciones naturales.

Adicional, se observaron brotes de hongos alrededor de las semillas, que por su estructura física se pueden asociar con micorrizas que establecerían un mutualismo donde el hongo micorrícico recibe directamente el azúcar de las plantas y a cambio favorece a las semillas en la retención de agua del sustrato y captan del suelo nutrientes minerales que ceden a la planta, logrando establecer mejores condiciones de germinación y establecimiento de la planta; sin embargo, para su verificación es necesario hacer un estudio exhaustivo del mutualismo que se presenta y las especies de hongos asociadas a dicho mutualismo (Honrubia, 2009). Aunque estas condiciones pueden incrementar el éxito de la germinación, no se realizó la eliminación de la pulpa de fruta de semillas para no alterar la influencia del guano en dichas semillas, aunque según Albrecht y colaboradores (2010) es el primer paso crucial que facilita la germinación de las semillas, ya que previene y limita el crecimiento intensivo de hongos.

Lo que podría explicar el resultado nulo de la germinación en este estudio y resalta la importancia de otros organismos que intervienen en el proceso de descomposición, ausentes en el sustrato donde se sembraron estas muestras al estar aislados del medio natural por las bolsas de siembra donde fueron depositados.



GERMINACIÓN DE SEMILLAS

Retrophyllum rospigliosii



En el predio La Colonia, área de estudio de esta investigación, se realizaron 9 parcelas dentro del sendero de restauración de bosque subandino con vegetación secundaria, donde se sembraron semillas de *Retrophyllum rospigliosii* (pino romerón) por ser considerada una especie sombrilla, clave en procesos de restauración ecológica, realizando siembra directamente en el sustrato del área de estudio en todas las parcelas. Adicional, se añadió guano de murciélagos para determinar su influencia en la germinación y se tuvo en cuenta la presencia de hojarasca para determinar la efectividad de germinación en sombra.

Clasificando las parcelas de la siguiente manera: i) 2 semillas sin guano ni hojarasca (terreno totalmente limpio), ii) 2 con guano sin hojarasca, iii) 1 con guano y hojarasca, iv) 1 con el fruto escarificado manualmente y sembrado con hojarasca v) 1 con semillas nuevas sin pelar, es decir el fruto con toda la carnosidad y vi) 2 con guano y hojarasca.



Quincenalmente se realizaron inspecciones a los tratamientos para observar los cambios en cada parcela con las siguientes variables: a) brote radicular, b) número de radículas por semilla, c) altura de la planta, d) coloración, e) grosor del tallo f) tiempo de germinación (Cueva & Trujillo , 2016).



No obstante, el porcentaje de germinación fue mínimo donde solamente germinó 1 semilla del total de las 43 semillas sembradas dando un porcentaje total de brotes fue del 2,33%.

Resultado que podría explicarse por las características específicas de ésta especie vegetal al germinar de forma epigea y tener un periodo de respuesta germinativa, relativamente lento. Según Cueva, Barrios, Nieto, & Vélez (2010) el ciclo de maduración de la semilla para germinación puede tardar hasta seis meses con un porcentaje de maduración del 70%.

Probablemente posterior al tiempo de la presente investigación la germinación de estas semillas podría producirse, al tenerse en cuenta al momento de la siembra su disposición en la sombra y sustrato con alto contenido de humedad.

En el caso de la hojarasca se obtuvo resultados positivos al encontrar semillas en condiciones ideales de germinación y salud, por lo que se confirma su facilidad de germinación en la sombra, y por la presencia de hojarasca contribuye positivamente a mantener condiciones de humedad.

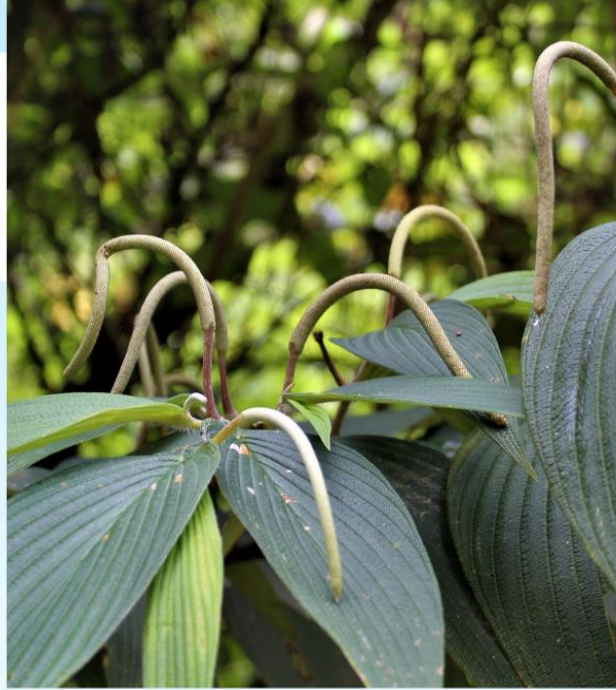
No obstante, la presencia del guano altera las semillas con cambios físicos, como la coloración de tonos amarillentos o cafés en su interior y aumenta su dureza; las semillas con ausencia de hojarasca y presencia de guano, mostraron signos de descomposición, por lo que se infiere que el guano directamente en la semilla la afecta negativamente.





