

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PLANTAS QUE USAN LAS AVES
NECTARÍVORAS PARA SU ALIMENTACIÓN EN TRES ÁREAS VERDES DE
BOGOTÁ**

MARTHA LILIANA ANDRADE LAGOS

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ, D.C.**

2018

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PLANTAS QUE USAN LAS AVES
NECTARÍVORAS PARA SU ALIMENTACIÓN EN TRES ÁREAS VERDES DE
BOGOTÁ**

MARTHA LILIANA ANDRADE LAGOS

Propuesta de trabajo de grado bajo la modalidad investigación-innovación para
optar por el título de Licenciada en Biología

Director: MSc. José Eugenio Cely

Codirectores: MSc. Óscar Mahecha Jiménez – Esp. Mónica Novoa Salamanca

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ, D.C.**

2018

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PLANTAS QUE USAN LAS AVES
NECTARÍVORAS PARA SU ALIMENTACIÓN EN TRES ÁREAS VERDES DE
BOGOTÁ**

MARTHA LILIANA ANDRADE LAGOS

José Eugenio Cely Fajardo
Director

Germán Niño Galeano
Evaluador

Óscar Mahecha Jiménez
Codirector

Mónica Novoa Salamanca
Codirectora

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ, D.C.**

2018

Agradecimientos

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, y el cuerpo docente que acompañó mi proceso de formación, por los aprendizajes que han contribuido a mi crecimiento personal e intelectual.

A mis padres Martha Susana y Víctor Román, por todo su amor, confianza, apoyo en este camino y en el desarrollo de este trabajo.

A Isabella, Gabriela y Lucía, por ser constantes motivos de inspiración, alegría y ganas de seguir caminando y aprendiendo.

A mi hermano Fabián, a Alix, y a toda mi familia por su constante apoyo y ánimo en el camino académico y personal.

A mis amigos Cristian Mur y Daniel Montejo, por su constante e incondicional apoyo personal y académico, préstamo de equipos, material bibliográfico, etc. y de alguna manera, por ser mis mentores en este camino de las aves.

Al Curso de Observadores de Aves del Parque Cantarrana, donde empezó este gusto por pajarear, empezando en el lugar que más me ha enseñado: Usme.

A todos los Tyguas guardianes de las aves con quienes he podido pajarear en alguna ocasión y que me han dejado enseñanzas en el camino.

Al Jardín Botánico de Bogotá, y a la línea de Coberturas Vegetales Urbanas por el apoyo económico y operativo recibido mediante el Estímulo a las Investigaciones Thomas van der Hammen.

A Mónica Novoa y Alexander Bustos del JBB, por su apoyo logístico para el desarrollo del trabajo y por las correcciones a la propuesta y documento.

A Juan Carlos Caicedo, por el apoyo y orientación recibida a lo largo de los muestreos en el Chicó.

Al personal de la Quinta de Bolívar, quienes amablemente me recibieron y apoyaron en los muestreos realizados en este lugar.

A la administración de la Reserva El Delirio y a don Reinaldo Vanegas y familia, por facilitarme el ingreso a la misma durante los tiempos de muestreo, y por la hospitalidad.

Al profesor Jorge Enrique Morales, por sus valiosos consejos, ánimo y enseñanzas.

Al profesor Oscar Mahecha por su constante apoyo, asesoría y revisión crítica del documento.

Al profesor José E. Cely por sus consejos y apoyo logístico para el desarrollo de la propuesta.

Al profesor Germán Niño por sus recomendaciones, y revisión del documento.

A Jorge Lagos por el apoyo operativo en el desarrollo del trabajo.

A Milton Gómez por su apoyo logístico en campo.

A todos mis amigos del pregrado, por hacer parte de este proceso y bonito camino.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido en mi formación académica y personal a lo largo de mi pregrado y del desarrollo de este trabajo.

Contenido

Resumen.....	12
1. Introducción.....	14
2. Planteamiento del problema.....	17
2.1. Preguntas de investigación.....	18
2.2. Hipótesis.....	18
3. Justificación.....	19
4. Objetivos.....	23
4.1. Objetivo general.....	23
4.2. Objetivos específicos.....	23
5. Estado del arte.....	24
5.1. Ecología urbana: aproximaciones desde el contexto nacional y local.....	24
5.2. El caso de Bogotá. Un énfasis en la ornitología urbana.....	26
5.3. La investigación en las áreas verdes en Bogotá.....	28
5.4. Polinizadores en el contexto urbano, un énfasis en las aves nectarívoras.....	31
6. Marco teórico.....	34
6.1. Ecología urbana: ¿Qué sucede en los ecosistemas urbanos?.....	34
6.2. Áreas verdes urbanas.....	36
6.3. La Estructura Ecológica Principal (EEP).....	39
6.4. Síndromes de polinización: un énfasis en la ornitofilia.....	40
7. Metodología.....	42
7.1. Áreas de estudio.....	42
7.2. Trabajo de campo.....	46
7.2.1. Registro de las interacciones establecidas entre las especies de plantas en floración y las aves nectarívoras.....	46
7.2.2. Estudio de la comunidad de plantas y caracterización morfológica.....	46
7.2.3. Registro de los comportamientos de forrajeo.....	47
7.3. Tratamiento de los datos.....	48

8.	Resultados.....	49
8.1.	Interacciones establecidas entre las especies de plantas en floración y las aves nectarívoras.....	49
8.2.	Estudio de la comunidad de plantas y caracterización morfológica.....	56
8.3.	Estrategias de forrajeo.....	66
9.	Análisis de resultados.....	68
10.	Conclusiones.....	78
11.	Recomendaciones.....	80
12.	Bibliografía.....	82
13.	Anexos.....	94

Lista de tablas

Tabla 1. Elementos que conforman la EEP para la ciudad de Bogotá. Decreto 619 del 2000.....	40
Tabla 2. Principales características morfológicas de las especies de plantas visitadas por las aves nectarívoras.....	56
Tabla 3. Medidas de corola total y efectiva para las especies de plantas visitadas.....	63

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de las tres áreas de estudio.....	42
Figura 2. Bosque alto andino (a) y plantaciones forestales (b) en la Reserva El Delirio.....	43
Figura 3. Vegetación al interior del Parque El Chicó (a), pileta con jardín central en el Parque El Chicó (b) y Jardín vecinal sobre la Carrera 7 A (c).....	44
Figura 4. Jardines de la Quinta de Bolívar (a, b, c).....	45
Figura 5. Red de interacciones ave nectarívora-planta para el Sector El Chicó.....	49
Figura 6. Red de interacciones ave nectarívora-planta para la Quinta de Bolívar.....	50
Figura 7. Red de interacciones ave nectarívora-planta para la Reserva El Delirio.	
Figura 8. Aves nectarívoras registradas para las tres áreas de estudio. (a) <i>C. mulsant</i> , (b) <i>H. amethysticollis</i> , (c) <i>C. helianthea</i> , (d) <i>M. tyrianthina</i> , (e) <i>C. coruscans</i> (f) <i>C. coruscans</i> juv. (g) <i>E. ensifera</i> , (h) <i>L. nuna</i> , (i) <i>E. vestita</i> , (j) <i>R. microrhynchym</i> ♀, (k) <i>R. microrhynchym</i> ♂, (l) <i>D. cyanea</i> , (m), <i>L. victoriae</i> , (n) <i>C. cyanotus</i> , (o) <i>D. humeralis</i> , No se incluyen imágenes de <i>D. albilatera</i> ni <i>L. lafresnayi</i>	52
Figura 9. Frecuencia de visitas de las especies de aves nectarívoras (porcentaje basado en número de días) para cada una de las áreas.....	53
Figura 10. Frecuencia de visitas (porcentaje, basado en número de días) de aves nectarívoras a las 16 especies de plantas observadas en el Sector El Chicó. Cm: <i>Chaetocercus mulsant</i> ; Cc: <i>Colibri coruscans</i> ; Ccy: <i>Colibri cyanotus</i> ; Dcy: <i>Diglossa cyanea</i> ; Dh: <i>Diglossa humeralis</i> ; Lv: <i>Lesbia victoriae</i> ; Mt: <i>Metallura tyrianthina</i>	54
Figura 11. Frecuencia de visitas (porcentaje basado en número de días) de aves nectarívoras a las 16 especies de plantas observadas en la Quinta de Bolívar. Cm: <i>Chaetocercus mulsant</i> ; Ch: <i>Coeligena helianthea</i> ; Cc: <i>Colibri coruscans</i> ; Ccy:	

Colibri cyanotus; **Dcy**: *Diglossa cyanea*; **Dh**: *Diglossa humeralis*; **Ee**: *Ensifera ensifera*; **Lv.**: *Lesbia victoriae*; **Mt**: *Metallura tyrianthina*.....55

Figura 12. Frecuencia de visitas (porcentaje basado en número de días) de aves nectarívoras a las 18 especies de plantas observadas en la Reserva El Delirio.

Cm: *Chaetocercus mulsant*; **Cc**: *Colibri coruscans*; **Ccy**: *Colibri cyanotus*; **Da**: *Diglossa albilatera*; **Dcy**: *Diglossa cyanea*; **Dh**: *Diglossa humeralis*; **Ev**: *Eriocnemis vestita*; **Ha**: *Heliangelus amethysticollis*; **Lla**: *Lafresnaya lafresnayi*; **Ln**: *Lesbia nuna*; **Lv**: *Lesbia victoriae*; **Mt**: *Metallura tyrianthina*; **Rm**: *Ramphomicron microrhynchum*.....56

Figura 13. Flores de algunas de las especies con mayor proporción de visitas para el Sector El Chicó: *S. jamesonii* (a), *I. fuchsioides* (b), *A. megapotamicum* (c).....64

Figura 14. Flores de algunas de las especies con mayor proporción de visitas para la Quinta de Bolívar: *F. arborescens* (a), *A. megapotamicum* (b) y *P. tripartita* (c).....65

Figura 15. Flores de algunas de las especies con mayor proporción de visitas para la Reserva El Delirio: *E. globulus* (a), *C. bracteata* (b) y *D. purpurea* (c).....65

Figura 16. Porcentaje de uso de estrategias de forrajeo empleadas por las aves nectarívoras en las tres áreas de estudio. **PI**= perchado ilegítimo, **PL**= perchado legítimo, **RI**= revoloteo ilegítimo, **RL**= revoloteo legítimo.....66

Figura 17. Estrategias de forrajeo empleadas por las aves nectarívoras para todas las áreas, según la clasificación realizada por Cardona *et al.*, (2012). **PI**: Perchado ilegítimo, **PL**: Perchado legítimo, **RI**: Revoloteo ilegítimo, **RL**: Revoloteo legítimo.....67

Lista de anexos

Anexo 1. Principales características morfológicas de las plantas.....	94
Anexo 2. Algunas de las plantas visitadas por las aves nectarívoras.....	96
Anexo 3. Estrategias de forrajeo empleadas por las aves nectarívoras.....	98

Resumen

Determinar las interacciones entre las coberturas vegetales de las áreas verdes urbanas de la ciudad y la fauna que las habita, como las aves nectarívoras, es una estrategia que permite conocer más acerca de las plantas que generan recurso nectarífero para estas aves y las funciones que cumplen dichos espacios para la conservación de la biodiversidad y la conectividad ecológica. Éste principio constituye el objetivo del presente trabajo desarrollado en tres áreas verdes que hacen parte de la Estructura Ecológica Principal (EEP) de Bogotá: el Sector El Chicó, la Quinta de Bolívar y la Reserva El Delirio, lugares adyacentes a los Cerros Orientales, o que hacen parte de estos en el caso de la Reserva. Se determinaron las interacciones establecidas entre las aves nectarívoras presentes en cada área, mediante el conteo por puntos entre julio y octubre de 2017. Se registró un total de 15 especies de aves nectarívoras empleando los recursos florales de 42 especies de plantas, con predominancia de las familias Onagraceae, Ericaceae, Myrtaceae y Solanaceae. Las plantas con mayor frecuencia de visitas fueron aquellas cuyas flores presentaban características asociadas al síndrome de ornitofilia, como corolas tubulares y acampanadas, colores rojos, naranjas y amarillos; las visitas en su mayoría fueron legítimas, potenciado la función polinizadora de las aves. Se contribuye de esta manera, a entender mejor la función de las coberturas vegetales urbanas y periurbanas en el mantenimiento de las interacciones ecológicas, y la importancia de ciertas especies vegetales que pueden ser tenidas en cuenta o priorizadas en los procesos de revegetalización urbana.

Palabras clave: ecología urbana, corredores ecológicos, interacción planta-ave, manejo de áreas verdes, avifauna urbana.

Abstract

To figure out the interactions among plants coverings of urban green areas of the city and the fauna that inhabits there, such as nectarivorous birds, is a strategy to improve the learning around plants that create nectar resource for these birds and the functions they fulfill for the conservation of biodiversity and ecological connectivity. This assumption becomes the aim of this work, which took place in three green areas of the Main Ecological Structure (EEP, acronym in Spanish) of Bogotá: El Chicó Sector, Quinta de Bolívar and El Delirio Reserve, which surrounds the Cerros Orientales, or that they are part of them in the case of the Reserve. The interactions established among the nectarivorous birds in each area were determined by counting points between July and October 2017. A total of 15 species of nectarivorous birds were recorded by using the floral resources of 42 plant species, with predominance of the families Onagraceae, Ericaceae, Myrtaceae and Solanaceae. The plants with the highest frequency of visits were those whose flowers had characteristics associated with the syndrome of ornithophilia, such as tubular and flared corollas, red, orange and yellow colors; the visits were mostly legitimate, enhancing the pollination function of birds. In this way, it contributes to a better understanding of the role of urban and peri-urban plant coverage in the maintenance of ecological interactions, and to the importance of certain plant species that can be taken into account or prioritized in the processes of urban revegetation.

Keywords: urban ecology, ecological corridors, plant-bird interaction, management of green areas, urban avifauna.

1. Introducción

Cuando se establece una ciudad, los efectos sobre las zonas en las que se desarrollan son profundos, pues implican la alteración, y con frecuencia la desaparición total de gran cantidad de características físicas y biológicas originales de la región (Chace y Walsh, 2006; Pisanty, Mazari y Ezcurra, 2009; Bojorges, 2009). De esta manera, el asentamiento de grandes poblaciones sustituye a los ecosistemas originales, modificando compartimentos del ecosistema como la fauna, la flora y el suelo de forma irreversible (Pisanty *et al.*, 2009). Dentro de la fauna, particularmente para las aves, los aspectos más importantes de la urbanización que las afectan son el cambio de vegetación, el incremento y disminución de la abundancia de las especies de plantas y los disturbios adicionales que se generan, como contaminación del aire, del agua, exceso de ruido, etc. (Bojorges, 2009). En el caso de Bogotá, se ha avanzado con la formulación de la Política de Biodiversidad (SDA, 2010) adoptada mediante el Decreto 607 (2011), la cual tiene el objetivo de definir medidas que garanticen una gestión eficiente de la conservación de la biodiversidad en la capital; aun así, es necesario que el número de estudios en este campo siga en aumento particularmente en el contexto urbano, con el fin de brindar insumos para que políticas como la mencionada incluyan estrategias que involucren un manejo más integral de la biodiversidad.

Los procesos de urbanización en Bogotá han contribuido a formar un paisaje en el que la matriz que predomina es la urbana con unos cuantos fragmentos verdes, en los que la vegetación original ya no está presente en muchos casos, sino son las especies vegetales exóticas quienes dominan. En el mejor de los casos, estos fragmentos se encuentran conectados entre sí por medio de corredores ecológicos, cuya función es proveer buena calidad de hábitat para las especies. Pues bien, la Estructura Ecológica Principal (EEP) es considerada como el eje estructural de ordenamiento ambiental, pues contiene un sistema interrelacionado que define un corredor ambiental de gran importancia para el mantenimiento del

equilibrio ecosistémico del territorio (Secretaría de Ambiente, s.f). Las áreas comprendidas por esta estructura son seleccionadas y delimitadas para su protección y apropiación sostenible (Secretaría de Ambiente, s.f); además, dentro de sus objetivos, se encuentra garantizar el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales (Van der Hammen y Andrade, 2003). Sin embargo, es poco lo que se conoce de los servicios ecosistémicos y oportunidades de uso que las coberturas vegetales de la ciudad dan para grupos faunísticos como las aves, haciendo necesarios estudios que ayuden a determinar las interacciones que se están dando entre vegetación y fauna, y den cuenta de los retos de diseño y planificación que las entidades distritales se deben proponer con el objetivo de brindar hábitat de calidad para la fauna.

Los estudios de ecología urbana se han realizado principalmente con ciertos grupos faunísticos, siendo las aves las que encabezan la lista, seguidas por los insectos y mamíferos (Mc Gregor y Ortega, 2013). Por su parte, las aves se caracterizan por tener facilidades para su detección, y la presencia de determinadas especies indica el estado de conservación en el que se encuentra un ecosistema. Sin embargo, para el caso de las aves nectarívoras y polinizadoras no son muchos los estudios que se han realizado a nivel urbano en Bogotá, encontrando sólo algunos que mencionan aspectos del comportamiento o dieta, como los realizados por Zerda (1994), Malpica y Rodríguez (2003), Agudelo (2007), Díaz (2013), y Fontalvo (2016).

El estudio de las aves nectarívoras en las áreas urbanas resulta interesante en la medida que permite conocer más acerca de los comportamientos de las aves nectarívoras respecto a las plantas, atendiendo a las diferentes situaciones que el contexto presenta, como un alto grado de urbanización que dificulta la conectividad funcional entre parches, la falta de oferta de recursos alimenticios en las áreas verdes de la ciudad, y en sí, condiciones desfavorables para ampliar el rango de hábitat de cada especie. Aun así, las áreas verdes pueden también ofrecer una buena cantidad de recurso alimenticio, en el caso de aquellas que se

encuentran conectadas con áreas fuente como reservas naturales, humedales, etc., y que por su composición florística brindan mayores oportunidades de uso. Estudiar la manera como las comunidades de aves están usando las coberturas vegetales urbanas, es el campo en el que se circunscribe el presente trabajo, en el cual uno de los objetivos perseguidos es, determinar las especies de plantas de las que se alimentan las aves nectarívoras entre los meses de julio y octubre en tres áreas verdes de Bogotá, además de analizar características fenológicas y morfológicas de las plantas visitadas que pueden generar la preferencia de las aves nectarívoras hacia ellas. Se busca además que las plantas visitadas por las aves sean especies sugeridas a la hora de realizar procesos de revegetalización en las áreas verdes urbanas, buscando que estas sean más funcionales en este caso para las comunidades de aves nectarívoras.

2. Planteamiento del problema

Pese a las diferentes dificultades que representan las ciudades para la vida silvestre, son lugares que también pueden servir de hábitat para muchas especies de fauna gracias a espacios como las áreas verdes, por lo tanto, son importantes centros para la conservación de la biodiversidad (Sorensen, Barzetii, Keipi, y Williams, 1998; Pisanty *et al.*, 2009; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2012). Aun así, las poblaciones que habitan los ecosistemas urbanos deben enfrentarse a mantener el movimiento a través de un paisaje cada vez más fragmentado, en busca de áreas que les brinden recurso para su supervivencia (Santos y Tellería, 2006). La Estructura Ecológica Principal de Bogotá cuenta con diversos tipos de elementos (parques lineales, áreas de ronda, áreas protegidas, etc.) que buscan “sostener y conducir la biodiversidad y los procesos ecológicos en el territorio” (Decreto 190, 2004).

Sin embargo, los criterios que se siguen actualmente para la selección de especies para la revegetalización de dichos elementos de la EEP en Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008), se enfocan más en los aspectos estéticos, paisajísticos y estructurales, teniendo en cuenta poco, o nada las características funcionales de las especies vegetales, dificultando cumplir objetivos de las áreas verdes como la de ser corredores biológicos para la fauna (Adams y Dove, 1989; Agudelo, 2007). Para el caso de las aves, la vegetación es un elemento que se encuentra estrechamente vinculado con la dinámica comunitaria de las especies (Bojorges, 2009), pero en el distrito capital son pocos los estudios que han buscado conocer la funcionalidad de las plantas que componen los diferentes elementos de la EEP de la ciudad para la avifauna, aunque se debe reconocer que han sido más que los enfocados en otros grupos animales. En particular, en cuanto a las aves nectarívoras, es poco lo que se sabe acerca de las interacciones existentes entre estas y coberturas vegetales urbanas en Bogotá, pudiendo citar solo algunos estudios (Zerda 1994; Malpica y Rodríguez, 2003; Agudelo, 2007; Díaz, 2013; Fontalvo, 2016). Número que se reduce aún más a la hora de hablar

de investigaciones encargadas de evaluar el uso que dan las aves nectarívoras a la vegetación urbana en áreas protegidas como los Cerros Orientales y áreas verdes relacionadas con los mismos.

2.1 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las especies de plantas que las aves nectarívoras usan para su alimentación en tres áreas verdes de Bogotá, en un tiempo de cuatro meses?
- ¿Cuáles son las características morfológicas que presentan las flores de las plantas que las aves nectarívoras usan para su alimentación?

2.2 Hipótesis

- Las plantas que las aves nectarívoras usarán serán las que se encuentren disponibles en el momento del estudio y presenten características asociadas al síndrome de ornitofilia.
- Características de la flor que sugieran mayor producción de néctar (p. ej. Flores con corola tubular, colores amarillos, rojos, etc.), podrían estar generando la preferencia de las mismas por las aves nectarívoras.

