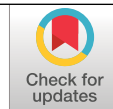


VISITANTES FLORALES DE *Ochroma pyramidale* EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ Y COBERTURA NATURAL EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Rocío Espinosa Aldana *, Zulma Nancy Gil Palacio **, Pablo Benavides Machado **

Espinosa A., R., Gil P., Z.N., & Benavides M., P. (2022). Visitantes florales de *Ochroma pyramidale* en sistemas agroforestales con café y cobertura natural en el departamento de Santander. *Revista Cenicafé*, 73(2), e73207. <https://doi.org/10.38141/10778/73207>



Ochroma pyramidale (balso negro) es una especie nativa de importancia ecológica y económica en Colombia, empleada en sistemas agroforestales, de la cual se desconoce su aporte a la biodiversidad y quiénes visitan sus flores en diferentes coberturas; por esto se evaluó la riqueza y abundancia de visitantes florales del balso en sistemas agroforestales y cobertura natural en el departamento de Santander, mediante grabaciones diurnas y nocturnas, a 414 flores, para registrar visitantes y sus interacciones; además se recolectaron 533 flores del suelo para identificar y cuantificar los individuos encontrados en su interior. Se muestrearon dos cafetales con sombra, cerca y lejos de fragmentos de bosque y un fragmento de bosque con cobertura natural. Se registraron 18 especies de aves, 15 géneros y seis familias; siete géneros de mamíferos de tres órdenes; siete órdenes de insectos y uno Araneae, distribuidos en 33 familias. El cafetal con sombra presentó mayor abundancia y riqueza de aves y mamíferos, la cual aumenta cuando hay mayor presencia de vegetación natural. El 44,3% de las flores del suelo no tenían individuos en el interior; el promedio de individuos muertos por flor fue de $3,3 \pm 0,2$, en donde la presencia de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) fue de $1,7 \pm 0,1$, siendo más alto en el cafetal con sombra lejos de fragmentos con $4,3 \pm 0,3$. Los mamíferos presentaron mayor proporción de visitas legítimas a la flor (contacto con las estructuras internas), con 86,9%, con respecto al total de las visitas de este grupo. El balso es un recurso alimenticio para diversos organismos, pudiendo ser los mamíferos el grupo más eficiente como polinizadores por la cantidad de visitas legítimas a la flor. Adicionalmente, la mortalidad de insectos en el balso en el cafetal con sombra lejos de fragmentos podría indicar un posible desbalance ecológico determinado por características específicas del paisaje.

Palabras clave: *Apis mellifera*, balso negro, biodiversidad, *Coffea arabica*, conservación, estudio multi-taxa, especies nativas, paisaje, Cenicafé, Colombia.

FLOWER VISITORS OF *Ochroma pyramidale* IN AGROFORESTRY SYSTEMS WITH COFFEE AND NATURAL COVER IN THE DEPARTMENT OF SANTANDER

Ochroma pyramidale (balsa tree) is a native species of ecological and economic importance in Colombia, used in agroforestry systems; its contribution to biodiversity and to visitors of its flowers in different covers is unknown. For this reason, the richness and abundance of balsa flower visitors and their interactions in agroforestry systems and natural coverage in the department of Santander were evaluated through day and night recordings in 414 flowers. In addition, 533 flowers were collected from the ground to identify and quantify the individuals found inside. Two shaded coffee plantations were sampled, near and far from forest fragments and a forest fragment with natural cover. Eighteen bird species, 15 genera and 6 families were recorded; 7 genera of mammals of 3 orders; 7 orders of insects and one Araneae, distributed in 33 families. The shaded coffee plantation had greater abundance and richness of birds and mammals, which increases when there is a greater presence of natural vegetation. There were no individuals inside 44.3% of the soil flowers; the average of individuals killed by flowers was 3.3 ± 0.2 , the presence of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) was 1.7 ± 0.1 , it was higher in the shaded coffee plantation away from fragments with 4.3 ± 0.3 . Mammals had a higher proportion of legitimate visits to the flower (contact with internal structures), with 86.9%, compared to the total visits of this group. Balsa is a food resource for various organisms, being mammals may be the most efficient group as pollinators because of the number of legitimate visits to the flower. Additionally, the mortality of insects in the balsa tree in coffee plantations with shade away from fragments could indicate a possible ecological imbalance determined by specific characteristics of the landscape.

Keywords: *Apis mellifera*, black balsa, biodiversity, *Coffea arabica*, conservation, multi-taxa study, native species, landscape, Cenicafé, Colombia.

* Médica Veterinaria y Zootecnista, M.Sc. Ciencias Biológicas Universidad de Caldas. <https://orcid.org/0000-0002-2665-7188>

** Investigador Científico II e Investigador Científico III, respectivamente. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-7013-1231> y <https://orcid.org/0000-0003-2227-4232>



Las especies nativas vegetales han sido empleadas en sistemas agroforestales y fomentadas por las certificaciones ambientales por su contribución a la conservación de la biodiversidad, con beneficios demostrados en diversos estudios (Perfecto et al., 1996; Moguel & Toledo, 1999; Perfecto et al., 2003; Rainforest Alliance, 2017; Smithsonian Migratory Bird Center, 2017). El uso de estas especies bajo criterios productivos y de conservación, busca en general, que la estructura y composición de los cafetales se asemejen a los bosques naturales y que las especies seleccionadas no compitan con el cultivo. Sin embargo, para muchas de estas especies las relaciones ecológicas y el valor real de su aporte a la conservación de la biodiversidad han sido poco estudiados (Perfecto et al., 1996; Smithsonian Migratory Bird Center, 2017).

Ochroma pyramidale es una especie pionera de la familia Bombacaceae que alcanza hasta los 30 m de altura, con una distribución en Colombia en las regiones del Bajo Calima, Huila, Magdalena Medio, Nariño, Tolima, Urabá y Valle del Cauca (Conabio, 2012; Francis et al., 2000; López Camacho & Montero González, 2005). Se considera un género monotípico a pesar de su amplia distribución y cierto grado de variación morfológica entre regiones (Francis et al., 2000; Conabio, 2012).

Varios autores describen que la especie presenta flores con síndrome quiropterofilia (Janson *et al.*, 1981; Mora et al., 1999; Francis et al., 2000). Este síndrome se presenta principalmente en el trópico y se caracteriza entre otros, por apertura nocturna, flores blanquecinas y producción de abundante néctar diluido, dominado por glucosa (Amaya-Márquez, 2016), el cual alcanza un volumen entre los 10 y 25 mL por flor, las cuales pueden permanecer en el árbol de 1 a 2 días (López Camacho & Montero González, 2005; Brighenti & Brighenti 2010; Kays et al., 2012).

Esta especie es reconocida por su uso potencial en agroforestería (Rivera-Posada & Gómez 1992; Farfán, 2012); en Mesoamérica se ha identificado como una especie que en cafetales puede contribuir a mejorar la oferta de alimento para las abejas en época de baja floración de otras especies botánicas (Arce et al., 2001). Sin embargo, información sin soporte científico y derivada de observaciones, fue publicada por medios de comunicación donde alarmaron a la comunidad en general sobre la mortalidad de abejas en flores del balso en el departamento de Santander y propusieron que esta especie no es apta para su uso como sombrero; en dichos medios se sugirió que el balso podría estar extinguiendo y comprometiendo a poblaciones de abejas e incluso otros visitantes florales como colibríes (Clavijo Figueroa, 2014; RCN Radio 2014; Unimedios, 2014; Vanguardia, 2014).

La relación entre el balso y los visitantes florales es un tema poco documentado y solo se tiene información parcial en países como Brasil, Costa Rica y Panamá. No hay muchos estudios especializados y ninguno realizado en sistemas agroforestales. Se conoce por un estudio en el bosque tropical de Barro Colorado (Panamá), que la flor de esta especie es visitada por al menos 22 especies de vertebrados, entre los cuales se encuentran 13 especies de aves diurnas y nueve de mamíferos diurnos y nocturnos, además de insectos y una especie de serpiente (Kays et al., 2012). Otros visitantes han sido identificados por observaciones adicionales, como el caso del *Nasua nasua* (coati) (Mora et al., 1999), un murciélago de la especie *Monophyllus redmani*, que fue encontrado con restos de polen en los bosques de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario” en Cuba (Mancina et al., 2002), y el murciélago *Phyllostomus hastatus* se registró forrajeando en grupos grandes cuando se alimentaban de recursos concentrados de las flores del balso (Wilkinson & Boughman, 1998).

Con respecto a otros grupos, Brighenti & Brighenti (2010) encontraron 949 insectos en 40 flores de balsa entre los cuales se identificaron individuos de Hymenoptera (98,1%), Hemiptera (0,95%), Coleoptera (0,74%) y Diptera (0,21%), y en donde la mayoría de los himenópteros eran abejas de los géneros *Partamona*, *Trigona* y *Apis*. Este estudio evaluó flores de balsa en el campus de la universidad de la ciudad de Lavras, localizada al Suroeste de Brasil, en un paisaje urbano densamente poblado.