Las semillas que fueron escarificadas manualmente, para extraer la pulpa del fruto, se deformaron completamente, perdiendo humedad y su capacidad germinativa en la totalidad de las muestras; contrario a lo que sucedió con las semillas depositadas con presencia de pulpa en el fruto aún en el momento de la siembra, donde al extraerlas se observaron condiciones ideales de la semilla para el proceso de germinación con ausencia total de la pulpa, como indica Gómez & Lázaro (2007) que en su estudio los frutos de *Retrophyllum rospigliosii* presentaron descomposición rápida, por lo que se infiere que los organismos descomponedores son claves para el proceso de germinación y no alteran las propiedades de estas semillas.





MURCIÉLAGOS EN
RESTAURACIÓN
ECOSISTÉMICA

MURCIÉLAGOS EN ELIMINACIÓN DE BARRERAS ECOLÓGICAS DE DISPERSIÓN



La restauración ecológica es la recuperación de dinámicas naturales tendientes a restablecer los ecosistemas nativos de una región, dirigidas a la recuperación de los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies, de acuerdo a las condiciones actuales en que se encuentra el ecosistema que se va a restaurar (Vargas,2007; Apfelbaum & Chapman, 2014; Garson, 2016; Mc Donald, Dixon, Gann, & Jonson, 2016).

Esta restauración ecológica se divide en dos fases si el ecosistema presenta un alto deterioro de su estado y ha perdido sus mecanismos de regeneración; en la primera fase es necesario asistirlo con intervención humana para superar tensionantes que impiden la regeneración y garantizar el desarrollo de procesos de recuperación; la segunda fase, se refiere a la recuperación de los ecosistemas cuando se eliminan tensionantes en la fase anterior (Vargas, 2007; Vargas, 2011; Mc Donald et al, 2016).

“Logrando a largo plazo sucesión natural en el ecosistema”





Para lograr la sucesión natural del ecosistema es indispensable establecer las barreras ecológicas, ya que estas definen el grado de recuperabilidad del ecosistema. Estas barreras se refieren a la interrupción de las diferentes fases del desarrollo de una planta: dispersión, establecimiento y persistencia. Superar estas barreras es indispensable para que un ecosistema sea autosostenible (Vargas, 2007; Mc Donald et al., 2016).



En primer lugar, para superar estas barreras se deben identificar las interacciones de dispersión de las especies vegetales, tal como los mutualismos entre plantas y animales que son claves para la generación y el mantenimiento de la diversidad (Aroca et al., 2016; García et al., 2019; Velásquez & Murillo, 2019).

Por preferencia en el trópico, las relaciones de dispersión mediante zoocoria entre murciélagos frugívoros y plantas, son de gran influencia en la regeneración de los ecosistemas (Galindo, 1998; García, Ramírez, & Reinoso, 2019).

Debido a la presencia de murciélagos en la mayoría de los ecosistemas y su fácil adaptación a diferentes entornos, incluso a lugares con alto nivel de degradación ecosistémica (Murray et al., 2000; Ríos & Pérez, 2015; Cardona et al., 2016; García, et al., 2019).



Los murciélagos frugívoros, han desarrollado adaptaciones especiales para obtener su alimento, tienen hocicos cortos, mandíbulas fuertes y colmillos largos para arrancar y transportar los frutos (Castaño & Botero, 2004), consumen una elevada cantidad de frutos, mientras están posados en la planta que los produce o los transportan a otra área antes de consumirlos aumentando el rango de dispersión de semillas (Castaño & Botero, 2004; Aroca et al., 2016).

La proporción de consumo de frutos por murciélagos, depende de las estrategias de forrajeo y varía de acuerdo al establecimiento de las plantas, teniendo un mayor o menor impacto en el ecosistema debido a la relación de zoocoria y la cantidad de frutos consumidos (Galindo, 1998; García, Ramírez, & Reinoso, 2019). Según Moreno (2011) los murciélagos sedentarios, consumen un mayor número de especies vegetales de establecimiento primario.



De acuerdo con este estudio respecto al porcentaje de germinación de las dos técnicas con intervención antrópica aplicadas. Los resultados fueron contrarios a la efectividad de germinación y establecimiento de elevadas cantidades de plántulas de *Retrophyllum rospigliosii* asociados a zoocoria por las morfo-especies *Artibeus sp1* y *Artibeus sp3*, de manera natural en la zona de restauración.