3. Justificación

El acelerado crecimiento de la población humana y por consecuencia de sus asentamientos, ha hecho de la urbanización un proceso continuo y en torno al que surgen diversas preocupaciones como su relación con la biodiversidad y con las características naturales del paisaje. Particularmente, Bogotá se ha caracterizado por tener un acelerado proceso de crecimiento urbano, muchas veces no planificado y que afecta ecosistemas importantes para la ciudad. Es por esto, que una de las necesidades más sentidas es el mantenimiento de los procesos ecológicos que permiten la subsistencia de la vida y de la sociedad en la urbe y sus límites (Ramírez, Trespalacios, Ruiz y Otero, 2008). Esto cobra importancia en el contexto actual en la medida en que se reconoce que las ciudades que sufren una escasez de ecosistemas urbanos y periurbanos son más vulnerables frente al cambio climático, pues tendrán una menor capacidad de asegurar el suministro local de los servicios ambientales que brindan los diferentes elementos de un ecosistema (Gómez, 2016 en Mejía, 2016).

Las áreas verdes urbanas constituyen importantes lugares para la conservación de la biodiversidad, y la investigación en ellas cobra importancia si se tiene en cuenta que son una parte inherente a cualquier estrategia ambiental que busque el desarrollo sostenible en las ciudades. Por lo tanto, deben representar un enfoque planificado, integrado y sistemático del manejo de árboles, arbustos y otro tipo de vegetación en los centros urbanos (Krishnamurthy y Nascimento, 1998). La diversidad que pueden llegar a albergar constituye una forma de protección contra condiciones adversas, contribuyendo de esta manera a la sostenibilidad de ecosistemas afectados por el hombre (Sorensen, 1998).

La planeación y el manejo de estos espacios debe integrar las funciones ecológicas y sociales de los paisajes urbanos (Miller, 1998). Tal como lo señala el mismo autor, y siendo una característica evidente en la planeación de las áreas verdes de Bogotá, la manera tradicional de hacer planeación parte desde una

perspectiva social, pero ha ignorado históricamente las funciones ecológicas que pueden cumplir estos lugares. La visión que busca hacer de los espacios verdes meros lugares para la recreación, debe expandirse para incluir aspectos como los valores biológicos (Krishnamurthy y Nascimento, 1998; Sorensen, 1998; Casas y Gómez, 2008).

La Estructura Ecológica Principal de Bogotá es la figura que en el distrito ordena y clasifica los diferentes espacios verdes, pero más allá, constituye un importante componente del paisaje que integra diferentes tipos de elementos como áreas protegidas, parques urbanos, áreas de ronda hídrica, etc. En este estudio se tendrán en cuenta tres elementos de la EEP que se encuentran categorizados en algunas de las clasificaciones mencionadas y otros que no poseen una clasificación actual, por lo que se ha decidido agruparlas bajo el nombre de “áreas verdes”. Sin embargo, se sabe que ecológicamente todas hacen parte de la EEP de la ciudad y cumplen con la característica de encontrarse cercanas a, o haciendo parte de los Cerros Orientales. Este es un punto clave si se tiene en cuenta que los Cerros constituyen una de las áreas protegidas dentro de la ciudad y su valor es esencial para el sustento de la biodiversidad de la misma (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006; CAR, 2009), característica que las áreas conectadas con los mismos deben poseer.

Por su parte, las aves constituyen un grupo comúnmente empleado especialmente en los estudios de ecología urbana (Beissinger y Osborne, 1982; Marzluff, Bowman, y Donnelly, 2001; Delgado y Correa, 2013; McGregor y Ortega, 2013), su fácil detección, sus rangos de distribución en ocasiones muy amplios, la fidelidad que presentan a la hora de relacionarse con ciertas plantas, o de usar cierto tipo de hábitat (Beissinger y Osborne, 1982); debido a esto, y en el caso de la EEP de la ciudad, constituyen un interesante grupo de estudio. En términos de ecología urbana, estas han sido uno de los grupos en torno al cual más trabajos se han desarrollado debido a que conforman comunidades complejas a lo largo de zonas urbanas y algunas son sensibles a cambios en la estructura y composición

de sus hábitats (Zuria, Carbó, y Gómez, 2012), y para el caso de Bogotá, constituyen un grupo bien documentado (ABO, 2000). Sin embargo, gran cantidad de los estudios con este grupo de fauna en las ciudades se han realizado en zonas del hemisferio norte y para el caso del trópico las investigaciones son carentes respecto a las primeras, aunque es importante mencionar que están en aumento.

Es por esto que se hace necesario emprender estudios que contribuyan a conocer mejor las maneras como este grupo faunístico se relaciona con las actuales coberturas vegetales de los elementos de la EEP en la capital, en aras de conocer los aspectos a mejorar en la configuración de dichos espacios, buscando así proveer a las aves mayores y mejores oportunidades de hábitat. Adicionalmente la información resultante es un insumo para la creación de políticas públicas que busquen mitigar las consecuencias negativas del desarrollo humano sobre este grupo faunístico y sobre los ecosistemas (Marzluff *et al.*, 2001).

Numerosas especies de aves de ambientes tropicales y templados tienen hábitos nectarívoros (Smith y Armesto, 1998). Las especies que visitan las flores por la apertura distal, pueden cumplir el papel de polinizadoras, un grupo funcional en el que los individuos que polinizan sirven como conectores capaces de transportar información genética entre áreas y diversos hábitats (Lundberg y Moberg, 2003). Sin embargo, y particularmente en el caso de las aves, disturbios como la fragmentación resultante de los procesos de urbanización generan barreras muchas veces infranqueables o que dificultan el movimiento de las aves en el paisaje y así mismo influyen en medidas como por ejemplo la frecuencia de visita a las flores (Lundberg y Moberg, 2003).

La polinización es un servicio ecosistémico clave para la reproducción de las plantas y en consecuencia para los humanos en términos de la producción de alimentos, establecimiento de jardines, etc., estando el segundo servicio enmarcado en una dinámica que cada vez toman más fuerza como la agricultura

urbana, a partir del año 2004 aproximadamente (Herrera, Herrera y Pinzón, 2017). Las aves, insectos, algunos mamíferos, entre otra fauna polinizadora, contribuyen en brindar un servicio ecosistémico importante para facilitar la conectividad de los hábitats mediante el transporte de polen de una población a otra; por esto, se consideran también un factor clave en la resiliencia de los ecosistemas (Lundberg y Moberg, 2003), y muy importantes en los ecosistemas urbanos (Ramírez y Wallace, 2016).

En el contexto dado, la presente investigación constituye un insumo para conocer las interacciones que se dan entre aves nectarívoras y plantas en áreas intervenidas y conservadas de la ciudad. Los resultados podrán motivar el análisis de las oportunidades que brindan actualmente las coberturas vegetales urbanas para la alimentación de las aves nectarívoras, en este caso, y pensar en los aspectos de diseño a mejorar, promoviendo de esta manera una gestión más integral de la biodiversidad en las áreas verdes urbanas de Bogotá, no solamente las que abarca el estudio, sino particularmente aquellas que guardan relación con los Cerros Orientales. Los resultados del mismo, aunados con los de otros estudios similares en diferentes elementos de la EPP, ayudarán a entender mejor la manera como las aves están interactuando con los elementos actuales del paisaje de la ciudad y de esta forma, convertirse en conocimiento útil que sirva para el diseño de herramientas de manejo del paisaje urbano que favorezcan la funcionalidad para la fauna.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Realizar un reconocimiento preliminar de las especies de plantas de las que se alimentan las aves nectarívoras en tres áreas verdes de Bogotá y las características de las interacciones dadas.

4.2 Objetivos específicos

- Registrar las interacciones establecidas entre las especies de plantas en floración y la comunidad de aves nectarívoras presentes en cada área de estudio en un tiempo de cuatro meses.
- Analizar las características morfológicas y fenológicas de las plantas que las aves nectarívoras usan como recurso alimenticio.
- Documentar los comportamientos de forrajeo de las especies de aves nectarívoras, con el fin de reconocer su papel como polinizadores de las plantas que visitan.

5. Estado del arte

5.1 Ecología urbana: aproximaciones desde el contexto nacional y local

Dentro de la ecología urbana, el estudio de la relación entre el espacio urbanizado y no urbanizado en la ciudad, es una de las primeras preocupaciones (Sierra, 2012). Los procesos de urbanización han tenido históricamente efectos importantes en la flora y fauna a nivel global, de hecho, es probable que sea el principal factor de extinción durante este siglo (Marluff, 2001). El crecimiento de la población y las altas concentraciones de habitantes, como principales causantes del fenómeno mencionado, pueden causar serios daños en los frágiles recursos ambientales y naturales de una ciudad (Sorensen *et al.*, 1998).

En Colombia el fenómeno de urbanización presenta particularidades políticas y económicas que lo diferencian de las situaciones que ocurren en otros países latinoamericanos (Ruiz, 2008). Para la década de los sesenta, aproximadamente la mitad de la población colombiana residía en zonas urbanas; para el 2014, el 76% de la población colombiana habitaba en las ciudades o se consideraba como población urbana y se calcula que para el 2050 este porcentaje aumente al 84% (UN, 2014). La Región Andina es considerada como uno de los sitios con mayor biodiversidad, y al mismo tiempo es la zona del país en la que se concentra la mayor población, al albergar la mayor cantidad de áreas metropolitanas, en donde residen aproximadamente 40% de los colombianos (McGregor y Ortega, 2013).

Es sabido que el establecimiento de asentamientos humanos en urbes y su constante expansión influyen de manera negativa en las poblaciones silvestres (Bojorges, 2009). En el caso de las aves, los efectos se han venido documentando desde hace 28 años aproximadamente en diferentes investigaciones a nivel mundial que coinciden en los efectos adversos que tienen las actividades antropogénicas sobre las comunidades y poblaciones de aves, los cuales son aún

más notorios en regiones donde existe mayor riqueza biológica (Bojorges, 2009) como es el caso de nuestro país.

En torno a los ecosistemas urbanos y los diferentes impactos mencionados, se han emprendido diferentes estudios. Según la revisión hecha por Duque y Sánchez (2012), las primeras aproximaciones a la ecología urbana a nivel mundial, se observan hacia 1925, pero es sólo a partir de 1965 que se encuentran estudios catalogados dentro de la línea. Esta misma revisión muestra los centros a nivel global que más han generado publicaciones en torno a este tema, dentro de los que se destacan 7 instituciones, todas ellas ubicadas en países del hemisferio norte. Los objetivos perseguidos, se caracterizan en la mayoría de estudios por analizar los flujos metabólicos de la ciudad y el urbanismo ecológico; mientras que el número de investigaciones que buscan estudiar la biodiversidad, son menores.

Por su parte, la revisión hecha por McGregor y Ortega (2013), comprende experiencias relacionadas con el estudio de ecosistemas urbanos en diversos países de América Latina. Para el caso de Colombia se citan 91 publicaciones llevadas a cabo en 43 ciudades colombianas, siendo la Región Andina la zona con más investigaciones concentradas (82%). Los estudios se han realizado principalmente en jardines botánicos (Zerda, 1994; Sánchez y Urcuqui, 2006; Díaz y Velásquez, 2009), campus universitarios (Giraldo y Ramírez, 1992; Reyes, Sedano y Durán, 2002; Marín, 2005; Cultid, Cabra, Rengifo, y Ascuntar, 2007; Muñoz, Fierro y Rivera, 2007; Rengifo, 2008; Agudelo, Moreno y Ocampo, 2010; Ramírez, Pérez, Mejía, Tobar, Muñoz y Trujillo, 2010), ecoparques y parques ecológicos (Arango, Montes, López, y López., 2007; Suárez, Racero, Guevara y Ballesteros, 2009), áreas para la conservación (Becerra, Benítez y Cely, 2005; Díaz y Velásquez, 2009) y zonas residenciales (Gómez, Velásquez, Saldarriaga, Díaz y Otero, 2002; Nates, Parra, Rodríguez, Baquero y Vélez, 2006), tratando tres grandes temas: ecología y comportamiento, listas de especies y conservación de la biodiversidad.

El recién publicado libro por el Instituto Alexander von Humboldt (en adelante IAvH) “*Naturaleza urbana*” (Mejía, 2016), convoca más de 80 autores de varias ciudades de Colombia, quienes comparten sus experiencias y diversas herramientas para integrar criterios de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la gestión y planificación urbana del país; las experiencias se agrupan en categorías temáticas como la biodiversidad urbana, el análisis de servicios ecosistémicos urbanos, la gestión y planificación urbana, el arbolado urbano, los espacios del agua, la restauración ecológica, el monitoreo participativo, etc., representando una importante herramienta de difusión de los esfuerzos realizados en el país por entidades y personas de diversa índole como organizaciones civiles, gobiernos locales, universidades, centros de investigación, etc. Esta constituye una fuente importante de información, que permite reconocer los lugares del país donde se están gestando iniciativas ciudadanas en torno a la ecología urbana.

5.2 El caso de Bogotá. Un énfasis en la ornitología urbana

Para el caso particular de Bogotá, se pueden citar estudios recientes sobre biodiversidad en campus universitarios (Sánchez *et al.*, 2015), reconociendo este tipo espacios en los se genera un mosaico de ambientes urbanizados, de uso agropecuario y zonas asociadas a cuerpos de agua, como un refugio para especies amenazadas y poco conocidas. Las colisiones de las aves con la infraestructura de los campus universitarios también han sido estudiadas (Agudelo *et al.*, 2010), encontrando que los ventanales a través de los cuales es posible ver la vegetación al otro lado y los que reflejan la vegetación o el cielo, son los más peligrosos para las aves.

Los humedales de la capital han sido también importantes centros de investigación, sugiriéndolos como lugares con una alta prioridad para la conservación, importantes para mantener la heterogeneidad del hábitat, las poblaciones de aves y la diversidad regional (Rosselli y Stiles, 2012) y en los que

la contaminación generada por fuentes urbanas incide drásticamente en la biomasa de macroinvertebrados, por ejemplo, aún más que los cambios estacionales (Rivera, Pinilla, Rangel, Castro y Camacho, 2015).

Los relictos de bosque nativo hacia la zona norte de la ciudad han sido áreas de investigación en las que se evidencia la importancia de estos lugares como hábitat para la avifauna local y endémica y como ecosistemas clave para la conectividad ecológica del borde norte (Rosselli, De la Zerda y Candil, 2017). Adicionalmente, se ha investigado acerca del recurso polínico que emplean insectos como abejas en ambientes urbanos de Bogotá (Pinilla, Nieto y Nates, 2016), evidenciando que el conocimiento de los recursos florales y características biológicas de las abejas son importantes elementos para promover su conservación en áreas urbanas.

A nivel de la ornitología urbana, se encuentra que los desafíos a los que se enfrentan las aves en la vida en la ciudad son bastantes, tales como el ruido, la depredación por especies domésticas, las consecuencias de elementos como el ultrasonido, los campos electromagnéticos, las ventanas, las luces y el cambio climático, etc. (Marzulff, 2016). Todos estos son factores que inciden en la demografía, el comportamiento, la morfología y la fisiología de las aves (Marzulff, 2016). Siguiendo a este mismo autor, el reconocimiento por parte de la población de que una gran diversidad de aves habita los ecosistemas urbanos, es un medio para mejorar la conservación de las aves.

Los censos de la avifauna de la ciudad y región han sido una herramienta importante para acercar a la ciudadanía al reconocimiento de la biodiversidad urbana, y los resultados de estos monitoreos en Bogotá han sido importantes insumos para evaluar la manera como ha venido cambiando la avifauna a largo plazo. En el estudio realizado por Stiles, Rosselli y De la Zerda (2017) donde se evalúan los cambios en la avifauna a lo largo de 26 años en la región de Bogotá, se encontraron cambios en la abundancia de 85 especies, y dentro de las acciones antrópicas importantes en estos, se consideran las intervenciones en

algunos humedales, la urbanización, la plantación de árboles en parques y avenidas y la reducción de pastizales abiertos. Adicionalmente, se menciona que el cambio climático, impulsado por la isla de calor generada en la ciudad y los efectos relacionados, parecen ser el factor más importante asociado con los cambios en la abundancia de las aves residentes permanentes y estacionales en la Sabana (Stiles, Rosselli y De la Zerda, 2017).

En cuanto a los estudios de avifauna, Stiles, Rosselli y De la Zerda (2017) mencionan campos que requieren más estudio como la importancia de aquellos factores que favorecen las aves, y de los que las inhiben, las interacciones entre humanos y las aves, y métodos de educación ambiental para permitir una mayor participación ciudadana en la conservación de la biodiversidad. Aspectos que también se pueden tener en cuenta en el estudio de otros grupos taxonómicos, en los cuales existen vacíos similares.

5.3 La investigación en las áreas verdes en Bogotá

Las investigaciones registradas hasta el momento en las áreas verdes urbanas de Bogotá, han tenido como escenario áreas protegidas, campus universitarios, corredores ecológicos de ronda, jardines domésticos, cercas vivas y el Jardín Botánico de Bogotá.

Los estudios en los Corredores Ecológicos de Ronda - CER (Art. 101, Decreto 190, 2004), han buscado evaluar la funcionalidad de estos para la avifauna (Agudelo, 2007) y los efectos de la urbanización en la comunidad de aves (Barreto y Montejo, 2004). En el estudio llevado a cabo en el Canal Molinos, Agudelo (2007) determina la importancia de la continuidad vegetal en el paisaje y en la cobertura de árboles y arbustos para incrementar la conectividad funcional que puede brindar el corredor para algunas especies típicas de los Cerros Orientales y de bordes y parques arborizados. Por su parte, la investigación desarrollada por

Barreto y Montejo (2004) evidencia que la comunidad de plantas de la zona de transición entre la cuenca alta y media del Río Fucha se encuentra dominada por especies foráneas, carente de arbustos y se afecta a medida que se acerca a zonas más urbanizadas por invasión de la ronda, y canalización del cuerpo de agua, lo cual genera también efectos adversos sobre la diversidad de aves, a medida que aumenta el nivel de perturbación.

Por su importancia en la conectividad ecológica en la zona periurbana de la ciudad, en el borde norte de la ciudad se han llevado a cabo algunos estudios (Mendoza y Sánchez, 2014; Fontalvo, 2016; Rosselli, De la Zerda y Candil, 2017), particularmente en el último relicto de vegetación nativa de la parte plana de la Sabana de Bogotá, denominado Bosque Las Mercedes. Esta área verde presenta un tamaño reducido, se encuentra aislada de áreas fuente como los Cerros Orientales y hace parte de un área pensada para la restauración ecológica (Rosselli *et al.*, 2017). Un estudio encargado de registrar los cambios en la avifauna a lo largo de catorce años, logró encontrar un aumento en la abundancia relativa de especies a lo largo de dicho tiempo, además de destacar el bosque como un área con una avifauna rica, comparado con lugares embebidos en la matriz urbana, pero pobre comparada con áreas conectadas con los Cerros Orientales; concluye, sin embargo que el resultado positivo en cuanto a riqueza de aves, se debe a una mayor heterogeneidad en la estructura del bosque, debido a procesos de restauración (Rosselli *et al.*, 2017). El bosque se considera también un lugar importante a considerar para la conservación de especies nativas de mamíferos en Bogotá (Mendoza y Sánchez, 2014).

El Jardín Botánico de Bogotá se ha constituido no solo como un lugar enfocado hacia la exhibición botánica, sino como un área generadora de hábitat para gran cantidad de fauna. El trabajo desarrollado por Malpica y Rodríguez (2003), evidencia que para el 2003 esta área verde de la ciudad albergaba cerca de 86 especies, resaltando la importancia del incremento de las especies vegetales en el

Jardín para generar un incremento en la composición de la avifauna y la distribución de la misma en la zona.

Dentro de las investigaciones desarrolladas en las áreas verdes de la ciudad, se encuentran aquellas que, como las anteriormente descritas han indagado acerca de las relaciones entre las coberturas vegetales y distintos grupos de fauna. Sin embargo, otros estudios se han enfocado más hacia conocer la composición vegetal de algunas áreas verdes como campus universitarios (Sánchez *et al.*, 2015), jardines domésticos (Sierra y Amarillo, 2017), humedales (Hernández y Rangel, 2009) y áreas verdes de museos (García, 2010). En el caso de los jardines o huertos domésticos, se reconoce que son áreas que contribuyen significativamente a los espacios verdes de las ciudades y en el caso de los que presentan mayor número de especies nativas, cumplen un importante papel en la conservación de las mismas (Sierra y Amarillo, 2017).

El trabajo desarrollado por Hernández y Rangel (2009), buscó caracterizar y zonificar los tipos de vegetación del Humedal Jaboque, diferenciando un total de 14 comunidades vegetales y encontrando que la diversidad florística del humedal es mayor en las zonas en mejor estado de conservación y disminuye en el área canalizada, en donde se establecen pocas comunidades. Por su parte, el estudio de García (2010), llevado a cabo en los jardines de la Quinta de Bolívar, evidenció que, pese a encontrar gran parte de especies foráneas, este se constituye como un espacio importante para la conservación de la flora nativa y con un importante papel en relación a su cercanía con los Cerros Orientales.

