



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Caracterización de recursos florales aprovechados por colibríes en una  
gradiente de disturbio en bosques montanos del cantón de Cuenca**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Autoras:**

**NATHALIE GISELLE FERNÁNDEZ CABEZAS**

**ANN KAREN FRÍAS ROMERO**

**Director:**

**Boris Tinoco, PhD**

**CUENCA, ECUADOR**

**2021**

**DEDICATORIA**

Dedicado a Dios y a nuestras familias que nos han apoyado incondicionalmente, a lo largo de toda esta trayectoria de formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Escuela de Biología, Ecología y Gestión de la Universidad del Azuay, a nuestro director de tesis Boris Tinoco Ph.D, quien nos ha guiado y apoyado de la manera adecuada en la realización de este trabajo. También agradecemos a los biólogos Omar Landázuri, Ibeth Alarcón y Ruth Arias, quienes colaboraron con la investigación paralela que nos dio la pauta para esta investigación. Agradecemos a todas las personas que colaboraron en cada una de las etapas de esta tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>5</b>
2.1 Área de estudio	5
2.2 Diseño de la investigación	5
2.3 Trabajo de campo	6
2.4 Metodología de medición de rasgos funcionales	8
2.5 Análisis de datos	10
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>12</b>
<b>3.1 COMPOSICIÓN DE LOS CARACTERES FUNCIONALES Y EL HÁBITO</b>	<b>12</b>
3.1.1 Accesibilidad	12
3.1.2 Recompensa	13
3.1.3 Visibilidad	13
<b>3.2 DIVERSIDAD FUNCIONAL</b>	<b>17</b>
3.2.1 Riqueza funcional	17
3.2.2 Dispersión funcional	17
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES</b>	<b>19</b>
4.1 Composición de caracteres funcionales	19
4.1.1 Accesibilidad	19
4.1.2 Recompensa	19
4.1.3 Visibilidad	20
4.2 Diversidad funcional: Riqueza y Dispersión funcional	21
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</b>	<b>23</b>
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
ANEXOS	30

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Listado de especies de plantas seleccionadas con el número de interacciones con colibríes.....	7
<b>Tabla 2.</b> Justificación de los caracteres florales medidos de las plantas visitadas por colibríes en los bosques montanos del occidente del Azuay.....	8
<b>Tabla 3.</b> Resultados del análisis de varianza Anova y Kruskal de los caracteres funcionales de flores utilizadas por colibríes en bosques montanos occidentales del cantón Cuenca para determinar la influencia del tipo de vegetación.....	16
<b>Tabla 4.</b> Resultados del análisis de varianza Anova de la riqueza y dispersión funcional de los recursos florales utilizados por colibríes en bosques montanos del cantón Cuenca.....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa del área de estudio con los cuatro transectos muestreados en cada microcuenca de los ríos Tarqui (TRQ), Machángara (MCH) y Tomebamba (TBB).....6
- Figura 2.** Gráficos de caja y bigote de los caracteres florales visitados por colibríes: longitud del tubo floral, apertura de la corola y curvatura, entre tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay.....12
- Figura 3.** Gráficos de caja y bigote del tipo de tubo floral libre y fusionado, entre tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay.....13
- Figura 4.** Gráficos de caja y bigote de la producción de néctar en 24 horas y concentración de azúcar en flores visitadas por colibríes, entre tres tipos de vegetación de bosques montanos del occidente del Azuay.....13
- Figura 5.** Gráficos de caja y bigote del caracter color en flores visitadas por colibríes, entre diferentes tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay.....14
- Figura 6.** Gráficos de caja y bigote del tipo de emergencia floral axilar y terminal, entre tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay.....15
- Figura 7.** Gráficos de caja y bigote del tipo de hábito árbol, arbusto, liana y hierba, entre tres tipos de vegetación de bosque montano del occidente del Azuay.....15
- Figura 8.** Gráficos de caja y bigote de la riqueza funcional en los diferentes tipos de vegetación del ecosistema montano del occidente del Azuay.....17
- Figura 9.** Gráficos de caja y bigote de la dispersión funcional en tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay.....17

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Características generales de cada microcuenca y transecto en el área de estudio.....	30
<b>Anexo 2.</b> Fechas de las distintas temporadas de muestreo en cada transecto.....	30
<b>Anexo 3.</b> Recolección de las flores de las especies con síndromes de ornitofilia.....	32
<b>Anexo 4.</b> Promedios de las mediciones morfométricas de los caracteres funcionales de las 36 especies seleccionadas.....	32
<b>Anexo 5.</b> Media y Desviación estándar de cada caracter analizado en tres tipos de vegetación de ecosistema montano al occidente de la provincia del Azuay.....	33
<b>Anexo 6.</b> Media y Desviación estándar de los índices de diversidad funcional en tres tipos de vegetación de ecosistema montano al occidente de la provincia del Azuay.....	34
<b>Anexo 7.</b> Resultados del análisis post hoc TUKEY y PAIRWISE para determinar qué tipo de vegetación es diferente en relación a la abundancia o frecuencia de flores con los distintos caracteres florales analizados.....	34
<b>Anexo 8.</b> Resultados de la prueba post hoc Tukey de la riqueza y dispersión funcional de los recursos florales aprovechados por colibríes en los bosques montanos del cantón Cuenca.....	36

## RESUMEN

Esta investigación analizó el rol de la diversidad funcional de recursos en la estructura de las comunidades de recursos florales aprovechados por colibríes en bosques montanos del cantón Cuenca, mediante los índices de riqueza y dispersión funcional. Las abundancias de flores de 36 especies, muestreadas en 12 transectos en 6 temporadas; junto con las mediciones morfométricas de 9 caracteres: apertura de la corola, curvatura, longitud y tipo de tubo floral (categoría accesibilidad); producción de néctar y concentración de azúcar (categoría recompensa); y color, tipo de emergencia, y tipo de hábito (categoría visibilidad), fueron comparadas entre tres tipos de vegetación. Así, esta comunidad de flores presentó caracteres florales generalistas en cerca viva; el bosque presentó caracteres más específicos para una ornitofilia de colibríes, y un bajo índice de riqueza funcional; finalmente, la estructura del matorral presentó mayor frecuencia de caracteres con síndromes de ornitofilia, y un mayor índice de riqueza funcional.

**Palabras clave:** diversidad funcional, recursos florales, caracteres florales funcionales




---

Boris Adrián Tinoco Molina Ph.D  
**Director del trabajo de titulación**




---

Antonio Crespo Ampudia Ph.D  
**Coordinador de escuela**




---

Ann Karen Frías Romero




---

Nathalie Giselle Fernández Cabezas

**Autoras**

## ABSTRACT

This research analyzed the role of the functional diversity of resources in the structure of the communities of floral resources used by hummingbirds in montane forests of the Cuenca canton, through the indices of functional richness and functional dispersion. The abundances of flowers of 36 species, sampled in 12 transects in 6 seasons; together with morphometric measurements of 9 characters: corolla opening, curvature, length and type of floral tube (accessibility category); nectar production and sugar concentration (reward category); and color, type of emergence, and type of habit (visibility category), were compared between three types of vegetation. Thus, this community of flowers presented generalist floral characters in living fences; the forest presented more specific characters for an ornithophilia of hummingbirds, and a low index of functional richness; finally, the scrub structure presented a higher frequency of characters with ornithophilia syndromes, and a higher index of functional richness.

**Keywords:** functional diversity, flower resources, functional flower characters




---

Boris Adrián Tinoco Molina Ph.D  
**Thesis director**




---

Antonio Crespo Ampudia Ph.D  
**Faculty coordinator**

Translated by




---

Ann Karen Frías Romero




---

Nathalie Giselle Fernández Cabezas

**Authors**



**Instituto de idiomas**



## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La diversidad florística que albergan los bosques montanos tropicales ha sido documentada por varios estudios durante los últimos años (Churchil et al., 1995; Gentry, 1995; Jorgensen et al., 1995; Myers et al., 2000; Hamilton, 2001; Kappelle y Brown, 2001). Estos albergan una gran cantidad de interacciones, así como una alta diversidad biológica que se integra en los procesos ecosistémicos y determina su funcionamiento. Sin embargo, estudios que brinden información sobre esta diversidad y roles ecológicos son escasos para varios ecosistemas andinos tropicales (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014; Encalada et al., 2019). Una de las interacciones más características de ecosistemas tropicales, es la que se da entre las flores y sus polinizadores. La polinización es el proceso de transferencia del polen de una flor hacia otra flor, específicamente desde el estambre (órgano floral masculino) hasta el estigma (órgano floral femenino) (Díaz et al., 2004), permitiendo la germinación y fecundación de óvulos de la flor, lo que da lugar a la producción de semillas y frutos (Faife et al., 2012). La polinización genera beneficios mutuos tanto para el polinizador como para la planta. El polinizador, visita las flores en busca de alimento, refugio o calor, o parejas para reproducción (Bonilla, 2012); mientras que las plantas aseguran su reproducción.

La presencia de agentes polinizadores y sus redes de interacción en buen estado brindan un servicio clave para los ecosistemas, tanto naturales como agrícolas; es por esto que los efectos de las reducciones en su abundancia y diversidad han recibido mucha atención en los últimos años (Chacoff, 2006). Los efectos de las alteraciones antrópicas globales causadas por cambios en el uso del suelo, uso descontrolado de plaguicidas, introducción de especies exóticas invasoras, han desestabilizado estos procesos de polinización y las redes de interacción con sus recursos florales, causando la uniformización del paisaje, la pérdida de biodiversidad y de especies nativas (FAO, 2018). En el caso de los bosques montanos tropicales estas amenazas a la integridad funcional de estos ecosistemas, a sus especies y a sus redes de polinización son la modificación del uso del suelo (Macdonald et al., 2000), la sobreexplotación (Esteller y Díaz-Delgado, 2002), la creciente presencia de especies invasoras (Pauchard et al., 2009), y el cambio climático (Foster, 2001). Estudios recientes indican los efectos negativos de la introducción de polinizadores exóticos en estos ecosistemas, afectando tanto a otros polinizadores como a la reproducción de algunas plantas (Goulson, 2003; Dupont et al., 2004; Morales y Traveset, 2009; Gibson et al., 2013).