Este hallazgo puede estar respaldado por Albrecht y colaboradores (2010) y Galindo (1998) donde los murciélagos frugívoros se consideran dispersores de semillas altamente eficientes, por sus viajes a larga distancia transportando semillas fuera de la planta madre, disminuyendo la probabilidad de ataques por patógenos en las semillas y las plántulas, además los murciélagos frugívoros estarían cumpliendo una función activa constante enriqueciendo el banco de semillas en la zona y continuarán dispersando semillas en caso se realice alguna perturbación en el borde del bosque, considerando la

dispersión llevada a cabo por murciélagos muy eficaz, ya que la tasa de germinación puede aumentar y las semillas pueden ser depositadas a mayor distancia respecto a los otros mamíferos que realizan zoocoria; incluso Moreno (2011) propone a los murciélagos frugívoros como los responsables de la regeneración natural en ambientes con alto grado de perturbación y Castillo, Pavón & Rojas (2015) afirman juntos con varios autores citados en su estudio que la ausencia o poca abundancia de murciélagos en ciertos espacios naturales debe tomarse como indicio del pobre estado de conservación de sus bosques.

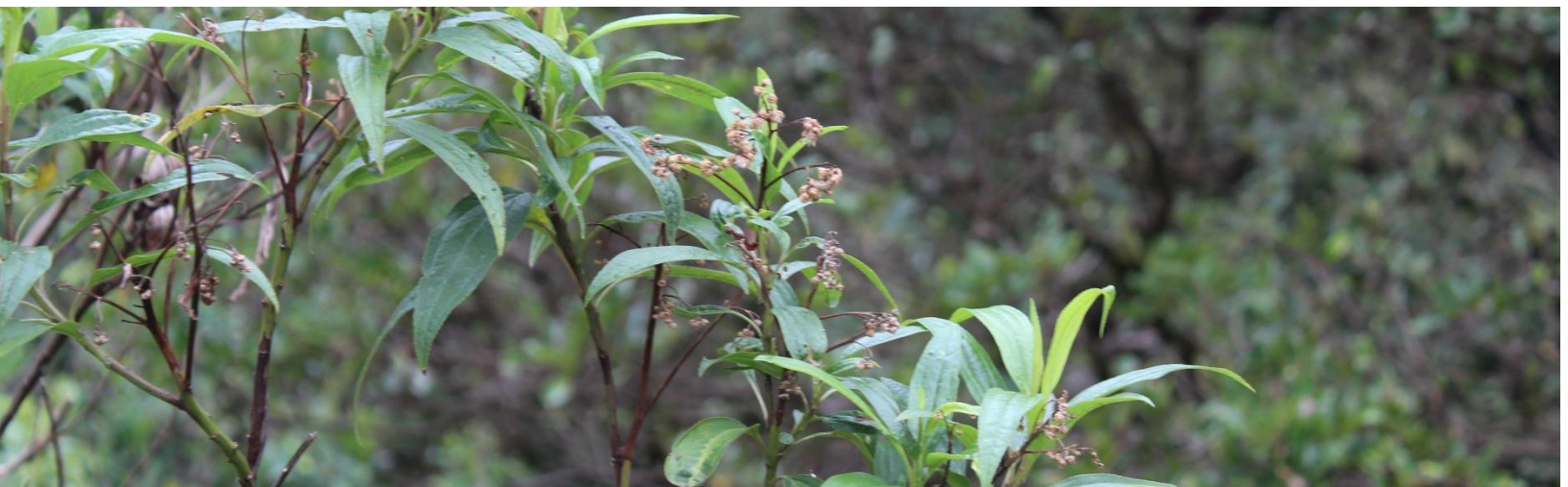




Con esto podríamos inferir que *Artibeus sp1* al registrar la mayor abundancia respecto a las demás morfo-especies y el mayor índice de dispersión, se considera de gran importancia para el transporte y dispersión de semillas, que de manera paulatina estarían aumentando los estratos vegetales, al igual que las tres morfo-especies en orden de importancia en la dispersión *Sturnira sp2*, *Sturnira sp3* y *Sturnira sp1* que se caracterizan por ser excelentes dispersores de semillas pequeñas (Casallas, Calvo & Rojas, 2017; Ramoni, Ruiz, & Muñoz, 2014).



