

Los colibríes y su importancia en la conservación de bosques tropicales

Hummingbirds and their importance in the conservation of tropical forests

Stephania Aguirre Castaño¹ , Cristian Camilo Vidal Maldonado  y
María Cristina Gallego Roperó 
Departamento de Biología, Universidad del Cauca, Colombia

Resumen. Los colibríes se caracterizan por ser aves que se alimentan principalmente de néctar y ser exclusivas del continente americano. Estos trochilidos desempeñan un rol importante dentro de los ecosistemas puesto que se encargan de la polinización de más de 100 especies de angiospermas. Los rasgos funcionales que presentan estas aves se encuentran estrechamente relacionadas con las plantas que visitan, formando interacciones planta-colibrí que favorecen las dinámicas ecológicas en el proceso de polinización, sin embargo, estas interacciones se pueden ver afectadas por las transformaciones de los ecosistemas a causa de los cambios en el uso de la tierra que alteran las coberturas boscosas nativas por zonas para la ganadería y cultivos, entre ellos el departamento del Cauca, sitio que ha sufrido grandes transformaciones lo largo de los años.

Palabras Clave. Trochilidae; Servicios ecosistémicos; polinización; ecosistemas tropicales; conservación.

Resumen. Hummingbirds are characterized as birds that feed mainly on nectar and are exclusive to the American continent. These trochilids play an important role in ecosystems since they are responsible for the pollination of more than 100 species of angiosperms. The functional traits of these birds are closely related to the plants they visit, forming plant-colibri interactions that favor ecological dynamics in the pollination process, however, these interactions can be affected by the transformations of ecosystems due to changes in land use that alternative forest cover by areas for livestock and crops, including the department of Cauca, a site that has undergone major transformations over the years.

Keywords. Trochilidae; Ecosystem services; pollination; tropical ecosystems; conservation

Como citar. S. Aguirre Castaño, C. C. Vidal Maldonado y M. C. Gallego Roperó, Los colibríes y su importancia en la conservación de bosques tropicales. *Jou. Cie. Ing.* 15(2): 15-23 (2023).

Recibido: 31/03/2023 **Revisado:** 21/06/2023 **Aceptado:** 29/08/2023

¹ e-mail: stephaniac@unicauca.edu.co

1. Introducción

Los colibríes son pequeñas aves nectarívoras pertenecientes a la familia Trochilidae exclusiva del continente americano. La familia alberga 112 géneros y cerca de 367 especies que la catalogan como una de las más numerosas [1]. La mayor riqueza se encuentra en Sudamérica hacia la línea ecuatorial, con un total de 257 especies [2,3]. Se caracterizan por ser las aves más especializadas en el mundo [4,5], debido a la relación coevolutiva con las plantas que visitan en los ecosistemas tropicales [6]. En efecto, alrededor del 90% de los árboles, arbustos y bosques en general, dependen de polinizadores para su reproducción [7,8], de ahí que, la polinización, se considere una de las interacciones biológicas más importantes para la conservación de los bosques y el mantenimiento de toda la biodiversidad asociada [9].

En la actualidad, la información sobre biodiversidad y distribución de colibríes en los bosques tropicales de América, se encuentra en aumento [10,11]. Asimismo, se vienen actualizando los estados de conservación a través de las listas rojas de aves [12]. Sin embargo, aún hace falta conocer mejor las respuestas de los colibríes a las rápidas transformaciones de su hábitat [13] y los impactos subyacentes sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Los cambios en la riqueza y abundancia de los trochilidos dependen en gran medida del estado de conservación en el que se encuentren, tanto la estructura del hábitat, como la abundancia y disponibilidad de recursos [14,15]. Es por ello que, la alteración del hábitat y la intensificación del uso de la tierra con fines de desarrollo, probablemente son los factores que más influyen en la pérdida de biodiversidad [16], asimismo, representan un riesgo para las interacciones biológicas y para el suministro de servicios ecosistémicos cruciales para la prosperidad de los seres humanos, como, la polinización y el hábitat de especies singulares entre las que se encuentran las aves nectarívoras.

Teniendo en cuenta lo anterior, en esta revisión se documenta el aporte ecológico de los colibríes a los bosques tropicales, y se plantean las implicaciones de la pérdida de la calidad ecológica del ecosistema para la conservación de colibríes.