Los procesos de polinización dentro del ecosistema contribuyen a la estructuración y funcionamiento del mismo; por ejemplo, permiten los flujos de nutrientes dentro de la red trófica (Bonada et al., 2006; Schmera et al., 2017). Así, la presente investigación trata de analizar y comprender las interacciones entre las flores y sus polinizadores. Sin embargo, los estudios de redes de polinización en bosques montanos occidentales del Ecuador son escasos en comparación con los de Europa y Norteamérica. Existe poca cantidad de información respecto a la importancia de estas interacciones en el mantenimiento de los niveles de biodiversidad en los ecosistemas tropicales (Forister et al., 2012; Parada-Martínez, 2014; Jordano, 2016; Tur et al., 2016; Tylianakis y Morris, 2017; Valdovinos et al., 2018). Las investigaciones existentes en estos ecosistemas, únicamente han estudiado la frecuencia local de interacciones (Vizentin-Bugoni et al., 2018), lo que dificulta hacer comparaciones precisas con los ecosistemas temperados (Carstensen et al., 2014).

Desde el punto de vista ecológico, una especie puede definirse como un conjunto de individuos con rasgos fenotípicos y de comportamiento, llamados rasgos funcionales, que determinan cuándo y dónde sobreviven, y cómo interactúan con individuos de otras especies (McGill et al., 2006). El estudio de los rasgos funcionales de los recursos florales visitados por colibríes, representa una gran aplicabilidad en conservación y restauración de los bosques montanos. Este enfoque complementario permite aproximarse objetivamente a la comprensión de los roles ecológicos y por ende al funcionamiento y estado del ecosistema (Bonada et al., 2006; Schmera et al., 2017). El estudio de los rasgos biológicos y su relación con la variabilidad del entorno es la base de la diversidad funcional, entendida como el valor y el rango de aquellos componentes de la biodiversidad que determinan cómo opera un ecosistema (Tilman, 2001). La diversidad funcional utiliza técnicas de estadística multivariada (Córdoba y Zambrano, 2015), determinando los rasgos funcionales adecuados que describen la función de los organismos en el ecosistema (Bellwood et al., 2002). Entonces, el primer paso para evaluar la diversidad funcional de una comunidad consiste en identificar los rasgos funcionales que se tomarán en cuenta para el análisis, que influyen en el desempeño de los organismos y que pueden estar relacionados con los procesos ecosistémicos (flujo de materia y energía), la estabilidad de los ecosistemas (resistencia y resiliencia), las interacciones biológicas (intra e interespecíficas) y/o la modificación del hábitat (Hooper et al., 2005; Villéger et al., 2010). La diversidad de recursos tiene un rol determinante en la diversidad, estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas, por lo que su medición es importante, para comprender la dinámica de las interacciones entre los recursos y sus consumidores (Tilman et al., 1997; Chapin et al., 2000; Díaz y Cabido, 2001; Naeem y Wright, 2003), en este caso flor-colibrí polinizador.

Las plantas han modificado su morfología floral en relación a los vectores de polinización que las visitan, evitando la autofecundación (López Goldar y López Núñez, 2014). Durante millones de años las flores desarrollaron características florales en cuanto a colores, olores y recompensas de néctar, polen, esencias y aceites para atraer a otros organismos (Nates-Parra, 2005). A partir de esto, existen los síndromes de polinización que se refieren al conjunto o combinación de caracteres en flores y frutos que se piensa influyen en la atracción y, por tanto, en la transferencia de polen debido a polinizadores concretos (Reynolds et al., 2009). Estos síndromes de polinización exigen ciertas características de morfología floral para llamar la atención de diferentes grupos de polinizadores existentes. Cabe resaltar que los síndromes de polinización han sido rechazados por algunos científicos debido a la existencia de estudios que han demostrado que las flores atraen un espectro de visitantes más amplio de lo que se podría esperar basándose en sus síndromes (Waser et al., 1996). Sin embargo, tienen gran utilidad en el entendimiento de los mecanismos de la diversificación floral (Fenster et al., 2004), y evolución de las plantas.

El síndrome de polinización determinado por las aves es llamado ornitofilia o polinización ornitófila (López Goldar y López Núñez, 2014), del cual resultarán plantas con flores de color rojo brillante, naranja o amarillo, y en ocasiones blancas, con muy poco olor porque las aves que realizan polinización tienen un agudo sentido de la vista pero escaso o nulo sentido de olfato (Cronk y Ojeda, 2008), por lo que se les facilita su alimentación desde flores colgantes (Cronk y Ojeda, 2008). Otra característica morfológica floral ornitófila son los largos y estrechos tubos de corola simpétala, adecuados para el pico de una ave y no para una abeja; lo que ocurre con las flores ornitófilas es que los lóbulos inferiores de la corola se reflejan y desplazan hacia atrás, evitando que los insectos se posen. Además, las flores visitadas por colibríes suelen orientarse hacia abajo porque la capacidad del vuelo de sus visitantes les permite acceder al néctar, y dificulta el acceso a otros polinizadores; también, adoptan una posición vertical, acorde con el vuelo de las aves (Cronk y Ojeda, 2008).

El néctar es un elemento también importante, tanto por la concentración de azúcar, el volumen de néctar producido, composición y por su viscosidad, ya que las flores ornitófilas generalmente ofrecen grandes cantidades de néctar con bajas concentraciones de azúcar que varían entre 20% y el 26% (Proctor et al., 1996), siendo esto menos óptimo para abejas pero sí para las aves nectarívoras (Bolten y Feinsinger, 1978). Por otro lado, el néctar producido por las flores ornitófilas, generalmente, es dominante en sacarosa y hexosa; debido a que los colibríes prefieren néctar dominante en sacarosa y las aves nectarívoras passeriformes prefieren un néctar dominante en hexosa (Perret et al., 2001).

Los colibríes se encuentran entre los grupos de aves más ricos y abundantes en especies de los Andes tropicales (Rahbek y Graves, 2000), caracterizados por ser aves pequeñas, con picos largos y curvos, especializados para obtener néctar (Grant y Grant, 1968), por lo que representa un grupo de interés ecológico. Los tipos de adaptación floral que responden a comportamientos propios de los colibríes están relacionados al color, a la forma, simetría, posición y néctar (Whitney y Glover, 2007). Por ejemplo, los colibríes requieren de mucha más energía que los insectos, por su mayor tamaño y su frecuente aleteo, que desemboca en un ritmo cardíaco acelerado, visitando flores que producen un alto contenido de néctar que compensa su visita (Cronk y Ojeda, 2008). Además, su peculiar forma de volar ha permitido que algunas especies de colibríes puedan acceder al néctar mientras flotan en el aire, estas especies suelen tener picos rectos, en cambio, los colibríes que sí se perchan, tienen un pico curvo (Johnson, Kiepiel y Robertson, 2020). Sin embargo, también existe evidencia de que los colibríes visitan frecuentemente a plantas no ornitófilas, con características más bien entomófilas y melitófilas, siempre y cuando obtenga una mejor recompensa (Rodríguez y Araujo, 2011).

En este estudio se propuso investigar la diversidad funcional de las especies de plantas que presentan interacciones con colibríes polinizadores, en tres microcuencas del cantón Cuenca, en diferentes tipos de vegetación con distintos niveles de disturbio, para así, medir diversidad de recursos cuyo rol es fundamental en la determinación de la diversidad y estructura de las comunidades. Se planteó como hipótesis de investigación que el tipo de vegetación tiene una influencia en la variación de los rasgos funcionales florales utilizados por colibríes, así como en la diversidad funcional de estos recursos florales.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

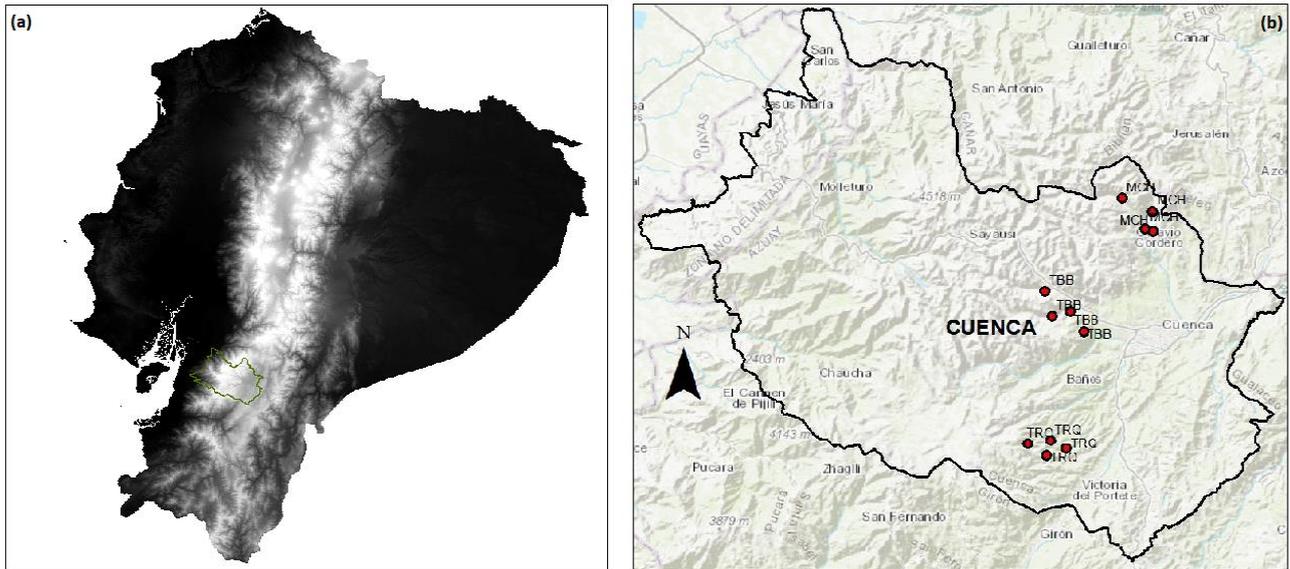
### **2.1 Área de estudio**

El área de estudio se localiza en la provincia del Azuay, al sur del Ecuador, dentro de la región Bosque Montano Occidental (Fig 1 a), a una elevación entre 3000 y 3400 metros sobre el nivel del mar, en los bosques montanos de las microcuencas de los ríos Tomebamba, Machángara y Tarqui. Esta región se caracteriza por una temperatura media anual de 14.6 °C, con un rango que oscila entre los 3 y 15 °C; por una precipitación media anual de 1058.7 mm, con un rango que va entre 552 y 2396.2 mm. Su dosel generalmente tiene menos de 25 m, y presenta una alta abundancia de plantas epífitas como musgos, helechos, orquídeas y bromelias. Estos bosques suelen cubrirse de niebla, sobre todo por las tardes, recibiendo precipitación horizontal desde nubes bajas (Ron, 2020).