Las morfo-especies de murciélagos *Artibeus sp1*, *Artibeus sp2* y *Sturnira sp2*, son considerados murciélagos generalistas de gran importancia por su capacidad de atravesar áreas abiertas disturbadas y consumir frutos según la disponibilidad (Aguilar, 2004; Casallas et al., 2017; Ramoni, Ruiz, & Muñoz, 2014), lo que concuerda con los datos obtenidos, donde las morfo-especies mencionadas tienen alto grado de tolerancia a zonas perturbadas y abiertas, según Pellón (2019) es ampliamente documentada la función de los murciélagos como importantes dispersores de semillas durante las primeras etapas de la regeneración de los bosques, especialmente con géneros de plantas pioneras como *Piper*, *Solanum*, *Cecropia*, *Vismia*, *Ficus*; y arbustivas principalmente de rápido crecimiento que permitieron la colonización de estas especies al área de estudio.



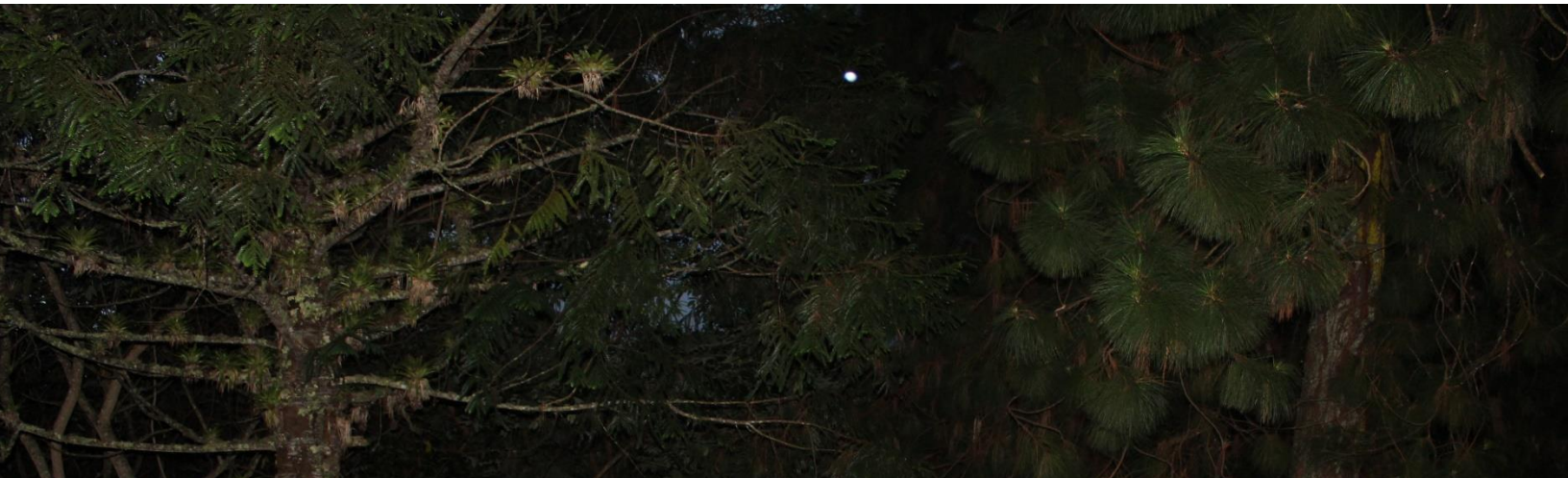


Casallas y colaboradores (2017), resaltan las especies arbustivas como dinamizadoras de la sucesión por su diversidad de semillas, donde los murciélagos

juegan un papel clave para su dispersión, pues los que vuelan sobre áreas abiertas tienen la misma carga de semillas para dispersar que los hallados en el bosque, evidenciando el potencial de regeneración coadyuvado por una comunidad de murciélagos con una estructura diversa en grupos tróficos y especies.



La morfo-especie reportada en este estudio *Artibeus sp2* según García y colaboradores (2019) muestra el mayor potencial como dispersores de semillas, al consumir un porcentaje elevado de la riqueza de plantas registrada, además, consume plantas de estrategias de establecimiento pioneras y persistente, lo que revela la importancia de esta morfo-especie de murciélagos en la diversificación de la lluvia de semillas que se genera en la reserva; al igual que las morfo-especies *Artibeus sp1* y *Artibeus sp3*, que en este estudio registran consumo de *Retrophyllum rospigliosii*, caracterizada por ser especie sombrilla y pionera, de suma importancia en la restauración ecosistémica del bosque subandino.





CONECTIVIDAD DE FRAGMENTOS DE BOSQUE SUBANDINO



C
A
P
Í
T
U
L
O
5

MURCIÉLAGOS EN LA RESTAURACIÓN ECOSISTÉMICA

La conectividad ecosistémica se define como la preservación de la estructura de un paisaje y su continuidad funcional sobre escalas de espacio y tiempo, donde el paisaje fluye y las funciones se mantendrán, garantizando el desplazamiento de las especies entre diferentes unidades ecosistémicas y sus interacciones (Dawson, 1997; (Kettunen, Jones, Terry, & Tucker, 2007; World Wide Fund for Nature-WWF, 2015).