A pesar del potencial que tiene el balsa negro como sistema agroforestal, se desconoce su contribución en el sostenimiento de la diversidad de visitantes florales y cómo el paisaje puede modular este aporte. Es por esto, que este estudio, de tipo exploratorio-descriptivo, pretende contribuir con información básica sobre la riqueza y abundancia de los visitantes florales del balsa y documentar su actividad en áreas del departamento de Santander donde el balsa se ha implementado como sombrío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se seleccionaron dos paisajes contrastantes en áreas donde el balsa negro se implementó como sombrío en cafetales en el departamento de Santander, en los municipios de Aratoca y Simacota. El paisaje uno se localizó en Simacota y se caracterizó por tener fragmentos de bosques contiguos, presencia de áreas de rastrojos altos y cañadas con vegetación ribereña; esta zona se encuentra aledaña a un área de importancia para la conservación como lo es el Parque Nacional Natural (PNN) Serranía de Yariquíes, considerado el remanente de bosque primario más grande sobre la vertiente Occidental de la cordillera Oriental (Moreno & Tinjacá, 2018). En este paisaje se seleccionaron

tres sitios con presencia de balsa negro, que correspondieron a: i) CNCF: cobertura natural cercano a fragmentos de bosque, ii) CSCF: café con sombra cercano a fragmentos de bosque, iii) CSAF: café con sombra aledaña a fragmento de bosque (Figura 1).

El segundo paisaje se seleccionó en Aratoca, una zona montañosa, caracterizada por tener suelos erosionados, con pocos remanentes de vegetación y donde los cafetales con sombra han ampliado la cobertura boscosa debido a árboles asociados al cultivo (Guhl, 2009). La distancia entre los paisajes es de 40 km aproximadamente. En este paisaje solo se seleccionó el sitio iv) CSLF: café con sombra lejos de fragmentos de bosque, ya que no se encontró cobertura natural con presencia de balsa (Figura 1).

En total se evaluaron cuatro sitios en dos paisajes, en donde en el CSAF no se aplicaron todas las metodologías para toma de datos, se seleccionó para analizar sólo la información de mortalidad de insectos en las flores y compararla con los otros sitios de muestreo.

i) CNCF. Fragmento de bosque de aproximadamente 14 hectáreas entre los 1400 y 1500 m.s.n.m, en la vereda La Montuosa del municipio de Simacota, en una zona con presencia de otros fragmentos de bosque, a 2,5 km del límite del PNN Serranía de Yariquíes en la vertiente Occidental.

ii) CSCF. Cafetal de aproximadamente 1,8 ha entre los 1.366 y 1.426 m.s.n.m, en la vereda Santana de Flores, municipio de Simacota, a 4,2 km del límite del PNN Serranía de Yariquíes y a 1,0 km del sitio CNCF. Cuenta con un sombrío diverso, con varias especies nativas de porte alto, además del balsa negro y arbustos de pequeño porte dentro de las calles del cafetal y presencia de herbáceas.

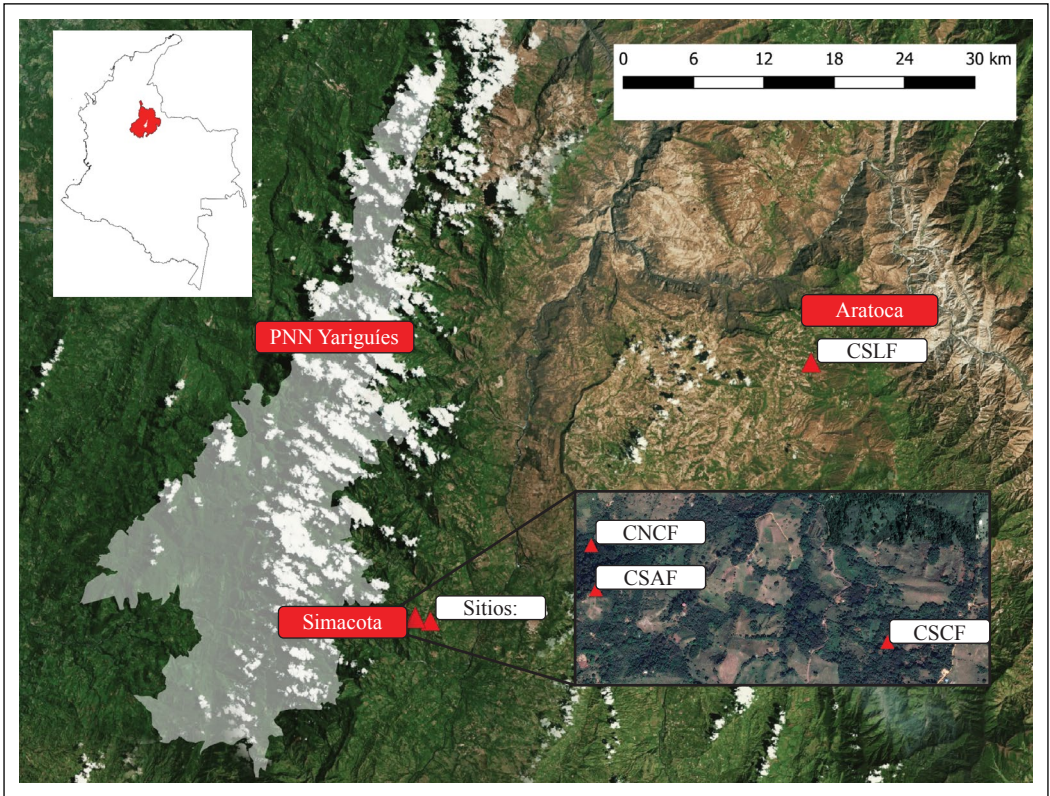


Figura 1. Localización de los sitios de estudio: CNCF (cobertura natural cerca de fragmentos), CSCF (café con sombra cerca de fragmentos), CSAF (café con sombra alejado a fragmento) y CSLF (café con sombra lejos de fragmentos).

iii) CSAF. Cafetal con un área aproximada de 1,0 ha, alejado a fragmento de bosque, ubicado a 1.500 m.s.n.m, en la vereda Montuosa del municipio de Simacota. Colinda con el sitio **CNCF**, presenta sombrío diverso predominado por balso y plantas herbáceas en su interior.

iv) CSLF. Cafetal con un área estimada de 10,4 ha ubicado en la vereda Cantabarra, municipio de Aratoca, a una altitud de 1.775 m. Se trata de un cafetal tecnificado con sombrío de balso negro y carbonero; presenta manejo excesivo de arvenses, sin presencia de plantas herbáceas en las calles del cafetal.

Metodología

En los sitios **CNCF**, **CSCF** y **CSLF** se realizaron grabaciones diurnas y nocturnas a las flores del balso y se registró el comportamiento de los visitantes del grupo de las aves y de los mamíferos. Adicionalmente, se identificaron y cuantificaron los insectos muertos en flores recolectadas del suelo. La información se recolectó durante dos muestreos, el primero en febrero de 2017 y el segundo en diciembre del mismo año, época reportada como pico de floración del balso.

Grabaciones. Para evaluar la riqueza y abundancia de los visitantes florales, se realizaron grabaciones diurnas y nocturnas de flores de balso que estuvieran totalmente abiertas y frescas, esto se hizo durante tres jornadas diurnas y tres nocturnas. Para cada jornada, se seleccionaron flores dispersas en el sitio, que estuvieran a una altura entre 10 y 20 m del observador y que pertenecieran a árboles distintos. Las grabaciones se realizaron en tres períodos de tiempo: diurna de 7:00-9:00, 11:00-13:00 y de 15:00-17:00 horas y nocturna de 19:00-21:00, 23:00-1:00 y de 3:00-5:00 horas. Se buscó grabar seis flores para cada período de tiempo, cada una durante 30 minutos. En total se evaluaron 414 flores durante 207 horas de grabación. En los sitios con cobertura natural cerca de fragmentos y café con sombra lejos de fragmentos se evaluó la misma cantidad de flores (142 en cada sitio, 71 diurnas y 71 nocturnas) y para el sitio café con sombra cerca de fragmentos se evaluaron 130 flores (67 diurnas y 63 nocturnas).

Para las grabaciones diurnas se utilizaron cámaras Nikon coolpix P510 (42x) y Canon powershot (30x), para las grabaciones nocturnas se utilizaron dos monoculares Bushnell equinox night visión (6x). Cuando se presentó lluvia se suspendió la grabación. Además, se realizaron observaciones con binoculares y monoculares con el fin de ampliar la información recolectada en los videos.