2. Desarrollo de las temáticas

Se realizó una búsqueda de literatura utilizando las palabras clave: Hummingbird, Trochilidae, Pollination Network y Conservation. La información fue recolectada de las bases de datos: Web of Science, ScienceDirect, Scopus y Google Académico, las cuales incluyen las principales revistas científicas relacionadas con la temática además de estar en constante actualización. De manera complementaria, se realizó la selección de artículos clásicos que son referentes en la temática, al igual que publicaciones de autores expertos. Para estos últimos no se tuvo en cuenta el filtro de año de publicación. Gracias a esto se logró la cobertura temática de la revisión. Los criterios de inclusión tenidos en cuenta fueron: artículos publicados en los últimos ocho años sin filtro de idioma, aunque se presentó un claro predominio del inglés. Posterior a la lectura del resumen, se tuvo en cuenta que el contenido presentado en cada artículo estuviera acorde al objetivo de esta revisión bibliográfica. De esta forma se tuvieron en cuenta 65 artículos.

3. Ecología de colibríes y vacíos en los procesos de conservación de los mismos

Los colibríes se distribuyen en una amplia gama de ecosistemas desde Alaska hasta Tierra de Fuego en el sur de Argentina. y aunque la mayor riqueza de especies ocurre en estas regiones neotropicales, las zonas templadas también cuentan con buena representación de colibríes que incluye especies con distribuciones subalpinas y alpinas [1], p.ej. el altiplano andino contiene la mayor diversidad de colibríes alpinos con por lo menos 24 especies, de las cuales tres han sido reportados a 5200 m de altura En Colombia, los colibríes se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 4800 m de altitud, siendo más abundantes en las zonas subtropicales y templadas de los Andes [2,17]. Aproximadamente se encuentran 166 especies de colibríes en el país [3] es decir el 45,2% de la diversidad global de colibríes. Este número podría aumentar si se exploran áreas

límites con países vecinos [2]. Dentro de esta riqueza, 17 especies son endémicas para el país y 5 de ellas se encuentran en peligro crítico de extinción, a causa de la pérdida de hábitat [18,19]. Los colibríes se alimentan principalmente de néctar, sustancia rica en azúcares que contribuye al mantenimiento de su acelerado costo metabólico. Generalmente las plantas que son polinizadas por colibríes poseen flores de tonos llamativos. Sin embargo, estas aves complementan su dieta con pequeños invertebrados que ayudan a suplir las necesidades de proteína [20]. Por otro lado, los colibríes utilizan diferentes estrategias en la búsqueda de alimento, estrechamente relacionadas con su morfología y con la distribución del recurso [21]; de acuerdo con estas estrategias, los colibríes se pueden dividir en cinco grupos básicos que son: territoriales, ruteros de alta recompensa, ruteros de baja recompensa, ladrones de territorio y generalistas [22]. Los colibríes territoriales son especies agresivas, de pico corto, relativamente pesados con referencia al tamaño de sus alas. En general, establecen y defienden territorios en parches de vegetación con una alta densidad de flores, lo que implica un alto gasto energético que es compensado con la poca inversión de tiempo en la búsqueda de alimento [19]. En Colombia, los colibríes territoriales pertenecen a los géneros *Anthracothorax* y *Amazilia* (tierras bajas), *Haplophedia* y *Boissonneaua* (bosques montanos) y *Erionectmis* y *Metallura* (páramos y subpáramos). Los machos de *Lafresnaya* y *Heliangelus* (bosque de montaña y subpáramos) también se consideran territoriales [22]. Los ruteros de alta recompensa son especies que obtienen su alimento visitando las flores de distintas plantas, siguiendo una secuencia más o menos regular. Estos colibríes se caracterizan por tener picos largos, curvos o rectos, que se encuentran estrechamente relacionados con la morfología de las corolas de las flores de las que se alimentan, además de que esta estrategia requiere alta inversión de tiempo [25,26]. En los bosques montanos de Colombia, esta estrategia es utilizada por colibríes de pico recto de los géneros *Coeligena* y *Doryfera*, así como hembras de *Lafresnaya* y *Phaetornis guy* [27–29]. Los ruteros de baja recompensa: son especies pequeñas de pico corto y recto que visitan flores dispersas en el bosque; esta estrategia la adoptan colibríes de los géneros *Adelomyia*, *Chlorostilbon*, *Agelaiocercus* y *Ocreatus* [22]. Los ladrones de territorio o parásitos son especies de tamaño moderado como *Anthracothorax* y *Florisuga* en tierras bajas y *Boissonneaua* y *Lafresnaya* en los Andes, con picos medianos y rectos que forrajean en territorios defendidos por especies de colibríes de menor tamaño [30,31]. También se comportan como ladrones algunos colibríes típicamente territoriales, cuando no encuentran una planta disponible para establecer su territorio y si son suficientemente agresivos, pueden desplazar al dueño original y establecerse [22,32,33].

Finalmente los colibríes generalistas, tienen pico corto y flexibilidad conductual como *Erionectmis mirabilis* [3]4 que se alimentan de flores que se encuentran en bajas densidades y cuando les es posible, roban néctar de otros territorios o actúan como ruteros de baja recompensa [28,35].