Como se observa en las características del área de estudio, aunque se encontraba incluido en el área declarada como Zona de Reserva Forestal Protectora de la Cuenca Alta del río Las Ceibas, el ecosistema presentaba fragmentación al ser un parche de bosque subandino en medio de zonas abiertas de pastizales producto de afectaciones por la presencia de cultivos en el sector y deforestación del bosque primario en la zona. Sin embargo, al ser integrado al Parque Natural Regional Siberia-Ceibas, se inicia la recuperación de la conectividad y mejora de la estructura y función del ecosistema al unir los fragmentos que anteriormente presentaban perturbación.





Las Zonas de Reserva Forestal Protectora se crean principalmente para la protección de cuencas importantes para ecosistemas y la biodiversidad, el suministro de agua potable para consumo humano, el abastecimiento de agua para sistemas productivos agropecuarios e industriales y la generación de energía eléctrica (Parques nacionales naturales de Colombia , 2015), no obstante, según Duarte y colaboradores (2015) en las zonas de reserva forestal protectoras pueden encontrarse áreas para el aprovechamiento sostenible donde se permiten actividades controladas, agrícolas, ganaderas, mineras, forestales, industriales, bajo un esquema compatible con los objetivos de conservación y zonas de uso público destinados a lograr fines de gestión a través de la educación, recreación, ecoturismo y desarrollo de infraestructura de apoyo a la investigación. Estas Zonas de Reserva Forestal Protectora, aunque son objeto de protección, al permitir actividades antrópicas dificultan el desarrollo de la conectividad de las especies.





Por ende, la consolidación del PNR Siberia-Ceibas en el año 2007, mediante el Acuerdo No. 013 de 2007 (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena- CAM, 2020) que recientemente fue ampliado en junio del año 2020, a un área total de 27.104 hectáreas, fue de suma importancia para la presente investigación, porque la unión de éstas áreas protegidas lograrán conectividad ecosistémica por la consolidación de los fragmentos del bosque subandino, propiciarán un hábitat ideal para las morfo-especies reportadas en estudio que les permitirá efectuar sus mutualismos y mejorar la estructura y funcionalidad ecosistémica, además como se muestra en el siguiente mapa de conectividad, la unión del PNR Siberia- Ceibas y el PNN Cordillera los Picachos será clave en la preservación del recurso hídrico y conservar la zona de transición andino-amazónica donde ocurre mayor movimiento de las especies, en particular las endémicas o que presenten algún grado de amenaza (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena- CAM, 2020).



GLOSARIO

Este Glosario se basa en las obras de Kappelle (2004), Aronson, Durigan, & Brancalion (2011), Garavito & Ramírez (2015).

ADAPTACIÓN: Proceso por el cual un organismo se ajusta a su ambiente biofísico para reproducirse en mayor cantidad y vivir más y mejor. La adaptación de organismos comprende respuestas genéticas a la selección natural.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Nivel dentro de una jerarquía de clasificación. Por ejemplo, la familia, la subfamilia y la subespecie.

CONECTIVIDAD: Capacidad de conexión entre ecosistemas similares en un paisaje fragmentado. Por ejemplo, la conectividad de parches remanentes de bosques fragmentados mediante corredores biológicos.

CONSERVACIÓN: Mantenimiento y recuperación de las poblaciones de especies en su ambiente natural; y en el caso de las especies domesticadas o cultivadas, en el ambiente en el que han desarrollado sus propiedades particulares.

DEGRADACIÓN ECOSISTÉMICA: Modificación del ecosistema, causada por un disturbio natural o antrópico, cuya severidad o frecuencia ultrapasa el umbral a partir del cual la recuperación natural del ecosistema no es posible en un periodo de tiempo razonable, implica alteraciones ambientales severas y reduce la biodiversidad y bienes y servicios ecosistémicos.

DISPERSIÓN DE SEMILLAS: Movimiento de semillas más allá de los individuos. Puede ser realizada por animales (zoocoria), las semillas pueden ser cargadas en el interior (endozoocoria) o en la superficie (exozoocoria) del cuerpo del animal dispersor, tal como se observa en frutos con estructuras que se pegan en el pelaje de mamíferos.

ESPECIE CLAVE: Organismo que tiene importancia particular en una cadena alimentaria, especialmente en el nivel trófico superior, por contribuir más que otras especies a mantener los procesos

y el equilibrio ecológico en un ecosistema.

ESPECIE SOMBRILLA: Especie que cumple funciones generales y que tiene un nivel de redundancia dependiente de su posición en la red, por lo que puede controlar diversas funciones al mismo tiempo sobre varias cadenas alimenticias.