### **2.2 Diseño de la investigación**

A cada microcuenca se le asignó cuatro transectos de estudio (Fig 1 b; Anexo 1): dos con el tipo de vegetación Matorral y nivel de disturbio intermedio o moderado (presencia de senderos de baja frecuencia); uno con vegetación tipo Bosque, sin disturbio local; y uno con vegetación tipo Cerca viva, con disturbio alto y con escasa o nula cobertura vegetal natural (Anexo 1).

En cada uno de estos transectos se realizaron 6 muestreos en distintas temporadas. La primera temporada de muestreo se realizó desde el 29 de enero de 2018 hasta el 28 de marzo de 2018. El segundo muestreo fue desde el 20 de agosto de 2018 hasta el 3 de octubre de 2018. El tercer muestreo fue desde el 7 de enero de 2019 hasta el 19 de febrero de 2019. El cuarto muestreo fue desde el 18 de septiembre de 2019 hasta el 28 de octubre de 2019. La quinta temporada de muestreo fue desde el 2 de diciembre de 2019 hasta el 21 de enero de 2020. El sexto y último muestreo fue desde el 11 de febrero de 2020 hasta el 9 de marzo de 2020 (Anexo 2).



**Fig 1.** Mapa del área de estudio donde (a) es el Ecuador con el área de estudio al sur del país, y (b) es el cantón Cuenca con los cuatro transectos muestreados en cada microcuenca de los ríos Tarqui (TRQ), Machángara (MCH) y Tomebamba (TBB).

### 2.3 Trabajo de campo

En cada uno de los 12 transectos, durante 6 temporadas de muestreo se recolectó información de la abundancia de flores visitadas por colibríes. Las plantas se seleccionaron a partir de aquellas con síndromes florales de ornitofilia, es decir flores polinizadas por las aves que debido a una coevolución han modificado su morfología floral de tal manera que sus flores son coloridas, con largas estructuras tubulares que contienen bastante néctar; y el estigma y los estambres tienen una orientación que asegura el contacto con el polinizador (Faegri y Van der Pijl, 1979). Para esto se contaron las flores de cada especie de planta seleccionada, y se contaron las inflorescencias en el caso de aquellas con este tipo de flor, para después multiplicar el número de flores por el número de inflorescencias.

También se necesitó registrar las frecuencias de las interacciones colibrí-planta en las flores de interés, a través de cámaras que registraban cada una de estas. Toda esta fase fue parte de un proyecto paralelo. Así, después de los muestreos se seleccionaron las especies de plantas que presentaron más de cinco interacciones con los colibríes, las cuales se muestran en la [Tabla 1](#). A partir de estas, se colectaron, como mínimo, 10 flores por cada especie, entre distintos individuos en el área de estudio (Anexo 3). Para esta colecta se consideraron solamente flores frescas, abiertas y en buen estado. Las flores se almacenaron en alcohol al 70%.

**Tabla 1.** Listado de especies de plantas seleccionadas con el número de interacciones con colibríes.

<b>Especie</b>	<b>Familia</b>	<b>Número de interacciones</b>
<i>Oreocallis grandiflora</i>	Proteaceae	674
<i>Barnadesia arborea</i>	Asteraceae	311
<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae	249
<i>Salvia corrugata</i>	Lamiaceae	187
<i>Fuchsia</i> spp.	Onagraceae	136
<i>Salvia hirta</i>	Lamiaceae	119
<i>Gaultheria tomentosa</i>	Ericaceae	115
<i>Tillandsia complanata</i>	Bromeliaceae	84
<i>Siphocampylus giganteus</i>	Campanulaceae	83
<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae	79
<i>Viola arguta</i>	Violaceae	79
<i>Tillandsia stenoura</i>	Bromeliaceae	77
<i>Palicourea weberbaueri</i>	Rubiaceae	47
<i>Tristerix longebracteatus</i>	Loranthaceae	44
<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	37
<i>Mutisia lehmannii</i>	Asteraceae	36
<i>Rubus floribundus</i>	Rosaceae	36
<i>Passiflora tripartita</i>	Passifloraceae	27
<i>Tillandsia ionochroma</i>	Bromeliaceae	24
<i>Centropogon</i> sp.	Campanulaceae	23
<i>Mutisia alata</i>	Asteraceae	20
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	19
<i>Disterigma alaternoides</i>	Ericaceae	18
<i>Bomarea caldasii</i>	Alstroemeriaceae	15
<i>Alloplectus peruvianus</i>	Gesneriaceae	13
<i>Gaultheria erecta</i>	Ericaceae	12
<i>Tillandsia</i> spp.	Bromeliaceae	9
<i>Gaiadendron punctatum</i>	Loranthaceae	7
<i>Tropaeolum</i> sp.	Tropaeolaceae	7
<i>Brachyotum confertum</i>	Melastomatacea	6
<i>Salvia pichinchensis</i>	Lamiaceae	6
<i>Verbesina latisquama</i>	Asteraceae	6
<i>Weinmannia fagaroides</i>	Cunoniaceae	6
<i>Nasa loxensis</i>	Loasaceae	5
<i>Passiflora ampullacea</i>	Passifloraceae	5
<i>Tillandsia oroyensis</i>	Bromeliaceae	5

## 2.4 Metodología de medición de rasgos funcionales

A las flores colectadas y almacenadas se las fotografió con una base de medida de referencia y se las etiquetó para un siguiente proceso de medición de características morfológicas. Las fotografías de las flores y sus mediciones se procesaron con el software ImageJ (Rasband, 1997). Se eligieron caracteres relacionados con la visibilidad, el acceso y la recompensa que ofrecen las flores de las plantas que visitan los colibríes (Tabla 2). En la categoría de visibilidad se consideraron caracteres con el potencial de atraer a colibríes, como el color, el tipo de flor y la emergencia, además del hábito; y en acceso se consideraron caracteres con posibles limitaciones que los colibríes podrían tener al momento de buscar y tomar su alimento, como longitud de tubo floral, tipo de tubo floral, curvatura y apertura de la corola.

También, se consideraron variables relacionadas a la recompensa de néctar como la producción de néctar y la concentración de azúcar, para lo cual se utilizó información ya existente. Para las especies en las que estos valores de producción de néctar y concentración de azúcar no se pudieron encontrar, ni a nivel de género, se utilizó el promedio de todas las especies, como en el caso de: *Eucalyptus globulus*, *Nasa loxensis*, *Siphocampylus giganteus*, *Tropaeolum sp.* y *Weinmannia fagaroides*. Para aquellas especies en las que se pudo encontrar estos valores solo a nivel de género se utilizó dicho valor, como en el caso de: *Passifloras*, *Tillandsias*, *Mutisias*, y *Miconia sp.*

**Tabla 2.** Justificación de los caracteres florales medidos de las plantas visitadas por colibríes en los bosques montanos del occidente del Azuay.

Tipo de caracter	Caracter	Medición	Función
Acceso	Longitud tubo floral	La longitud corresponde a la distancia, en línea recta, desde la base de la corola hasta el punto de inicio de la separación de los pétalos, sin tomar en cuenta curvaturas o protuberancias. En el caso de las zigomorfas este largo se tomó en la parte ventral de la flor.	Restringe el acceso de colibríes al néctar de acuerdo al tamaño del pico y puede reducir el número de polinizadores al usar determinada flor (Fenster et al., 2004).

	<b>Apertura corolla</b>	Las especies zigomorfas presentan una apertura asimétrica por lo tanto se midieron dos diámetros: diámetro lateral (DL) con foto en posición lateral y el diámetro dorsal (DD) con foto en posición dorsal. En las especies actinomorfas el tubo de la corola se asemeja a un círculo casi perfecto, por lo que en estas flores se midió un sólo diámetro mediante la foto en posición horizontal.	El estrechamiento de las gargantas de las corolas puede limitar las visitas a un conjunto de polinizadores, convirtiéndose en una barrera mecánica (Clark et al., 2015).
	<b>Curvatura</b>	Se midió el área de la circunferencia de la foto horizontal de la flor, y luego se usó la siguiente fórmula para obtener la curvatura: $k = \frac{2}{\sqrt{\frac{4A}{\pi}}}$ Dónde: K=curvatura A=área de la circunferencia	Facilita o restringe la visita de ciertos grupos de polinizadores a la flor (Krishna y Keasar, 2018).
	<b>Tipo tubo floral</b>	Se evaluó si las partes que forman el tubo floral están fusionadas o no. Mediante este protocolo se propone definir esta característica como: fusionada o libre.	Reduce o aumenta el conjunto de polinizadores que pueden acceder a la recompensa (Krishna y Keasar, 2018).
<b>Recompensa</b>	<b>Producción néctar</b>	La producción de néctar durante 24 horas se mide con una micropipeta que determina este volumen en microlitros (µl).	Las cantidades de néctar y concentraciones de azúcar pueden reducir o aumentar el conjunto de polinizadores que acceden a la recompensa, dependiendo de sus necesidades energéticas (Stiles, 1978).
	<b>Concentración azúcar</b>	La concentración de azúcar en el néctar se mide con un refractómetro manual.	
<b>Visibilidad</b>	<b>Color y Código de color</b>	Se evaluó el color de la parte involucrada en la atracción al polinizador mediante una paleta de colores. Se utilizaron códigos de color basados en tamaño de las ondas del espectro en base a Dasgaard et al., 2009. Estos códigos incluyen: 1-colores azul-violeta. 2-colores purpura/ amarillo/ blanco/ verde. 3-colores rosado/salmon o bicoloridas entre rojo y amarillo. 4-colores tomate/rojo. En especies de plantas que presentan variación de color en las distintas estructuras, se anotó el color predominante.	Las aves tienen un agudo sentido de la vista (Cronk y Ojeda, 2008), su sensibilidad espectral se focaliza en ondas largas dentro del espectro rojo (Kaczorowski et al., 2014), por lo que el color rojo de la flor puede ser un factor que atraiga al polinizador.