Conocer todo lo anteriormente mencionado resulta bastante importante, pero se sabe que aún continúa existiendo vacíos de información en ciertas temáticas referentes a los colibríes, pues si bien el desconocimiento de información detallada sobre la ecología, etología y la respuesta que presentan las aves nectarívoras ante las rápidas transformaciones en sus hábitats dificulta la identificación precisa de las posibles amenazas que padecen estos animales [18]; por ejemplo, los colibríes pueden verse afectados por la pérdida de las coberturas boscosas como consecuencia de la deforestación, construcción de infraestructura y otros cambios en el paisaje. Sin embargo, es posible que también enfrenten amenazas específicas, en la competencia por recursos con otras especies de aves y en la exposición a sustancias químicas como los son los plaguicidas y herbicidas utilizados en la agricultura [36,37], por lo que los esfuerzos de conservación se deben basar en hechos reales y no en suposiciones sobre las dinámicas ecológicas que tienen los Trochilidos, porque se corre el riesgo de tomar medidas inadecuadas que no aborden las principales amenazas y se subestime la gravedad de la situación repercutiendo en las poblaciones de colibríes e incluso teniendo un efecto adverso en la conservación de los mismos. Es fundamental llevar a cabo

estudios detallados sobre historias de vida de los colibríes, uso de hábitat y transformaciones del paisaje [38,39].

4. Colibríes y polinización

La polinización mediada por animales ocurre en el 87% de las plantas con flores y es una de las interacciones bióticas más importantes del mundo, debido a que es esencial en el mantenimiento de los ecosistemas y funcionamiento de la biodiversidad [40,41]. Esta interacción mutualista cobra mayor relevancia en las zonas donde la diversidad de colibríes es alta, como es el caso de los Andes tropicales que representa uno de los centros de diversidad y endemismos del mundo, especialmente para la avifauna [42,43].

Los colibríes pueden actuar como polinizadores efectivos y casi exclusivos de algunas especies de plantas puesto que presentan rasgos morfológicos que están estrechamente relacionados con el tipo de planta que visitan y que corresponden a procesos coevolutivos [9], [44]; algunas de las características que tienen las plantas son la disposición de estructuras sexuales y forma tubular de las corolas, secreción de néctar y flores de colores llamativo, en cuanto a los trochilidos un aspecto muy destacado es la variedad en las formas de los picos, capacidad visual, patrones de vuelo y dependencia del néctar. Por ejemplo *Eutoxeres aquila*, es una especie de colibrí que se caracteriza por tener un pico curvo o falciforme y visitar plantas con flores curvas como *Centropogon granulosus* [40,45]

Otro hecho documentado indica que los colibríes de picos pequeños por lo general visitan flores con síndrome de ornitofilia de corolas cortas y plantas que en su mayoría son entomófilas [31]. No obstante aunque los colibríes pueden tener rasgos morfométricos distintos y preferencias por determinadas plantas, esto no significa que las visitas no sean legítimas, puesto que en la mayoría de los casos se lleva a cabo el proceso de polinización, ya que a través del cuerpo (pico, garganta y frente) los trochilidos logran acarrear el polen y llevarlo a las flores [46,47].

Estas aves también son capaces de transportar altas cargas de material palinológico durante largas distancias y extensos períodos de tiempo en condiciones ambientales adversas (por ejemplo, altas y bajas temperaturas, fuertes vientos y lluvias constantes) [48], promoviendo la diversidad genética de las plantas a grandes escalas con el flujo genético y a su vez una mayor probabilidad de ser polinizada, dado que los colibríes necesitan visitar un elevado número de flores para satisfacer su requerimiento energético [49–51].

5. Efectos de la fragmentación en la dinámica ecológica de los colibríes

Una de las principales causas de la pérdida de diversidad de colibríes y deterioro de los servicios ecosistémicos brindados por estas aves son, el cambio en el uso del suelo, degradación de bosques, introducción de especies invasoras, cambio climático y extracción de recursos [52], donde el hombre es el principal responsable. Sin embargo, la intervención humana en los ecosistemas genera nuevos hábitats y suministros de recursos alimentarios que son aprovechados por las especies nectarívoras [53]; tales como, la construcción de jardines, instalación de bebederos artificiales, remoción de flora nativa e introducción de especies exótica atractivas para los colibríes.