FRAGMENTACIÓN: Interrupción de la continuidad espacial y funcional del hábitat. Resulta de la restricción de flujos biológicos en el paisaje, lo que lleva a poblaciones naturales de especies nativas al aislamiento reproductivo, a la restricción de migración y a mayor vulnerabilidad a disturbios.

HOJARASCA: Material vegetal, hojas, ramas, troncos caído de los árboles que forma una capa en el suelo de los bosques.

INGENIERO ECOSISTÉMICO:

Organismos que controlan directa o indirectamente la disponibilidad de recursos para otros organismos al causar cambios en el estado físico de materiales bióticos o abióticos.

MORFO-ESPECIE: Individuos que son separados y diferenciados de otros afines con base en sus caracteres morfológicos.

MUTUALISMO: Relación entre dos o más especies que beneficia a todas las partes.

PERTURBACIÓN: Evento que desorganiza la estructura de un ecosistema, comunidad o población y cambia los recursos, la disponibilidad del sustrato o el ambiente físico.

RESTAURACIÓN ECOSISTÉMICA: Regreso de un ecosistema o hábitat hacia la estructura original de la comunidad, la composición natural de especies y las funciones naturales.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto contó con el apoyo indispensable de la Corporación Universitaria del Huila-CORHUILA, en especial a las dependencias de Rectoría, Programa de Ingeniería Ambiental y Centro de Investigación coordinado por Harrinso Gutiérrez, quienes creyeron en la consolidación de esta investigación y nos brindaron su apoyo y gestión administrativa y financiera.

Resaltamos la articulación de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y de la seccional Proyecto Cuenca Río Las Ceibas, dirigido por el ingeniero Javier Cardoso Gutiérrez quien nos apoyó con el préstamo de equipo de campo, indispensable para el desarrollo del proyecto y agradecemos su gestión en la logística en el centro de estudios de bosque subandino, en conjunto con Ancizar Gonzales y Leidy Liliana Huérfano.

A los biólogos especialistas en quirópteros Alexander Males Muñoz y Luis Camilo Ramos Madera, les agradecemos infinitamente por su asesoría y contribución en la clasificación taxonómica de los murciélagos y aportes en el desarrollo de esta investigación. A los profesores Paula Martínez Silva por su apoyo en el manejo de muestras en laboratorio y Santiago Gutiérrez quién nos proporcionó el acercamiento inicial al predio la Colonia.

Por último, agradecemos especialmente a los murcis, sin ellos nada de esto habría sido posible.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar , Á., & Aréchiga , N. (2011). Los murciélagos: ¿heroes o villanos? *Ciencia*, 76-83.
- Aguilar. (2004). *Dispersión de semillas por murciélagos en cuatro estados sucesionales de una localidad subandina*. Pontificia Universidad Javeriana , Bogotá D.C.
- Aguilar, M., Renjifo , L., & Pérez, J. (2014). Dispersión de semillas por murciélagos a través de cuatro estados sucesionales de un paisaje subandino. *Biota Colombiana* , 87-101.
- Albrecht , L., Heer , K., & Kalko , E. (2010). Effects of ingestion by neotropical bats on germination parameters of native free-standing and strangler Wgs (Ficus sp., Moraceae). *Oecologia*, 163, 425-435.
- Apfelbaum, S., & Chapman, A. (2014). Ecological Restoration: A practical approach. 1-27.
- Aroca , A., Gonzáles , L. Á., Hurtado, M. A., & Murillo, O. (2016). Preferencia en la dieta de murciélagos frugívoros (phyllostomidae) en un fragmento de bosque seco tropical. *Revista de Ciencias (Universidad del Valle)*, 139-149.
- Aronson, J., Durigan, G., & Brancalion , P. (2011). *Conceitos e Definições correlatos à Ciência e à Prática da Restauração Ecológica* (Vol. 44). Sao Pablo, Brazil: IF Série Registros.
- Becerra, M., Cabrera, E., González, J., Galindo, G., Cubillos, Á., Chadid, M. A., . . . Yepes , A. (2017). *Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques*. Ministerio de medio ambiente, IDEAM.
- Borbón , R. A., Hoyos , A., Cortés, E., Aldana , C., Vega, E., & Soraya , L. (2007). *Caracterización, delimitación, zonificación y formulación del plan de manejo para la declaratoria de la siberia como área natural protegida*. Bogotá.
- Buitrago, J. A., & López, L. G. (2015). Síndromes de dispersión de diásporas de las especies arbustivo y arbóreas de tres tipos de coberturas del Parque Natural Quininí, municipio de Tibacuy, Cundinamarca, Colombia. *Biodiversidad Neotropical*, 5(1), 7-15.
- Burgin, C., Colella, J., Kahn, P., & Upham, N. (2018). How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99(1), 1-14.
- Camargo , N. A., Gil , P. A., & Morales , M. E. (2019). Vegetación de un bosque subandino en Bolivar, Santander-Colombia. *Biología Tropical*, 989-998.
- Cardona, D., Castaño, J., & Botero , J. (2016). Distribución andina de murciélagos en fragmentos de bosque premontano de la cuenca media del río Cauca, Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 371-387.