Junto al anterior marco contextual referente a lo que se ha investigado en las áreas verdes de la ciudad, es importante mencionar las herramientas técnicas con que se cuenta actualmente para el manejo de las mismas en la ciudad. Se han publicado documentos relacionados directamente con el manejo de la vegetación a nivel distrital, así como manuales que establecen criterios desde la restauración ecológica. En cuanto a los primeros, es posible mencionar el “Manual de

Silvicultura Urbana para Bogotá” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008), el “Arbolado Urbano de Bogotá” (Mahecha, *et al.*, 2010) y los Planes Locales de Arborización Urbana (PLAUs). En cuanto a los manuales de restauración ecológica, se destaca el “Manual para la Restauración Ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital” (Barrera, Contreras, Garzón y Moreno, 2010), la “Guía Técnica para la Restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital” (Jarro, 2004), el “Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos” (SDA, 2008) y la “Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino” (Vargas, 2007).

5.4 Polinizadores en el contexto urbano, un énfasis en las aves nectarívoras

Los estudios sobre polinizadores en la capital son pocos, y esta se considera una tendencia mundial para las áreas urbanas (Caicedo, 2016, en Mejía, 2016). Las abejas y las aves han sido los polinizadores más estudiados, destacándose para el primer caso contribuciones como la realizada por Nates *et al.* (2006), en la que se realiza una revisión bibliográfica y de campo en la que logran registrar 40 especies de abejas para Bogotá y sus alrededores, encontrando que, así como hay especies adaptadas a ambientes urbanos, hay otras que, por el contrario, buscan alejarse de estas áreas. Se resalta además que pese a las diferentes perturbaciones que muestra una ciudad como Bogotá, fue posible registrar las cinco familias de abejas que existen para Colombia. Por su parte, Pinilla, Nieto y Nates (2016) evidencian que *Thygater aethiops* es una especie de abeja nativa que emplea recursos polínicos de plantas nativas y exóticas, lo cual, es una característica que la ha ayudado a adaptarse a los entornos urbanos.

Por ser el tema del presente trabajo, en cuanto a las aves nectarívoras y que actúan como polinizadoras en contextos urbanos, se realizó una revisión a nivel de Latinoamérica, basada en la realizada por McGregor y Ortega (2013), encontrando solamente dos estudios hechos en Brasil. El primero de ellos indaga acerca de los

recursos florales empleados por colibríes en un área urbana del sur de Brasil (Mendoza y Anjos, 2005), registrando un total de 22 especies de plantas visitadas y evidenciando que los paisajes urbanos se encuentran ocupados por especies con menores exigencias ecológicas en relación al alimento, contrario a lo que sucede con especies más especializadas, en las que, debido a la baja disponibilidad de alimento en las ciudades, se ven en menor proporción. El segundo, caracteriza los hábitos alimenticios del colibrí *Eupetomena macroura* en un parque urbano del sudeste de Brasil (Toledo y Moreira, 2008), registrando las plantas visitadas para la alimentación y para la defensa del territorio, concluyendo que la plasticidad que muestra este colibrí en sus hábitos, puede contribuir a su persistencia en las zonas urbanas.

En cuanto a Bogotá, los estudios de aves nectarívoras en áreas urbanas son muy reducidos, característica en común con las investigaciones en Colombia. A nivel nacional, se destaca el trabajo realizado por Cardona, Cardona y Marín (2012) en el campus de la Universidad del Quindío, en el que registran 8 especies de aves nectarívoras interactuando con 25 especies de plantas, encontrando además una tendencia generalista en la dieta de las aves. Un estudio adicional realizado en un campus universitario en Bogotá Díaz (2013) logra identificar 4 especies de aves y 5 de insectos que seleccionaron un total de 5 especies de plantas para su alimentación en una terraza productiva, siendo *Abutilon pictum* la planta que más visitas de aves recibió.

Aunque no se centran en el estudio de las aves nectarívoras, los trabajos realizados por Agudelo (2007), Fontalvo (2016) y Malpica y Rodríguez (2003), mencionan aspectos del comportamiento de estas aves en el área urbana y periurbana de la ciudad. Por su parte, Agudelo (2007) señala al colibrí orejivioleta (*Colibri coruscans*) como una especie “muy abundante” en ambientes intervenidos en el Canal Molinos, que emplea el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) como una fuente importante de néctar y que tuvo mayor frecuencia en áreas con coberturas medias de urbanización, pasto y baja arborización. Adicionalmente, se registran

especies asociadas a los Cerros Orientales y por lo tanto a una vegetación más de bosque montano, tales como *Chaetocercus mulsant*, *Coeligena bonapartei*, *Metallura tyrianthina* y *Lesbia nuna*, especies para las cuales el canal parece no ofrecer los recursos necesarios para garantizar la dispersión a lo largo del mismo, por lo cual, se clasifican como “evasoras urbanas”. En el estudio de Fontalvo (2016), realizado en cercas vivas de Eucalipto en el borde norte de Bogotá, se evidencia que esta es una especie importante para el forrajeo de a especies como *Colibri coruscans*, *Lesbia nuna* y *Chaetocercus mulsant*.

La investigación desarrollada por Zerda (1994) en el Jardín Botánico de Bogotá, estudia la territorialidad, el comportamiento reproductivo y alimentario de *Colibri coruscans*. Respecto a la dieta, logra identificar 12 especies de plantas visitadas y reconoce comportamientos como el vuelo silencioso, con excepción de las ocasiones en las que se encuentran otras aves cerca, en las que emite chillidos.

6. Marco teórico

6.1 Ecología urbana: ¿Qué sucede en los ecosistemas urbanos?

La ciudad al igual que otros hábitats, forma parte de un ecosistema, un ecosistema urbano en el que ocurre una estrecha relación de hábitat entre el previamente existente o natural y el construido por el hombre o artificial (Amaya, 2005). Dentro de las características que permiten conceptualizar un ecosistema urbano, se encuentran los patrones de cambio que se dan a nivel del uso del suelo, la estructura y función que presenta, y la escala y complejidad dadas por el área ocupada (Amaya, 2005).

Los patrones de cambio predominantes en los ecosistemas urbanos son principalmente tres: urbano a urbano, rural a rural, o rural a urbano, siendo este último quizá el que genere mayor impacto ecológico (Amaya, 2005). La constante transformación en el uso del suelo, en el caso de suelos rurales a urbanos conlleva diferentes presiones generadas por la expansión física de las ciudades, en últimas, esto genera importantes modificaciones tanto a nivel de la morfología urbana y el sistema natural, como en la dimensión social de las comunidades que habitan el territorio (Hidalgo *et al.*, 2003, en Almendras, 2009). A nivel global, este tipo de dinámica es una de las mayores amenazas de la biodiversidad (Arriaga, 2009).

Para sobrevivir en la ciudad, los animales han tenido que cambiar diferentes aspectos en su comportamiento y dependen de estrategias y oportunidades para conseguir su alimento, incluso pueden terminar modificando sus hábitos alimenticios (Área Silvestre, 2011 en Sierra, 2012). En comparación con los hábitats naturales, la ciudad ofrece un escenario en el que la oferta de alimento y los lugares de anidación son restringidos, debido a esto, la pérdida de hábitat a causa de las presiones y transformaciones urbanísticas es el factor que condiciona de manera más fuerte la presencia y diversidad de fauna (Sierra, 2012). El cambio

de vegetación, por ejemplo, es una de las consecuencias de la urbanización que mayores impactos negativos trae para la fauna, pues en el caso de las aves, la dinámica de las especies se encuentra vinculada estrechamente con la estructura de la vegetación, pues es en ella en donde encuentran su recurso alimenticio, los sitios de anidación, descanso, protección contra depredadores y aves parásitas de nidos (Bojorges, 2009).

En su revisión, McKinney (2008) muestra que existe un patrón general en el que la riqueza de especies tiende a reducirse en áreas con altos niveles de urbanización. Sin embargo, en determinados grupos taxonómicos se observa una mayor riqueza en lugares con niveles intermedios de urbanización, como en el caso de las plantas y algunos grupos de invertebrados, puesto que estas zonas se estarían comportando como lugares que brindan una mayor heterogeneidad de hábitats. Aun así, es importante tener en cuenta que los impactos específicos de la urbanización en la riqueza de especies pueden variar, dependiendo de variables tales como la ubicación geográfica de la ciudad (incluido su matriz ecológica natural) y muchos factores históricos y económicos que son únicos de cada ciudad (McKinney, 2008).

La ecología urbana surge, entonces, como un campo que ayuda a entender las interacciones entre los elementos naturales o preexistentes y los creados por el humano o artificiales. El espacio parcialmente natural y parcialmente construido a modo de simbiosis que constituye la ciudad como lo menciona Amaya (2005), es escenario de relaciones mutuas y a veces de dependencia, pues el entorno natural es el espacio vital que suministra los insumos naturales necesarios para la vida en la ciudad, o como lo mencionan Barrera *et al.* (2010), es importante entender que la ciudad no está aislada y su bienestar depende y dependerá de los ecosistemas vecinos.

6.2 Áreas verdes urbanas

Diversos términos son empleados para referirse a las coberturas vegetales de una ciudad, tales como zonas verdes, áreas verdes, espacios verdes, áreas libres, etc. (Bargos y Matias, 2011). Algunos autores plantean las áreas verdes urbanas como aquellos componentes del equipamiento urbano donde predomina la vegetación, con funciones recreativas para la población, o espacios libres que desempeñan un papel ecológico y de oferta para el desarrollo del ocio, con gran importancia para la calidad de vida de las personas (Bargos y Matias, 2011; Toledo y Santos, 2008).

Para este trabajo, se hará referencia a las áreas verdes urbanas como aquellas áreas con vegetación y que conforman la Estructura Ecológica Principal de la ciudad, estén o no normativamente reconocidas dentro de ella, como es el caso de la Quinta de Bolívar, cuya área verde no se encuentra clasificada dentro de las categorías estipuladas en el Decreto 190 de 2004.

Un atributo muy importante pero descuidado en el desarrollo de las ciudades, es el de la cobertura vegetal (Nucci, 2008), la vegetación es un elemento fundamental en el ambiente de una ciudad, pues son numerosos los beneficios de tipo ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico que brindan. El control de la contaminación, la regulación del clima, la moderación de la temperatura, servir como barreras contra el viento, controlar la erosión, proteger los cuerpos de agua y las cuencas, embellecer el paisaje, proveer de sitios de recreación a las personas, aportar culturalmente y servir de hábitat para una gran cantidad de fauna, se encuentran dentro de los beneficios más importantes (Krishnamurthy y Nascimento, 1998; Sorensen, 1998; Casas y Gómez, 2008; Tovar, 2007).

Aun así, dentro de las dinámicas generadas por los procesos de urbanización, la fragmentación del ambiente original, dentro del que se encuentran áreas verdes muchas veces conservadas, genera un mosaico de parches de diferente tamaño y

forma, constituyendo así una de las principales consecuencias de este fenómeno antrópico. La vegetación de estos parches presente antes de la urbanización es transformada, y constantemente modificada por continuos disturbios humanos (Dickman, 1987). Nos encontramos entonces frente a un desarrollo que destruye el hábitat de muchas especies, modifica el hábitat de otras y crea nuevo hábitat para algunas (Adams y Dove, 1989). Los parches que se generan se encuentran usualmente rodeados por áreas despejadas, carreteras, construcciones y otros ambientes antrópicos y, en general, se convierten en pequeños y aislados para el centro urbano (Cousins, 1982, en Dickman, 1987).

En las ciudades, el sistema urbano se concibe desde una perspectiva antrópica, en la que los elementos que lo conforman se crean para uso y beneficio de la sociedad, dejando de lado muchas veces las demás poblaciones de flora y fauna que hacen parte de los ecosistemas (Rubio, 1995; Sierra, 2012). Sin embargo, los planificadores urbanos deben considerar la integración de las acciones de enverdecimiento en todos los proyectos de obras públicas a nivel urbano (Sorensen *et al.*, 1998).

En este contexto, Sorensen *et al.* (1998), sugieren diferentes puntos a tener en cuenta a la hora de diseñar la infraestructura de espacios verdes por parte de los planificadores urbanos:

- Se deben tener metas cuantitativas establecidas, como el desarrollo de índices de biodiversidad para clasificar a los espacios verdes según las características de la fauna y flora, el porcentaje de especies nativas que allí habitan, los registros permanentes en la calidad del aire y agua.
- Se debe maximizar el uso y los beneficios de las áreas, estableciendo diseños que vayan más allá de la recreación y el aumento del valor estético y trasciendan a cumplir funciones como la mejora de la calidad del aire y del agua, la protección de la biodiversidad, la reducción de la erosión y los riesgos de inundación, etc.

- Se debe tomar en consideración las opiniones, y sugerencias de equipos de otras disciplinas, como ingenieros de agua y alcantarillado, especialistas en transporte, y por supuesto, las comunidades aledañas al lugar, o quienes harán uso frecuente del mismo.
- Se debe garantizar que estas áreas perdurarán, generando acciones de mantenimiento, protección y seguimiento, procesos en los que la participación de la comunidad es muy importante, pues constituye una de las mejores oportunidades para que un área verde permanezca como fuente viable de múltiples beneficios duraderos.

En cuanto al manejo de áreas verdes a nivel distrital, es el (Decreto 531, 2010) el que reglamenta la silvicultura urbana, zonas verdes y la jardinería en Bogotá y se definen las responsabilidades de las entidades distritales en relación con el tema. El concepto de silvicultura urbana, que se encuentra todavía en evolución, se puede definir como la plantación de árboles en algunos lugares (Mahecha *et al.*, 2010), así como la planificación y el ordenamiento a gran escala de estos, con el fin de hacerlos parte funcional y estructural de la consolidación de la EEP establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008).

Como la EEP se encuentra enmarcada dentro de un contexto urbano-regional, la silvicultura urbana y su manejo deben atender a la relación de la ciudad con las áreas rurales aledañas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008). En el mismo decreto, se dictaminan las entidades encargadas de la planeación de la silvicultura urbana y de la plantación, tal como son la Secretaría Distrital de Ambiente, encargada de las estrategias de planificación y el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, designado en este caso para realizar tanto la planificación de las plantaciones, como el establecimiento y mantenimiento del arbolado joven y la jardinería en Bogotá (Decreto 531 de 2010). En cuanto a la selección de las especies para el arbolado y para la jardinería, el Jardín Botánico se encuentra encargado de las actividades correspondientes a la asesoría técnica (*ibídem*).

6.3 La Estructura Ecológica Principal (EEP)

En el año 2000, los biólogos de la conservación en Colombia empiezan a reconocer el valor de la conservación de los espacios verdes urbanos (Andrade, 2005 en Andrade, Remolina y Wiesner, 2013); es en este año en el que el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) de Bogotá incorpora el concepto de “Estructura Ecológica Principal”, y es hasta el 2007 que la EEP es incorporada a la legislación ambiental nacional como uno de los determinantes ambientales para la planificación del uso de la tierra, mediante el Decreto 3600 de 2007 (Andrade *et al.*, 2013).

La Estructura Ecológica Principal se define entonces como “El conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud, tales que garantiza el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida” (Van der Hammen, 2005, p.289). De esta manera, la EEP constituye una propuesta de ordenamiento espacial de la cobertura vegetal, pero también de uso y manejo de recursos como la tierra y el agua (Van der Hammen y Andrade, 2003; Van der Hammen, 2005), y se encuentra normada para la ciudad de Bogotá mediante el Decreto 190 de 2004 y es adoptada por el POT mediante el Decreto 619 del 2000, dentro del cual se reconocen y categorizan los siguientes componentes:

Tabla 1.*Elementos que conforman la EEP para la ciudad de Bogotá. Decreto 619 del 2000.*

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL			
1. Sistemas de Áreas Protegidas del Distrito Capital	2. Parques urbanos	3. Corredores ecológicos	4. Área de Manejo Especial del Río Bogotá
1.1 Áreas de manejo especial nacionales	2.1 Parques de escala Metropolitana	3.1 Corredor ecológico de ronda	4.1 Ronda Hidráulica del Río Bogotá
1.2 Áreas de manejo especial regionales	2.2 Parques de escala Zonal	3.2 Corredor ecológico vial	4.1 Zona de Manejo y Preservación del Río Bogotá
1.3 Santuario Distrital de Flora y Fauna		3.3 Corredor ecológico de borde	
1.4 Área Forestal Distrital		3.4 Corredor ecológico regional	
1.5 Parque Ecológico Distrital			

6.4 Síndromes de polinización: un énfasis en la ornitofilia

La polinización es el proceso relacionado con la dispersión del polen en el ciclo de vida de las angiospermas o plantas con flores; en otras palabras, consiste en el transporte del grano de polen desde la antera hasta el estigma de una flor de la misma especie (Nates, 2016). La transferencia del polen de una flor a otra generalmente requiere de un vector de polen, que puede ser abiótico como el viento o el agua, o un organismo vivo como insectos, mamíferos o aves (Nates, 2005).

El síndrome de polinización es definido por Fenster, Armbruster, Wilson, Dudash y Thomson (2004), como el conjunto de características florales asociadas con la atracción y la utilización de un grupo específico de polinizadores. En el caso de los vectores bióticos se habla de coadaptación, pues se observa un ajuste de rasgos entre los dos grupos de organismos que conlleva un incremento en el desempeño biológico (Nates, 2016).

De esta manera, los síndromes de polinización reciben nombres relacionados con el agente encargado de la dispersión del polen: anemofilia, hidrofilia, cantarofilia, miofilia, melitofilia, psicofilia, falenofilia, quiropterofilia, ornitofilia; casos en los cuales son el viento, el agua, los coleópteros o escarabajos, las moscas, las abejas, las mariposas, las polillas, los murciélagos y las aves, respectivamente, quienes son los encargados de transportar el polen de una flor a otra.

En cuanto al síndrome de ornitofilia, en Colombia las principales aves polinizadoras son los colibríes (Trochilidae), con cerca de 140 especies (Stiles com. pers. en Nates, 2016). El mecanismo de atracción primaria hacia las aves son los colores brillantes en las flores y algunas veces en las partes vegetativas. Diferentes experimentos y observaciones de campo sobre la elección de flores por colibríes indican que la concentración del néctar, la composición del mismo, y los colores de la flor, son factores que influyen en la preferencia (Stiles, 1976). En cuanto al color de las flores, Stiles (1976) menciona que los colibríes pueden discriminar los matices mucho mejor que los humanos en las longitudes de onda más largas, en este caso, se hace referencia a los colores rojo, naranja y amarillo; sin embargo, son predominantemente rojas, probablemente porque este color es poco aparente para los insectos, con excepción de algunas abejas y mariposas (Raven, 1972 en Gutiérrez y Rojas, 2001).

7. Metodología

7.1 Áreas de estudio

Se escogieron tres áreas verdes de la ciudad, dos de ellas cercanas a los Cerros Orientales: Quinta de Bolívar, Sector El Chicó, y una que hace parte de estos: Reserva El Delirio. Cada una con particularidades a nivel de estructura y función de las coberturas vegetales que pueden ofrecer oportunidades de uso para las aves nectarívoras.

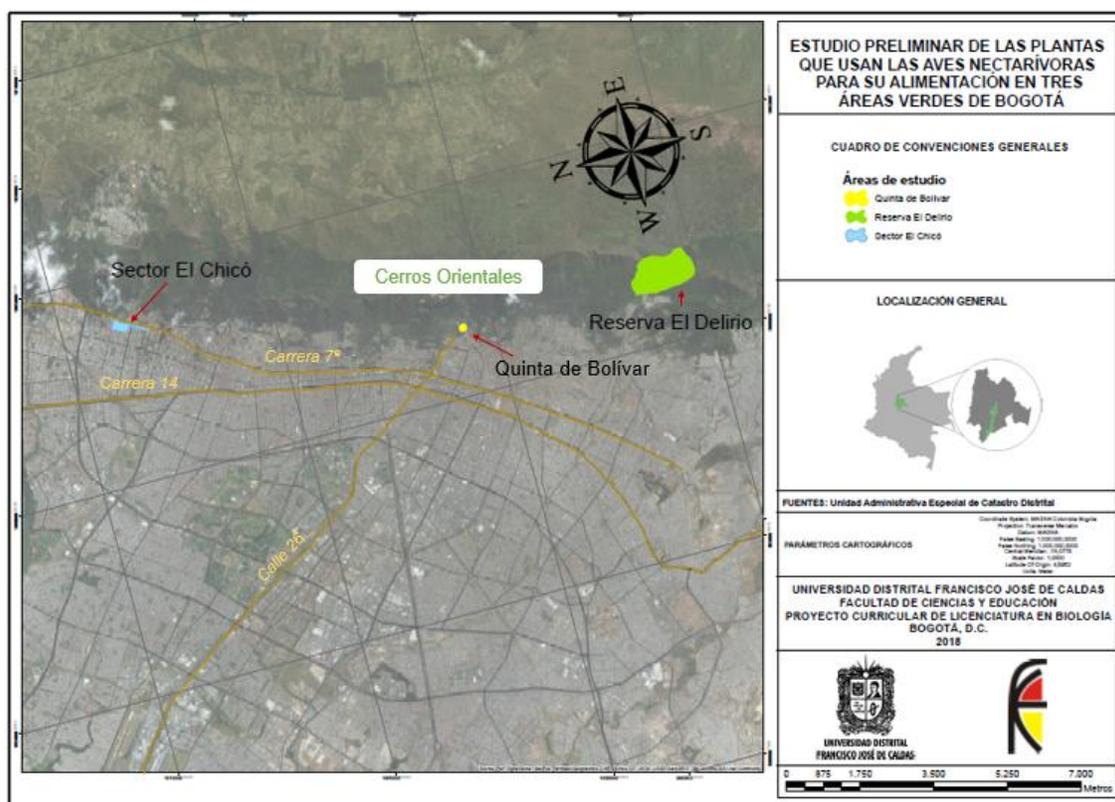


Figura 1. Ubicación geográfica de las tres áreas de estudio.