No obstante, estas prácticas pueden afectar las interacciones planta-colibrí alterando la población de plantas que a largo plazo se verá reflejado en la disminución de la composición de bosques [54] y a su vez los polinizadores deberán enfrentar desafíos para establecer interacciones con los nuevos recursos; pues no en todos los casos estas interacciones se dan de manera positiva, debido a que existen colibríes especialistas que se ven afectados al tener preferencias por determinadas especies vegetales. Por ejemplo, se ha reportado que los colibríes Ermitaños morfológicamente especializados prefieren las áreas conservadas para su desplazamiento y búsqueda de alimento [24] la diferencia de otras especies de nectarívoros que gracias a su plasticidad pueden adaptarse con facilidad a ecosistemas intervenidos y hacer uso de los recursos

ofertados por estos sitios [56,57]. Tal es el caso de *Amazilia tzacatl* donde se encontró que la abundancia de individuos incrementaba después de la deforestación, pues se creía que esta especie colonizaba los cultivos y se adaptaba fácilmente a los ecosistemas antropizados [58].

[52] reportó en su investigación que las especies que tienen picos más largos, alas estrechas y un tamaño corporal mayor, se asocian a paisajes menos perturbados y son más sensibles a los cambios en el uso del suelo, pues estos rasgos morfológicos exigen un menor costo energético durante el vuelo que invierten en la búsqueda de alimento. Además tienen preferencia por un selecto grupo de plantas que se ajustan a la morfología de su pico y que están distribuidas en el medio donde habitan, ya que la variación que se pueda presentar de los recursos florales ofertados en los ecosistemas afectará la dinámica ecológica de los colibríes que presentan hábitos especialistas, pues la diversidad de las flores visitadas a menudo son menos comunes en ambientes perturbados [59].

Algunas de las especies nectarívoras que presentaron estos rasgos funcionales distintivos fueron *Ensifera ensifera* y *Pterophanes cyanopterus*; especies de colibríes poco comunes en los paisajes perturbados, a diferencia de *Lesbia nuna* y *Metallura tyrianthina* que fueron las especies generalistas las cuales prefirieron áreas abiertas y antropizadas [60].

De acuerdo con lo anterior, es indispensable la protección de los remanentes boscosos, vegetación secundaria y jardines ornamentales de plantas nativas que atraen polinizadores; con el objetivo de mantener la diversidad taxonómica y funcional de colibríes, de modo que se preserve a su vez los servicios ecosistémicos de polinización, donde se estima que para el 2030 el crecimiento urbano a nivel mundial se triplicará, incrementando la fragmentación y pérdida de la biodiversidad [61].

6. Amenazas para la diversidad de colibríes en el municipio de Santa Rosa, Cauca

El departamento del Cauca cuenta con 1409 especies de aves, de las cuales 1033 se encuentran en el municipio de Santa Rosa, lo que es equivalente al 54% de la riqueza ornitológica del país, convirtiéndose en el municipio con mayor riqueza de aves en Colombia [62]. Esto se debe a que en Santa Rosa confluye el macizo colombiano y el piedemonte andino-amazónico, que hacen de esta región una de las más diversas, debido al establecimiento de aves asociadas a los diferentes ecosistemas [62–64].

Aunque este municipio también cuenta con la presencia de Parques Nacionales Naturales, reservas forestales, áreas de conservación [63, 64] y es reconocido por su alto potencial para el aviturismo, es un municipio que no ha sido ajeno a las transformaciones en el uso de las cubiertas forestales y el conflicto armado, puesto que los bosques han sufrido grandes modificaciones, particularmente posterior a la firma del acuerdo de paz [65,66] debido a que se han remplazado coberturas nativas por potreros que son usados para la ganadería extensiva, el establecimiento de cultivos ilícitos y la expansión urbanística, lo que conlleva a cambios en la configuración del paisaje y por ende a la ruptura de las posibles interacciones que allí se pueden dar.

Algunos autores [67] han evidenciado que aunque la lucha contra la deforestación continua es una de las mayores preocupaciones que se tiene, además, continua siendo un reto, especialmente para los países tropicales y más para aquellos que han sufrido la violencia a causa del conflicto armado y el olvido por parte del estado, como es el caso de Colombia, que a pesar de avanzar y resurgir de un extenso periodo de violencia, la presencia gubernamental en las zonas boscosas es escasa o casi nula [68].

Aunque los bosques andino-tropicales están siendo considerados como una prioridad de conservación a nivel mundial por su elevado número de especies endémicas, diversidad de ecosistémica y su riqueza biológica [69,70], se debe continuar con políticas que hagan frente al desarrollo sostenible y que en gran medida apunten principalmente a la gestión de los recursos naturales, conservación de los bosques y a la fauna asociada a estos, teniendo en cuenta que la pérdida de las coberturas vegetales a nivel mundial se ha duplicado en los últimos 18 años [65,71].

7. Conclusiones

Entender la importancia que tienen los colibríes en los ecosistemas tropicales, los procesos adaptativos con las plantas, la ecología, morfología y ecología conductual permiten comprender los procesos ecológicos y a su vez la función que estas aves cumplen dentro de los ecosistemas.