- Casallas Pabón, D., Calvo Roa, N., & Rojas Robles, R. (2017). Murciélagos dispersores de semillas en gradientes sucesionales de la Orinoquia (San Martín, Meta, Colombia). *Acta biológica colombiana*, 348-358.
- Castaño, J., & Botero, J. (2004). Muerciélagos de la zona cafetera colombiana. *Avances Técnicos: Cenicafé*.
- Castillo, J., Pavón, N., & Rojas, A. (2015). Effects of seed ingestion by the lesser long-nosed bat *Leptonycteris yerbabuenae* on the germination of the giant cactus *Isolateocereus dumrtieri*. *The southwestern naturalist*, 60(1), 85-89.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena- CAM. (2020). *Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)*. Obtenido de <https://www.cam.gov.co>
- Cueva, N., & Trujillo, E. (2016). *Biología reproductiva Pino Romerón*. Bogotá.
- Cueva, N., Barrios, A., Nieto, V., & Velez, D. (2010). *Pino Romerón: Retrophyllum rospigliosii [Pilger] C.C Page, especie nativa potencial para la restauración en zonas altoandinas*. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Colegio integrado nacional oriente de Caldas (CINOC), Bogotá D.C.
- Davidson, A., Fleming, T., Gary, M., Gómez, E., Lacher, T., Owen, N., . . . Vander, S. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942-964.
- Dawson, R. (1997). Landscape Ecology and Connectivity Part 4 of 7. En *Biodiversity Management Concepts in Landscape Ecology*. Ministry of Forests Research Program of British Columbia.
- Dietz, C., & Von Helversen, O. (2005). *Claves de Identificación Ilustradas de los Murciélagos de Europa*. Tuebingen & Erlangen (Alemania).
- Duarte, E., Laina, A., López, C., Martínez, H., Ocampo, D., & Salazar, A. (2015). *Cartilla de áreas protegidas en Colombia*. Putumayo.
- Etter, A., Amaya, P., Andrade, A., Arévalo, P., & Saavedra, K. (2017). *Estado de los ecosistemas colombianos 2017, una aplicación de la metodología de Lista Roja de Ecosistemas*. Informe final, Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional-Colombia, Bogotá D.C.
- Fontal, Y., Barrera, A., Ospina, N., García, A., Zuluaga, M., & Ramirez, D. (2018). Caracterización de la vegetación en la reserva natural de la sociedad civil, La Hondonada, municipio de Yotoco-Valle. *Revista de ciencias*, 22(2).
- Galindo, J. (1998). Dispersión de semilloas por murciélagos: Su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta zoologica Mexicana (nueva serie)*, 73, 57-74.
- Garavito, M., & Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- García, L. V., Ramírez, L. A., & Reinoso, G. (2019). Consumo de plantas pioneras por murciélagos frugívoros en un fragmento de bosque seco tropical (Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 10(2), 33-41.