La identificación de los mamíferos del orden Chiroptera se realizó a partir de los caracteres observados en los videos por medio de fotogramas de los registros. De esta forma, se documentaron las características de los individuos y se revisaron las grabaciones con un experto en taxonomía de este grupo. Para cada individuo se tuvo en cuenta el perfil del rostro, tamaño con respecto a la flor, comportamiento del individuo y presencia/ausencia de uropatagio con sus características;

también se consideraron las áreas de distribución de las especies (Wilson & Reeder, 2005; Solari et al., 2013).

Las aves se identificaron en las grabaciones a partir de experiencia en el campo y con apoyo de las guías de identificación de Restall et al. (2006) y Ayerbe-Quiñones (2018). Los insectos solo se identificaron hasta clase, dada la complejidad de este grupo y de la calidad de las imágenes en las grabaciones. Para cada uno de los sitios evaluados se midieron las variables riqueza de categorías taxonómicas y abundancia (número de individuos por categoría), como variables de interés.

Identificación y cuantificación de insectos muertos en las flores de balso negro recolectadas del suelo.

Se recolectaron flores frescas del suelo en los cuatro sitios seleccionados con el fin de verificar insectos muertos en su interior; esto se hizo de forma no sistemática a partir de recorridos en cada sitio y se realizó al final de cada día de muestreo. En total se recolectaron 533 flores: 105 en CNCF, 207 en CSCF, 153 flores en CSLF, y 68 flores en CSAF. En el campo, se realizó una pre-selección y conteo de los individuos muertos por flor y se identificaron y cuantificaron los correspondientes a *A. mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). También se registraron las marcas en las flores como perforaciones y rasgaduras, de las cuales se tomaron fotografías y cuando fue posible, se estableció si procedían de mamíferos. Los insectos presentes en cada una de las flores se depositaron en viales con etanol al 76% y se rotularon los grupos pre-seleccionados para cada sitio, con el fin de realizar la identificación taxonómica a nivel de orden y familia, la cual se realizó por comparación con los ejemplares depositados en el Museo Entomológico Marcial Benavides Gómez de Cenicafé (MEMB)- Manzales Colombia, y con base en las claves de Johnson & Triplehorn

(2004), usando un estereomicroscopio SMZ1500 marca Nikon. Las abejas se identificaron hasta género o especie con las claves de Michener (2000) y Silveira et al. (2002). Para cada sitio se cuantificó el número de individuos muertos para cada una de las categorías taxonómicas hasta donde fue posible realizar la identificación (orden, familia, género y especie).

Análisis de la información

Grabaciones. Se consideró como visita floral, cuando el organismo presentó contacto con alguna estructura de la flor, independiente si estaba en contacto con el polen o del número de interacciones que tenían; esto teniendo en cuenta que no se estaba evaluado su capacidad de polinización y que además un mismo individuo podía acceder varias veces a la misma flor. Se analizaron las visitas florales para establecer si existían diferencias entre los sitios evaluados. Como información adicional, se especificó el tipo de interacción del visitante con la flor, con el fin de obtener datos del comportamiento. Se estableció como “visitas legítimas”, aquellas donde había contacto con las estructuras internas de la flor y visitas de “robo” donde solo había contacto con la parte externa de la flor.

Para cada taxón y jornada de grabación, se determinó la proporción de flores sin visitas en cada sitio evaluado. Con las flores donde se registraron visitas, tanto para la jornada diurna como para la nocturna, se estimó el número medio de visitas por flor, la proporción de visitas de robo y la proporción de visitas legítimas, con su respectivo error estándar. Además, para cada taxón se aplicó un análisis de varianza de una vía y la prueba de Duncan para la comparación de los promedios de estas variables entre sitios.

Flores recolectadas del suelo. Por sitio se determinó la proporción de flores encontradas

sin individuos muertos. Con el total de las flores recolectadas, se estimó el promedio de individuos muertos por flor y el promedio de individuos muertos de *A. mellifera*, con su respectivo error estándar y a partir de un análisis de varianza de una vía, se aplicó la prueba de Duncan en la comparación de los promedios de estas variables entre sitios. Adicionalmente, se establecieron seis categorías de acuerdo con la totalidad de las flores recolectadas y el número máximo de individuos encontrados en cada flor, así: de 0 a 4; de 5 a 8; de 9 a 12; de 13 a 16; de 17 a 20 y de 21 a 24 individuos muertos por flor.

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de los visitantes florales del balso negro

Se evaluaron 414 flores, de las cuales 164 fueron visitadas por insectos diurnos y 120 por nocturnos, 83 por aves y 47 por mamíferos. En éstas se registraron 8.207 visitas, 7.603 fueron diurnas (92,6%) y 604 nocturnas (7,4%). Del total de las visitas 3,9% pertenecieron a aves, 2,6% a mamíferos y 93,2% a insectos; solo el último grupo se registró tanto en las jornadas diurnas como nocturnas. De las flores que presentaron visitas solo se encontraron diferencias para la jornada nocturna en el grupo de los insectos, donde el promedio de visitas por flor fue mayor en el café con sombra cerca de fragmentos (Tabla 1).

Insectos. Se identificaron 7.664 visitas realizadas por insectos, las cuales oscilaron entre 1.590 y 913 en la jornada diurna y entre 99 y 27 en la jornada nocturna. Debido a la complejidad taxonómica y tamaño solo fue posible la identificación hasta clase, a pesar de esto, en las grabaciones se observaron individuos de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera (Apidae, Vespidae y Formicidae), Lepidoptera y Orthoptera. El grupo de los

Tabla 1. Para las jornadas diurnas y nocturnas, promedio de visitas por flor y error estándar para cada taxón y sitio evaluado; CSCF: café con sombra cerca de fragmentos, CNCF: cobertura natural cerca de fragmentos; CSLF: café con sombra lejos de fragmentos.

Taxón	Sitio	Jornada	Visitas		
			Media		*E.E
Ave	CSCF	Diurna	3,2	A	0,46
Ave	CNCF	Diurna	3,3	A	0,68
Ave	CSLF	Diurna	3	A	0,41
Insecta	CSCF	Diurna	31	A	3,51
Insecta	CNCF	Diurna	39	A	3,42
Insecta	CSLF	Diurna	36	A	3,01
Insecta	CSCF	Nocturna	4,2	A	0,63
Insecta	CNCF	Nocturna	2,4	B	0,22
Insecta	CSLF	Nocturna	1,8	B	0,17
Mamífero	CSCF	Nocturna	7,6	A	3,86
Mamífero	CNCF	Nocturna	2,1	A	0,56
Mamífero	CSLF	Nocturna	2,7	A	0,71

* Para cada taxón, letras no comunes indican diferencias significativas según prueba Duncan al 5%. *E.E= Error estándar

insectos fue el único que realizó tanto visitas diurnas (7.278) como nocturnas (386). Se presentaron diferencias entre las jornadas y los sitios de muestreo (Tabla 2).

La proporción de flores no visitadas por este grupo durante la jornada nocturna fue de 32,2% en CSCF, 41,2% en CSLF y 12,9% CNCF. Durante la jornada diurna todas las flores fueron visitadas por insectos.

Aves. Se observaron 325 visitas todas durante la jornada diurna. La totalidad de los registros se identificaron hasta orden y familia y

el 97,8% hasta especie. Se registraron en total 19 especies pertenecientes a 14 géneros y seis familias. Con 241 visitas, la familia Throchilidae presentó la mayor cantidad (74,2%) seguida por Traupidae (15,4%); las familias restantes tuvieron el 10,5% de las visitas. Las especies que más visitaron las flores del balso fueron *Saucerottia cyanifrons* (Bourcier, 1843) con 141 (43,4%), *Coereba flaveola* (Linnaeus, 1758) con 39 (12,0%), *Colibri delphinae* (Lesson, 1839) con 31 (9,5%) y *Leiothlypis peregrina* (A. Wilson, 1811) con 26 visitas (8,0%) (Tabla 3).

Tabla 2. Número de visitas realizadas por los insectos a las flores del balso negro en los diferentes períodos de grabación y muestreos.

Período de grabación	Diurna			Período de grabación	Nocturna		
	M1	M2	Total		M1	M2	Total
7:00 a 9:00	1.144	969	2.113	19:00 a 21:00	91	68	159
11:00 a 13:00	1.331	1.590	2.921	23:00 a 1:00	47	54	101
15:00 a 17:00	1.331	913	2.244	3:00 a 5:00	99	27	126
Total	3.806	3.472	7.278	Total	237	149	386

M1: muestreo 1, M2: muestreo 2

De las especies encontradas se destacan dos migratorias en los cafetales con sombra, *Icterus galbula* (Linnaeus, 1758) y *L. peregrina* (A. Wilson, 1811). Así como entre las residentes, *Amazilia castaneiventris* (Gould, 1856), colibrí amenazado y endémico de Colombia registrado únicamente en CSCF.