La polinización se considera una de las interacciones bióticas más importantes del mundo, debido a que es esencial en el mantenimiento de los ecosistemas y funcionamiento de la biodiversidad.

Los cambios o transformaciones en los ecosistemas afectan en gran medida las interacciones planta-colibrí que se puedan dar por parte de las especies de aves nectarívoras de hábitos especialistas.

Aunque Santa Rosa se considera uno de los municipios con mayor diversidad gracias a su ubicación geográfica, enfrenta un gran reto contra la deforestación, por lo que hacer frente a esta problemática resulta casi obligatorio por parte del estado, a fin de generar estrategias de conservación.

Referencias

- [1] S. B. y I. L. Winkler, DW, *Hummingbirds (Trochilidae)*. New York.: Birds of the World, 2020.
- [2] F. Ayerbe-Quiñones, *Colibríes de Colombia. Serie: Avifauna Colombiana*. Colombia: Wildlife Conservation Society, 2015.
- [3] J. Remsen et al., “classification of the bird species of South America, American Ornithologists’ Union”, 2019.
- [4] C. J. Ketz-Riley and C. R. Sanchez, “Trochiliformes (Hummingbirds),” in *Fowler’s Zoo and Wild Animal Medicine*, Volume 8, Elsevier Inc., 2015, pp. 209–213.
- [5] F. G. Stiles, “Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America,” *Ann. Missouri Bot. Gard.*, vol. 68, no. 2, pp. 323–351, 1981.
- [6] M. Arizmendi and C. Rodríguez-Flores, “How many plant species do hummingbirds visit?,” *Ornitol. Neotrop.*, vol. 23, pp. 71–75, 2012.
- [7] C. Malpica, C. Sainz-Borgo, M. Ayala, and M. Lentino, “Ciclos anuales de colibríes (Aves: Trochilidae) en un bosque nublado, Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela,” *Rev. Biol. Trop.*, vol. 68, no. 1, pp. 260–275, 2020, doi: 10.15517/rbt.v68i1.32448.
- [8] R. P. Lara, P. L. Enríquez, J. L. Rangel-Salazar, C. Lara, and M. M. Ico, “Abundancia de colibríes y uso de flores en un bosque templado del sureste de México,” *Rev. Biol. Trop.*, vol. 60, no. 4, pp. 1621–1630, 2012, doi: 10.15517/rbt.v60i4.2155.
- [9] M. Bustamante-Castillo, B. E. Hernández-Baños, and M. del C. Arizmendi, “Hummingbird-plant visitation networks in agricultural and forested areas in a tropical dry forest region of Guatemala,” *J. Ornithol.*, vol. 161, no. 1, pp. 189–201, 2020.
- [10] C. Rodríguez-Flores and M. Arizmendi, “The dynamics of hummingbird dominance and foraging strategies during the winter season in a highland community in Western Mexico,” *J. Zool.*, vol. 299, no. 4, pp. 262–274, 2016.
- [11] D. A. Prieto-Torres, L. E. Nuñez Rosas, D. Remolina Figueroa, and M. del C. Arizmendi, “Most Mexican hummingbirds lose under climate and land-use change: Long-term conservation implications,” *Perspect. Ecol. Conserv.*, vol. 19, no. 4, pp. 487–499, 2021, doi: 10.1016/j.pecon.2021.07.001.
- [12] J. Lowen, H. Wheatley, C. Hermes, I. Burfield, and D. Wege, “The 2018 IUCN red list in the Neotropics,” *Neotrop. Bird.*, vol. 24, no. November 2013, pp. 48–54, 2019, [Online]. Available: <https://www.neotropicalbirdclub.org/wp-content/uploads/2019/03/NB24-F2-IUCN-RedList.pdf>
- [13] D. A. Prieto-Torres, A. Lira-Noriega, and A. G. Navarro-Sigüenza, “Climate change promotes species loss and uneven modification of richness patterns in the avifauna associated to Neotropical seasonally dry forests,” *Perspect. Ecol. Conserv.*, vol. 18, no. 1, pp. 19–30, 2020, doi: 10.1016/j.pecon.2020.01.002.
- [14] N. M. Waser, L. Chittka, M. V Price, and N. M. Williams, “Emphasizing new ideas to stimulate research in ecology. Generalization in pollination systems, and why it matters,” *Ecology*, vol. 77, no. 4, pp. 1043–1060, 1996.
- [15] G. Barrantes and L. Sandoval, “Effect of el niño and la niña on abundance of frugivorous and nectarivorous terrestrial birds in three tropical forests,” *Rev. Biol. Trop.*, vol. 67, no. 2, pp. S282–S297, 2019, doi: 10.15517/rbt.v67i2supl.37252.
- [16] Sala et al., “Global biodiversity scenarios for the year 2100,” *Science* (80-), vol. 287, pp. 1770–1774, 2000.
- [17] L. Mazariegos, *Joyas Aladas de Colombia*. Cali, Colombia, 2001.