Reserva El Delirio

Constituye la zona más conservada, hace parte de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental y aún cuenta con elementos nativos del bosque alto andino e incluye el cordón ripario del Río Fucha. Se localiza en la Localidad de San

Cristóbal, en estribaciones con el Páramo de Cruz Verde, su extensión aproximada es de 1.200 ha y la temperatura oscila entre 1 y 18° C según la época del año. La precipitación máxima media anual es de 1235 mm/año (Estación El Delirio) (Estrada, 2013 en Barreto y Montejo, 2014). Dichas precipitaciones presentan un comportamiento unimodal a lo largo del año, hacia el sector de los Cerros Orientales, siendo mayo, junio, julio y agosto los meses con los registros más altos. Con una altura máxima de 2810 msnm, es el lugar de nacimiento del Río Fucha y presenta ecosistemas de subpáramo y bosque alto andino, además de plantaciones forestales de ciprés, eucalipto y pino. Por su parte, las coberturas nativas se caracterizan por presentar una vegetación alta y cerrada con bosques de encenillo (*Weinmannia tomentosa*) y otras especies como pegamosco (*Bejaria resinosa*), raque (*Vallea stipularis*), canelo de páramo (*Drimys granadensis*), uva de anís (*Cavendishia bracteata*), mano de oso (*Oreopanax* sp.), trompeta (*Bocconia frutescens*) y gran variedad de helechos, chusque, tagua, y frailejones en las partes más altas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012). Los puntos de observación se ubicaron en las siguientes coordenadas: 1) 4°33'47.5"N 74°03'55.0"W, 2) 4°33'41.9"N 74°03'56.2"W y 3) 4°33'38.4"N 74°03'50.0"W.

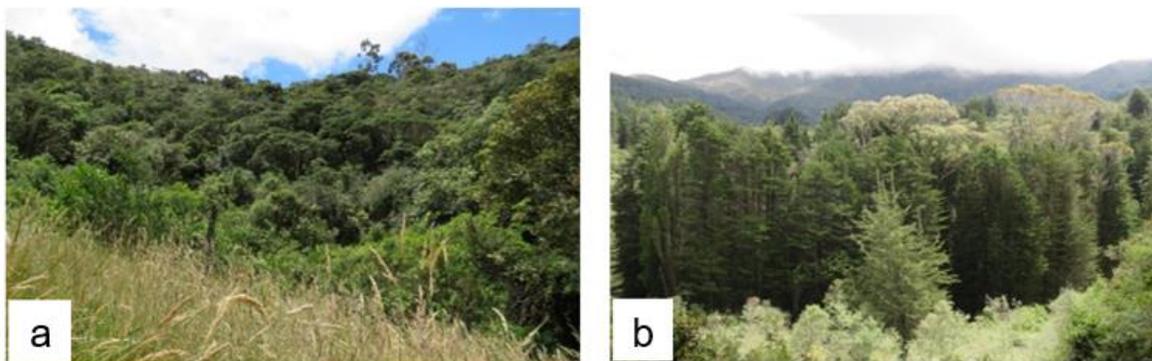


Figura 2. Borde de bosque alto andino (a) y plantaciones forestales (b) en la Reserva El Delirio.

Sector El Chicó

Para este estudio se tuvo en cuenta el área comprendida desde la Kra 7ma y 9na entre las calles 94 y 92, lugar con edificaciones residenciales y que comprende El

Museo Mercedes Sierra de Pérez El Chicó. El área verde se encuentra representada por los corredores viales y el parque que se encuentra al interior del museo y que es atravesado en su costado norte por la Quebrada El Chicó (actualmente denominada "Canal Museo El Chicó"). Esta hace parte de la cuenca del Río Salitre, en su área inundable conforma el Humedal Chicó, conformando una parte del sistema hídrico de los Cerros Orientales y que está en proceso de ser incorporada a la EEP de la ciudad (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

Esta es un área que se encuentra separada de los Cerros Orientales por la Carrera Séptima, importante para la EEP de la ciudad, pues el sistema hídrico que inicia en la Quebrada El Chicó se constituye en un corredor que favorece la conectividad ecológica, hídrica y provisión de servicios ecosistémicos que pueden potenciar los flujos de biodiversidad y aumentar la calidad ambiental de la ciudad (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016). Los puntos de observación se ubicaron en las coordenadas: 1) 4°40'16.1"N 74°02'40.3"W, 2) 4°40'29.4"N 74°02'38.8"W y 3) 4°40'25.1"N 74°02'36.9"W.



Figura 3. Vegetación al interior del Parque El Chicó (a), pileta con jardín central en el Parque El Chicó (b) y Jardín vecinal sobre la Carrera 7 A (c).

Quinta de Bolívar

La Casa Museo Quinta de Bolívar se encuentra ubicada en el centro histórico de Bogotá, sobre la Kra. 4ª con calle 21, separada de los Cerros Orientales por la Av. Circunvalar; data de 1800 y es considerada Patrimonio Cultural (García, 2010).

En su Artículo 5, la ley 31 de 1979 ordena construir el Jardín Bolivariano con el fin de recuperar la presencia del Río San Francisco y devolverle a los Cerros Orientales parte de su riqueza vegetal (García, 2010). Las familias de plantas que presentan una mayor riqueza en los Jardines de la Quinta son Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae y Solanaceae (García, 2010). Se encuentran sembradas especies comestibles, ornamentales, y aromáticas. Los jardines de la quinta cuentan también con especies de árboles nativos como nogales (*Juglans* sp.), cedros (*Cedrela* sp.), sangregados (*Croton* sp.), bromelias (*Tillandsia* sp.), trompetos (*Bocconia* sp.), borracheros (*Brugmansia* sp.), etc., que se han preservado a lo largo del tiempo y pese a las distintas reformas por las que ha pasado la Quinta (García,2010). Coordenadas de los puntos de observación: 1) 4°36'10.2"N 74°03'47.4"W, 2) 4°36'09.1"N 74°03'47.4"W y 3) 4°36'10.5"N 74°03'45.8"W.



Figura 4. Jardines de la Quinta de Bolívar (a, b, c).

7.2 Trabajo de campo

Se realizaron 10 muestreos en cada una de las áreas de estudio entre los meses de julio y octubre de 2017, para un total de 30 días de observación.

7.2.1 Registro de las interacciones establecidas entre las especies de plantas en floración y las aves nectarívoras

El estudio de la comunidad de aves se realizó por medio del conteo por puntos intensivos (Ralph *et al.*, 1996). En cada una de estas áreas se seleccionaron tres puntos a intervalos diferentes que variaron de acuerdo a la extensión del lugar. El criterio de selección para estos puntos fue que hubiera presencia de plantas en floración. Cada punto tuvo un radio de observación de 15 m aprox., y como lo sugiere Ralph *et al.* (1996), permaneciendo en un punto fijo, se tomó nota de todas las aves vistas en el radio definido que realizaran visitas florales.

Los avistamientos se realizaron entre las 6:00 am y las 10:00 am, se emplearon binoculares Bushnell 10x42 Natureview Plus. Se registraron aquellas aves que se observaron visitando las flores de determinada planta y se tomaron datos tales como la especie de ave, la especie de planta visitada, la duración de la visita y otras observaciones particulares que ayudaron al análisis del comportamiento.

La determinación de las especies de aves se realizó con ayuda de las distintas guías de campo para Colombia como son las de Hilty y Brown (1986), McMullan, Donegan y Quevedo (2010) y ABO (2000).

7.2.2 Estudio de la comunidad de plantas y caracterización morfológica

Para cada especie de planta visitada, fueron registrados datos como el hábito, la morfología floral y colores predominantes en las flores. En cuanto a la morfología floral, se adoptaron las categorías sugeridas por Wolf, Stiles y Hainsworth (1976): (a) corolas abiertas, relativamente planas, (b) corolas en forma de copa, (c) corolas más o menos tubulares, (d) inflorescencias compuestas de flores tubulares estrechas y (e) corolas diminutas, semi-tubulares.

Para las medidas de la corola, se escogieron al azar diez flores de cinco individuos y a cada una se le tomaron las siguientes medidas empleando un calibrador

manual: corola total, corola efectiva (Wolf *et al.*, 1976), para luego hacer un promedio por especie. Con estos datos se determinó si la flor presentaba características asociadas al síndrome de ornitofilia (Nates, 2016).

La determinación de las especies visitadas por las aves nectarívoras se realizó empleando diferentes fuentes bibliográficas tales como claves taxonómicas y libros como el “Arbolado Urbano de Bogotá” (Mahecha *et al.*, 2010), “Vegetación del Territorio CAR” (Mahecha *et al.*, 2004), y “Bitácora de Flora” (Marín y Parra, 2015) para el caso de las zonas más conservadas. En los casos que fue posible, la determinación fue *in situ*. En los demás casos, se tomaron fotografías del individuo, y se colectaron partes diagnósticas del mismo con ayuda de un corta ramas para las plantas más altas. Las muestras colectadas fueron almacenadas en bolsas ziploc en un primer momento, para luego ser almacenadas en periódico y sumergidas en alcohol al 70%. Posteriormente, los procesos de prensado y secado se realizaron en el Herbario del Jardín Botánico de Bogotá, lugar donde se realizó también la determinación de los ejemplares y donación de los mismos a la colección.

7.2.3 Registro de los comportamientos de forrajeo

La manera como las aves acceden al néctar, puede evidenciar si son o no potenciales polinizadoras. Al observar la visita de un ave nectarívora a la flor, se registró la estrategia empleada para acceder al néctar. La clasificación realizada se basa en la sugerida por Cardona *et al.*, (2012):

- Revoloteo legítimo (RL): El ave liba directamente de la corola mientras realiza vuelo suspendido, hace contacto con las estructuras reproductivas.
- Revoloteo ilegítimo (RI): El ave liba por una perforación hecha en la base del cáliz o de la corola, o por un lado del tubo floral, mientras realiza vuelo sostenido.
- Perchado legítimo (PL): El ave liba directamente de la corola mientras se encuentra perchada en la flor/inflorescencia o en alguna estructura de la planta.

- Perchado ilegítimo (PI): El ave liba por una perforación hecha en el cáliz o en la corola, o por un lado del tubo floral, mientras se encuentra perchada en la flor/inflorescencia o en alguna estructura de la planta.

7.3 Tratamiento de los datos

Para evidenciar las interacciones establecidas entre los ensambles de plantas y aves nectarívoras de cada área, se diseñó una red bipartita con ayuda de los paquetes *Bipartite* y *Vegan* del software RStudio v1.1.383 (RStudio team, 2015). Las gráficas correspondientes a la frecuencia de visitas de las aves por área de estudio, y por planta, al porcentaje de uso de las estrategias de forrajeo por especie de ave y en general las estrategias usadas en las tres áreas, se elaboraron con ayuda del software Microsoft Excel (2016).

8. Resultados

8.1 Interacciones establecidas entre las especies de plantas en floración y las aves nectarívoras

Durante las 120 horas de observación (40 para cada área), se registró un total de 390 visitas de 15 especies de aves nectarívoras pertenecientes a la familia Trochilidae y Thraupidae, visitando 42 especies de plantas. Para el Sector El Chicó se registraron visitas de 7 especies de aves a 16 especies de plantas (Figura 5), mientras que, en la Quinta de Bolívar, se registraron 9 especies de aves visitando 16 especies de plantas (Figura 6) y para la Reserva El Delirio, fueron 13 las especies de aves nectarívoras que visitaron 18 especies de plantas (Figura 7).

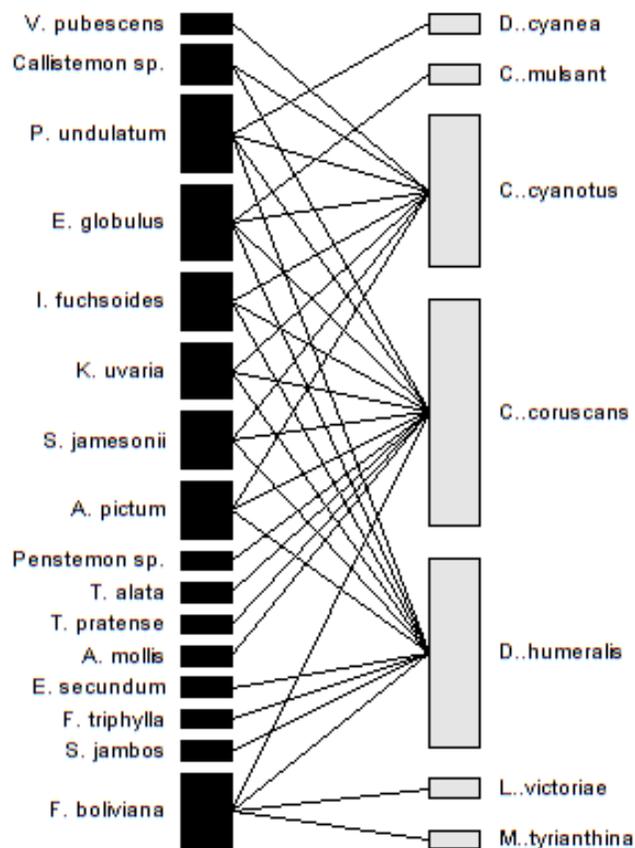


Figura 5. Red de interacciones ave nectarívora-planta para el Sector El Chicó.

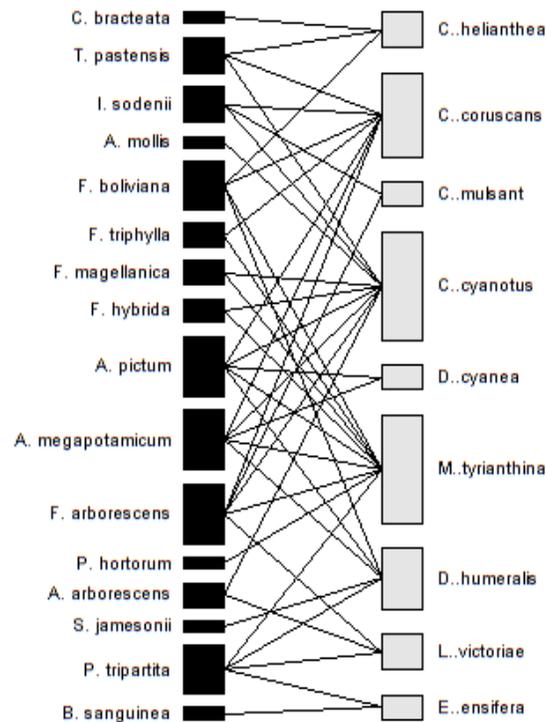


Figura 6. Red de interacciones ave nectarívora-planta para la Quinta de Bolívar.

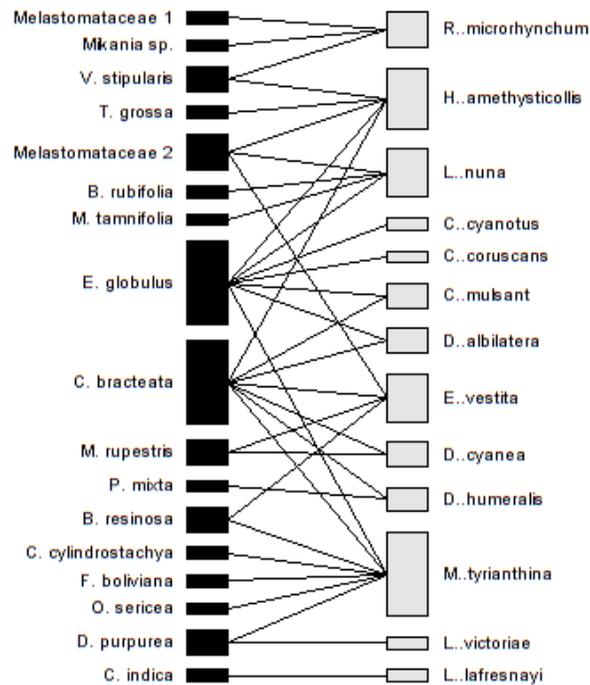


Figura 7. Red de interacciones ave nectarívora-planta para la Reserva El Delirio.

Las especies más frecuentes fueron *Diglossa humeralis* (100%) y *Colibri coruscans* (90%) para el Sector El Chicó, *Metallura tyrianthina* (100%), *C. coruscans* (100%) y *Colibri cyanotus* (100%) para la Quinta de Bolívar, y *Heliangelus amethysticollis* (80%), *M. tyrianthina* (60%) y *C. coruscans* (60%) las más frecuentes para la Reserva El Delirio (Figura 9). El área con mayor número de visitas registradas fue la Quinta de Bolívar (179), seguida por el Sector El Chicó (151) y la Reserva El Delirio (60).

C. coruscans y *C. cyanotus* se destacaron por ser muy frecuentes en el Sector El Chicó y la Quinta de Bolívar, sin embargo, en el Sector El Chicó, para *C. cyanotus* se registraron menos observaciones hacia los meses de septiembre y octubre, meses en los que *Lochroma fuchsoides*, especie muy importante para este colibrí, disminuyó notablemente su floración. Por su parte, *C. coruscans* exhibió siempre un comportamiento muy territorial, frecuentando casi siempre los mismos individuos para su alimentación, defendiéndolos, observándose comportamientos agonísticos con especies como *D. humeralis* y perchando muy cerca, realizando vocalizaciones. Esto, particularmente en el Sector El Chicó.

Diglossa humeralis fue la especie de la familia Thraupidae más frecuente, particularmente en el Sector El Chicó y la Quinta de Bolívar, donde *Abutilon pictum* y *Abutilon megapotamicum* fueron recursos muy importantes, de los cuales también se observó a *C. coruscans* alimentándose. En este caso, las luchas fueron menos frecuentes, observando a *D. humeralis* y a *C. coruscans* alimentarse de la misma especie de planta, en diferentes zonas de la Quinta.

Por su parte, *M. tyrianthina* fue una especie muy frecuente en la Quinta de Bolívar, pero rara en el Sector el Chicó, donde sólo se observó una vez, libando esporádicamente de las flores de *Fuchsia arborescens*.



Figura 8. Aves nectarívoras registradas para las tres áreas de estudio. (a) *Chaetocercus mulsant*, (b) *Heliangelus amethysticollis*, (c) *Coeligena helianthea*, (d) *Metallura tyrianthina*, (e) *Colibri coruscans* (f) *Colibri coruscans* juv. (g) *Ensifera ensifera*, (h) *Lesbia nuna*, (i) *Eriocnemis vestita*, (j) *Ramphomicron microrhynchym* ♀, (k) *Ramphomicron microrhynchym* ♂, (l) *Diglossa cyanea*, (m), *Lesbia victoriae*, (n) *Colibri cyanotus*, (o) *Diglossa humeralis*, No se incluyen imágenes de *Diglossa albilatera* ni *Lafresnaya lafresnayi*.

Especies como *E. ensifera* y *C. helianthea*, típicas de los Cerros Orientales fueron registradas en la Quinta de Bolívar, mas no en la Reserva El Delirio, sin embargo, para el caso de *E. ensifera* fue observada en un parche de *Brugmansia sanguinea* fuera del transecto estudiado.

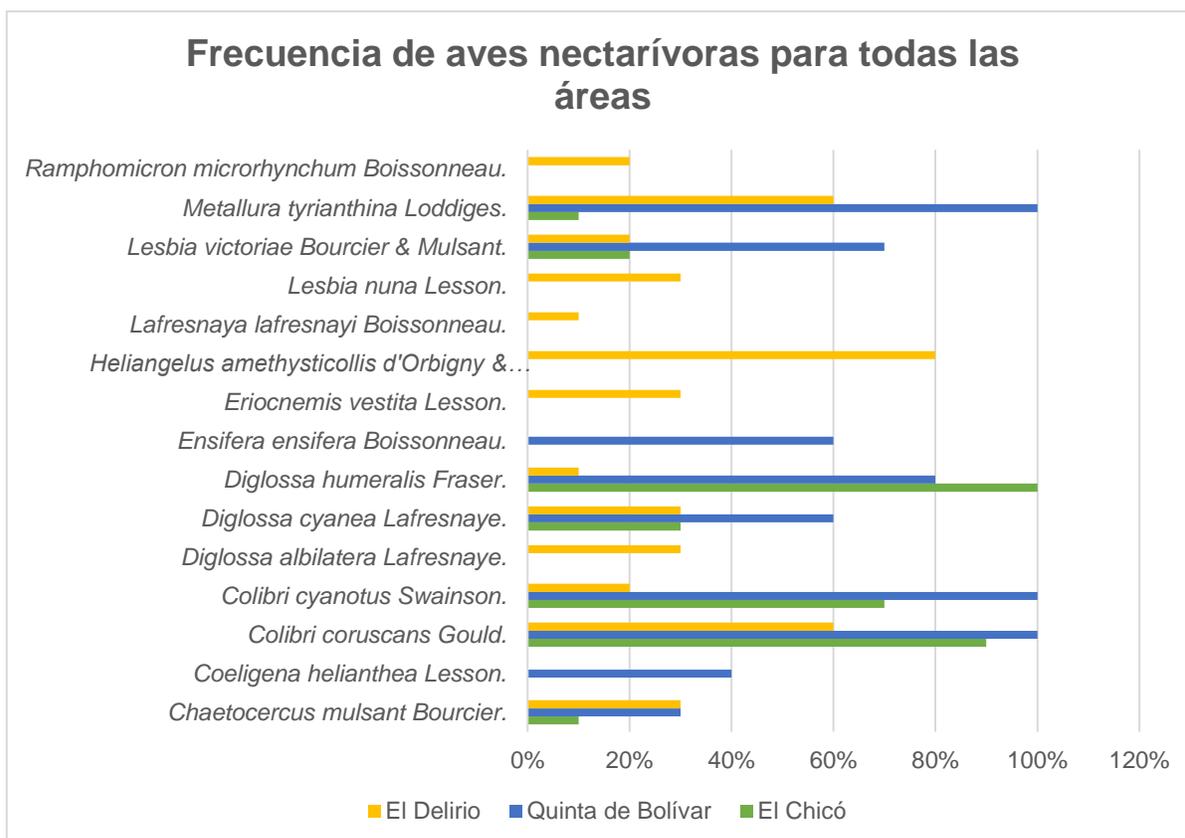


Figura 9. Frecuencia de visitas de las especies de aves nectarívoras (porcentaje basado en número de días) para cada una de las áreas.