Las aves visitaron más las flores del café con sombra que las que se encontraban en cobertura natural, con un porcentaje mayor de flores visitadas en el café lejos de fragmentos de bosque (64,8%). En general, los cafetales con sombra presentaron mayor número de especies y de visitas que en la cobertura natural (Tabla 3), en donde el número de visitas fue mayor entre las 7:00 y 9:00 a.m. en los sitios cercanos a fragmentos, mientras que en este mismo horario se registró el mínimo de visitas en el café con sombra lejos de fragmentos (Figura 2).

Mamíferos. Se registraron 218 visitas de mamíferos, únicamente durante la jornada nocturna. La totalidad de los visitantes se identificaron hasta orden y familia, 142 hasta género (65,1%) y 42 hasta especie (19,3%). Los órdenes encontrados fueron Rodentia

(roedores), Didelphimorphia (zarigüeyas) y Chiroptera (murciélagos); este último tuvo 214 visitas (98,2%), Rodentia y Didelphimorphia presentaron dos visitas cada uno, lo que representa el 1,8% del total de las visitas de mamíferos. Para Chiroptera solo se identificaron individuos de la familia Phyllostomidae de siete géneros y dos especies. El 46,7% de los registros de murciélagos se identificó a género, el 18,7% a especie y el 34% de estos solo se identificaron hasta familia. Las especies identificadas fueron *Phyllostomus hastatus* (Pallas, 1767) y *P. discolor* (Wagner, 1843). En el caso de Didelphimorphia se encontraron dos especies y para Rodentia, con dos visitas, no se estableció la identidad taxonómica más detallada (Tabla 3).

Las especies de murciélagos de los géneros *Anoura* Gray, 1838 y *Phyllostomus* Lacépède, 1799 fueron las que reportaron más visitas, con 71 (32,6%) y 40 (18,3) respectivamente. Para el género *Phyllostomus* fue posible identificar dos especies *P. discolor* (19 visitas) y *P. hastatus* con 21 visitas (Tabla 3). El máximo de visitas de murciélagos se presentó durante el primer muestreo con 128 visitas y para el segundo muestreo fue de 90. Para casi todos

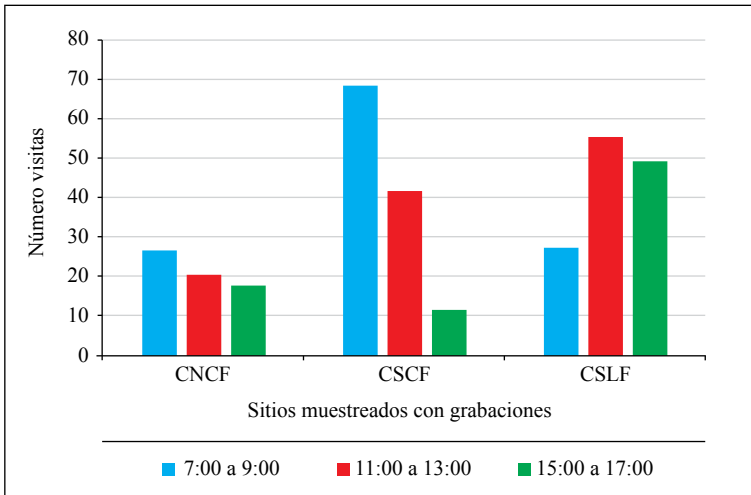


Figura 2. Número de visitas de aves en cada período de grabación (jornada diurna) en los tres sitios muestreados. CNCF: cobertura natura cerca de fragmentos; CSCF: café con sombra cerca de fragmentos, CSLF: café con sombra lejos de fragmentos.

los individuos de este grupo, a excepción de *Artibeus* sp. y de los registros no identificados, el número de visitas oscilaron entre uno y 68 (Tabla 3).

Los mamíferos, que solo hicieron visitas nocturnas, tuvieron un comportamiento de visitas parecido entre coberturas que varió entre 35,6% y 15,7%, siendo CSCF el sitio con más visitas a flores con 159, seguido por CSLF con 36 y CNCF con 23 visitas. En los dos sitios cercanos a fragmentos de bosque se encontraron visitantes florales de los tres órdenes registrados, mientras que en el CSLF sólo se observaron individuos del orden Chiroptera. De este último orden, el CSCF presentó siete géneros, seguido por CSLF con tres géneros y dos géneros en la CNCF (Tabla 3). El máximo de 135 visitas de los mamíferos se presentó entre las 23:00 y 1:00 horas y el mínimo de 15 visitas se registró entre las 19:00 y 21:00 horas. La actividad entre las 3:00 y 5:00 horas fue intermedia con 68 visitas. Los individuos de las familias Cricetidae y Didelphidae solo se observaron en los sitios cercanos a fragmentos de bosque y en las primeras horas de la noche de 19:00

a 21:00 horas, mientras que los quirópteros fueron más frecuentes de 23:00 a 1:00 horas con 134 visitas (66, 2%).

Comportamiento

Con respecto al comportamiento exhibido por los diferentes grupos taxonómicos al momento de acceder a la flor, se encontró preferencia en el comportamiento de robo en el caso de las aves (88,6%) y visitas legítimas en el caso de los mamíferos con el 86,9%; los insectos no mostraron ninguna preferencia (Figura 3).

En las aves, el robo de néctar estuvo presente en la mayoría de las visitas realizadas, principalmente por los colibríes, quienes libaron entre los pétalos y usaron los botones florales cercanos a la flor como perchas para forrajear sin gasto energético. Las tángaras (Thraupidae) y los turpiales (Icteridae), realizaron torsión de pétalos para facilitar el acceso a la parte interna de la flor; sólo en algunos registros se observó ingreso completo a la copa de la flor, como fue el caso de *C. flaveola* (mielero común).

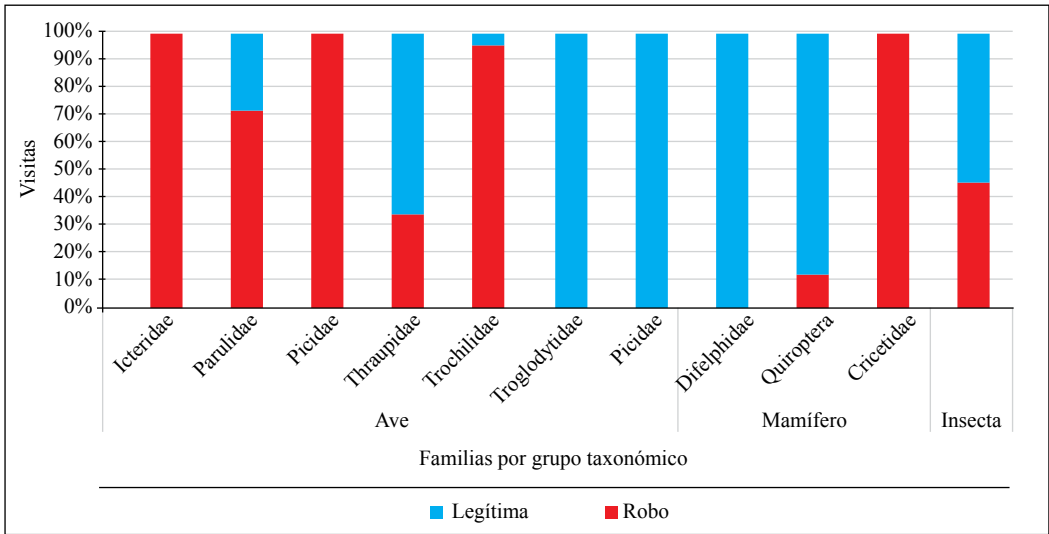


Figura 3. Registros de visitas legítimas y de robo en todos los grupos taxonómicos.

Los mamíferos no voladores como las zarigüeyas (*Didelphidae*) accedieron a la flor por la parte superior, realizaron contacto directo y de mayor duración con las estructuras internas que llevan el polen. Los roedores de la familia *Cricetidae* realizaron una perforación en el cáliz. Los murciélagos libararon durante el vuelo al introducir la cabeza en la parte interna de la flor o entre los pétalos para tomar las gotas que se derramaban por la parte externa; algunas especies se posaron en los pétalos para acceder por la parte superior y en dos registros, se documentó el ingreso completo dentro de la flor.

Para el caso de los insectos, estos accedieron a la flor con el ingreso por la parte superior, al posarse en el pistilo y al caminar en la parte externa de la misma.

Identificación de individuos muertos en las flores de balsa recolectadas del suelo

En total se recolectaron 533 flores, 268 durante el primer muestreo y 265 durante el segundo.

De las flores recolectadas 44,3% no presentaron ningún individuo muerto en su interior y en el 1,3% de las flores se registró el máximo número de individuos muertos por flor. En 388 flores (72,8%) se encontraron entre 0 y 4 individuos muertos en su interior (Figura 4).