- [18] A. González Moncada, “Distribución y riqueza espacial de colibríes con relación a coberturas y uso del suelo en la Región Andina,” *Universidad de la Salle*, 2018. [Online]. Available: <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia>
- [19] N. Moreno, P. A. Camargo, and J. C. Obando, *Colibríes De Cundinamarca*. 2018. [Online]. Available: https://www.avesbogota.org/wp-content/uploads/2019/02/Libro_Colibries_de_Cundinamarca.pdf
- [20] M. M. A. Boehm, D. Guevara-Apaza, J. E. Jankowski, and Q. C. B. Cronk, “Floral phenology of an Andean bellflower and pollination by buff-tailed sicklebill hummingbird,” *Ecol. Evol.*, vol. 12, no. 6, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1002/ece3.8988.
- [21] A. Gutiérrez-zamora, “Ecología de la interacción entre colibríes (aves: Trochilidae) y plantas que polinizan en el bosque Altoandino de Torca.,” *Universidad Nacional de Colombia*, 2005.
- [22] C. Murcia, “Coevolución de los colibríes y las flores,” in *Joyas aladas de Colombia*, Imprelibros, 2000, pp. 120–130.
- [23] M. Ramírez-Burbano, “Patrones de uso de recursos florales por la comunidad de Colibríes (Aves: Trochilidae) del sector Changuayaco, Parque Nacional Natural Munchique,” *Universidad del Cauca*, 2004.
- [24] M. B. Ramírez-Burbano, F. W. Amorim, A. M. Torres-González, J. Sonne, and P. K. Maruyama, “Nectar provision attracts hummingbirds and connects interaction networks across habitats,” *Ibis (Lond. 1859)*., vol. 164, no. 1, pp. 88–101, 2022.
- [25] F. G. Stiles, D. L. Altshuler, and R. Dudley, “Wing morphology and flight behavior of some north American hummingbird species,” *Auk*, vol. 122, no. 3, pp. 922–937, 2005.
- [26] F. G. Stiles, “Behavioral, Ecological and Morphological Correlates of Foraging for Arthropods by the Hummingbirds of a Tropical Wet Forest,” *Condor*, vol. 97, no. 4, pp. 853–878, 1995.
- [27] P. Feinsinger, “Approaches to nectarivore-plant interactions in the New World,” *Rev. Chil. Hist. Nat.*, vol. 60, no. October 1986, pp. 285–319, 1987.
- [28] M. Restrepo-Chica and M. A. Bonilla-Gómez, “Dinámica de la fenología y visitantes florales de dos bromelias terrestres de un páramo de Colombia,” *Rev. Mex. Biodivers.*, vol. 88, no. 3, pp. 636–645, 2017, doi: 10.1016/j.rmb.2017.07.008.
- [29] M. B. Ramírez-Burbano, “Patrones de uso de recursos florales por la comunidad de Colibríes (Aves: Trochilidae) del sector Changuayaco, Parque Nacional Natural Munchique,” *Universidad del Cauca*, 2004.
- [30] M. B. Ramírez-Burbano, J. V Sandoval-Sierra., and L. G. Gomez-Bernal, “Uso de Recursos Florales por el Zamarrito Multicolor *Eriocnemis Mirabilis* (Trochilidae) en el Parque Nacional Natural Munchique, Colombia,” *Ornitol. Colomb.*, vol. 5, no. 5, pp. 64–77, 2007.
- [31] J. E. Burbano-álvarez, “Morphological co-evolution between hummingbirds’ peaks and plants’ corollas? ¿Co-evolución morfológica entre los picos de los colibríes y las corolas de las plantas?,” *Biotropica*, vol. 6, no. 20, pp. 398–409, 2013.
- [32] M. Wolowski, L. G. Carvalheiro, and L. Freitas, “Influence of plant–pollinator interactions on the assembly of plant and hummingbird communities,” *J. Ecol.*, vol. 105, no. 2, pp. 332–344, 2017.
- [33] P. Medina-van Berkum, V. P. Parra-Tabla, and J. L. Leirana-Alcocer, “Floral resources and hummingbirds during the dry season in the Ría Lagartos, Biosphere Reserve, Yucatán, Mexico,” *Huit. Rev. Mex. Ornitol.*, vol. 17, no. 2, pp. 244–250, 2016.
- [34] M. Ramírez-Burbano, “Redes de interacción mutualista colibrí-flor en el Parque Nacional Natural Munchique: ¿La pérdida de un colibrí endémico y en peligro crítico de extinción, acarrea el colapso del sistema?,” *Universidad Nacional de Colombia*, 2013.
- [35] M. Ramírez-Burbano, F. G. Stiles, C. González, F. W. Amorim, B. Dalsgaard, and P. K. Maruyama, “The role of the endemic and critically endangered Colorful Puffleg *Eriocnemis mirabilis* in plant-hummingbird networks of the Colombian Andes,” *Biotropica*, vol. 0, no. 0, pp. 1–10, 2017.
- [36] S. J. Sarandón, “Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica,” *Apl. Vertientes del Pensam. Agroecol. Fundam. y aplicaciones.*, pp. 95–116, 2010.
- [37] F. E. Fontúrbel, R. F. Nespolo, G. C. Amico, and D. M. Watson, “Climate change can disrupt ecological interactions in mysterious ways: Using ecological generalists to forecast community-wide effects,” *Clim. Chang. Ecol.*, vol. 2, no. May, 2021, doi: 10.1016/j.ecochg.2021.100044.
- [38] A. M. Klein et al., “Importance of pollinators in changing landscapes for world crops,” *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 274, no. 1608, pp. 303–313, 2007, doi: 10.1098/rspb.2006.3721.
- [39] V. Martínez-García, O. González, and R. Ortiz-Pulido, “Hummingbird-Plant Network in a Lowland Dry Forest in Yucatan, Mexico,” *Trop. Conserv. Sci.*, vol. 13, 2020, doi: 10.1177/1940082920973830.
- [40] F. G. Stiles, “Ecological and evolutionary aspects of bird-flower coadaptations.” Berlin, pp. 1173–1178, 1980.
- [41] S. V Rojas-Nossa, “Asociación entre el robo de nectar y las características florales en una comunidad montana de los Andes colombianos,” *Rev. Ecosistemas*, vol. 22, no. 2, pp. 107–112, 2013.
- [42] B. D. Vitorino, A. V. B. da Frota, and P. K. Maruyama, “Ecological determinants of interactions as key when planning pollinator-friendly urban greening: A plant-hummingbird network example,” *Urban For. Urban Green.*, vol. 64, no. March, 2021.