	<b>Tipo emergencia floral</b>	<b>Terminales</b> , aquellas que emergen de las partes apicales de las ramas o tallo. <b>Axilares</b> , son aquellas que nacen de la axila de la hoja o bráctea (Romero, 2003).	Caracter importante que permitiría evaluar la exposición y visibilidad de las flores por parte del polinizador.
	<b>Hábito</b>	Árbol Arbusto Liana Hierba	Aunque el hábito no sea una característica netamente floral, sus categorías nos dan indicios generales acerca de patrones de crecimiento, desarrollo y de estrategias ecológicas para la supervivencia; componentes importantes en la floración de las especies vegetales (Rojas et. al., 2006)

## 2.5 Análisis de datos

La información de mediciones morfométricas florales se recopiló en una base de datos, en la cual se utilizaron los promedios de las mediciones de cada carácter floral de todos los individuos de cada especie, esto se muestra en el [anexo 4](#). La información de mediciones morfométricas florales, junto con la abundancia de flores observada, se procesó en R software (R Development Core Team, 2013). Primero, se calculó el promedio ponderado, en base a la abundancia de cada especie en cada temporada de muestreo, de cada uno de los caracteres funcionales continuos en cada transecto y cada temporada de muestreo. Para los caracteres funcionales categóricos, la ponderación se basó en base a las frecuencias de las de las distintas especies, así mismo por cada temporada de muestreo en cada transecto.

Para explorar si existía influencia del tipo de vegetación en los caracteres funcionales se realizaron gráficos de cajas y se aplicaron los análisis de varianza ANOVA o KRUSKAL, para las variables con una distribución normal de datos y para las que no presentaban una distribución normal, respectivamente. Por último, se aplicaron tests post hoc TUKEY o PAIRWISE para saber qué tipo de vegetación es diferente respecto a las abundancias o frecuencias de las flores en relación a cada carácter funcional.

Para determinar la diversidad funcional de las flores visitadas por colibríes y comparar entre diferentes tipos de vegetación, se utilizaron índices de diversidad funcional que toman en cuenta múltiples caracteres funcionales y que miden la distribución de caracteres en una comunidad:

- Riqueza funcional (FRic), propuesto por Villéger et al., (2008), que mide el volumen del polígono convexo formado por todas las especies que son parte de una comunidad en el espacio formado por los caracteres funcionales.
- Dispersión funcional (FDis), propuesto por Laliberté y Legendre (2010): La dispersión funcional mide la distancia a cada especie desde un centroide de todas las especies que son parte de una comunidad (Pla et al. 2011). Se calcula el punto medio pesado por las abundancias de todas las especies que son parte de una comunidad en el espacio funcional. Luego se calcula la distancia desde ese punto central a cada especie de la comunidad. La suma de esas distancias representa la diversidad funcional.

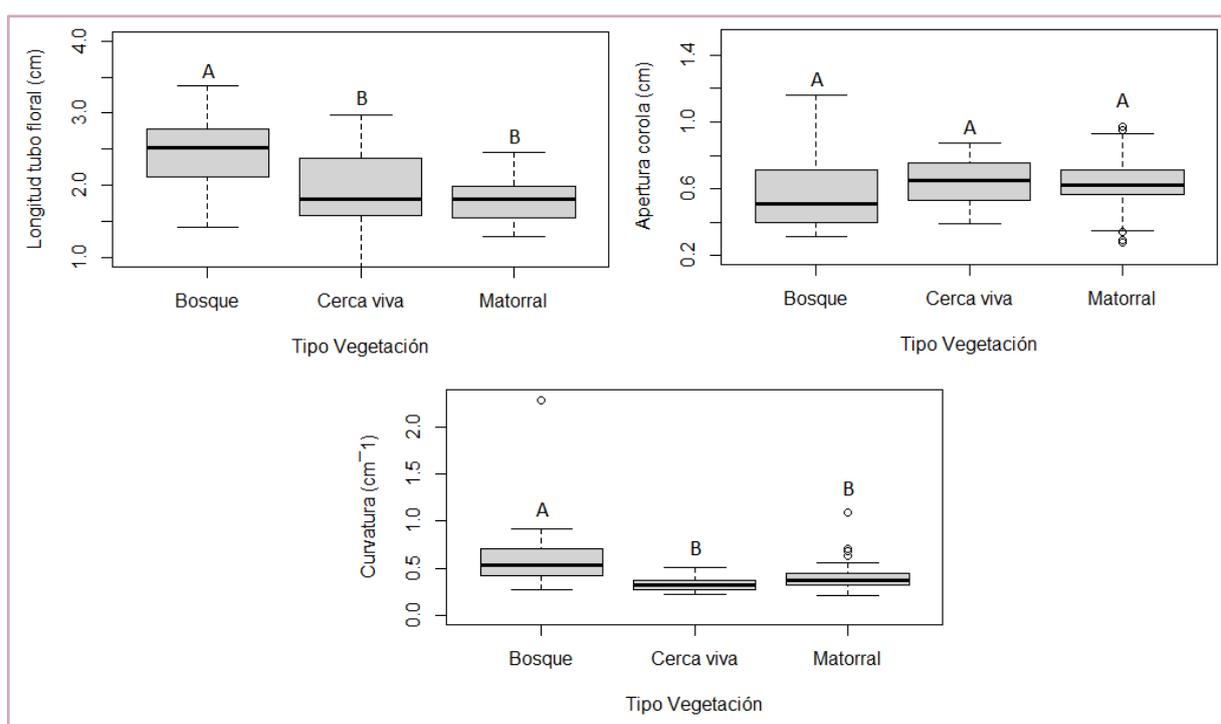
Luego se realizó un análisis de varianza ANOVA para determinar el efecto del tipo de vegetación en la riqueza funcional y la dispersión funcional, y un test post hoc TUKEY para determinar qué tipos de vegetación son diferentes entre ellos.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1 COMPOSICIÓN DE LOS CARACTERES FUNCIONALES Y EL HÁBITO

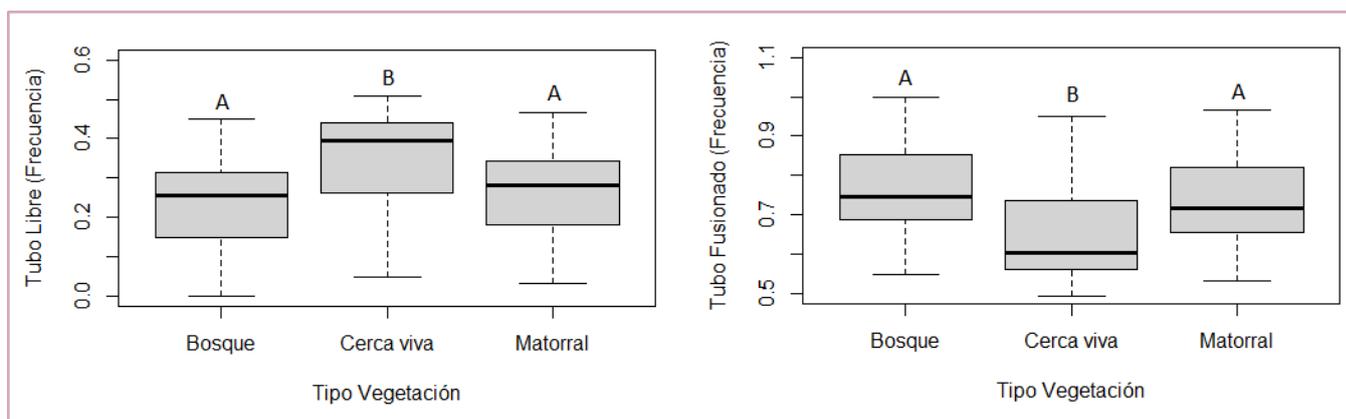
#### 3.1.1 Accesibilidad

Los caracteres funcionales de las flores de los bosques montanos en el tipo de vegetación bosque presentaron una mayor longitud floral y curvatura que en cerca viva y matorral (Fig 2; Anexo 5). La apertura de la corola no estuvo influenciada por el tipo de vegetación (Fig 2; Tabla 3; Anexo 7).



**Fig 2.** Gráficos de caja y bigote de los caracteres florales visitados por colibríes: longitud del tubo floral, apertura de la corola y curvatura, entre tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas de cada gráfico indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la abundancia de flores con el caracter correspondiente, medido con los estadísticos post hoc Tukey para longitud del tubo floral; y Pairwise para apertura de la corola y curvatura.

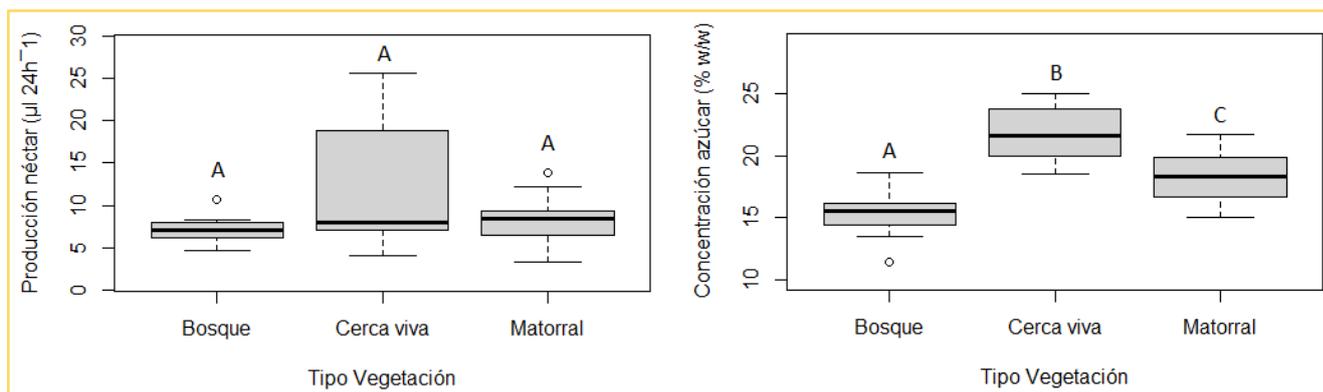
El tipo de tubo floral presentó una mayor frecuencia de individuos con tubo floral libre en cerca viva, mientras que el tubo floral fusionado tuvo mayor frecuencia en bosque (Fig 3; Anexo 5).