La proporción de flores con individuos muertos varió entre sitios, así: el CSLF presentó individuos muertos en el interior de 139 flores de las 153 flores recolectadas en este sitio (90,8%); le sigue el CSCF con 67 de las 207 flores (32,4%); la CNCF con 55 de las 105 flores (52,4%) y el CSAF presentó 36 flores con individuos muertos en su interior, de las 69 recolectas (52,9%). Cuando se compararon los sitios, se encontró que en el CSLF se presentó tanto el mayor promedio de individuos muertos por flor como de individuos de *A. mellifera*, según prueba de Duncan al 5%. Además, los sitios cercanos a fragmentos, presentaron valores similares tanto en el número de individuos muertos por flor, como en la cantidad de individuos de *A. mellifera* encontrados (Tabla 4).

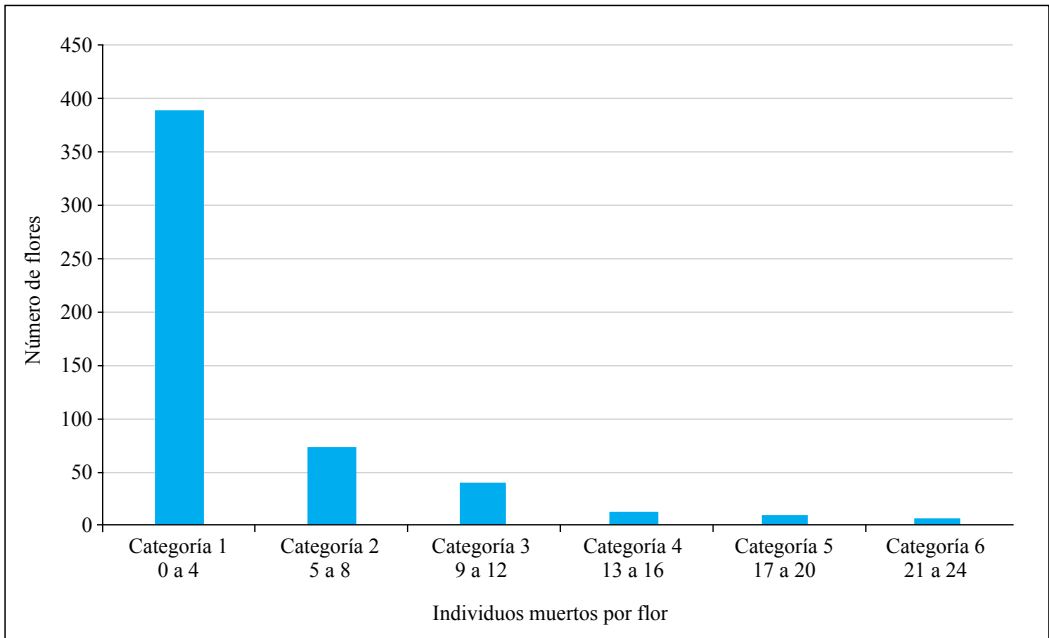


Figura 4. Por categoría, número de flores con individuos muertos durante el período de estudio.

En las 533 flores recolectadas del suelo se encontraron 2.051 individuos muertos, 1.940 corresponden a adultos y 111 a larvas. Estos se encuentran distribuidos en siete órdenes de insectos Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Dermaptera, Hymenoptera Lepidoptera y Neuroptera y dos individuos, del orden Aranae. El número máximo de individuos adultos muertos registrados pertenecen al orden Hymenoptera con 1.398, seguido por Diptera con 256 y Coleoptera con 170; los demás órdenes presentaron menos de 54 individuos cada uno (Tabla 3). Las larvas encontradas corresponden a los órdenes Coleoptera (72 individuos), Diptera (37 individuos), Hemiptera (1 ninfa). Sólo en un espécimen adulto y una larva no se pudo establecer alguna identidad taxonómica.

La determinación a la categoría de familia no pudo realizarse de forma homogénea para todos los órdenes. Hymenoptera presentó la

identificación más completa con el 91,4% de los individuos recolectados. De este orden se registraron 1.137 individuos de la familia Apidae (81,3%) de la cual la especie *Apis mellifera* representa el 79,7% (Tabla 3). El número máximo de individuos de *A. mellifera* fue recolectado en el CSLF, que corresponde al 57,9% del total; en los otros sitios el porcentaje estuvo entre el 9,8% y el 4,7%. Para las demás especies registradas de la familia Apidae (Tabla 3), el sitio con menor frecuencia de individuos muertos fue CNCF, con 41 individuos y el de mayor frecuencia de individuos muertos fue CSLF, con 75 individuos. Los sitios CSAF y CSCF tuvieron abundancias con 57 y 58 individuos, respectivamente (Tabla 3).

El orden Hymenoptera fue el más frecuente en todos los sitios evaluados, de tal manera que en CSLF se registraron 894 individuos, en CSAF 160 individuos, en CSCF 187 y en CNCF 157 individuos (Tabla 3).

Tabla 3. Listado de visitantes florales. Para aves y mamíferos los valores corresponden a visitas en grabaciones; para insectos, a individuos adultos en flores recolectadas del suelo.

Taxón	CNCF		CSCF		CSLF		CSAF	
	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2
AVES								
Icteridae								
<i>Icterus galbula (m)</i> (Linnaeus, 1758)			3	1				
Parulidae								
<i>Leiothlypis peregrina (m)</i> (A. Wilson, 1811)			3		17	6		
Picidae								
<i>Melanerpes rubricapillus</i> (Cabanis, 1862)			1			1		
Thraupidae								
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	2	4	10	20	1	2		
<i>Loriotus luctuosus</i> Orbigny & Lafresnaye, 1837					1			
<i>Stilpnia vitriolina</i> (Cabanis, 1850)				1		5		
<i>Thraupis episcopus</i> (Linnaeus, 1766)			1	1	1			
<i>Thraupis palmarum</i> (Wied-Neuwied, 1821)					1			
Trochilidae								
<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)			2	10				
<i>Amazilia tzacatl</i> (De la Llave, 1833)		11	7	2				
<i>Chalybura buffonii</i> (Lesson, 1832)					1	4		
<i>Chaetocercus mulsant</i> (Bourcier, 1842)								
<i>Colibri coruscans</i> (Gould, 1846)	1		1	11				
<i>Colibri delphinae</i> (Lesson, 1839)	1	8	20	2				
<i>Saucerottia castaneiventris</i> (*) Gould, 1856			1					

Continúa...

...continuación.

Taxón	CNCF		CSCF		CSLF		CSAF	
	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2
<i>Saucerotia cyanifrons</i> (Bourcier, 1843)	23	12	6	7	52	41		
<i>Uranomitra francaiae</i> (Bourcier & Mulsant, 1846)	2		9					
Sin identificar	1	1	4			1		
Troglodytidae								
<i>Campylorhynchus griseus</i> (Swainson, 1837)					2			
Total visitas por salida	30	36	68	55	76	60		
Total visitas	66		123		136			
Total especies	7		14		11			
MAMMALIA								
Cricetidae								
Indeterminado		1	1					
Phyllostomidae								
<i>Anoura</i> sp. (Gray, 1838)	1		67	2		1		
<i>Carolia</i> sp. (Gray, 1838)			3					
<i>Glossophaga</i> sp. (E. Geoffroy, 1818)			7	2	1	1		
Indeterminado		14	4	31		25		
<i>Loncophilla</i> sp. (Thomas, 1903)			9					
<i>Phyllostomus discolor</i> (Wagner, 1843)			16	2	1			
<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)	2	3	8	1	7			
<i>Sturnira</i> sp. (Gray, 1842)			1	1				
<i>Artibeus</i> sp.				4				

Continúa...

...continuación.

Taxón	CNCF		CSCF		CSLF		CSAF	
	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2
Didelphidae								
<i>Caluromys lanatus</i> (Olfers, 1818)		1						
<i>Didelphis marsupialis</i> (Wagner, 1843)		1						
Total visitas por salida	3	20	116	43	9	27		
Total visitas	23		159		36			
Total familias	3		2		1			
Total especies*	6		9		4			

*no tiene en cuenta especies sin indeterminación

INSECTA								
Coleoptera								
Cantharidae		5						3
Cerambycidae		2				1		1
Chrysomelidae	4	4				4		5
Curculionidae								
<i>Scolytinae</i> spp.	9					2		
Sin identificar						3		
Lycidae						1		
Nitidulidae		5		1		4		1
Staphylinidae		6				1		
Sin identificar	6		26		20		56	
Dermaptera								
Sin identificar							3	
Diptera								
Anisopodidae						3		

Continúa...

...continuación.