En el Sector El Chicó, las aves visitaron un total de 16 especies de plantas, siendo *A. pictum*, *I. fuchsioides* y *Streptosolen jamesonii* las especies más visitadas, mientras que *Eucalyptus globulus*, *Fuchsia boliviana* y *Pittosporum undulatum* se destacaron por ser las especies que recibieron visitas por más cantidad de aves (Figura 10).

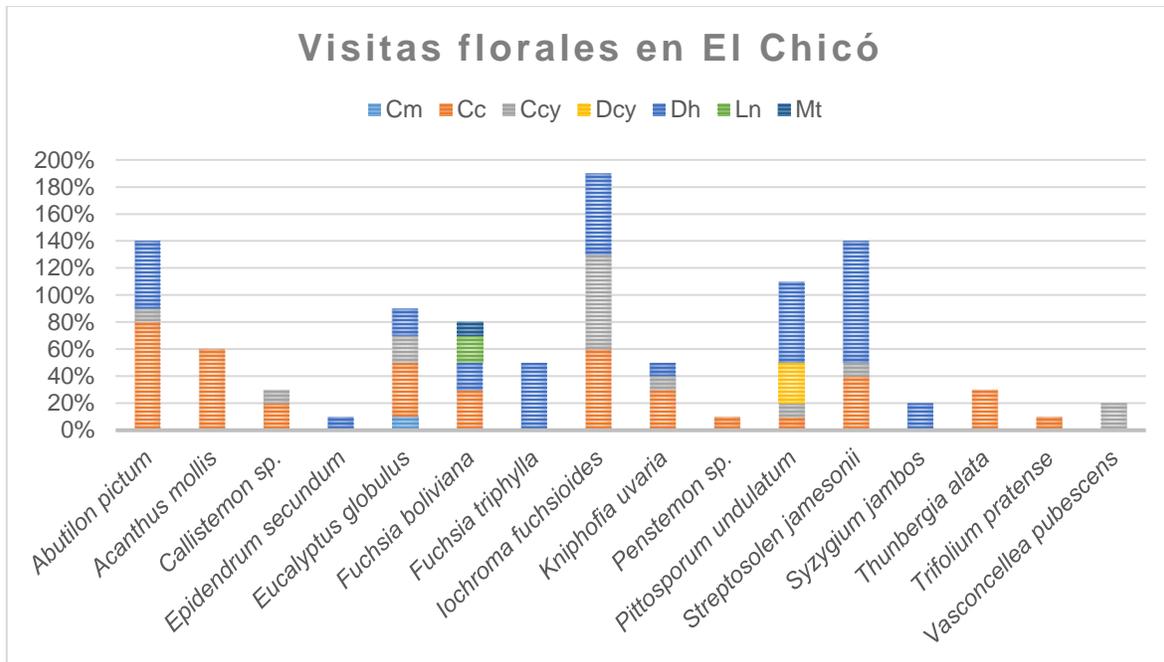


Figura 10. Frecuencia de visitas (porcentaje, basado en número de días) de aves nectarívoras a las 16 especies de plantas observadas en el Sector El Chicó. **Cm:** *Chaetocercus mulsant*; **Cc:** *Colibri coruscans*; **Ccy:** *Colibri cyanotus*; **Dcy:** *Diglossa cyanea*; **Dh:** *Diglossa humeralis*; **Lv:** *Lesbia victoriae*; **Mt:** *Metallura tyrianthina*.

Por su parte, en la Quinta de Bolívar se registraron visitas a un total de 16 especies de plantas; en este caso las más visitadas fueron *A. megapotamicum* y *F. arborescens* las especies más visitadas. Especies como *A. megapotamicum*, *A. pictum*, *F. arborescens*, *Fuchsia boliviana* y *Passiflora tripartita* se destacaron por tener visitas por una mayor cantidad de aves, respecto a las demás especies vegetales (Figura 11).

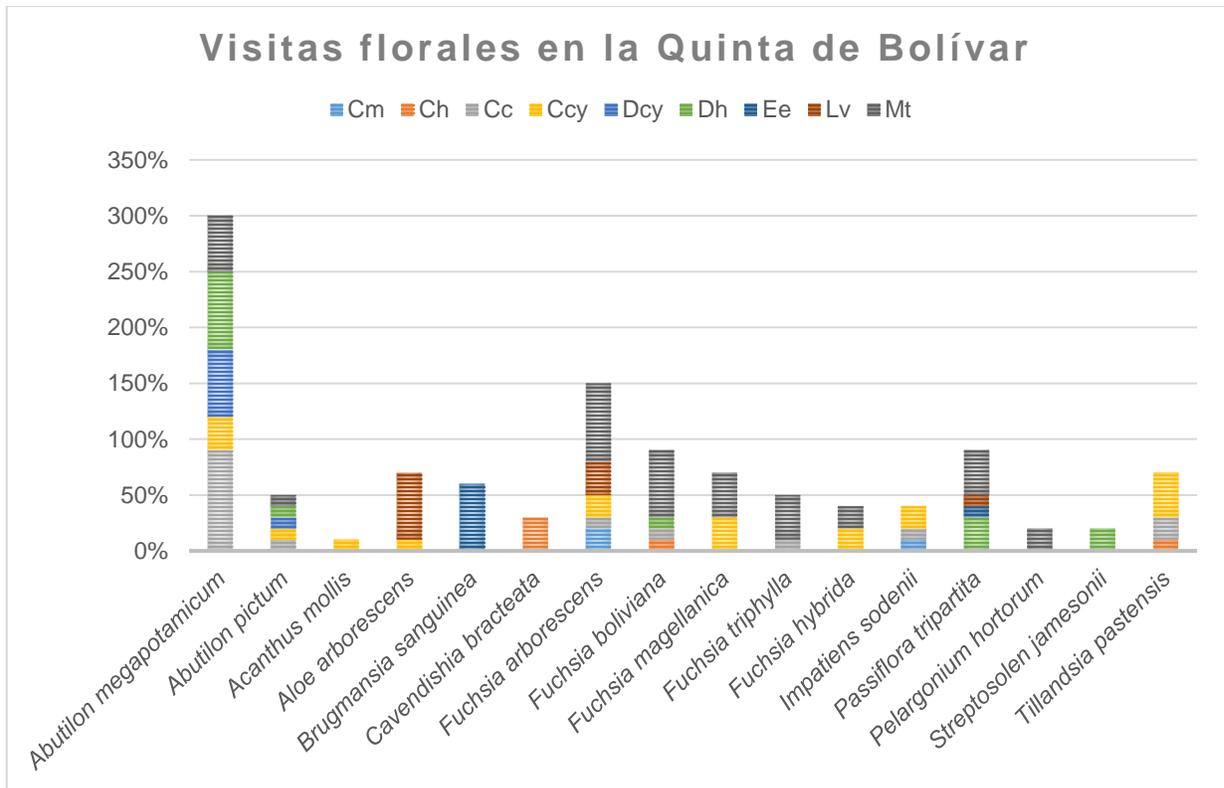


Figura 11. Frecuencia de visitas (porcentaje basado en número de días) de aves nectarívoras a las 16 especies de plantas observadas en la Quinta de Bolívar. **Cm:** *Chaetocercus mulsant*; **Ch:** *Coeligena helianthea*; **Cc:** *Colibri coruscans*; **Ccy:** *Colibri cyanotus*; **Dcy:** *Diglossa cyanea*; **Dh:** *Diglossa humeralis*; **Ee:** *Ensifera ensifera*; **Lv.:** *Lesbia victoriae*; **Mt:** *Metallura tyrianthina*.

La Reserva El Delirio fue el área en la que más especies de plantas registraron visitas, con un total de 18 especies. Dentro de estas, las más visitadas fueron *E. globulus* y *Cavendishia bracteata*, las cuales fueron también las especies visitadas por una mayor cantidad de aves (Figura 12).

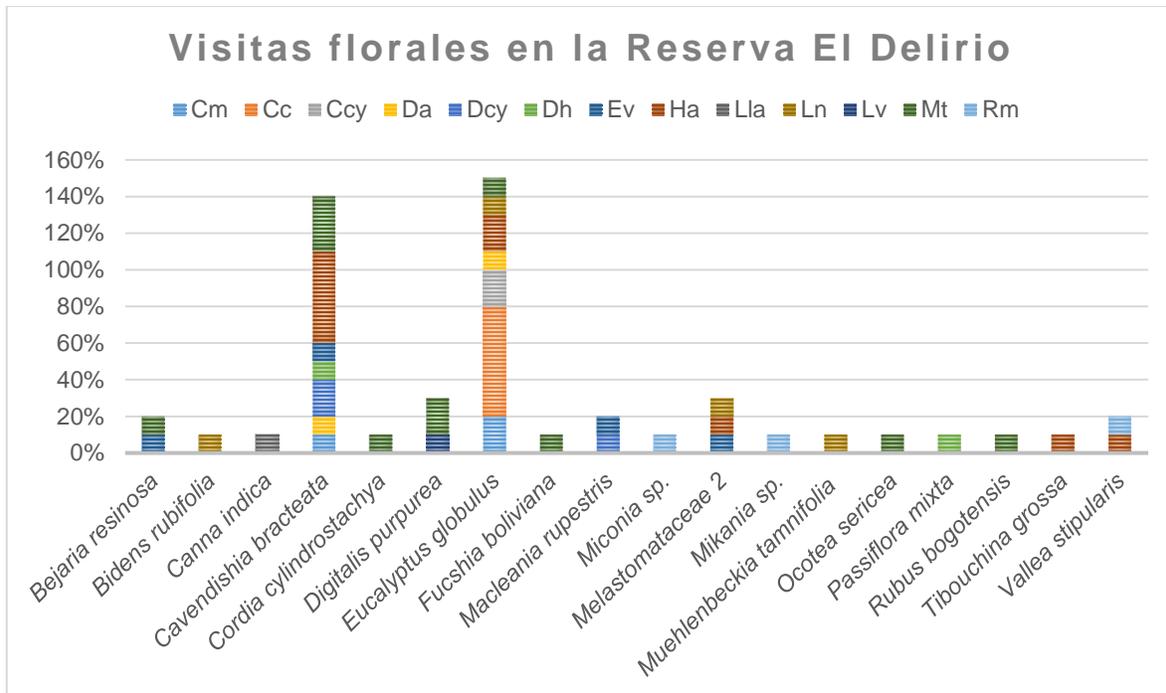


Figura 12. Frecuencia de visitas (porcentaje basado en número de días) de aves nectarívoras a las 18 especies de plantas observadas en la Reserva El Delirio.

Cm: *Chaetocercus mulsant*; **Cc:** *Colibri coruscans*; **Ccy:** *Colibri cyanotus*; **Da:** *Diglossa albilatera*; **Dcy:** *Diglossa cyanea*; **Dh:** *Diglossa humeralis*; **Ev:** *Eriocnemis vestita*; **Ha:** *Heliangelus amethysticollis*; **Lla:** *Lafresnaya lafresnayi*; **Ln:** *Lesbia nuna*; **Lv:** *Lesbia victoriae*; **Mt:** *Metallura tyrianthina*; **Rm:** *Ramphomicron microrhynchum*.

8.2 Estudio de la comunidad de plantas y caracterización morfológica

Se registraron visitas a un total de 42 especies de plantas por parte de las aves nectarívoras (Figuras 5, 6 y 7), pertenecientes a 24 familias y 34 géneros. La familia con mayor cantidad de especies fue Onagraceae con 5 especies, seguida por Ericaceae. Myrtaceae y Solanaceae, cada una con 3 especies; las cuales mostraron ser importantes para las comunidades de colibríes en las tres áreas (Figuras 10, 11 y 12).

El 67,5% % de las especies presentó características asociadas al síndrome de ornitofilia. mientras que el hábito de crecimiento predominante fue el de arbusto (40%), seguido por las hierbas (25%), los árboles (22,5%) y las escandentes (12,5%), resaltando además que las especies de las familias más representativas mencionadas anteriormente, son en su mayoría arbustos, a excepción de *E. globulus*, *Syzygium jambos*, *I. fuchsioides* y *B. sanguínea*, clasificados como árboles.

En total para las tres áreas, la cantidad de plantas nativas es similar al de plantas exóticas (20 y 21 respectivamente). Dentro de las exóticas, 3 se registraron en la Reserva El Delirio y las 18 restantes se encontraron en el Sector El Chicó y en la Quinta de Bolívar. Por el contrario, la mayoría de especies nativas se registraron en la Reserva El Delirio, con 12 de las 18 especies registradas (Tabla 2), seguido por la Quinta de Bolívar, donde fueron registradas 4 especies de plantas nativas y el Sector El Chicó, con 3 especies.

Las formas predominantes de las corolas fueron las corolas tubulares (CT) (69,2%) y las corolas abiertas (CA) (20,5%). Respecto a la coloración, los colores rojos, amarillos y naranjas fueron los predominantes (45%), seguido por los colores blancos (27,5%), encontrando raramente colores como los morados y rosados (Anexo 1).

Los valores de longitud total de la corola se concentraron entre 0,6 y 201,9 mm, mientras que la longitud de la corola efectiva comprendió valores más bajos, entre 0 y 200 mm (Anexo 1). Solamente en dos especies (*Passiflora mixta* y *P. tripartita*), el valor de la corola efectiva supera al de la corola total, por la ubicación de las cámaras nectaríferas en el fondo del tubo floral.

Tabla 2.

Principales características morfológicas de las especies de plantas visitadas por las aves nectarívoras.

Especie/Característica	Origen	Porte	Color	Floración	F. corola	E. forrajeo	Ornitofilia	Área
Acanthaceae								
<i>Acanthus</i> L.	Ex.	Hb	B	J-A-S-O	CT	RI/PI	Sí	QB- EC
<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	Ex.	Hbe.	N	J-A-S-O	CT	RL	Sí	EC
Asteraceae								
<i>Bidens rubifolia</i> Kunth.	Nt.	Hb	A	J-A-S-O	IT	RL	Sí	ED
<i>Mikania</i> sp.	?	Hbe.	B	S	IT	RL/PI	No	ED
Balsaminaceae								
<i>Impatiens sodenii</i> Engl. & Warb.	Ex.	Abto.	B	J-A-S-O	CA	RL	No	QB
Boraginaceae								
<i>Cordia cylindrostachya</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.	Nt.	Arb.	B	?	CT	RL	No	ED
Bromeliaceae								
<i>Tillandsia pastensis</i> André	Nt.	Hb	M	J-A	CT	RL	Sí	QB
Cannaceae								
<i>Canna indica</i> L.	Nt.	Hb	R	J-A-S-O	CT	RL	Sí	ED

Caricaceae								
<i>Vasconcellea pubescens</i> A.DC.	Nt.	Arb.	B	J-A-S-O	CT	RL	No	EC
Elaeocarpaceae								
<i>Vallea stipularis</i> L.f.	Nt.	Arb.	Rs	O	CC	RL	Sí	ED
Ericaceae								
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L.f.	Nt.	Abto.	F	A-S-O	CT	RL	Sí	ED
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold	Nt.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RL	Sí	QB- ED
<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C.Sm.	Nt.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RL/PI	Sí	ED
Fabaceae								
<i>Trifolium pratense</i> L.	Ex.	Hb	M	J-A-S-O	CT	RL	No	EC
Geraniaceae								
<i>Pelargonium x hortorum</i> L.H. Bailey	Ex.	Hb	R	J-A-S-O	CA	RI	No	QB
Lauraceae								
<i>Ocotea sericea</i> Kunth	Nt.	Arb.	B	O	CA	RL	No	ED
Melastomataceae								
<i>Melastomataceae 1.</i>	Nt.	Arb.	B	O	CD	PL/RL	No	ED

<i>Miconia</i> sp.	Nt.	Arb.	B	O	CD	PL	No	ED
<i>Tibouchina grossa</i> (L. f.) Cogn.	Nt.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RL	Sí	ED
Malvaceae								
<i>Abutilon megapotamicum</i> (A.Spreng.) A.St.-Hil. & Naudin	Ex.	Abto.	A/R	J-A-S-O	CC	RL/PI	Sí	QB
<i>Abutilon pictum</i> (Gillies ex Hook.) Walp.	Ex.	Abto.	R/N	J-A-S-O	CC	RL/PI	Sí	QB- EC
Myrtaceae								
<i>Callistemon</i> sp.	Ex.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RL	Sí	EC
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Ex.	Arb.	B	J-A-S-O	CA	RL	No	EC- ED
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Ex.	Arb.	B	J-A-S-O	CA	PL/PI	No	EC
Onagraceae								
<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	Ex.	Abto.	M	J-A-S-O	CT	RL	Sí	QB EC-
<i>Fuchsia boliviana</i> Carrière	Ex.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RI/PI	Sí	QB- ED
<i>Fuchsia hybrida</i> hort. ex Siebert & Voss	Ex.	Abto.	M	J-A-S-O	CT	RL	Sí	QB
<i>Fuchsia magellanica</i> Lam.	Ex.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RL	Sí	QB
<i>Fuchsia triphylla</i> L.	Ex.	Abto.	R	J-A-S-O	CT	RI/PI	Sí	EC-

QB

Orchidiaceae

<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	Nt.	Hb	Rs	S-O	CA	PL	No	EC
----------------------------------	-----	----	----	-----	----	----	----	----

Passifloraceae

<i>Passiflora mixta</i> L.f.	Nt.	Hbe.	Rs	J-A-S-O	CT	RL	Sí	ED
------------------------------	-----	------	----	---------	----	----	----	----

<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir.	Nt.	Hbe.	Rs	J-A-S-O	CT	PI	Sí	QB
--	-----	------	----	---------	----	----	----	----

Pittosporaceae

<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	Ex.	Arb.	B	J-A-S-O	CT	RL	No	EC
------------------------------------	-----	------	---	---------	----	----	----	----

Plantaginaceae

<i>Digitalis purpurea</i> L.	Ex.	Hb	M	J-A-S-O	CT	RL	Sí	ED
------------------------------	-----	----	---	---------	----	----	----	----

<i>Penstemon</i> sp.	Ex.	Hb	M	J-A-S-O	CT	RL	Sí	EC
----------------------	-----	----	---	---------	----	----	----	----

Polygonaceae

<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Nt.	Hbe.	B	S-O	CA	RL	No	ED
---	-----	------	---	-----	----	----	----	----

Rosaceae

<i>Rubus bogotensis</i> Kunth	Nt.	Abto.	Rs	J-A-S-O	CA	PI	No	ED
-------------------------------	-----	-------	----	---------	----	----	----	----

Solanaceae

<i>Brugmansia sanguinea</i> (Ruiz & Pav.) D.Don	Nt.	Arb.	R/N/ A	J-A-S-O	CT	RL	Sí	QB
--	-----	------	-----------	---------	----	----	----	----

<i>Lochroma fuchsioides</i> (Bonpl.) Miers	Nt.	Arb.	R	J-O	CT	RL	Sí	EC
---	-----	------	---	-----	----	----	----	----

<i>Streptosolen jamesonii</i> (Benth.) Miers	Ex.	Abto.	N/A	J-A-S-O	CT	RL	Sí	EC- QB
Xanthorrhoeaceae								
<i>Aloe arborescens</i> Mill.	Ex.	Abto.	R/N	J-A-S-O	CT	RL	Sí	QB
<i>Kniphofia uvaria</i> (L.) Oken	Ex.	Hb	R/N	J-A-S-O	CT	RL	Sí	EC

Origen: Nt.= nativa, Ex.= exótica; **Porte:** Arb.= árbol, Abto.= arbusto, Hb.= hierba, Hbe.= hierba escandente; **Color:** A= amarillo, R= rojo, B= blanco, F= fucsia, M= morado, Rs= rosado; **Floración:** J= julio, A= agosto, S= septiembre, O= octubre; **Forma corola:** CA= corola abierta, CC= corola en forma de copa, CT= corola más o menos tubular, IT= inflorescencia de flores tubulares estrechas, CD= corolas diminutas, semi-tubulares; **Estrategia de forrajeo:** RL= revoloteo legítimo, PL= perchado legítimo, RI= revoloteo ilegítimo, PI= perchado ilegítimo; **Áreas:** EC= El Chicó, QB= Quinta de Bolívar, ED= El Delirio.

Tabla 3.

Medidas de corola total y efectiva para las especies de plantas visitadas.