**Fig 3.** Gráficos de caja y bigote del tipo de tubo floral libre y fusionado, entre tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas de cada gráfico indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la frecuencia de flores con el tipo de tubo floral correspondiente. Esta diferencia se midió con el estadístico post hoc Tukey.

### 3.1.2 Recompensa

En este grupo de caracteres, se encontró que el tipo de vegetación influyó en la concentración de azúcar de las flores, mas no en la producción de néctar (Fig 4; Tabla 3; Anexo 7). La cerca viva fue el tipo de vegetación con especies de plantas que presentan flores con mayores concentraciones de azúcar (Fig 4; Anexo 5).

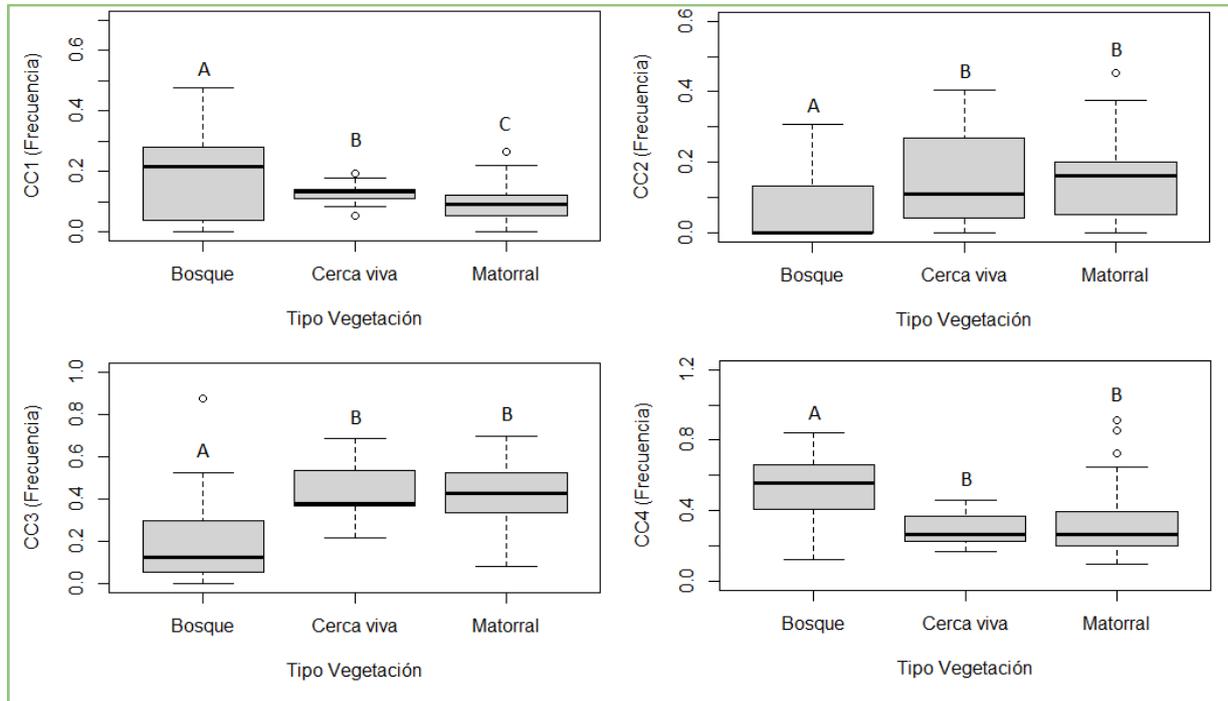


**Fig 4.** Gráficos de caja y bigote de la producción de néctar en 24 horas y concentración de azúcar en flores visitadas por colibríes, entre tres tipos de vegetación de bosques montanos del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas de cada gráfico indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la abundancia de flores con la variable respectiva. Esta diferencia se midió con los estadísticos post hoc Pairwise y Tukey, para producción de néctar y concentración de azúcar, respectivamente.

### 3.1.3 Visibilidad

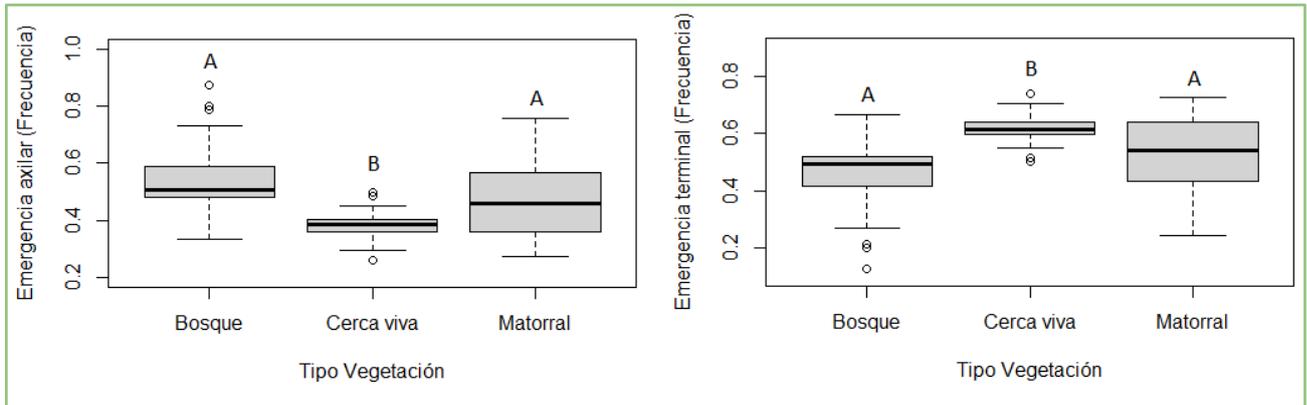
El caracter color relacionado a la visibilidad mostró diferencias en su frecuencia entre los distintos tipos de vegetación (Fig 5; Tabla 3; Anexo 7). La frecuencia de las flores visitadas

por colibríes con los códigos de color CC1 (azul-violeta), y CC4 (tomate/rojo) fue mayor en el bosque; los códigos de color CC2 (púrpura/amarillo/blanco/verde) y CC3 (rosado/salmón y el bicolor rojo/ amarillo) presentaron una mayor frecuencia en cerca viva (Fig 5; Anexo 5).



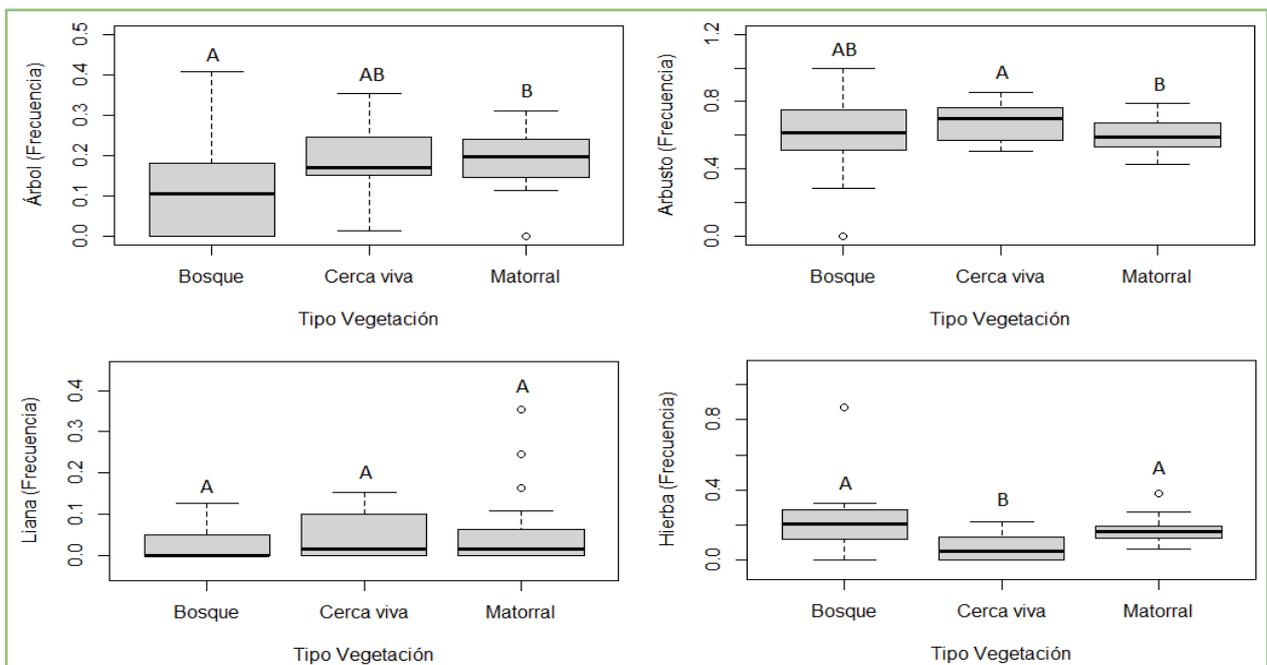
**Fig 5.** Gráficos de caja y bigote del carácter color en flores visitadas por colibríes, entre diferentes tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay, categorizados en cuatro códigos, donde CC1 es el código de color 1 (azul y violeta), CC2 es el código de color 2 (púrpura, amarillo, blanco y verde), CC3 es el código de color 3 (rosado y salmón), y CC4 es el código de color 4 (tomate y rojo). Las letras sobre las cajas de cada gráfico indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la frecuencia de flores con el código de color correspondiente. Esta diferencia se midió con el estadístico post hoc Pairwise.

Por otro lado, el carácter funcional tipo de emergencia floral mostró una mayor frecuencia de individuos con el tipo de emergencia axilar en el tipo de vegetación de bosque. En contraste, existe una mayor frecuencia de individuos con el tipo de emergencia terminal en cerca viva y matorral (Fig 6; Anexo 5).