Taxón	CNCF		CSCF		CSLF		CSAF	
	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2
Chloropidae						1		
Drosophilidae		5				9		
Fanniidae						2		
Lauxaniidae						1		
Muscidae		6						
Tephritidae						1		
Sciaridae		17				8		6
Shyrphidae		1				2		
Simuliidae		4						
Tipulidae		1						
Sin identificar	4	28	47	1	61	5	39	4
Hemiptera								
Cicadellidae		1						
Lygaeidae						1		
Membracidae		1				10		
Miridae		1				29		
Reduviidae						2		
Sin identificar	1	1			6		1	
Hymenoptera								
Apidae								
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	14	69	108	3	351	307	41	13
<i>Exomalopsis</i> spp.					2	1	1	
<i>Geotrigona</i> spp.					3			
<i>Lasioglossum</i> spp.					6		1	

Continúa...

...continuación.

Taxón	CNCF		CSCF		CSLF		CSAF	
	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2
<i>Meliponini/ Paratrigona</i> spp.		1						
<i>Nannotrigona</i> spp.								1
<i>Paroxystoglossa</i> spp.					1		3	
<i>Partamona musarum</i> (Cockerell, 1917)						28		
<i>Partamona</i> spp.			3		5	25		
<i>Plebeia</i> spp.	1		7				6	
<i>Trigona amalthea</i> (Olivier, 1789)		2		2				7
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)		5	6	6		1	1	
<i>Trigona</i> spp.		1						
<i>Trigona amalthea</i> cf. (Olivier, 1789)		20						
<i>Trigonisca</i> spp.	1							
Sin identificar	10		34		3		37	
Braconidae						1	24	
Figitidae						2		
Formicidae	1	5	4		5	8	3	1
Halictidae						1		
Ichneumonidae						2		1
Mymaridae							1	
Scelionidae						3		
Vespidae								

Continúa...

...continuación.

Taxón	CNCF		CSCF		CSLF		CSAF	
	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2	Nº visitas muestreo 1	Nº visitas muestreo 2
<i>Polistes</i> spp.						79		
Sin identificar	2	19		1	33	16	5	4
Sin identificar	2	4	13		11		8	2
Lepidoptera		11	4	2	5	8	2	1
Neuroptera			1		1			
Sin identificar	1							
ARACHNIDA								
Aranae								
Sin identificar		2						
Total individuos totales	283		269		1085		282	

* CNCF: cobertura natural cerca de fragmentos, CSCF: café con sombra cerca de fragmentos, CSAF: café con sombra alejado a fragmentos; CSLF: café con sombra lejos de fragmentos

Tabla 4. Promedio de individuos muertos por flor y error estándar, para individuos totales y *Apis mellifera*, en cada sitio evaluado.

Sitio	Individuos muertos por flor		Individuos muertos de <i>A. mellifera</i> por flor	
	Media	*E.E	Media	*E.E
CSCF	1,41C	0,22	0,53B	0,11
CNCF	2,34BC	0,36	0,79B	0,17
CSLF	6,82A	0,45	4,30A	0,32
CSAF	2,62B	0,45	0,79B	0,17

*Letras no comunes indican diferencias significativas según prueba Duncan al 5%. *E. E= Error estándar

Sitios: CNCF: cobertura natura cerca de fragmentos; CSCF: café con sombra cerca de fragmentos, CSLF: café con sombra lejos de fragmentos; CSAF: café con sombra alejado a fragmento

Registros de marcas en flores recolectadas

De las 46 flores que presentaron algún tipo de lesión, 15 mostraron marcas por roedores, las otras corresponden a rasgaduras por aves o marcas sin identificar. Las marcas de estos mamíferos sólo fueron encontradas en el café con sombra cerca de fragmentos durante el segundo muestreo y en la cobertura natural durante los dos muestreos. El café con sombra lejos de fragmentos fue el sitio con menos lesiones y ninguna de estas fue coincidente con roedores.

DISCUSIÓN

Riqueza y abundancia

Los resultados encontrados mostraron que la flor del balsa negro fue visitada por una gran diversidad de organismos vertebrados e invertebrados tanto en el día como en la noche. Con respecto a número de especies de aves esta riqueza fue similar a la encontrada en árboles de balsa negro localizados en una cobertura boscosa en el estudio realizado por Kays et al. (2012) en Barro Colorado (Panamá). Pacheco Riaño (2013) y Sánchez-Clavijo et al. (2008) reportaron para Santander una riqueza de especies de colibríes similar a la hallada en balsa negro en este estudio, en una zona más amplia y que incluyó otros tipos de cobertura.

En esta investigación no se observaron mamíferos diurnos, lo que sí se registró en Barro Colorado (Kays et al., 2012); en cuanto a los nocturnos no voladores el número de especies fue mayor en Panamá. Sin embargo, este estudio encontró cinco géneros más de Chiroptera que los registrados en Barro Colorado; aunque las horas de grabaciones realizadas en Santander fueron menos de una tercera parte que a las hechas en Panamá, no obstante, no se descarta la presencia de otras especies en este sitio.

Es posible que las diferencias encontradas en la riqueza de aves y mamíferos como visitantes de balsa negro se deban a las diferencias ecológicas de los sitios evaluados, este estudio se realizó en una zona más transformada, entre tanto las observaciones realizadas en Barro Colorado se hicieron en un bosque húmedo tropical conservado y continuo, que representa un paisaje y hábitat diferente a los sitios evaluados en Santander.

Esto puede explicar la diferencia en cuanto a la riqueza de especies de mamíferos no voladores ya que estos grupos son más sensibles a la transformación del paisaje como los evaluados en Santander (Crooks et al., 2017). Sin embargo, no se descarta que algunas de estas especies visiten las flores de balsa en Santander, en el paisaje con fragmentos de bosque cercanos y que no hayan sido registrados durante el muestreo. En cuanto a la riqueza de mamíferos nocturnos en Santander, también pudo incidir que el primer muestreo realizado en la cobertura natural coincidió con un período de luna llena que, de acuerdo con Prugh y Golden (2014), suprime la actividad en grupos de mamíferos con el fin de pasar inadvertidos ante la presencia de depredadores. Lo anterior, podría explicar que, a pesar de no haberse observado algún mamífero no volador durante el primer muestreo en este sitio en las jornadas nocturnas, sí se hayan encontrado marcas de roedores en las flores recolectadas del suelo.

Síndrome floral del balsa negro

Aunque se esperaría que por tratarse de una flor con síndrome quiropterofilia esta sería visitada principalmente por murciélagos (Faegri & Pijl, 1979); en el presente estudio, se encontró que la flor del balsa fue visitada principalmente por insectos, además de una amplia diversidad de organismos vertebrados e invertebrados,

independiente del tipo de cobertura o de la composición del paisaje.

En la actualidad, el concepto de síndrome floral ha sido ampliamente discutido ya que se considera que es un criterio de inclusión más que de exclusión (Fenster et al., 2004; Valdivia & Niemeyer, 2006; De Merxem et al., 2009; Ashworth et al., 2015). Los resultados de esta investigación muestran que, en efecto, cierto tipo de flores incluidas las del balsa negro, no son tan específicas como para excluir otros visitantes y, por el contrario, la recompensa suministrada a través del néctar atrae varios grupos de organismos, en concordancia con algunas teorías que sugieren que las plantas angiospermas se caracterizan por una moderada generalización más que por la especialización (Ollerton, 1996).

Si bien este estudio no tuvo como objetivo evaluar el papel de los visitantes como polinizadores, las observaciones realizadas indican que los mamíferos pueden tener un papel importante como polinizadores potenciales, ya que la mayoría de las visitas de este grupo fueron legítimas, es decir, tuvieron contacto con las estructuras reproductivas, y en el caso de los mamíferos arbóreos, se observó más tiempo de interacción con la flor que los otros grupos; lo que concuerda con lo encontrado por estudios anteriores (Mora et al., 1999; Kays et al., 2012). El comportamiento exhibido por algunas especies de este grupo al momento de acceder a la flor y la capacidad para transportar el polen, podría determinar un mayor aporte en el proceso de polinización que el número de visitas. Este planteamiento concuerda con los resultados de Kays et al. (2012), los cuales encontraron que las abejas no actúan como polinizadores y que la formación de frutos fue mayor cuando se restringieron los visitantes diurnos.

Modulación del paisaje y de la cobertura en los visitantes florales

En los sitios que se encuentran cercanos a fragmentos de bosque (CSCF y CNCF) el número de especies fue mayor para el grupo de los mamíferos, independiente de su cobertura. Esto puede deberse a que la cercanía a un área de protección puede cumplir una función importante como fuente de biodiversidad (Perfecto et al., 2003), sobre todo para este grupo de organismos, los cuales pueden verse beneficiados de acuerdo a la matriz circundante y a la conectividad presente en el paisaje, además de la presencia de áreas con vegetación natural como rastrojos, bosques riparios y otros fragmentos de menor tamaño (Perfecto et al., 1996). En los paisajes donde hay escasos fragmentos de bosque, la cobertura agroforestal se vuelve importante desde el punto de vista de la conservación, si se tiene en cuenta que en los paisajes rurales de la región prácticamente no quedan remanentes de vegetación natural (Gómez-Echeverri, 2006; Guhl, 2009; Sánchez Clavijo et al., 2008), y por lo tanto, muchas especies encuentran en los sombríos un hábitat para subsistir (Sánchez-Clavijo & Botero, 2007), además de ayudar a aumentar la conectividad y la heterogeneidad en los paisajes (Mendoza et al., 2007). Es por esto que la selección de las especies que acompañan estos agroecosistemas toma relevancia.