Especie	LT de la corola (mm)	LE de la corola (mm)
<i>Abutilon megapotamicum</i>	35,6	32,868
<i>Abutilon pictum</i>	35	34,5
<i>Acanthus mollis</i>	46,2	39,308
<i>Aloe arborescens</i>	35,4	35,31
<i>Bidens rubifolia</i>	16,3 - 8,1	3,9 - 8,1
<i>Bejaria resinosa</i>	31,6	28,724
<i>Brugmansia sanguínea</i>	201,96	200,036
<i>Callistemon</i> sp.	3,34	3,34
<i>Canna indica</i>	51,864	33,348
<i>Cavendishia bracteata</i>	16,076	14,672
<i>Cordia cylindrostachya</i>	10,5	10,5
<i>Digitalis purpurea</i>	45,332	38,012
<i>Epidendrum secundum</i>	4,5	4,2
<i>Eucalyptus globulus</i>	16,076	16,076
<i>Fuchsia arborescens</i>	8,036	5,348
<i>Fuchsia boliviana</i>	66,06	55,416
<i>Fuchsia magellanica</i>	34,528	21,72
<i>Fuchsia triphylla</i>	47,124	34,86
<i>Fuchsia hybrida</i>	26,5	22,344
<i>Impatiens sodenii</i>	0,6	0,6
<i>Lochroma fuchsioides</i>	41,892	37,988
<i>Kniphofia uvaria</i>	33,692	30,372
<i>Macleania rupestris</i>	17,684	15,004
<i>Melastomataceae</i> 1.	?	?
<i>Miconia</i> sp.	?	?
<i>Mikania</i> sp.	ND	ND
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	2,3	2,3

<i>Passiflora mixta</i>	38,9	132,4
<i>Passiflora tripartita</i>	33,444	135,076
<i>Pelargonium hortorum</i>	34,576	34,576
<i>Penstemon</i> sp.	22,56	11,88
<i>Pittosporum undulatum</i>	15,8	13,2
<i>Rubus bogotensis</i>	11,544	11,544
<i>Ocotea serícea</i>	5,156	5,156
<i>Streptosolen jamesonii</i>	26,344	19,832
<i>Syzygium jambos</i>	17,9	16,2
<i>Thunbergia alata</i>	25,3	23,9
<i>Tibouchina grossa</i>	33,936	28,708
<i>Tillandsia pastensis</i>	40,196	35,608
<i>Trifolium pratense</i>	17,372	11,436
<i>Vallea stipularis</i>	9,576	9,576
<i>Vasconcellea pubescens</i>	25,852	22,352

LT= Longitud total; LE= Longitud efectiva.



Figura 13. Flores de algunas de las especies con mayor proporción de visitas para el Sector El Chicó: *Streptosolen jamesonii* (a), *Iochroma fuchsioides* (b), y *Abutilon megapotamicum* (c).



Figura 14. Flores de algunas de las especies con mayor proporción de visitas para la Quinta de Bolívar: *Fuchsia arborescens* (a), *Abutilon megapotamicum* (b) y *Passiflora tripartita* (c).



Figura 15. Flores de algunas de las especies con mayor proporción de visitas para la Reserva El Delirio: *Eucalyptus globulus* (a), *Cavendishia bracteata* (b) y *Digitalis. purpurea* (c).

8.3 Estrategias de forrajeo

La estrategia de forrajeo empleada en mayor proporción por las aves fue el revoloteo legítimo (RL) (57%), seguida por el perchado ilegítimo (27%); mientras que las estrategias menos empleadas fueron el revoloteo ilegítimo (12%) y el perchado legítimo (4%) (Figura 16).

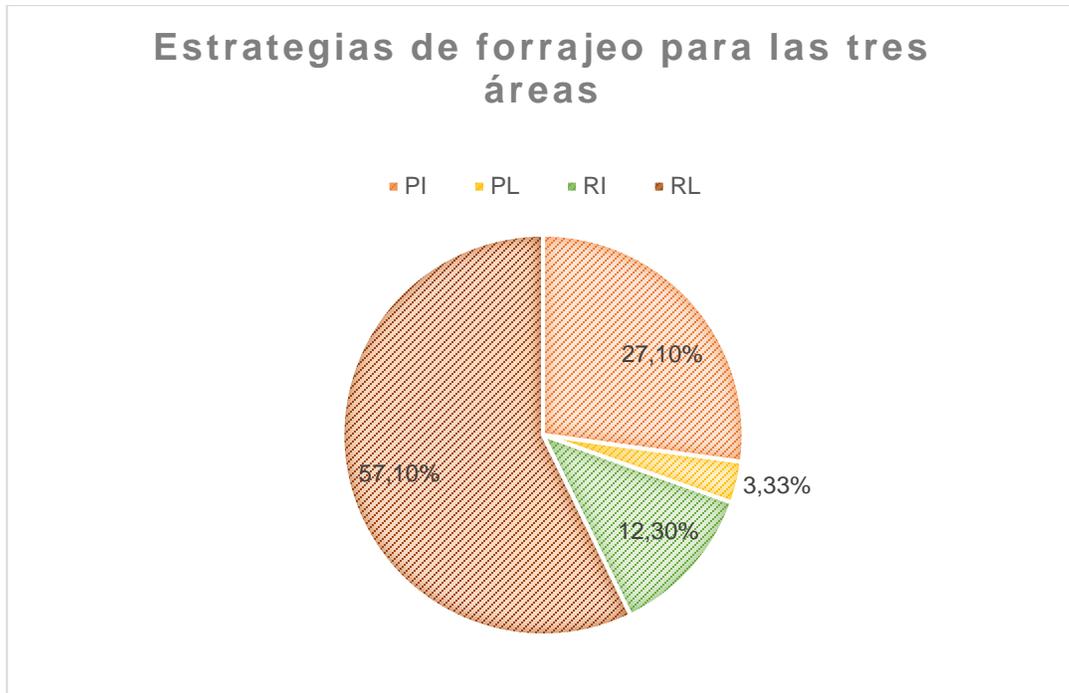


Figura 16. Porcentaje de uso de estrategias de forrajeo empleadas por las aves nectarívoras en las tres áreas de estudio. **PI**= perchado ilegítimo, **PL**= perchado legítimo, **RI**= revoloteo ilegítimo, **RL**= revoloteo legítimo.

El revoloteo legítimo fue la estrategia más usada principalmente por *C. mulsant*, *C. helianthea*, *C. coruscans*, *C. cyanotus*, *E. ensifera*, *E. vestita*, *H. amethysticollis*, *L. lafresnayi*, *L. nuna*, *M. tyrianthina* y *R. microrhynchum*; mientras que el perchado ilegítimo fue la estrategia de forrajeo más usada por *L. victoriae* y por las tres especies de *Diglossa*, *D. albilatera*, *D. cyanea* y *D. humeralis* (Figura 17).

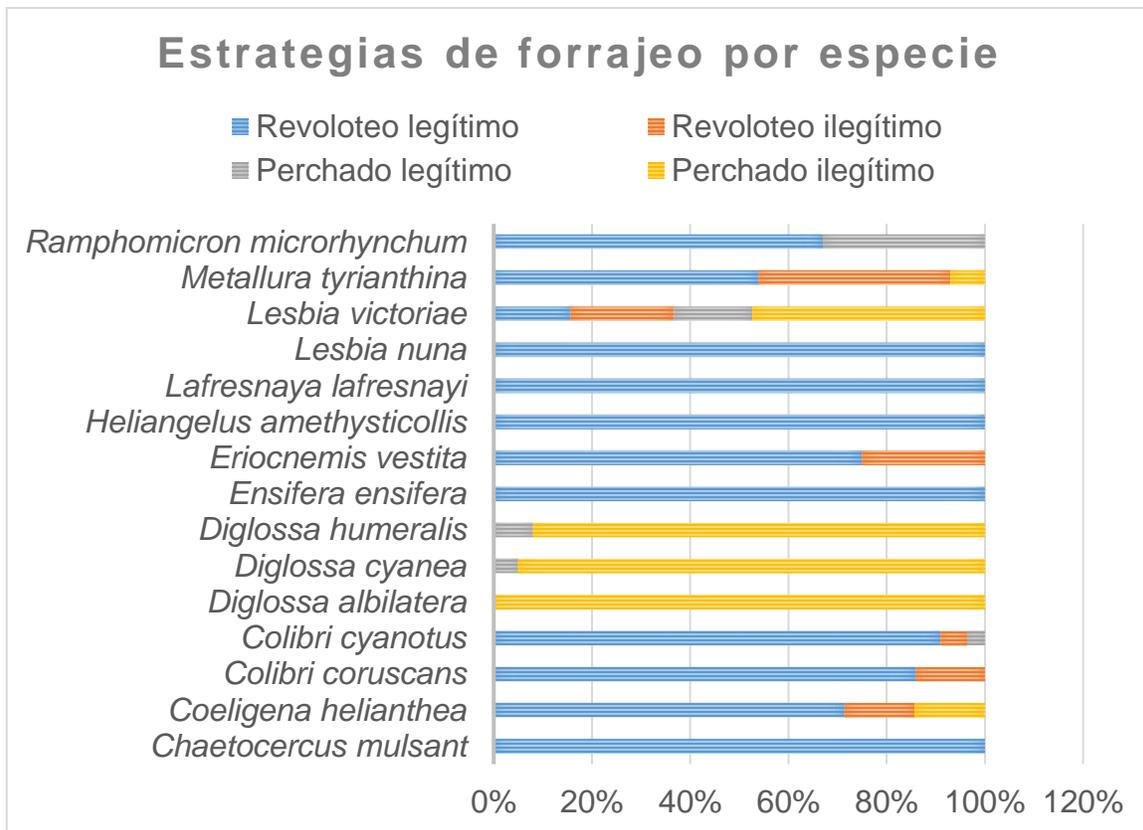


Figura 17. Estrategias de forrajeo empleadas por las aves nectarívoras para todas las áreas, según la clasificación realizada por Cardona *et al.*, (2012). **PI**: Perchado ilegítimo, **PL**: Perchado legítimo, **RI**: Revoloteo ilegítimo, **RL**: Revoloteo legítimo.

9. Análisis de resultados

Interacciones establecidas entre las comunidades de aves nectarívoras y las plantas

El número de especies de aves nectarívoras registradas para las áreas más cercanas al área urbana (Sector El Chicó y la Quinta de Bolívar), muestra semejanzas con el estudio realizado por Cardona *et al.* (2012), en la Universidad del Quindío, quienes reportan 8 especies, mientras que, en las dos áreas mencionadas de este estudio, se registraron 7 y 9 especies correspondientemente. En comparación con estudios realizados en Bogotá, este es un número mayor al registrado por Sánchez *et al.* (2015) quienes sólo registran a *C. coruscans*, pero menor respecto a las 12 especies documentadas por Agudelo (2007) para el Canal Molinos, lugar que en su extremo oriente limita con los Cerros Orientales. Sin embargo, respecto a este último estudio, la mayoría de las especies se consideran raras (raramente observadas), a excepción de *D. humeralis* catalogada como común y *C. coruscans*, como muy común.

Por su parte, el número de especies de aves registradas en la Reserva El Delirio, se asemeja a las 14 especies documentadas por Barreto y Montejo (2014) en este mismo lugar, teniendo en cuenta que en el presente estudio se suman especies como *H. amethysticollis* y *R. microrhynchum* y, por el contrario, no se registra *E. ensifera*, la cual fue una especie que se avistó raramente, y nunca realizando visitas a las flores de alguna planta. Esto puede deberse a la ausencia en los puntos de muestreo de especies de plantas importantes para este colibrí como *B. sanguinea*, teniendo en cuenta que la abundancia de las flores productoras de néctar que representan recurso para determinada especie de colibrí, determina la actividad de este en un área (Ortiz y Vargas, 2008).

Para el Sector El Chicó, el número de especies de aves nectarívoras documentadas es menor al que la comunidad ha venido registrando a lo largo de

los últimos 3 años (Grupo Ecomunitario, 2017). Sin embargo, especies como *C. cyanotus*, considerada como poco común (Hilty y Brown, 1986), en este estudio fue un visitante muy común, asociado fuertemente a *I. fuchsoides*. Otras especies registradas por la comunidad y que no estuvieron presentes en este estudio fueron *C. helianthea*, *D. albilatera*, *D. lafresnaji* y *D. sittoides*. Estas han sido especies consideradas escasas en el área (Grupo Ecomunitario, 2017), y la ausencia de estas en los presentes registros puede estar relacionada con la preferencia de estas especies por coberturas más boscosas (ABO, 2000), lo cual hace que sus visitas a áreas abiertas sean esporádicas y sus avistamientos accidentales, aunque en el caso *C. helianthea*, esta se considera una especie que tolera terrenos abiertos (Hilty y Brown, 1986).

Los registros de la Quinta de Bolívar coinciden en número de especies a los encontrados por Montejo, Andrade y Silva (2014, datos sin publicar) en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital, la cual es un área adyacente a la Quinta; aun así, dicho estudio no registra especies aquí documentadas como *C. cyanotus* y *E. ensifera*, probablemente por la baja abundancia de los recursos florales que usan estas especies y la alta abundancia en la Quinta de Bolívar de *A. megapotamicum* y *F. magellanica* para el caso de *C. cyanotus* y *B. sanguínea* y *P. tripartita* para el caso de *E. ensifera*.

Dentro de las especies más frecuentes para las tres áreas, cinco de ellas, *C. coruscans*, *C. cyanotus*, *M. tyrianthina* y *D. humeralis*, presentan distribuciones amplias a lo largo de la zona andina colombiana (McMullan *et al.*, 2010) y son frecuentes en áreas abiertas o claros (ABO, 2000; Hilty, 1986; Gutiérrez, 2003; Berget, 2006; Agudelo, 2007), similar a lo reportado por Mendoça y Anjos (2005) para Brasil y Cardona *et al.* (2012). La única especie muy frecuente, pero con una distribución un poco más restringida fue *H. amethysticollis*, la cual también se encuentra en la zona andina, pero solamente hacia el nororiente colombiano (McMullan *et al.*, 2010).

Aunque siete especies de aves nectarívoras fueron comunes para las tres áreas de estudio, para el caso de *C. coruscans*, *C. cyanotus*, *D. humeralis* y *M. tyrianthina*, el número de interacciones que establecieron con las plantas en cada área, presentó grandes variaciones (Figuras 5, 6 y 7). *C. coruscans*, por ejemplo, tuvo un comportamiento generalista en el Chicó y la Quinta, visitando 12 y 7 especies de plantas respectivamente, mientras que en la Reserva El Delirio solamente se observó visitando *E. globulus*. Lo mismo se puede observar para el caso de *C. cyanotus*, el cual en El Chicó visitó 9 plantas, en la quinta 8 y en El Delirio también solo a *E. globulus*. Este número de interacciones tan bajo tanto para estas dos especies del género *Colibri*, difiere de lo encontrado por Gutiérrez (2005) en otro sector de los Cerros Orientales, y puede ser ocasionado debido a la predominancia de las plantaciones de *E. globulus* en esta parte de los Cerros Orientales; además, para la época de estudio, fue una especie que presentó una alta floración que fue permanente durante los muestreos (Tabla 2). Así, es posible afirmar que, en general, las diferencias a nivel del número de interacciones establecidas en cada área por las mismas especies pueden obedecer al momento de la floración en el que se realizó el estudio, pues, los registros de colibríes dependen del momento fenológico en que se realice el muestreo (Ortiz y Vargas, 2008).

Particularmente, *C. coruscans* fue la especie más frecuente que estuvo presente en las tres áreas (Figura 9). Este es un colibrí considerado como el más común para Bogotá (Hilty y Brown, 1986), que presenta uno de los mayores tamaños dentro del ensamble de colibríes para cada una de las tres áreas (Hilty y Brown, 1986), con comportamientos muy territoriales observados en este estudio y reportados por otros autores (Hilty y Brown, 1986; Zerda, 1994; ABO, 2000). La alta frecuencia de esta especie y su alta habilidad competitiva, se encuentran relacionadas y hace que se le pueda considerar como una especie dominante frente a otras de menor tamaño (Arizmendi y Ornelas, 1990; Feinsinger y Colwell, 1978, Cardona *et al.*, 2012). Como se mencionó en líneas anteriores, presentó hábitos generalistas en El Chicó y en la Quinta de Bolívar, siendo el mayor

visitante de especies como *A. megapotanicum*, *A. pictum*, *A. mollis*, *I. fuchsioides*, *S. jamesonii*, y *E. globulus* (Figuras 10 y 11), especies de plantas también documentadas por Zerda (1994) y por Gutiérrez (2003), Agudelo (2007) y Fontalvo (2016) para el caso de *E. globulus*.

Aunque algunos autores mencionan la dificultad para observar a *C. cyanotus* (Hilty y Brown, 1986), esta fue una especie muy frecuente y de fácil detección en el Sector El Chicó y en la Quinta de Bolívar. Estas dos áreas de estudio tienen en común la cercanía a los Cerros Orientales, por lo que especies como esta, de bordes de bosque (Hilty y Brown, 1986) y claros, se puede observar con frecuencia, como se reportó por lo menos en el tiempo de muestreo del presente estudio. Esto también se evidencia en el trabajo de Gutiérrez (2005), donde *C. cyanotus* se observó en el borde del bosque. A lo largo de los muestreos, solo se evidenció una baja frecuencia de visitas hacia el mes de agosto y septiembre, meses en los cuales *I. fuchsioides* disminuyó notablemente su floración. La mayor cantidad de visitas de esta especie, registradas en las dos áreas anteriormente mencionadas se observaron en *I. fuchsioides*, *A. megapotamicum*, *F. magellanica* y *Tillandsia pastensis* (Figuras 10 y 11), interacciones no registradas anteriormente.

D. humeralis ha sido descrita como una especie que habita áreas de transición entre coberturas urbanas y naturales (Barreto y Montejo, 2014), por lo que su mayor frecuencia en El Chicó y la Quinta de Bolívar era de esperarse. Estableció un total de 9 interacciones en El Chicó, dentro de las cuales, *F. triphylla*, *S. jamesonii* y *A. megapotamicum*, fueron las especies que recibieron más visitas (Figuras 10 y 11), las tres con características asociadas al síndrome de ornitofilia; estas son interacciones que no habían sido descritas hasta el momento. En la Reserva El Delirio *D. humeralis* visitó las flores de *C. bracteata* y *P. mixta*, de manera ilegítima y legítima, similar a lo reportado por Rojas (2007) y Gutiérrez (2003) las cuales fueron las únicas especies con las que se observó interacción, además de que esta fue una especie de ave poco común para la reserva.

Por su parte, en las interacciones registradas para *M. tyrianthina* las plantas con mayor importancia fueron *F. arborescens*, *F. boliviana* y *A. megapotamicum* para la Quinta de Bolívar, y *C. bracteata* y *D. purpurea* para la Reserva El Delirio (Figuras 11 y 12), semejante a lo reportado por Gutiérrez (2005). Esta especie de colibrí ha sido descrita como común en bosque alto andino (Gutiérrez y Rojas, 2007), bordes de bosque y corredores de vegetación (Gutiérrez, 2003), pero también en parques urbanos, cercanos a los Cerros Orientales (Berget, 2006).

Aunque no fueron tan frecuentes, las demás especies de aves nectarívoras (*C. mulsant*, *L. nuna*, *L. victoriae*, *E. vestita*, *D. cyanea* y *D. albilatera*) también han sido registradas en parques urbanos y áreas conservadas (Gutiérrez, 2003, Berget, 2006, Agudelo, 2007, Barreto y Montejo, 2014). Es importante destacar el registro de *C. helianthea* y *E. ensifera* en la Quinta de Bolívar en plantas como *C. bracteata* y *B. sanguinea* respectivamente, pues estas son especies frecuentes en bosque alto andino (ABO,2000; Hilty y Brown, 1986) y subpáramo (Gutiérrez, 2005), pero al ser observadas en esta área se evidencia la importancia de que especies de plantas nativas hagan parte de la composición vegetal de las áreas verdes urbanas. Por el contrario, estas dos especies de colibríes no fueron registradas en la Reserva El Delirio, como hubiera sido esperado en un área con una vegetación propia de bosque alto andino. Aun así, en el caso de *E. ensifera* fue observado libando de un parche de *B. sanguinea* que se encontraba fuera de los puntos de observación y por su parte, *C. helianthea* es una especie que se considera poco común en el área (Barreto y Montejo, 2014).

Estudio de los ensambles de plantas

El ensamble de plantas que registraron visitas para cada área, se compone de menor cantidad de especies que las reportadas en otros estudios realizados en

áreas urbanas y periurbanas (Mendoça y Anjos, 2005; Cardona *et al.*, 2012), lo cual puede deberse a diferencias en la cantidad de tiempo muestreado y a las características particulares de la composición de plantas de cada lugar.

En total para las tres áreas, el porcentaje de plantas nativas es casi el mismo que de plantas exóticas (48,8% y 51,2% respectivamente), a diferencia de lo reportado por Cardona *et al.*, (2012) y en semejanza con el estudio de Mendoça y Anjos (2005). Sin embargo, y como se esperaba, la mayor cantidad de especies nativas se registraron en la Reserva El Delirio, área con menor intervención que las demás.