- [43] C. W. Arciniegas Paspuel, O. G., Álvarez Hernández, S. R., Castro Morales, L. G., & Maldonado Gudiño, “Influencia de la deforestación en la diversidad de comunidades de colibríes a lo largo de un gradiente elevacional en el noroccidente de Pichincha Trabajo,” *Universidad Central del Ecuador*, 2021.
- [44] A. L. Martínez Meneses and A. M. Torres-González, “Effective pollination of ornitophilous flowers in a cloud forest of Colombia,” *Cienc. en Desarro.*, vol. 11, no. 2, pp. 53–63, 2020.
- [45] J. Del Hoyo, A. Elliott, and D. Christie, *Handbook of the birds of the world*, Weavers to. 2011.
- [46] C. A. Nsor, W. Godsoe, and H. M. Chapman, “Promiscuous pollinators—Evidence from an Afromontane sunbird–plant pollen transport network,” *Biotropica*, vol. 51, no. 4, pp. 538–548, 2019, doi: 10.1111/btp.12669.
- [47] K. P. Maia, I. P. Vaughan, and J. Memmott, “Plant species roles in pollination networks: an experimental approach,” *Oikos*, vol. 128, no. 10, pp. 1446–1457, 2019, doi: 10.1111/oik.06183.
- [48] P. R. Stevenson et al., “Avifauna asociada a bosques primarios y secundarios del Parque Nacional Natural Cueva de Los Guácharos, Colombia,” *Actual. Biológicas*, vol. 44, no. 116, pp. 1–18, 2021, doi: 10.17533/udea.acbi.v44n116a01.
- [49] P. Feinsinger, “Organization of a Tropical Guild of Nectarivorous Birds,” *Ecol. Monogr.*, vol. 46, no. 3, pp. 257–291, 1976.
- [50] C. H. Sekercioglu and D. Wenny, “Why Birds Matter: Avian Ecological Function and Ecosystem Services,” *Ostrich*, vol. 89, no. 2, pp. 203–204, 2018, doi: 10.2989/00306525.2018.1465788.
- [51] R. Medel, M. López-Aliste, and F. E. Fontúrbel, “Hummingbird-plant interactions in Chile: An ecological review of the available evidence,” *Avian Res.*, vol. 13, no. July, 2022, doi: 10.1016/j.avrs.2022.100051.
- [52] S. D. Infante, C. Lara, and M. del C. Arizmendi, “Land-Use Change in a Mexican Dry Forest Promotes Species Turnover and Increases Nestedness in Plant-Hummingbird Networks: Are Exotic Plants Taking Over?,” *Trop. Conserv. Sci.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1177/1940082920978952.
- [53] C. Wilsey et al., “Proyectando el impacto del cambio climático sobre la avifauna de áreas protegidas: el caso del Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia,” *Rev. Mesoam. Biodivers. y Cambio Climático*, vol. 3, no. 6, pp. 4–21, 2019.
- [54] G. López-Segoviano, M. Arenas-Navarro, E. Villa-Galaviz, S. Díaz-Infante, and M. del C. Arizmendi, “Hummingbird-plant interactions along an altitudinal gradient in northwestern Mexico,” *Acta Oecologica*, vol. 112, no. December 2020, 2021, doi: 10.1016/j.actao.2021.103762.
- [55] J. Ollerton, R. Winfree, and S. Tarrant, “How many flowering plants are pollinated by animals?,” *Oikos*, vol. 120, no. 3, pp. 321–326, 2011, doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x.
- [56] B. Salgado-Negret, *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia, 2015.