**Fig 6.** Gráficos de caja y bigote del tipo de emergencia floral axilar y terminal, entre tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas de cada gráfico indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la frecuencia de flores con el tipo de emergencia floral respectiva. Esta diferencia se midió con el estadístico post hoc Pairwise.

Por último, en relación al tipo de hábito de las plantas con flores visitadas por colibríes, se encontró diferencias en sus frecuencias según el tipo de vegetación, a excepción de las de lianas (Fig 7; Tabla 3; Anexo 7). Cerca viva mostró una mayor frecuencia de flores de arbustos, árboles y lianas, respectivamente, así como una menor frecuencia de flores de hierbas. Todo lo contrario al bosque que mostró una mayor frecuencia de flores en hierbas. En el matorral fue más frecuente la presencia de flores de árboles y hierbas, respectivamente (Fig 7; Anexo 5).



**Fig 7.** Gráficos de caja y bigote del tipo de hábito árbol, arbusto, liana y hierba, entre tres tipos de vegetación de bosque montano del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas de cada gráfico indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la frecuencia de flores con el tipo de hábito correspondiente. Esta diferencia se midió con el estadístico post hoc Pairwise.

**Tabla 3.** Resultados del análisis de varianza Anova y Kruskal de los caracteres funcionales de flores utilizadas por colibríes en bosques montanos occidentales del cantón Cuenca para determinar la influencia del tipo de vegetación.

FACTOR	TIPO DE ESTADÍSTICO	ESTADÍSTICO	GRADOS DE LIBERTAD	Valor p
<b>Accesibilidad</b>				
Longitud tubo floral	Anova	14.93 (valor f)	2	<0.01
Apertura corolla	Kruskal	1.40 (valor h)	2	0.49
Curvatura	Kruskal	18.59 (valor h)	2	<0.01
<b>Tipo de tubo floral</b>				
Tubo floral Libre	Anova	6.48 (valor f)	2	<0.01
Tubo floral Fusionado	Anova	6.48 (valor f)	2	<0.01
<b>Recompensa de néctar</b>				
Producción de néctar	Kruskal	6.82 (valor h)	2	0.03
Concentración de azúcar	Anova	63.24 (valor f)	2	<0.01
<b>Visibilidad</b>				
<b>Color</b>				
cc1	Kruskal	9.94 (valor h)	2	<0.01
cc2	Kruskal	6.12 (valor h)	2	<0.01
cc3	Kruskal	19.38 (valor h)	2	<0.01
cc4	Kruskal	15.26 (valor h)	2	<0.01
<b>Tipo de emergencia floral</b>				
Axilar	Kruskal	13.62 (valor h)	2	<0.01
Terminal	Kruskal	13.82 (valor h)	2	<0.01
<b>Hábito</b>				
Arbusto	Kruskal	6.45 (valor h)	2	0.04
Árbol	Kruskal	7.69 (valor h)	2	0.02
Liana	Kruskal	0.93 (valor h)	2	0.63
Hierba	Kruskal	19.63 (valor h)	2	<0.01

\*Valor p < 0.05 sí hay influencia del tipo de vegetación, p > 0.05 se acepta la hipótesis nula.

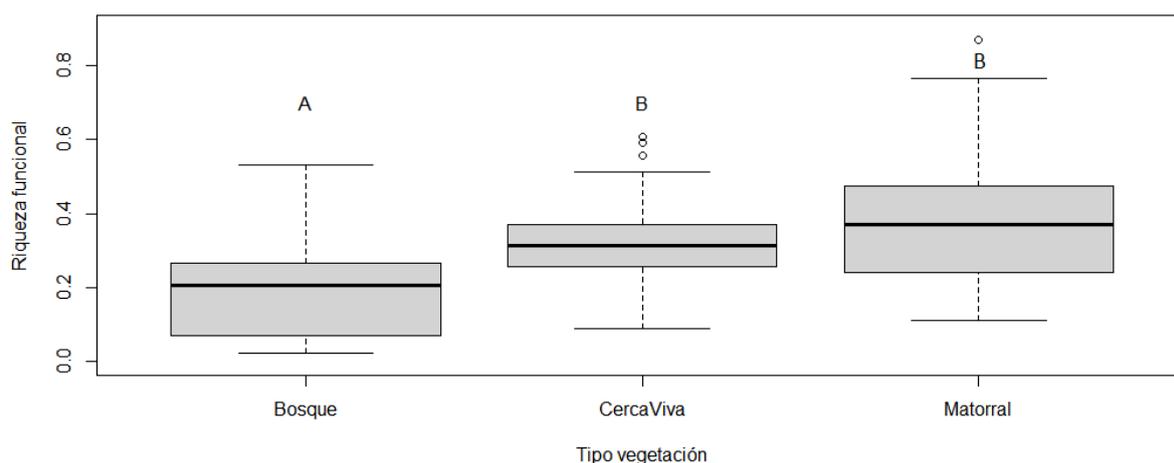
\*\*Valor F o valor H alto indica diferencia significativa y por tanto una relación fuerte entre las variables.

Estos resultados indican que solamente la apertura de la corola, la producción de néctar y el hábito de liana mostraron no tener influencia por el tipo de vegetación.

## 3.2 DIVERSIDAD FUNCIONAL

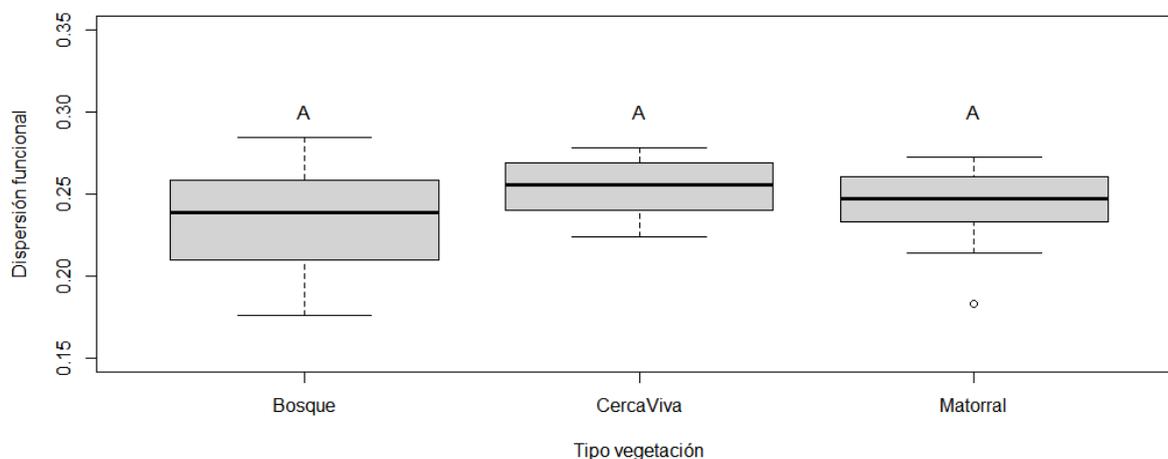
### 3.2.1 Riqueza funcional

En el matorral y en cerca viva se encontró mayor riqueza funcional que en el bosque, respectivamente (Fig 8; Anexo 6), evidenciando efecto del tipo de vegetación en el índice de riqueza funcional (Tabla 4; Anexo 8).



**Fig 8.** Gráficos de caja y bigote de la riqueza funcional en los diferentes tipos de vegetación del ecosistema montano del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas indican cuál es el tipo de vegetación que es diferente respecto a la riqueza funcional. Esta diferencia se midió con el estadístico post hoc Tukey.

### 3.2.2 Dispersión funcional



**Fig 9.** Gráficos de caja y bigote de la dispersión funcional en tres tipos de vegetación de ecosistema montano del occidente del Azuay. Las letras sobre las cajas indican cuál es el tipo de vegetación con una diferencia significativa en la dispersión funcional, medida a través del estadístico post hoc Tukey.

El tipo de vegetación cerca viva presentó ligeramente una mayor dispersión funcional, respecto a matorral y bosque (Fig 9; Anexo 6). Sin embargo, no hay efecto significativo del tipo de vegetación en la dispersión funcional (Tabla 4; Anexo 8).

**Tabla 4.** Resultados del análisis de varianza Anova de la riqueza y dispersión funcional de los recursos florales utilizados por colibríes en bosques montanos del cantón Cuenca

FACTOR	ESTADÍSTICO (valor F)	GRADOS DE LIBERTAD	Valor p
Riqueza funcional	9.702	2	<0.01
Dispersión funcional	2.64	2	0.08

\*Valor  $p < 0.05$  sí hay influencia del tipo de vegetación,  $p > 0.05$  se acepta la hipótesis nula de que no existe influencia.

\*\*Valor F alto indica diferencia significativa y por tanto una relación fuerte entre las variables

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

El objetivo principal de esta investigación fue explorar diferencias en la diversidad de la comunidad de flores visitadas por colibríes en los bosques montanos en el sur del Ecuador, incorporando características funcionales. Para entender la interacción colibrí polinizador-flor es importante enfocarse en el funcionamiento de las flores y no en la distribución geográfica ni la afiliación sistemática de sus polinizadores (Westerkamp, 1990). Se encontró influencia de los diferentes tipos de vegetación en la composición de las características funcionales de las comunidades de flores visitadas por colibríes, además de influencia del medio en la riqueza funcional.

### 4.1 Composición de caracteres funcionales

#### 4.1.1 Accesibilidad

En relación a las categorías de acceso o restricción a las flores, nuestros resultados sugieren que el hábitat bosque presenta flores con adaptaciones específicas para una ornitofilia de colibríes, como mayores longitudes de tubo floral, pronunciadas curvaturas, aperturas de corola más pequeñas y una mayor frecuencia de flores con tipo de tubo floral fusionado. Por otro lado, cerca viva presenta adaptaciones menos específicas que el bosque, como menores longitudes de tubo floral, ligera o nula curvatura, mayor apertura de corola y las flores con tubo floral libre fueron más frecuentes. Recordemos que las características morfológicas florales ornitófilas son los largos tubos de corola con pétalos fusionados, adecuados para el pico de una ave y no para un insecto (Cronk y Ojeda, 2008); también lo es el estrechamiento de las gargantas de las corolas que impide la llegada de otros polinizadores que no sean aves, limitando las visitas a un conjunto específico de polinizadores (Clark et al., 2015). También lo es la longitud del tubo floral que restringe el acceso al néctar, de acuerdo al tamaño del pico (Fenster et al., 2004), y la curvatura, que es una característica en flores con adaptaciones para polinización de colibríes con picos curvos (Temeles et al., 2009; Rodríguez-Flores et. al., 2019). El matorral presentó valores intermedios en las características de la categoría acceso, infiriendo la presencia de flores generalistas y específicas, lo que se refuerza con los altos índices de riqueza funcional encontrados en este tipo de vegetación.