Especies de la familia Onagraceae y Ericaceae que en este estudio fueron cruciales como recurso para las aves nectarívoras, también han sido reportadas por otros autores, particularmente en áreas conservadas (Gutiérrez y Rojas, 2001; Gutiérrez, 2003; Gutiérrez, Rojas y Stiles, 2004; Gutiérrez, 2005; Rojas, 2007; Villarreal, 2014); adicionalmente, las familias Solanaceae y Myrtaceae también representaron un recurso importante para las aves. De esta manera, y así como lo indica Cardona *et al.* (2012) estas son familias importantes puesto que contribuyen con una alta riqueza dentro de la totalidad de especies de plantas registradas.

Dentro de la familia Onagraceae, el único género reportado fue *Fuchsia* con cinco especies, las cuales fueron muy frecuentadas por especies como *C. coruscans*, *C. cyanotus*, *D. humeralis*, *L. victoriae*, *M. tyrianthina*, especialmente en El Chicó y la Quinta de Bolívar. Interacciones de aves con especies de *Fuchsia* no han sido muy descritas en áreas urbanas, aun cuando son comunes en los jardines urbanos (Sierra y Amarillo, 2014).

Por su parte, los tres géneros de la familia Ericaceae aquí documentados, han sido considerados importantes en áreas boscosas y matorrales nativos, donde han brindado recursos significativos para las aves nectarívoras y se ha evidenciado que son polinizados particularmente por colibríes (Gutiérrez y Rojas, 2001; Nieto y

Silva, 2012; Burbano, 2012). En las áreas urbanas los géneros de esta familia que más predominan son exóticos, como *Azalea* o *Rhododendron* (Sierra y Amarillo, 2014); aun así, la vegetación de la Quinta de Bolívar cuenta con especímenes nativos dentro de los que se encontró *C. bracteata*. Allí, la mayoría de observaciones de *C. helianthea* se hicieron en esta especie, cuya constante floración a lo largo de los muestreos pudo estar garantizando la presencia del colibrí. Otra especie muy asociada a *C. bracteata* fue *H. amethysticollis* en la Reserva El Delirio, donde el 50% de las observaciones se hicieron en esta planta.

Algunos estudios encuentran a la familia Solanaceae como una familia importante en la provisión de néctar para las aves, particularmente los géneros *Brugmansia* e *Lochroma* (Villarreal, 2014; Smith *et al.*, 2008), coincidiendo con lo observado en este trabajo. Especies como *E. ensifera* y *C. cyanotus* estuvieron muy relacionadas con las especies de estos dos géneros respectivamente. La floración de *B. sanguínea* fue continua a lo largo de los muestreos, mientras que *L. fuchsioides* mostró una disminución de la floración hacia los meses de agosto y septiembre, lo cual repercutió en los menores registros de *C. cyanotus*. Estas dos anteriores especies de solanáceas son nativas y menos comunes, en comparación con *S. jamesonii*, la cual fue la otra especie de esta familia que recibió gran cantidad de visitas, especialmente por *D. humeralis* y *C. coruscans* en el Parque El Chicó; observaciones similares registran Díaz. (2013), para un área urbana de Bogotá, que también muestra ser una especie importante para algunos insectos como abejas y moscas de las flores (Díaz, 2013).

En cuanto a la familia Myrtaceae, es importante mencionar el papel de *E. globulus*, el cual fue una especie muy visitada por *C. coruscans* en El Chicó y la Reserva El Delirio, esta es una observación que ha sido documentada por otros autores para el caso de Bogotá (ABO, 2000; Gutiérrez, 2003; Agudelo, 2007; Barreto y Montejo, 2014; Fontalvo, 2016), evidenciando la importancia del néctar de sus flores especialmente para los colibríes en áreas intervenidas, pero también áreas boscosas con plantaciones, y en cercas vivas; además, se ha documentado su

interacción no solo con *C. coruscans* sino con otros colibríes como *R. microrhynchum*, *L. nuna* y *C. mulsant* (Gutiérrez, 2005; Fontalvo, 2016).

Caracterización morfológica

La mayoría de las plantas registradas presentaron flores con características asociadas al síndrome de ornitofilia (64,2%) semejante a lo que registraron Cardona *et al.* (2012); estas plantas se encontraron concentradas mayormente en El Chicó y la Quinta de Bolívar. En la Reserva El Delirio se registraron especies que presentan síndromes más asociados a la entomofilia, para los casos de *Miconia* sp., *Mikania* sp., *Muehlenbeckia tamnifolia* y *Ocotea sericea*, pero que sin embargo recibieron visitas por aves nectarívoras, fenómeno también observado por Cardona *et al.* (2012) y Araújo y Sazima (2003), quienes atribuyen la visita de colibríes a flores con entomofilia a la antesis diurna de estas, lo que hace que sean un recurso disponible para las aves. En estas especies, los colibríes pueden estar actuando como tanto como robadores de néctar, como polinizadores (Cardona *et al.*, 2012), este primer caso en tanto la flor no ofrece una morfología adecuada para que el colibrí acceda por la parte distal de la misma.

Algunos de los criterios para establecer si la flor presentaba síndrome de ornitofilia o no (Nates, 2016), fueron la forma de la corola y el color predominante en la misma. Respecto a estas dos características, las formas predominantes fueron las corolas tubulares (69,2%), mientras que los colores que más se presentaron fueron los rojos, naranjas y amarillos (45%), coincidiendo con lo documentado por Cardona *et al.*, (2012); estas características las presentaron las plantas más visitadas en las áreas de estudio: *C. bracteata*, *A. megapotamicum*, *A. pictum*, *F. boliviana*, *I. fuchsoides*, *S. jamesonii*. Observaciones similares fueron realizadas por Toledo y Donatelli (2010) en un área urbana, quienes mencionan que, aunque se observa una preferencia por estos colores, es importante tener en cuenta que

los comportamientos de algunos colibríes no se asocian con el color, sino con la disponibilidad del alimento.

La longitud efectiva de la corola, es una característica importante en la medida que indica la distancia desde la entrada distal de la corola hasta las cámaras nectaríferas, lo cual ayuda a determinar hasta qué punto la cabe la cabeza de un ave nectarívora en la flor (Wolf *et al.*, 1976). Esta medida presentó variaciones notorias (Tabla 3 y Anexo 1), y fue mayor en aquellas especies con síndrome de ornitofilia, observación realizada también por Cardona *et al.* (2012). Las medidas mayores corresponden a especies como *B. sanguínea* (200mm), *F. boliviana* (55,4mm), *P. mixta* (132mm) y *P. tripartita* (135mm), especies visitadas de manera efectiva por colibríes con picos largos como *E. ensifera* y *C. helianthea*, de 102-119mm y 33mm de longitud, respectivamente. Se evidencian entonces, interacciones especialistas de especies propias de hábitats boscosos, pero que se están dando en coberturas vegetales urbanas, en este caso, en la Quinta de Bolívar, evidenciando la importancia de la composición de la vegetación nativa en la misma.

Estrategias de forrajeo

El revoloteo legítimo, la estrategia más empleada por los colibríes para libar de las flores, fue facilitada por la posición de las mismas, que les permitía a las aves acceder de manera cómoda por la parte distal de la corola, coincidiendo con lo encontrado por Cardona *et al.* (2012) y Rojas (2007), quienes encuentran la posición horizontal e inclinada de las flores como la característica que permite al ave visitar más fácilmente la flor. Estas características también fueron observadas en las flores que recibieron mayor cantidad de visitas en este trabajo y que presentaron síndrome de ornitofilia (Tabla 2).

La Figura 16 muestra que, en total, sumando los porcentajes de visitas por revoloteo y perchado legítimo, un 60,4% de las plantas recibieron visitas legítimas, por lo tanto, al tener contacto con las estructuras reproductivas de la flor, las aves cumplen el papel de potenciales polinizadoras. Las visitas realizadas por especies como *C. mulsant*, *L. nuna*, *L. lafresnayi*, *H. amethysticollis*, *C. cyanotus*, *C. coruscans*, *C. helianthea*, *R. microrhynchum* y *E. ensifera* fueron en su mayoría legítimas, ya fuese por revoloteo o perchado (Figura 17), lo cual las hace potenciales polinizadoras de las plantas visitadas.

Por el contrario, las visitas ilegítimas no garantizan la polinización de la planta, y se ven favorecidas por las características del pico de algunas aves como las del género *Diglossa*, las cuales, con sus picos recurvados y ganchudos (Hilty y Brown, 1986; ABO, 2000), perforan la base de la corola, accediendo directamente al néctar, sin tener contacto alguno con las estructuras reproductivas de la flor. Sin embargo, las visitas ilegítimas no fueron exclusivas del género *Diglossa*, pues especies de colibríes como *C. coruscans*, *C. cyanotus*, *C. helianthea*, *L. victoriae* y *M. tyrianthina* fueron observados empleando las perforaciones realizadas por otras aves, para acceder al néctar también desde la base de la corola, actuando como robadores. En algunos casos, se observó que las especies de colibríes visitaban legítima e ilegítimamente la misma especie de planta, actuando como potencial polinizador y robador; observaciones similares son reportadas por otros autores como Cardona *et al.* (2012). Esta es una observación importante, que hace tener en cuenta que no todos los visitantes florales son polinizadores (Inouye, 1980).

Aunque fueron registradas en menor proporción frente a las visitas ilegítimas, las visitas legítimas también se observaron en las especies género *Diglossa*, comportamiento no muy registrado, pero siendo una observación común por Rojas (2007) en bosque alto andino.

10. Conclusiones

- Se registró un total de interacciones entre 15 especies de aves nectarívoras y 42 especies de plantas en las tres áreas de estudio.
- No solo se registraron visitas a plantas con características asociadas al síndrome de ornitofilia, sino también con síndrome de entomofilia, contrario a la hipótesis planteada.
- De las plantas registradas, al menos el 60,4% recibió visitas legítimas, lo cual indica que son potencialmente polinizadas por los ensambles de colibríes.
- Los ensambles de aves nectarívoras para las tres áreas de estudio estuvieron compuestos por especies muy frecuentes y de hábitos generalistas como *C. coruscans*, *C. cyanotus*, *M. tyrianthina* y *D. humeralis*, y especies raras como *C. helianthea*, *R. microrhynchum*, *E. ensifera*, *E. vestita*, *L. lafresnayi*, *D. cyanea* y *D. albilatera*, las cuales establecieron interacciones más especialistas.
- Los ensambles de aves nectarívoras presentes en las tres áreas de estudio realizaron visitas florales a un total de 42 especies de plantas, de las cuales el 67,5% presentaron características asociadas al síndrome de ornitofilia.
- Especies con *A. megapotamicum*, *A. pictum*, *C. bracteata*, *E. globulus*, *F. arborescens*, *I. fuchsoides* y *S. jamesonii*, presentaron características asociadas al síndrome de ornitofilia y fueron también las especies con la mayor frecuencia de visitas.
- Las familias de plantas representadas por una mayor cantidad de especies fueron Onagraceae, Ericaceae, Melastomataceae, Myrtaceae y Solanaceae, siendo Onagraceae la familia con más especies, presente en las tres áreas.
- Se encontró una proporción similar de especies nativas y exóticas, estando las primeras concentradas en la Reserva El Delirio, pero en su mayoría presentando características florales asociadas a la entomofilia, por lo cual, recibieron visitas de forma ilegítima.

- La mayoría de las plantas visitadas tienen un hábito de crecimiento arbustivo, mientras que las hierbas escandentes fueron las que se registraron en menor proporción.
- Los colores rojos, naranjas y amarillos y formas predominantes como tubulares y acampanadas, generaron mayor atracción a las aves nectarívoras.
- Encontrar especies de hábitats boscosos como *E. ensifera* y *C. helianthea* en áreas verdes urbanas adyacentes a los Cerros Orientales, puede indicar que esta reserva cumple la labor de área fuente y hay elementos de la vegetación urbana que están cumpliendo funciones de conectar hábitats.
- Las áreas verdes estudiadas mostraron importantes funciones para la alimentación de una diversidad considerable de aves nectarívoras, algunas de ellas propias de borde de bosque y otras del interior de este, lo cual las convierte en zonas clave para la conservación de la biodiversidad de la avifauna nectarívora en este caso.
- Se realiza una contribución al conocimiento de las interacciones establecidas entre la vegetación de algunos elementos de la EEP de la ciudad y fauna, en este caso, aves nectarívoras, resaltando la importancia de conocer las características clave que las plantas presentan, para atraer polinizadores como las aves. Esto con el fin de poseer criterios más integrales a la hora de seleccionar las especies vegetales a introducir en las áreas verdes urbanas, y promover la plantación de especies más funcionales.

11. Recomendaciones

Las características de las especies de plantas que registraron visitas por parte de las aves nectarívoras, pueden contribuir a generar criterios para la selección de especies en los procesos de revegetalización urbana. Periodos de floración continuos, colores y formas como los descritos en este trabajo, pueden ser elementos que faciliten dicha selección.

Algunas de las especies nativas registradas en este estudio, pueden empezar a ser consideradas en los procesos de revegetalización urbana, o ser tenidas en cuenta mediante la realización de ensayos de propagación y estudiando su potencial para hacer de las coberturas vegetales urbanas, espacios más funcionales en este caso para la avifauna.

Las especies que brindan recurso nectarífero para las aves, pueden ser priorizadas en procesos de restauración ecológica, en los que las aves polinizadoras cumplen funciones de transportar polen de un lugar a otro, y, por lo tanto, conectar hábitats.

Estudiar las interacciones entre las coberturas vegetales y la fauna que las usa, constituye un proceso clave en el entendimiento de las relaciones ecológicas que se establecen en la ciudad, y, puede ayudar a generar criterios y políticas que propendan por un manejo más integral de la biodiversidad urbana, enfocado no sólo en lo estético y recreativo.

Las especies de plantas aquí mencionadas y que favorecen la presencia de aves nectarívoras y potenciales polinizadoras, son especies que las personas del común podemos usar de manera autónoma para crear hábitats favorables para estas aves.

La ciencia ciudadana constituye un proceso interesante gracias al cual se pueden conocer las dinámicas ecológicas de determinado lugar. Iniciativas que propendan por conocer más acerca de los polinizadores y su relación con las plantas, en este caso, puede contribuir a llenar vacíos de información e impulsar políticas que incorporen y valoren el rol de los polinizadores Caicedo (en Mejía, 2016).

12. Bibliografía

- ABO. (2000). *Aves de la Sabana de Bogotá, guía de campo*. Bogotá, Colombia. Asociación Bogotana de Ornitología, CAR.
- Adams, L. y Dove, L. (1989). *Wildfire reserves and corridors in the urban environment*. Maryland, Estados Unidos. National Institute for Urban Wildfire.
- Agudelo, L. (2007). *Evaluación del Canal Molinos como un corredor para las aves de la ciudad de Bogotá*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Agudelo, L., Moreno, J. y Ocampo, N. (2010). Colisiones de aves contra ventanales en un Campus Universitario de Bogotá, Colombia. *Ornitología Colombiana*, (76). 3–10.
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2012). *El Delirio de San Cristóbal*. Recuperado de: <http://www.bogota.gov.co/en/node/145>.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C. (2008). *Manual de silvicultura urbana para Bogotá*. Bogotá, Colombia. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (2006). *Los Cerros Orientales de Bogotá D.C., patrimonio cultural y ambiental del Distrito Capital, la región y el país. Plan de manejo ambiental*. Recuperado de: http://www.sdp.gov.co/PortalSDP/Noticias2015/Junio_12_La_SDP_realizara_el_lanzamiento_oficial_sobre_Exper/Experiencias-de-habitabilidad-cerros.pdf
- Almendras, A. (2009). *Expansión Urbana, Cambios de Uso de Suelo y Transformaciones Espaciales en la conurbación Concepción-Talcahuano*. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista Forestal Latinoamericana*. (37), 1-16.
- Andrade, G., Remolina, F., y Wiesner, D. (2013). Assembling the pieces: a framework for the integration of multi-functional ecological main structure in the emerging urban region of Bogotá, Colombia. *Urban ecosystems*, 16(4), 723-739.

- Arango, L., Montes, J., López, D. y López, J. (2007). Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperoidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Ecoparque Alcázares-Arenillo (Manizales, Caldas-Colombia). *Boletín Científico del Centro de Museos*, (11). 390–409.
- Araújo, A. y Sazima, M. (2003). The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the “capões” of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora*, (198). 427-435.
- Arizmendi, M., y Ornelas, J. (1990). Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica* 22(2), 172-180-
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso del suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental*. (1), 6-16.
- Bargos, D., y Matias, L. (2011). Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. *Revsbau, Piracicaba*, 6(3), 172-188.
- Barrera, J., Contreras, S., Garzón, V. y Moreno, A. (2010). *Manual para la Restauración Ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital*. Bogotá, Colombia Secretaría Distrital de Ambiente. Pontificia Universidad Javeriana.
- Barreto, P. y Montejo, D. (2014). *Efectos de la ocupación del suelo urbano sobre las comunidades de aves de la zona de transición entre la cuenca alta y media del Río Fucha (Bogotá, Colombia)*. (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Becerra, F., Benítez, H., Cely, J. E. y Patiño, M. (2005). Notas sobre la anidación no exitosa de la Tingua Moteada (*Gallinula melanops*) en un canal artificial del Humedal Jaboque, Bogotá. *Boletín SAO*, (15). 29–38.
- Beissinger, S. y Osborne, D. (1982). Effects of Urbanization on avian community organization. *Condor*. (84). 75-83.
- Berget, C. (2006). Efecto del tamaño y de la cobertura vegetal de parques urbanos en la riqueza y diversidad de la avifauna de Bogotá, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 9(2). 45-60.

- Bojorges, J. (2009). Amenazando la biodiversidad: Urbanización y sus efectos en la avifauna. *Ciencia y Mar*, 8(39). 61-65.
- Caicedo, J., SÁCHICA, M., Rodríguez, A., Parra, A. (2016). Polinizadores y planeación: Áreas ecológicamente funcionales en el Gran Chicó. En: A. Mejía. (Ed.), *Naturaleza Urbana* (pp. 98-103). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- CAR. (2009). *Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. Inventario de Fauna (1)*. Recuperado de: https://cerrosorientales.com/wp-content/uploads/2016/04/reserva_forestal_protectora_bosque_oriental_bogota_inventario_fauna.pdf
- Cardona, J., y Cardona, P. (2012). Uso de recursos florales por el ensamble de aves nectarívoras en el campus de la Universidad Del Quindío, Colombia. (Tesis de pregrado). Universidad Del Quindío. Armenia, Colombia.
- Casas, A. y Gómez, D. (2008). *La relevancia de las zonas verdes en el espacio público: la necesidad de su revaloración para la ciudad capital*. En: Rodríguez, G., Londoño, B. y Herrera, G. (Ed). *Ciudades ambientalmente sostenibles* (339-358).
- Cavalheiro, F., Del Picchia, P. (1992). *Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento*. 1º Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana e 4º Encontro Nacional sobre Arborização Urbana. Vitória, España.
- Chace, J. y Walsh, J. (2006). Urban effects on native avifauna: areview. *Landscape and urban planning*, (74). 46-69.
- Cultid, C., Cabra, J., Rengifo, L. y Ascuntar O. (2007). Artrópodos terrestres del Campus Meléndez de la Universidad del Valle (Cali-Colombia): Eficiencia de captura de tres métodos de muestreo y variación temporal en la abundancia relativa. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, (8), 14–22.
- Decreto 190. Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, Colombia, 22 de junio de 2004.