- Garson, J. (2016). Ecological Restoration and Biodiversity Conservation. En G. Justin, P. Anya, & S. Sarkar, *The Routledge Handbook of Philosophy of Biodiversity* (Vol. 1, págs. 236-336). London.
- Gómez, M., & Lázaro, J. (2007). *Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque andino*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA, Boletín Técnico Biodiversidad.
- Henríquez, E., Campos, C., Cona, M., & Díaz, G. (2014). Dispersión endozoocórica por *Lepus europaeus* (Lagomorpha, Leporidae) en el ecotono monte-patagonia, Argentina. *Mastozoología Neotropical*.
- Honrubia, M. (2009). Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 66(1), 133-144.
- Kettunen, M., Jones, A., Terry, A., & Tucker, G. (2007). Guidance on the maintenance of landscape connectivity features of major importance for wild flora and fauna. En *Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC)* (pág. 114). Brussels: Institute for European Environmental Policy (IEEP).
- Mancina, C. (2011). Introducción a los murciélagos. En R. Borroto, & C. Mancina (Edits.), *Mamíferos en Cuba* (págs. 123-133).
- Mc Donald, T., Dixon, K., Gann, G., & Jonson, J. (2016). *International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts*. Society for Ecological Restoration, Washington D.C.
- Moreno, E. (2011). *Papel de los murciélagos frugívoros como dispersores de semillas en la reserva forestal natural de Yotoco, municipio de Yotoco, Colombia*. Universidad nacional de Colombia, Bogotá.
- Mullu, D. (2016). A Review on the Effect of Habitat Fragmentation on Ecosystem. *Journal of natural sciences research*, 6.
- Murray, G., Bronstein, J., & Kinsman, S. (2000). Interacciones planta animal. En N. Wheelwright, & N. Nadkarni, *Monteverde: Ecología y conservación de un bosque nuboso tropical* (págs. 376-470). New York: Oxford University Press.
- Ojeda, D., Alarcón, J., Barbosa, C., Cardona, M., Barrera, C., Castañeda, J., . . . Pinto, J. (Agosto de 2001). Ecosistemas. (P. Leyva, Ed.) *El medio ambiente en Colombia*(2), 279-346.
- Parques nacionales naturales de Colombia . (2015). *Áreas protegidas territorios para la vida, Tomo 1 Áreas protegidas para el desarrollo*. II Congreso Colombiano de áreas protegidas, Bogotá.
- Peh, K., Foster, W., Luke, S., Turner, E., & Yangchen, L. (2014). Forest fragmentation and ecosystem function. En C. Kettle, & L. Koh (Edits.), *Global Forest Fragmentation* (págs. 96-114). CABI.
- Pellón, J. (2019). *Relaciones tróficas del ensamblaje de murciélagos frugívoros en el bosque secundario del Fundo Santa Teresa, Satipo-Perú*. Tesis de pregrado, Lima.
- Ramoni, P., Ruiz, D., & Muñoz, M. (2014). Some considerations on the conservation

- status of the giant fruit eating bat, *Artibeus amplus*. *Interciencia*, 254-356.
- Ríos , M. C., & Pérez, J. (2015). Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un bosque seco tropical (Colombia). *Mastozoología Neotropical*.
- Rivera, M., García, K., & Franco, L. (2018). Diagnóstico, manejo y mitigación de los impactos ambientales y sociales en el remanente de bosque subandino El Espejo en la Universidad de Ibagué. *Indagare*, 6, 52-55.
- Rodríguez , A. R., Beltrán , H., & Moreno , A. (2017). Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana*, 42-71.
- Rodriguez , M. (2010). Bats from a forest in the Central Andes of Colombia with notes on their taxonomy and distribution. *Caldasia*, 32(1), 205-210.
- Rodríguez, N., Morales , M., Armenteras, D., & Romero , M. (2006). Ecosistemas de los Andes Colombianos.
- Rudas, G., Armenteras, D., Delgado, L., Rodríguez, N., Marcelo, D., Morales, M., & Sarmiento, A. (2007). *Biodiversidad y actividad humana: Relaciones en ecosistemas de bosque subandino en colombia*. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C, Colombia.
- Saldaña, R., Castaño, J., Baldwin, J., & Pérez, J. (2018). Does seed ingestion by bats increase germination?: a new meta-analysis 15 years later. *Mammal Review*, 1-21.
- Santos , T., & Tellería, J. (Septiembre de 2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Asociación Española de Ecología Terrestre*, 15(2), 3-12.
- Solano , C. C., & Mercado , J. D. (2018). Análisis de la lluvia de polen en fragmento de bosque subandino en Colombia. *Rodriguésia*, 1-15.
- Solano, C. (2006). *Reserva Biológica Cachalú: 10 años de investigación en bosques de roble*. En C. Solano & N. Vargas (Eds.). Fundación Natural-Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C: Memorias del I Simposio Internacional de Roble y Ecosistemas Asociados.
- Solari, S., Sotero, C., & Baker, R. (2019). Advances in systematics of bats: towards a consensus on species delimitation and classifications through integrative taxonomy. *Journals of mammalogy*, 100(3), 838-851.
- Teixeira, J. (2017). *Tropical forest fragmentation: effects on the spatio-temporal dynamics of its bat communities*. Tesis doctoral, Lisboa.
- Vargas, O. (2007). Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque Altoandino. (G. d. Ecológica, Ed.)
- Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Velásquez , T., & Murillo , O. (2019). Influence of bat morphology on structural properties of a plant- frugivore network. *Mastozoología Neotropical*, 440-451.
- Velásquez, J. O., Maniguaje, N. L., & Duque, J. Á. (Junio de 2012). Diversidad y dinámica de un bosque subandino de altitud en la

región norte de los Andes colombianos. *Revista Biológica Tropical*, 60(2), 943-952.

Voigt, C., & Kingston, T. (2015). Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World. En *Bats in the Anthropocene*: (págs. 1-9). Springer International Publishing.

World Wide Fund for Nature-WWF. (2015). Conectividad ecológica: importancia, situación en España y criterios para identificar redes ecológicas. *Buenas prácticas para la definición de redes ecológicas en España*.