El uso del balsa negro como sombrío en los cafetales representa una fuente importante de recurso alimenticio para los diferentes grupos de animales; aunque se trata de un sistema intervenido, la frecuencia de las visitas fue igual que en la cobertura natural para todos los grupos evaluados, a excepción de los insectos nocturnos. Pacheco Riaño (2013), en su estudio en Santander encontró que, al comparar la riqueza de aves en sistemas agroforestales con fragmentos de bosque, esta no presentó

variación entre las coberturas. Así mismo, es posible que al establecer los balsos como sistema agroforestal con una mayor densidad que en la cobertura natural, la concentración de recursos sea mayor y más atractiva para los diferentes grupos de visitantes.

En el sitio café con sombra lejos de fragmentos de bosque en el paisaje de Aratoca, sólo se registraron murciélagos y no se encontraron rastros de otros mamíferos en las flores recolectadas. En este sitio, la ausencia de cobertura natural en la zona limita la presencia de mamíferos no voladores, un grupo amenazado por deforestación, cacería y comercio ilegal (Solarí et al., 2013), los cuales se encuentran más expuestos a predadores como perros domésticos al tener menos áreas con cobertura natural (Mosquera Muñoz et al., 2014); adicionalmente, se supo por conversaciones con la comunidad que la práctica de la cacería es muy arraigada en Santander, situación que ya ha sido documentada en otros estudios (Vargas-Tovar, 2000; Montero, 2004).

Para los murciélagos, la disminución de cobertura natural, representa limitación de recursos alimenticios, sitios de refugio y anidación como oquedades de árboles (Casallas-Pabón *et al.*, 2013). Sin embargo, la presencia de cavernas en Santander podría proveer refugio a varias especies de murciélagos y permitir una recuperación de sus poblaciones. En este caso es necesario que el turismo de espeleología que se lleva a cabo en la zona se establezca de forma controlada para que no se convierta en una amenaza para este grupo como ha sido señalado en otros estudios (Casallas-Pabón et al., 2013; Ojeda, 2013).

Mortalidad de insectos en flores del balsa

Con respecto a la información sobre individuos muertos en las flores recolectadas del suelo,

en la investigación realizada por Brighenti & Brighenti (2010) en el campus de la Universidad Federal de Lavras (UFLA)-Minas de Gerais (Brasil), encontraron resultados similares a los presentados en esta investigación. Las mayores mortalidades de ambos estudios se presentaron en el orden Hymenoptera, representando entre el 63% y el 98% de insectos muertos. En ambas investigaciones, Apidae fue la más representativa, siendo *A. mellifera* la más abundante en Santander en el CSLF; aunque en Brasil sólo se recolectaron individuos de los géneros *Apis*, *Partamona*, *Plebeia*, *Tetragonisca* y *Trigona*, en este estudio además de las anteriores, se registraron especies de los géneros *Exomalopsis*, *Geotrigona*, *Lasioglossum* y *Paroxystoglossa*. La diferencia en estos hallazgos, en cuanto a la cantidad de los géneros reportados, puede deberse a las diferencias en los ecosistemas evaluados y a la cantidad de flores de balsa negro examinadas, mientras que Brighenti & Brighenti (2010) seleccionaron un solo sitio y analizaron 40 flores, en esta investigación se recolectaron 533 flores en cuatro sitios con condiciones diferentes. Si bien, en ninguno de los resultados se identificaron las causas de la muerte de los insectos, Brighenti & Brighenti (2010) sugieren que puede deberse a toxicidad del néctar o ahogamiento, pero no hay información adicional que sustente estas teorías. Lo cierto es que la baja mortalidad encontrada en los sitios cercanos a fragmentos de bosque, en contraste con el sitio muestreado en el paisaje de Aratoca, con poca presencia de cobertura natural y en un paisaje menos conservado, indican que se trata de un problema más localizado.

Al analizar la proporción de flores sin individuos muertos en su interior, los resultados son diferentes a lo encontrado por Brighenti & Brighenti (2010). Mientras que estos investigadores encontraron que solo

el 20% de las flores analizadas no tenían individuos muertos, en esta investigación fue del 44,3%. Igual sucedió con el promedio de insectos muertos por flor, mientras que en Brasil fue de 23,7 individuos, en este estudio estuvo entre 1,41 y 6,82 individuos. En del sitio CSLF, el promedio fue $6,82 \pm 0,45$ individuos muertos por flor, descriptivamente similar a lo encontrado por Giraldo Jaramillo (2012) quien registró un promedio de 5,64 individuos muertos por flor, en 35 flores evaluadas.

Es posible que la menor mortalidad encontrada en los sitios localizados cerca de fragmentos de bosque se deba a que la presencia de mamíferos que perforan la base de la flor para extraer el néctar, como el observado en roedores, podría facilitar la eliminación de volúmenes importantes de este líquido. Al reducir el volumen durante la noche, la flor del balso no acumularía cantidad suficiente de néctar que pudiera afectar la sobrevivencia de individuos que cayeran dentro de la copa floral. Esto podría estar relacionado con la menor mortalidad encontrada en los sitios donde se registraron estos individuos a partir de observaciones directas o con las marcas en la flor. En este sentido, la presencia de este grupo de mamíferos podría contribuir a generar las condiciones apropiadas para que los insectos diurnos pudieran beneficiarse del balso, sin correr los riesgos que implican caer en una flor llena de néctar.

Finalmente pueden hacerse las siguientes consideraciones:

En la presente investigación se muestra el valor ecológico que tiene el balso negro como especie nativa en paisajes transformados y agro ecosistemas como el café con sombra, al ser un recurso alimenticio importante para diversos grupos de organismos que, dentro de un sistema productivo, puede contribuir

de forma positiva al sostenimiento de esta biodiversidad.

Conclusiones generadas sin rigurosidad científica sobre los eventos de mortalidad de abejas en las flores del balso negro, llevaron a que la especie fuera vetada de los viveros en el departamento de Santander y su uso como sombrío fuera amenazado, desconociendo los beneficios que puede traer para la biodiversidad en general.

Los resultados de esta investigación muestran la baja mortalidad de insectos en las flores del balso, presentada en los sitios evaluados cercanos a fragmentos de bosque. Esto muestra la importancia que tiene la configuración del paisaje en las relaciones ecológicas entre diferentes organismos que lo habitan; además, se evidencia el potencial que puede tener el uso del balso para la biodiversidad y su inclusión en sistemas productivos. Sin embargo, esta información debe ser tratada con prudencia dado que no se realizaron correlaciones entre la mortalidad presentada en el paisaje Aratoca y otras variables que pueden estar contribuyendo a la presencia de abejas muertas en las flores, independiente de la presencia del balso negro en la región.

AGRADECIMIENTOS

A la Federación Nacional de Cafeteras, en particular a Raúl Jaime Hernández Coordinador del programa de medio ambiente y KFW y Cooperación Alemana, quienes apoyaron el desarrollo de esta investigación. A todas las personas que contribuyeron de alguna forma a que esta investigación se llevara a cabo, especialmente a quienes revisaron las grabaciones de videos, a los especialistas profesionales y colaboradores que identificaron los registros de los diferentes grupos taxonómicos: mamíferos, Harold Castaño; insectos, Jesús H. Gómez,

Juan D. Maldonado y Juan C. Ortiz; y a Esther Cecilia Montoya quien asistió el análisis de datos. Esta investigación fue desarrollada para optar el título de Magíster en Ciencias Biológicas de la Universidad de Caldas.

Origen y fuente de financiación

Esta investigación fue financiada con recursos de la Federación Nacional de Cafeteros y del programa KFW proyecto ENT102004.