- [57] U. Márquez-Luna, C. Lara, P. Corcuera, and P. L. Valverde, “Effect of body size and evolutionary distance in the agonistic interactions of hummingbirds (Trochilidae),” *Rev. Mex. Biodivers.*, vol. 89, no. 1, pp. 149–162, 2018.
- [58] B. M. L. Morrison and C. D. Mendenhall, “Hummingbird-plant interactions are more specialized in forest compared to coffee plantations,” *Diversity*, vol. 12, no. 4, 2020, doi: 10.3390/D12040126.
- [59] A. P. Marcon, “Interacsoes dos beija-flores e seus recursos florais em um ambiente antropizado no sul do Brasil,” *Atualidades Ornitol.*, vol. 193, pp. 18–24, 2016.
- [60] B. A. Tinoco, P. X. Astudillo, S. C. Latta, and C. H. Graham, “Influence of patch factors and connectivity on the avifauna of fragmented Polylepis forest in the Ecuadorian Andes,” *Biotropica*, vol. 45, pp. 602–611, 2013.
- [61] V. B. Guthula, S. Shrotriya, P. Nigam, S. P. Goyal, D. Mohan, and B. Habib, “Biodiversity significance of small habitat patches: More than half of Indian bird species are in academic campuses,” *Landsc. Urban Plan.*, vol. 228, no. November 2021, p. 104552, 2022, doi: 10.1016/j.landurbplan.2022.104552.
- [62] D. Vélez et al., “Distribution of birds in Colombia,” *Biodivers. Data J.*, vol. 9, pp. 1–16, 2021.
- [63] Alcaldía municipal de Santa, “Plan de Desarrollo Municipal Santa Rosa Cauca 2012-2015, ‘Caminando hacia el Progreso.’” Colombia, 2012.
- [64] Parques Nacionales Naturales de Colombia, “Proceso de Integración de áreas protegidas al ordenamiento territorial. Cuatro áreas protegidas en Santa Rosa Cauca: una oportunidad para el desarrollo territorial. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.” p. 125, 2015.
- [65] P. J. Murillo-Sandoval, K. Van Dexter, J. Van Den Hoek, D. Wrathall, and R. Kennedy, “The end of gunpoint conservation: forest disturbance after the Colombian peace agreement,” *Environmental Res.*, vol. 15, no. 3, 2020.
- [66] V. Boron, E. Payán, D. MacMillan, and J. Tzanopoulos, “Achieving sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change,” *Land use policy*, vol. 59, pp. 27–37, 2016.

- [67] M. Vanegas-Cubillos et al., “Forest cover changes and public policy: A literature review for post-conflict Colombia,” *Land use policy*, vol. 114, no. January, 2022, doi: 10.1016/j.landusepol.2022.105981.
- [68] A. Castro-Núñez, O. Mertz, A. Buritica, C. C. Sosa, and S. T. Sotavento, “Las reclamaciones relacionadas con la tierra dan forma a la cubierta forestal tropical en las zonas afectadas por conflictos armados,” *Appl. Geogr.*, vol. 85, pp. 39–50, 2017.
- [69] M. Bonilla and R. Dirzo, “Interacción planta-animal: Ecología evolutiva y conservación.” p. 28, 2010.
- [70] D. Armenteras, F. Gast, and H. Villareal, “Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia.,” *Biol. Conserv.*, vol. 113, no. 2, pp. 245–256, 2003, [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00359-2)
- [71] P. J. Negret et al., “Emerging evidence that armed conflict and coca cultivation influence deforestation patterns,” *Biol. Conserv.*, vol. 239, no. 1, pp. 108–176, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.899573>