- Decreto 3600. Presidencia de la República de Colombia, 20 de septiembre de 2007.
- Decreto 531. Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, Colombia, 23 de diciembre de 2010.
- Decreto 619. Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, Colombia, 28 de julio de 2000.
- Delgado, C., & Correa, J. (2013). Estudios ornitológicos urbanos en Colombia: revisión de literatura. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 215-236.
- Díaz, J. y Velásquez, A. (2009). Uso de las coberturas vegetales y movilidad de aves semilleras en un paisaje urbano de Florencia (Caquetá, Colombia). *Momentos de Ciencia*, (6). 70–79.
- Díaz, R. (2013). *Diseño experimental para la caracterización de aves e insectos asociados a plantas florales estudio de caso terraza productiva y de investigación en techos verdes: ubicada en la Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá-Colombia*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Dickman, C. (1987). Habitat fragmentation and vertebrate species richness in an urban environment. *Journal of Applied Ecology*, (24). 337-351.
- Duque, M. y Sánchez, D. (2012). Análisis crítico del concepto Ecología Urbana. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 8(1).134-149.
- Feinsinger, P., y Colwell, R. (1978). Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist*, 18(4). 779-795.
- Fenster, C. Armbruster, W., Wilson, P., Dudash, M. y Thomson, J. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* (35). 375-403.
- Fontalvo, Y. (2016). *Efecto del contexto paisajístico sobre la composición y riqueza de la avifauna de las cercas vivas del borde norte de Bogotá*. (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia.
- García, C. (2010). Inventario y divulgación de las plantas vasculares presentes en la Casa Museo Quinta de Bolívar de Bogotá, Colombia. (Tesis

de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

- Giraldo, D. y Ramírez, M. (1992) Algunos aspectos estructurales de una comunidad de aves, en un área de la Universidad de Antioquia. *Boletín SAO.*, (3), 12–16.
- Gómez, J., Velásquez, P., Saldarriaga, M., Díaz, A. y Otero, R. (2002) Aspectos biológicos y ecológicos del escorpión *Tityus furhmanni* (Kraepelin, 1914), en poblaciones del cerro el Volador y barrios aledaños de la ciudad de Medellín. *Actualidades Biológicas*, (24). 13–21.
- Grupo Ecomunitario (2017). Checklist de aves del Gran Chicó. Recuperado de:
https://docs.wixstatic.com/ugd/48aa0e_0ff7d6007e3c4162b405ba573d6b180c.pdf
Gutiérrez, A. (2003). *Caracterización preliminar de la avifauna del parque Entrenubes y pautas para su conservación*. Fundación SUNAHISCA.
- Gutiérrez, A. (2005). *Ecología de la interacción entre colibríes (Aves: Trochilidae) y las plantas que polinizan en el boque altoandino de Torca*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Gutiérrez, A. y Rojas, S. (2001). *Dinámica anual de la interacción colibrí-flor en ecosistemas altoandinos del Volcán Galeras, sur de Colombia*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Gutiérrez, A., Rojas, S. y Stiles, F. G. (2004). Dinámica anual de la interacción colibrí-flor en ecosistemas altoandinos. *Ornitología neotropical*, (15). 205-213.
- Hernández, J., y Rangel, J. O. (2009). La vegetación del humedal de Jaboque (Bogotá, DC). *Caldasia*, 31(2). 355-379.
- Herrera, K., Herrera, R. y Pinzón, Y. (2017). Proyectos de agricultura urbana del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, analizados desde la perspectiva de la educación ambiental (2004 - 2016). (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

- Hilty, S. L., y Brown, B. (1986). *A guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press.
- Inouye, W. (1980). The terminology of floral larceny. *Ecology*, (61). 1251-1253.
- Jarro, E. (2004). *Guía Técnica para la Restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital*. Bogotá, Colombia. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).
- Krishnamurthy, L., Nascimento. (Ed). (1998). *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Inter-American Development Bank.
- Ley 31 de 1979. Congreso de la República de Colombia, 17 de mayo de 1979.
- Lundberg, J. y Moberg, F. (2003). Mobile Link Organisms and Ecosystem Functioning: Implications for Ecosystem Resilience and Management. *Ecosystems*, 6 (1). 87–98.
- Mahecha, G., Sánchez, F., Chaparro, J., Cadena, H., Tovar, G., Villota, L., Morales, G., Castro, J., Bocanegra, F. y Quintero, M. (2010). *Arbolado urbano de Bogotá. Identificación, descripción y bases para su manejo*. Bogotá, Colombia. Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría Distrital de Ambiente. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Malpica, D. y Rodríguez, E. (2003). *Aves que habitan y anidan en el Jardín Botánico José Celestino Mutis*. Bogotá, Colombia. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Marín, C. y Parra, S. (2015). *Bitácora de Flora. Guía visual de plantas de los páramos en Colombia*. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Marín, O. (2005). Avifauna del campus de la Universidad del Quindío. *Boletín SAO*, 15(2). 42-60.
- Marzluff, J. (2016). A decadal review of urban ornithology and a prospectus for the future. *International Journal of Avian Science. Ibis*, (159). 1–13.

- Marzluff, J., Bowman, R. y Donnelly, R. (2001). A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches. *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*, (17). 1-17.
- McGregor, I. y Ortega, R. (Ed.) (2013). *Ecología Urbana. Experiencias en América Latina*. Disponible en: http://www1.inecol.edu.mx/libro_ecologia_urbana/ecologia_urbana_experiencias_en_america_latina.pdf
- McKinney, M. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban ecosystems*, 11(2), 161-176.
- McMullan, M., Donegan, T., y Quevedo, A. (2010). *Field guide to the birds of Colombia*. Fundación ProAves.
- Mendonça, L. y Anjos, L. (2005). Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma ár em uma área urbana do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(1), 51-59.
- Mendoza, L. y Sánchez, F. (2014). Mamíferos de la Hacienda Las Mercedes, un área rural al norte de Bogotá (Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (2). 157-171.
- Microsoft Excel (2016). Microsoft Corporation.
- Miller, R. (1998). Planeación del enverdecimiento urbano. En: Krishnamurthy, L., Nascimento. (Ed). *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. (pp. 83-108). Chapingo, México. Inter-American Development Bank.
- Muñoz, M., Fierro, K. y Rivera, H. (2007). Las aves del campus de la Universidad del Valle, una isla verde urbana en Cali, Colombia. *Ornitología Colombiana*, (5). 5–20.
- Nates, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (75). 7-20.
- Nates, G. (Ed.). (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas*. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Nates, G., Parra, A., Rodríguez, A., Baquero, P. y Vélez, D. (2006). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la

ciudad de Bogotá y sus alrededores. *Revista Colombiana de Entomología*, (32). 77–84.

- Nates, G., Parra, A., Rodríguez, A., Baquero, P., y Vélez, D. (2006). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 77-84.
- Nieto, A. y Silva, C. (2012). *Influencia de la alteración de hábitat en el uso de recursos florísticos por el ensamble de colibríes en bosques altoandinos del sur del Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Nucci, J. (2008). *Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)*. Curitiba, Brasil.
- Ortiz, R. y Vargas, G. (2008). Explorando la relación entre registros de colibríes y abundancia de flores con escalamiento espaciotemporal. *Ornitología Neotropical*, (19) 473–483.
- Pinilla, M., Nieto, V. y Nates, G. (2006). Recurso polínico y ciclo estacional de *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae) en un ambiente urbano (Bogotá-Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 64(3). 1247-1257.
- Pisanty, I., Mazari, M. y Ezcurra, E. (2009). *El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas*. En *Capital natural de México* (719-759). CONABIO.
- Ralph, C., Geupel, G., Pyle, P, Martin, T., DeSante, D, Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Ramírez, D., Trespalacios, O., Ruiz, F. y Otero, J. (2008). *Conectividad ecológica en la zona urbano rural de la localidad de Suba*. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Ramírez, H., Pérez, W., Mejía O., Tobar, Muñoz, A. y Trujillo, A. (2010). Biodiversidad en el campus de la Universidad del Cauca. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, (8). 104–117.
- Ramírez, O. y Wallace, R. (2016). Insectos polinizadores en ambientes urbanos: perspectivas de su estudio en México. *Entomología Mexicana*, (3). 183-190.
- Rengifo, L. (2008) Diversidad de los chinches terrestres de la Universidad del Valle (Calí-Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* (9). 12–21.
- Reyes, M., Sedano, R. y Durán, S. (2002) Lista anotada de la avifauna de la Universidad del Valle. Cali, Colombia. *Boletín SAO*, (13), 12–25.
- Rivera, J., Pinilla, G., Rangel, J., Castro, M., Camacho, D. (2015). Biomassa de macroinvertebrados e características físicas e químicas da água em um pantanal urbano dos Andes na Colômbia
- Rojas, S. (2007). Estrategias de extracción de néctar por pinchaflores (Aves: Diglossa y Diglossopsis) y sus efectos sobre la polinización de plantas de los altos Andes. *Ornitología Colombiana*, (5). 21-39.
- Rosselli L., De La Zerda S, Candil J. (2017). Cambios en la avifauna de un relicto de bosque en la franja periurbana de Bogotá a lo largo de catorce años. *Acta biol. Colomb.*, 22(2). 181-190.
- Rosselli, L. y Stiles, F.G. (2012). Wetland habitats of the Sabana de Bogotá Andean Highland Plateau and their birds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22(3). 303-317.
- RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Rubio, J. (1995). Ambiente urbano y fauna beneficiada por el mismo. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, (15). 619-624.
- Ruiz, N. (2008). Las particularidades del proceso urbanizador en Colombia. *Bitácora*, 12(1). 91-104.
- Sánchez, F., Martínez, M., Díaz, S., Riaño, J., Paqui, M. (2005). Biodiversidad en un campus universitario en la sabana de Bogotá:

Inventario de plantas y tetrápodos. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 19(2). 186-203.

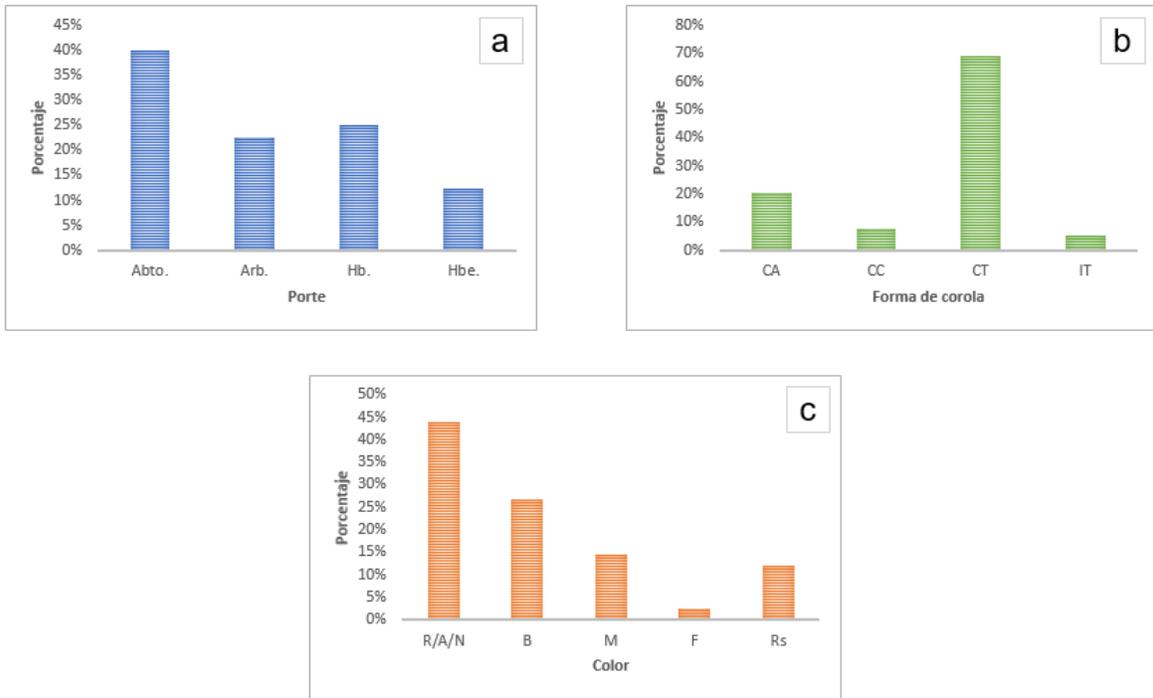
- Sánchez, J. y Urcuqui, A. (2006). Distancias de forrajeo de *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) en el bosque seco tropical del Jardín Botánico de Cali. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, (7). 1–9.
- Santos, T., y Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15(2). 3-12.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2012). Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica – Resumen Ejecutivo. Montreal (1). Recuperado de: <https://www.cbd.int/authorities/doc/cbo-1/cbd-cbo1-summary-sp-f-web.pdf>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2008). *Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). *Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital*. Panamericana, Bogotá, Colombia.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2016). *Informe Técnico No. 00268, 06 de abril del 2016*.
- Sierra, M. (2012). *Ciudad y fauna urbana. Un estudio de caso orientado al reconocimiento de la relación hombre, fauna y hábitat urbano en Medellín*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia.
- Sierra, M., y Amarillo, A. (2017). Socioecological features of plant diversity in domestic gardens in the city of Bogotá, Colombia. *Urban Forestry and Urban Greening*, (28), 54-62.
- Smith, C. y Armesto, J. (1998). Nectarivoría y polinización por aves en *Embothrium coccineum* (Proteaceae) en el bosque templado del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71(1), 51-63.

- Smith, S., Hall, S., Izquierdo, P. y Baum, D. (2008). Comparative Pollination Biology of Sympatric and Allopatric Andean *Iochroma* (Solanaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 95(4), 600-617.
- Sorensen, M., Barzetii, V., Keipi, K. y Williams, J. (1998). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. Washington, Estados Unidos. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Stiles, F. G. (1976). Taste preferences, color preferences, and flower choice in hummingbirds. *The Condor*, 78(1). 10-26.
- Stiles, F. G., Rosselli, L. y De La Zerda, S. (2017). Changes over 26 Years in the Avifauna of the Bogotá Region, Colombia: Has Climate Change Become Important? *Frontiers in Ecology and Evolution*. (5). 58. doi: 10.3389/fevo.2017.00058.
- Suárez, E., Racero, J., Guevara, G. y Ballesteros, J. (2009). Evaluación ecológica rápida de los quirópteros del parque ecológico de Montelíbano, Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science*, (2). 437–449.
- Toledo, F., Santos, D. (2008). Espaços Livres de Construção. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 3 (1), 73-91.
- Toledo, M. y Moreira, D. (2008). Analysis of the feeding habits of the swallow-tailed hummingbird, *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), in an urban park in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(2), 419-426.
- Toledo, M., y Donatelli, R. (2010). Spectral analysis of flowers used by nectar-feeding birds in an urban area in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 729-735.
- Tovar, G. (2007). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Territorios*, (16-17). 149-173.
- United Nations, (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Van der Hammen, T. (2005). La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana. *Palimpsestvs: Revista de la Facultad de Ciencias Humanas*, (5). 286-291.

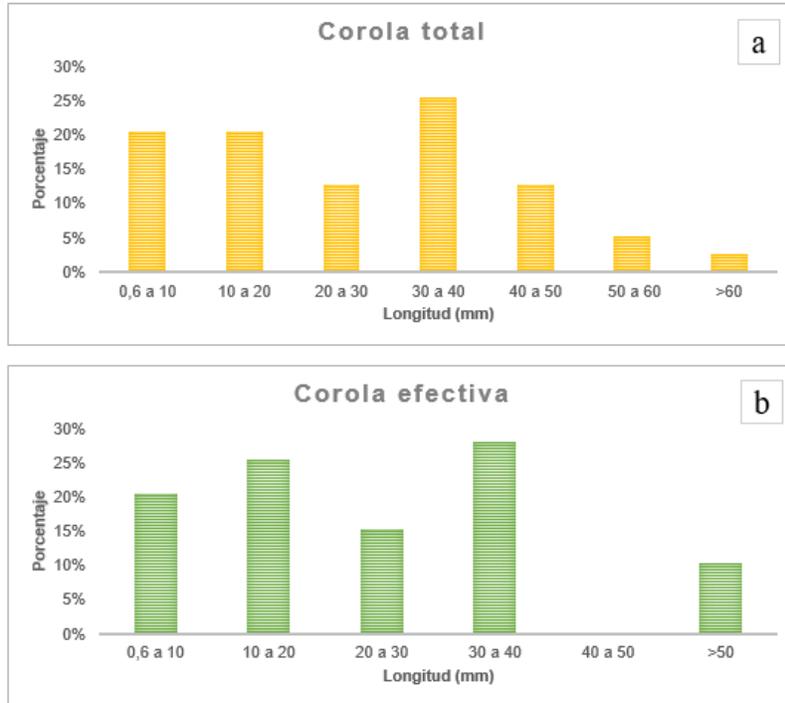
- Van der Hammen, T., Andrade, G. (2003). *Estructura ecológica principal de Colombia: primera aproximación*. Bogotá, Colombia. IDEAM.
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Villarreal, E. (2014). *Estrategias de forrajeo y recursos florales utilizados, una explicación de la coexistencia de especies del género Diglossa (Familia: Thraupidae) en la Región Andina del Departamento de Nariño*. (Tesis de pregrado). Universidad de Nariño.
- Wolf, L., Stiles, F. G. y Hainsworth, F. (1976). Ecological Organization of a Tropical, Highland Hummingbird Community. *Journal of Animal Ecology*, 45(2). 349-379.
- Zerda, E. (1994). Historia natural del tominejo, *Colibri coruscans coruscans* (Gomn) (Aves, Trochilidae). *Universitas Scientiarum*, 2(1), 65-85.
- Zuria, I., Carbó, P. y Gómez, L. (2012). La ecología urbana aplicada al estudio de las aves. *Herreriana*, 8(1). 3-6.

13. Anexos

Anexo 1. Principales características morfológicas de las plantas



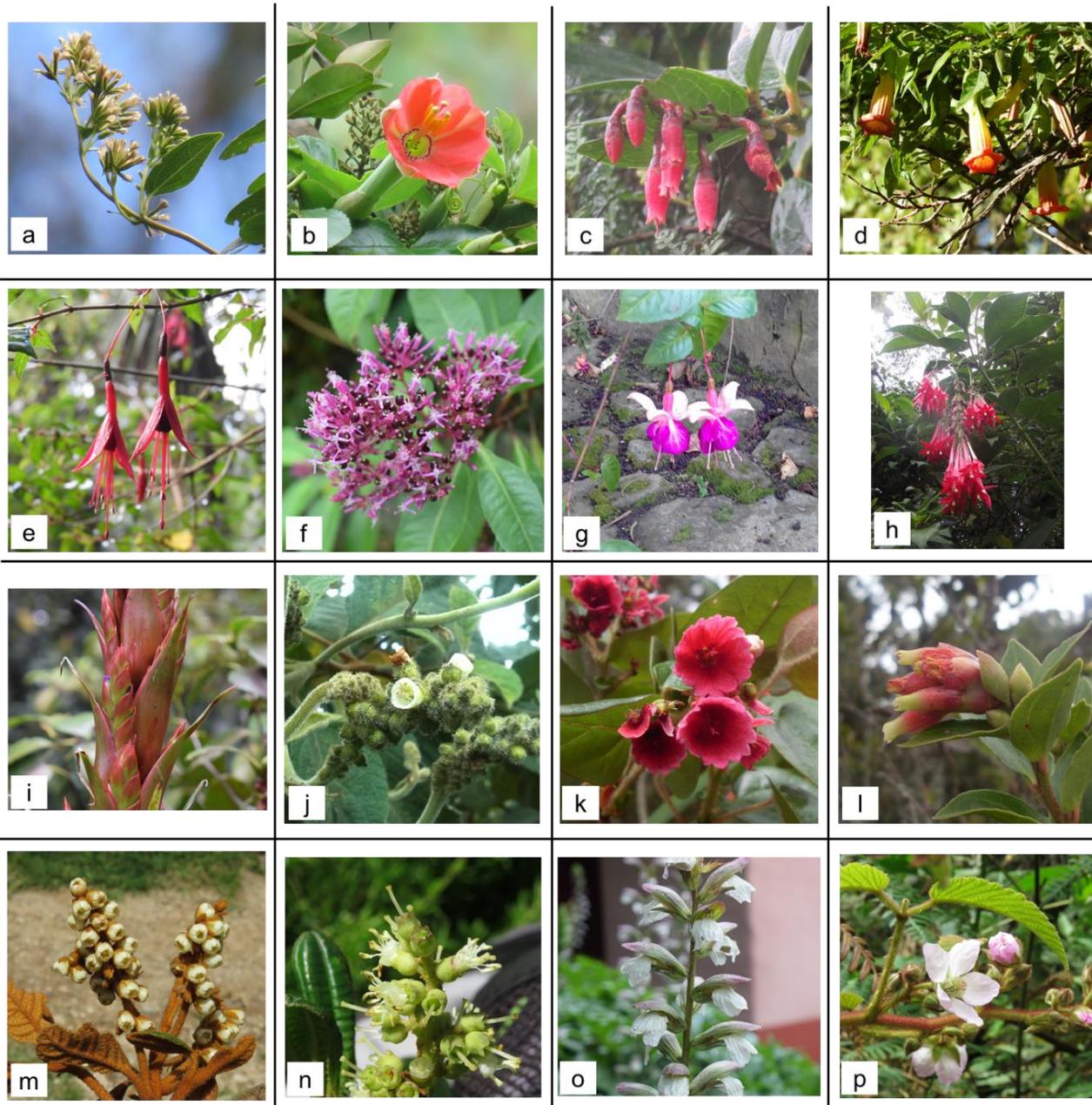
Representación de las principales características morfológicas de las plantas, en porcentaje. **a) Porte:** Abto= arbusto, Arb= árbol, Hb= hierba, Hbe= hierba escandente. **b) Forma de corola:** CA= corola abierta, CC= corola en forma de copa, CT= corola +- tubular, IT= inflorescencia de flores tubulares estrechas. **c) Color:** R/A/N= rojo, amarillo, naranja; B= blanco; M= morado; F= fucsia; Rs= rosado.



Medidas en mm. de la corola total (a) y efectiva (b) de las flores.

Anexo 2.

Algunas de las plantas visitadas por las aves nectarívoras.



Mikania sp. (a), *Passiflora mixta* (b), *Macleania rupestris* (c), *Brugmansia sanguinea* (d), *Fuchsia magellanica* (e), *Fuchsia arborescens* (f), *Fuchsia hybrida* (g), *Fuchsia boliviana* (h), *Tillandsia pastensis* (i), *Cordia cylindrostachya* (j), *Vallea stipularis* (k), *Cavendishia bracteata* (l), *Ocotea sericea* (m), *Melastomataceae* 1 (n), *Acanthus mollis* (o), *Rubus bogotensis* (p).



Syzygium jambos (q), *Muehlenbeckia tamnifolia* (r), *Bejaria resinosa* (s), *Passiflora tripartita* (t), *Penstemon* sp. (u), *Eucalyptus globulus* (v), *Streptosolen jamesonii* (w), *Impatiens sodenii* (x), *Aloe arborescens* (y), *Abutilon megapotamicum* (z).

Anexo 3.

Estrategias de forrajeo empleadas por las aves nectarívoras.



Revoloteos legítimos en las visitas de *Colibri coruscans* a *Abutilon pictum* (a), y *C. cyanotus* a *Lochroma fuchsioides* (b).



Visitas ilegítimas de *Eriocnemis vestita* a *Bejaria resinosa* (a), *Diglossa humeralis* a *Streptosolen jamesonii* (b) y *Metallura tyrianthina* a *Fuchsia boliviana* (c).