#### 4.1.2 Recompensa

El análisis de los caracteres de producción de néctar y la concentración de azúcar sugiere que la comunidad de flores visitadas por colibríes en cerca viva mantiene

características que tienden a ser generalistas, como altas concentraciones de azúcar, y baja producción de néctar; a diferencia de bosque, con características especialistas como bajas concentraciones de azúcar pero con una alta producción de néctar. La concentración de néctar en flores visitadas por abejas suele ser, incluso, el doble que la de las flores visitadas por colibríes (Baker, 1975), además, la producción de néctar suele ser mayor en flores ornitófilas (Palmer, 2019); nuestros resultados se relacionan con lo encontrado por Baker (1975) y Palmer (2019). Por otro lado, el matorral continuó presentando valores intermedios entre bosque y cerca viva en todas las características de esta categoría, relacionándose con su alto índice de riqueza funcional, ya que alberga diferentes especies florales, especialistas y generalistas.

#### 4.1.3 Visibilidad

El colibrí es un polinizador que, dentro de la distribución de los sistemas de polinización de los bosques tropicales, accede a los recursos florales ubicados en el sotobosque, al igual que polillas, esfinges y escarabajos (Bawa, 1990). Esta distribución es importante en la determinación del rango de visibilidad de las flores; además, Dudash et al., (2011) sugieren que los colibríes prefieren recursos florales con más señales llamativas, visibles y/o con mayores recompensas. Los recursos florales estudiados presentaron, en todos los tipos de vegetación, altas frecuencias de flores con colores rojizos/tomates, rosado/salmón y bicolor rojo/amarillo. Bosque presentó mayor frecuencia de flores rojizas/tomates, mientras que matorral y cerca viva una mayor frecuencia de flores rosadas/salmón; el resto de colores como azul/violeta, púrpura, amarillo, blanco y verde fueron menos frecuentes en todos los tipos de vegetación.

La sensibilidad espectral de las aves se focaliza en ondas largas dentro del espectro rojo, sugiriendo que las flores ornitófilas presentan colores rojizos, lo cual resulta llamativo al sistema visual de aves polinizadoras, incluyendo a los colibríes polinizadores (Kaczorowski et al., 2014). A pesar de que la mayoría de flores ornitófilas son rojizas (Scogin, 1988; Cronk y Ojeda, 2008), la decisión de los colibríes en la elección de flores con colores rojizos puede ser revertida dependiendo de la calidad de la recompensa, optando por flores de otros colores, por eso, la selección de flores rojas puede ser el resultado de experiencias pasadas, sumado al contexto ecológico (Meléndez-Ackerman et al., 1997). Un estudio similar encontró que las aves de Palestina prefieren alimentarse de flores amarillas por sobre las flores rojas (Kaczorowski et al., 2014); nuestros resultados indicaron interacciones con flores de diferentes colores, no solo rojizas, además, bosque presentó más características florales ornitófilas que matorral y cerca viva.

La emergencia floral axilar puede ser una característica más llamativa que las terminales, y otorgar una mejor estabilidad, porque, al nacer de la axila de la hoja o bráctea, formando un ángulo con el tallo (Romero, 2003), consigue una posición que puede facilitar el acceso al néctar de polinizadores que no se perchan, como es el caso de los colibríes. El bosque tuvo mayor frecuencia de flores con emergencia axilar, sugiriendo que esta característica es especialista. En los recursos florales terminales, al encontrarse en un extremo del tallo (Romero, 2003), su posición puede ser llamativa pero el acceso al néctar requerirá que el colibrí polinizador llegue a perchar en las flores; cerca viva presentó mayor frecuencia de flores con emergencia terminal, sugiriendo que esta característica es más generalista.

La distribución de los sistemas de polinización de los bosques tropicales se relaciona con la influencia del tipo de vegetación en los tipos de hábito de las flores visitadas por colibríes (Bawa, 1990): a excepción de lianas, las hierbas y arbustos fueron más frecuentes en bosque y las hierbas, y árboles fueron más frecuentes en matorral. Las hierbas y arbustos tienen un tamaño adecuado para la visibilidad de sus recursos dentro del sotobosque, además, el sotobosque de los bosques tropicales, tiene menor productividad y menos flores polinizadas por aves (Stiles, 1975), por lo que, arbustos y hierbas son tipos de hábitos de bajos requerimientos energéticos. En cambio, los árboles necesitan de altos requerimientos energéticos para su desarrollo y crecimiento, es por eso que son más frecuentes en matorrales de bosques tropicales, que tienen una productividad vegetal mayor que en el sotobosque y el síndrome de ornitofilia es más común (Stiles, 1975).

#### 4.2 Diversidad funcional: Riqueza y Dispersión funcional

En relación al índice de riqueza funcional se encontró que el matorral fue el tipo de vegetación con mayor riqueza funcional, seguido de cerca viva y bosque, respectivamente. En cambio, la dispersión funcional no se vio afectada por los diferentes tipos de vegetación, sin embargo, cerca viva presentó una dispersión funcional ligeramente superior en matorral y bosque, respectivamente.

La ornitofilia es un síndrome bastante caro para las plantas, teniendo en cuenta todas las inversiones morfológicas que deben desarrollar (Rocca y Sazima, 2010); además, el uso diferenciado de los recursos puede tener efecto en los procesos a nivel ecosistémico, como en la productividad primaria (Petchey y Gaston, 2006). Los sotobosques de los bosques

tropicales, que tienen bajos niveles de fotosíntesis, suelen tener pocas plantas polinizadas por aves (Stiles, 1978), y esto puede ser un limitante para el desarrollo del síndrome de ornitofilia (Cronk y Ojeda, 2008), relacionándose con los bajos índices de riqueza y dispersión funcional encontrados en el bosque e indicándonos la existencia de caracteres funcionales redundantes. Ocurre lo contrario con matorrales tropicales, bosques abiertos y comunidades ribereñas, en donde el síndrome de ornitofilia es más común (Cronk y Ojeda, 2008), relacionándose con los altos índices de riqueza funcional encontrados en matorral, con características funcionales no redundantes.

La diversidad funcional de plantas visitadas por colibríes no está relacionada con la red de interacción planta-colibrí (Maruyama et al., 2018), por eso es importante enfocarse en el funcionamiento de las flores (Westerkamp, 1990), así, la rotación de flores, dentro de la comunidad de recursos florales, suele ser alta, infiriendo que las especies de plantas morfológicamente especializadas son reemplazadas temporalmente por otras flores con una funcionalidad similar (Bergamo et al., 2017). Esto puede responder a la ausencia de influencia del medio en la dispersión funcional encontrada, por lo que, para las especies de la comunidad de recursos florales estudiadas, no es conveniente producir muchos individuos de pocas especies, sino, mantener muchas especies con pocos individuos.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

En base a lo encontrado, en esta investigación, se resalta a la diversidad funcional como una expresión de los rasgos descritos, sobre todo aquellos pertenecientes a la categoría de accesibilidad, visibilidad y la concentración de azúcar del néctar, por lo cual los recursos florales visitados por colibríes presentan características morfológicas generalistas en cerca viva; mientras que en bosque los caracteres florales analizados presentan una mayor especialización. Así, se concluye que el bosque es un ecosistema con una estructura más especializada, representa un hábitat cerrado, con limitaciones en el paso de la luz, influye en la baja productividad y responde al bajo índice de riqueza funcional encontrada, es decir a la menor cantidad de espacio funcional ocupado por las especies de la comunidad de flores visitadas por colibríes; mientras que, cerca viva, tiene una estructura generalista. Por otro lado, la estructura del matorral se mantiene en un punto intermedio, representa un hábitat abierto, que permite el paso de la luz, presenta mayor productividad y el síndrome de ornitofilia es más frecuente (Cronk y Ojeda, 2008), siendo un espacio óptimo para la búsqueda de recursos florales para colibríes, por eso su alto índice de riqueza funcional o mayor cantidad de espacio funcional ocupado por las especies de esta comunidad de flores, independientemente de sus abundancias. Sin embargo, existe evidencia de numerosas visitas de colibríes a plantas no ornitófilas, en su mayoría entomófilas y melitófilas (Rodríguez y Araujo, 2011), lo que nos sugiere que la heterogeneidad del paisaje alberga mayores niveles de diversidad, siendo un punto importante a considerar en la construcción de planes y proyectos enfocados a la restauración y conservación.