LITERATURA CITADA

- Amaya-Márquez, M. (2016). Polinización y biodiversidad. En G. Nates Parra (Ed.), *Iniciativa colombiana de polinizadores: Abejas ICPA* (1a ed., pp. 21–42). Universidad Nacional de Colombia.
- Arce, H. G., Sánchez-Chavez, L. A., Slaa, J., Sánchez-Vindas, P. E., Ortiz-Mora, A., van Veen, J. W., & Sommeijer, M. (Eds.). (2001). *Arboles melíferos nativos de Mesoamérica* (1a ed.). Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales.
- Ashworth, L., Aguilar, R., Martín-Rodríguez, S., Lopezariza-Mikel, M., Avila-Sakar, G., Rosas-Guerrero, V., & Quesada, M. (2015). Pollination Syndromes: A Global Pattern of Convergent Evolution Driven by the Most Effective Pollinator. En P. Pontarotti (Ed.), *Evolutionary Biology: Biodiversification from Genotype to Phenotype* (pp. 203–224). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19932-0_11
- Brighenti, D. M., & Brighenti, C. R. G. (2010). Bees (Hymenoptera: Apidae) present in the flowers of the balsa wood *Ochroma lagopus* Swartz, 1788. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 32(4), 343–348. <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v32i4.7103>
- Cabrera, C. (2013). *Caracterización del ensamblaje de murciélagos asociado a tres cuevas con intervención antrópica y sus alrededores, en el área de influencia del enclave seco del Chicamocha, Santander*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/2379/>
- Casallas-Pabón, D., Hoyos-Rodríguez, M., Baptiste, B. L. G., & Salas, D. (2013). Conservación de las Cavernas en Santander. En Y. Muñoz-Saba, I. González-Sánchez, & N. Calvo-Roa (Eds.), *Cavernas de Santander, Colombia: Guía de campo* (1a ed., p. 57-62). Universidad Nacional de Colombia.
- Crooks, K. R., Burdett, C. L., Theobald, D. M., King, S. R. B., Di Marco, M., Rondinini, C., & Boitani, L. (2017). Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), 7635–7640. <https://doi.org/10.1073/pnas.1705769114>.
- de Merxem, D. G., Borremans, B., de Jäger, M. L., Johnson, T., Jooste, M., Ros, P., Zenni, R. D., Ellis, A. G., & Anderson, B. (2009). The importance of flower visitors not predicted by floral syndromes. *South African Journal of Botany*, 75(4), 660–667. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.08.002>.
- Fægri, K., & Van Der Pijl, L. (1979). *Principles of Pollination Ecology* (3a ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00736-3>
- Farfán V., F. (2012). *Árboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/746>.
- Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination Syndromes and Floral Specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), 375–403. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132347>
- Francis, J. K., & Lowe, C. A. (2000). *Bioecología de Arboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales* (S. Trabanino, Trad.; General Technical Report IITF-15; p. 582). International Institute of Tropical Forestry; United States Department of Agriculture. https://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia_gtr15.pdf
- Giraldo Jaramillo, M. (2012). *Informe de visita técnica a San Gil, Santander. Diagnóstico de la presencia de abejas muertas en flores de balsa en cultivos de café*. (p. 15). Cenicafé.
- Gómez-Echeverri, J. P. (2006). *Evaluación del papel de las certificaciones ambientales al café en la conservación de la biodiversidad: Un enfoque a las comunidades de aves*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. <http://hdl.handle.net/1992/25723>

- Guhl, A. (2009). Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales*, 32, 114–125. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81511766009>
- Janson, C. H., Terborgh, J., & Emmons, L. H. (1981). Non-Flying Mammals as Pollinating Agents in the Amazonian Forest. *Biotropica*, 13(2), 1. <https://doi.org/10.2307/2388065>
- Kays, R., Rodriguez, M. E., Valencia, L. M., Horan, R., Smith, A. R., & Ziegler, C. (2012). Animal Visitation and Pollination of Flowering Balsa Trees (*Ochroma pyramidale*) in Panama. *Mesoamericana*, 16(3), 56–70.
- López Camacho, R., & Montero González, M. I. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Manual_identificacion.pdf
- Mancina, C. A., García, L., Hernández, F., Muñoz, B., Sánchez, B., & Capote, R. T. (2002). Las plantas pioneras en la dieta de aves y murciélagos de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario”, Cuba. *Acta Botánica Cubana*, 193, 14–20. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/3553>
- Mendoza, J. E., Jiménez, E., Lozano-Sambrano, F. H., Caicedo-Rosales, P., & Renjifo, L. M. (2007). Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales de los Andes Centrales de Colombia. En C. A. Harvey & J. C. Sáenz (Eds.), *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica* (1a ed., pp. 251–289). Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (2a ed.). Johns Hopkins University Press.
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1), 11–21. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x>
- Montero, C. R. (2004, septiembre 5-10). Factores culturales y de uso que inciden en la cacería en el municipio de Mogotes, Santander, Colombia. *VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica*. Iquitos, Perú <https://comfauna.org/congresos/memorias-y-resumenes/2004-iquitos-peru/>
- Mora, J. M., Méndez, V. V., & Gómez, L. D. (1999). White-nosed coati *Nasua narica* (Carnivora: Procyonidae) as a potential pollinator of *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae). *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 719–721. <https://doi.org/10.15517/rbt.v47i4.19228>
- Mosquera Muñoz, D. M., Corredor, G., Cardona, P., & Armbrrecht, I. (2014). Fototrampeo de aves caminadoras y mamíferos asociados en el piedemonte de farallones de Cali. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(2), 144–156. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/4121>
- Ollerton, J. (1996). Reconciling Ecological Processes with Phylogenetic Patterns: The Apparent Paradox of Plant—Pollinator Systems. *The Journal of Ecology*, 84(5), 767–769. <https://doi.org/10.2307/2261338>
- Pacheco Riaño, L. C. (2013). *Las comunidades de aves, sus grupos funcionales y servicios ecosistémicos en un paisaje cafetero colombiano* [Tesis de pregrado, Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/12490>
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., & van der Voort, M. E. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608. <https://doi.org/10.2307/1312989>
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: A tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12(6), 1239–1252. <https://doi.org/10.1023/A:1023039921916>
- Prugh, L. R., & Golden, C. D. (2014). Does moonlight increase predation risk? Meta-analysis reveals divergent responses of nocturnal mammals to lunar cycles. *Journal of Animal Ecology*, 83(2), 504–514. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12148>
- Quiñones, A. (2018). *Guía ilustrada de la avifauna colombiana*. Wildlife Conservation Society.
- Rainforest Alliance. (2017). *Norma para Agricultura Sostenible Para producción agrícola y ganadera de fincas y grupos de productores* (1.2; p. 60). Sustainable Agriculture Network. https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2017/11/03_rainforest-alliance-sustainable-agriculture-standard_sp.pdf
- Restall, R., Rodner, C., & Lentino, M. (2007). *Birds of northern South America: An identification guide* (Vol. 2). Christopher Helm.
- Rivera, H., & Gómez, A. (1992). El sombrío de los cafetales protege los suelos de la erosión. *Avances Técnicos Cenicafé*, 177, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0177>

- Sánchez-Clavijo, L. M., Botero, J. E., & Vélez, J. G. (2007). Estructura, diversidad y potencial para conservación de los sombríos en cafetales de tres localidades de Colombia. *Revista Cenicafé*, 58(4), 304–323. <http://hdl.handle.net/10778/159>
- Sánchez-Clavijo, L. M., Vélez, J. G., Durán, S. M., García, R., & Botero, J. E. (2008). Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Santander. *Boletín Técnico Cenicafé*, 31, 1–69. <http://hdl.handle.net/10778/586>
- Silveira, F. A., Melo, G. A. R., & Almeida, E. A. B. (2002). *Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação* (1a ed.). Silveira.
- Smithsonian's National Zoo & Conservation Biology Institute. (2017). *Bird Friendly Farm Criteria*. Smithsonian's National Zoo. Recuperado el 15 de septiembre de 2022, de <https://nationalzoo.si.edu/migratory-birds/bird-friendly-farm-criteria>.
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E., & Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20(2), 301–365. <https://www.redalyc.org/pdf/457/45729294008.pdf>.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's introduction to the study of insects* (7th ed). Thomson, Brooks/Cole.
- Valdivia, C. E., & Niemeyer, H. M. (2006). Do floral syndromes predict specialisation in plant pollination systems? Assessment of diurnal and nocturnal pollination of *Escallonia myrtoidea*. *New Zealand Journal of Botany*, 44(2), 135–141. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2006.9513014>.
- Vargas-Tovar, N. (2004, agosto 13). *Coevolucion del Sistema Cultural, Legal y Economico Alrededor de la Cacería en un Sector de la Zona Andina, Santander Colombia*. X Biennial Conference of the International Association for the Study of Common Property, Oaxaca, Mexico. <https://hdl.handle.net/10535/276>.
- Vázquez-Yanes, C., Batis-Muñoz, A. I., Alcocer-Silva M. I., Gual-Díaz M., Sánchez-Dirzo C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO–Instituto de Ecología, UNAM. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf.
- Wilkinson, G. S., & Boughman, J. W. (1998). Social calls coordinate foraging in greater spear-nosed bats. *Animal Behaviour*, 55(2), 337–350. <https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0557>.
- Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (Eds.). (2005). *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference* (3a ed.). Johns Hopkins University Press.