El estudio de la diversidad funcional ha surgido en los últimos años con el objetivo de incorporar las características funcionales de cada una de las especies dentro de la dinámica de los ecosistemas (Tilman et al., 1997; Mouchet et al., 2010; Cadotte et al., 2011). Sin embargo, aún queda mucho por investigar, recomendando futuras investigaciones en las que se pueda determinar la diversidad funcional en diferentes escalas espaciales considerando una mayor cantidad de variables, así como evaluando los rasgos funcionales con un mayor número de muestreos en distintos períodos, e incluyendo un mayor número de rasgos morfológicos, fisiológicos y ecológicos. Todo esto permitirá ampliar nuestro conocimiento sobre la relación entre la biodiversidad, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas, además de comprender de una manera menos sesgada la composición de los colibríes y sus recursos, dándonos pautas para la construcción de planes de restauración y conservación de ecosistemas montanos; manteniendo la heterogeneidad del paisaje, factor favorable para la conservación de la biodiversidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, H.G. (1975). *Sugar concentrations in nectars from hummingbirds flowers*. *Biotropica*, 37-41.
- Bawa, K. (1990). *Plant-pollinator interactions in Tropical Rain-Forest*. *Annual review of Ecology and Systematics* 21: 399-422.
- Bergamo, P.J., Wolowski, M., Maruyama, P.K., Vizentin-Bugoni, J., Carneiro, L.G., & Sazima, M. (2017). *The potential indirect effects among plants via shared hummingbird pollinators are structured by phenotypic similarity*. *Ecology*, 98: 1849-1858.
- Bellwood, D.R., Wainwright, P.C., Fulton, C.J., & Hoey, A. (2002). *Assembly rules and functional groups at global biogeographical scales*. *Functional Ecology* 16: 557-562.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Stanzner, B. (2006). *Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches*. *Annual Review of Entomology*, 51, 495-523.
- Bonilla, M. (2012). *La polinización como servicio ecosistémico*. En: *Iniciativa colombiana de polinizadores (ICPA), Capítulo I: abejas*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Humboldt. Bogotá, Colombia. pp. 1-103.
- Bolten, A.B., & Feinsinger, P. (1978). *Why Do Hummingbird Flowers Secrete Dilute Nectar?* *Biotropica*, 10(4), 307–309.
- Cadotte, M.W., Carscadden, K., & Mirotnick, N. (2011). *Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services*. *Journal of Applied Ecology* 48: 1079-1087.
- Carstensen, D.W., Sabatino, M., Trøjelsgaard, K., & Morellato, L.P.C. (2014). *Beta diversity of plant-pollinator networks and the spatial turnover of pairwise interactions*. *PLoS One*, 9(11), e112903.
- Chacoff, N. (2006). *Los ecosistemas naturales como fuente de polinizadores para Citrus paradisi en el piedemonte de las yungas*. Tesis Ph.D. Tucuman. Universidad Nacional del Comahue. 168 p.
- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., & Reynolds, H.L. (2000). *Consequences of changing biodiversity*. *Nature* 405: 234-242.
- Churchil, I.S.P., Balslev, H., Forero, E., & Luteyn, J. (eds). (1995). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden, Nueva York. 702 p.
- Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. (2015). *La diversidad funcional en la ecología de comunidades*. *Revista Ecosistemas*, 24(3), 78-87.
- Clark, M.P., Nijssen, B., Lundquist, J.D., Kavetski, D., Rupp, D.E., Woods, R.A., & Rasmussen, R.M. (2015). *A unified approach for process-based hydrologic modeling: 1. Modeling concept*. *Water Resources Research*, 51(4), 2498-2514.
- Cronk, Q., & Ojeda, I. (2008). *Bird-pollinated flowers in an evolutionary and molecular context*, *Journal of Experimental Botany*, Volume 59, Issue 4, Pages 715–727.
- Dalsgaard, B., Martín González, A.M., & Olesen, J.M. et al. (2009). *Plant-hummingbird interactions in the West Indies: floral specialisation gradients associated with environment and hummingbird size*.

Oecologia 159, 757–766.

Díaz, G.T., Fernández-Carvajal, A.C., & Fernández, P.J. (2004). *Curso de botánica*. Ediciones Trea, 1ª ed. España.

Díaz, S., & Cabido, M. (2001). *Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes*. Trends in Ecology and Evolution 16: 646- 655.

Dudash, M.R., Hassler, C., Stevens, P.M., & Fenster, C.B. (2011), *Experimental floral and inflorescence trait manipulations affect pollinator preference and function in a hummingbird-pollinated plant*. American Journal of Botany, 98: 275-282.

Dupont, Y.L., Hansen, D.M., Valido, A., & Olesen, J.M. (2004). *Impact of introduced honey bees on natural pollination interactions of the endemic *Echium wildpretii* (Boraginaceae) on Tenerife, Canary Islands*. Biological Conservation 118: 301-311.

Encalada, A.C., Flecker, A.S., Poff, N.L., Suárez, E., Herrera-R, G.A., Ríos-Touma, B., & Anderson, E.P. (2019). *A global perspective on tropical montane rivers*. Science, 365(6458), 1124-1129.

Esteller, M.V., & Díaz-Delgado, C. (2002). *Environmental Effects of Aquifer Overexploitation: A Case Study in the Highlands of Mexico*. Environmental Management 29: 266-278.

Faegri, K., & Pijl Van Der. (1979). *The principles of pollination ecology*. 3rd revised. Pergamond Press. London.

Faife, C.M., Díaz, A.E., Cañizares, M.M., & Torres-Roche, E.M. (2012). *Síndromes de Polinización y Dispersión de Endemismos en las Serpentinitas al Suroeste de Santa Clara, Cuba*. Centro Agrícola, 39(2), 61-66.

FAO. (2018). *Es hora de apreciar la labor de los polinizadores*. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1129811/>

Fenster, C., Armbruster, W., Wilson, P., Dudash, M., & Thomson, J. (2004). *Pollination syndromes and floral specialization*. Annu. Rev. Ecol. Evol. 35: 375–403.

Forister, M.L., Dyer, L.A., Singer, M.S., Stireman III, J.O., & Lill, J.T. (2012). *Revisiting the evolution of ecological specialization, with emphasis on insect–plant interactions*. Ecology, 93(5), 981-991.

Foster, P. (2001). *The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests*. Earth-Science Reviews 55: 73-106.

Gentry, A.H. (1995). *Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical Montane Forests*. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.), Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests: 103-126. The New York Botanical Garden, Nueva York.

Gibson, M.R., Pauw, A., & Richardson, D.M. (2013). *Decreased insect visitation to a native species caused by an invasive tree in the Cape Floristic Region*. Biological Conservation 157: 196-203.

Goulson, D. (2003). *Effects of introduced bees on native ecosystems*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 34: 1-26.

Grant, K.A., & Grant, V. (1968). *Hummingbirds and their flowers*. Columbia University Press.

Hamilton, L.S. (2001). *Una campaña por los bosques nublados. Ecosistemas únicos y valiosos en peligro*. En: M. Kapelle & A.D. Brown (eds.), Bosques Nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Santo Domingo de Heredia. 698 p.

- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., & Lavorel, S. et al. (2005). *Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge*. Ecological Monographs 75: 3–35.
- Johnson, S.D., Kiepiel, I., & Robertson, A.W. (2020). *Functional consequences of flower curvature, orientation and perch position for nectar feeding by sunbirds*. Biological Journal of the Linnean Society.
- Jordano, P. (2016). *Sampling networks of ecological interactions*. Functional ecology, 30(12), 1883-1893.
- Jørgensen, P.M., Ulloa, C., Valencia, R., & Madsen, J.E. (1995). *A floristic analysis of the high Andes of Ecuador*. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J. L. Luteyn (eds.), Biodiversity and Conservation of the Neotropical Montane Forests: 221-237. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Kaczorowski, R.L., Blumenfeld, G., Koplovich, A., & Markman, S. (2014). *Color and side preferences in Palestine sunbirds (Nectarinia osea)*. Israel Journal of Ecology & Evolution, 60(1), 35–40.
- Kappelle, M., & Brown, D. (2001). *Introducción a los bosques neotropicales. Una síntesis regional*. En: M. Kappelle & D. Brown (eds.), Patrones de Diversidad y Composición Florística en los Bosques de las Montañas Neotropicales: 26-40. Bosques Nublados del Neotrópico, 1ra Edición. INBIO-FUAUICN, Santo Domingo de Heredia.
- Krishna, S., & Keasar, T. (2018). *Morphological complexity as a floral signal: from perception by insect pollinators to co-evolutionary implications*. International journal of molecular sciences, 19(6), 1681.
- Laliberté, E., & Legendre, P. (2010). *A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits*. Ecology 91: 299-305.
- López, G., & López, N. (2014). *La evolución en la polinización: orígenes e hipótesis actuales*. Dep. Legal: C 26-2014, 8.
- Macdonald, D., Crabtree, J.R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Lazpita, J.G., & Gibon, A. (2000). *Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response*. Journal of Environmental Management 59: 47-69.
- Maruyama, P.K., Sonne, J., Vizentin-Bugoni, J., González, A.M., Zanata, T.B., Abrahamczyk, S., ... & Dalsgaard, B. (2018). *Functional diversity mediates macroecological variation in plant–hummingbird interaction networks*. Global Ecology and Biogeography, 27(10), 1186–1199.
- McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). *Rebuilding community ecology from functional traits*. Trends in Ecology and Evolution 21: 178–185.
- Meléndez-Ackerman, E., Campbell, D., & Waser, N. (1997). *Hummingbird behavior and mechanisms of selection on flower color in ipomopsis*. Ecology, 78, 2532-2541.
- Mouchet, M.A., Villéger, S., Mason, N.W.H., & Mouillot, D. (2010). *Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules*. Functional Ecology 24: 867- 876.

- Morales, C. L., & Traveset, A. (2009). *A meta-analysis of impacts of alien vs. native plants on pollinator visitation and reproductive success of co-flowering native plants*. *Ecology Letters* 12: 716-728.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. *Nature* 403: 853-858.
- Naeem, S., & Wright, J.P. (2003). *Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem*. *Ecology Letters* 6: 567-579.
- Nates-Parra, G. (2005). *Abejas silvestres y polinización*. Manejo integrado de plagas y agroecología, 75, 7-20.
- Palmer, G (2019). *Trends in Nectar Production and Concentration of Hummingbird-Pollinated Flowers: An investigation of three flowers of the Ecuadorian Cloud Forest: Palicourea demissa, Mezobromelia capituligera, and Kohleria affinis*. Independent Study Project (ISP) Collection. 3104. [https://digitalcollections.sit.edu/isp\\_collection/3104](https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/3104)
- Pauchard, A., Kueffer, C., Dietz, H., Daehler, C.C., Alexander, J., Edwards, P.J., Arévalo, J.R., Cavieres, L.A., Guisan, A., Haider, S., Jakobs, G., McDougall, K., Millar, C.I., Naylor, B.J., Parks, C.G., Rew, L.J., & Seipel, T. (2009). *Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations*. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 479-486.
- Parada-Martínez, M.E. (2014). *Floral visitors of Pentacalia ledifolia (Asteraceae) and their role in Pollination at Páramo El Verjón, Bogotá, Colombia-preliminary study*. Tesis de Pregrado, Bogotá-Uniandes.
- Perret, M., Chautems, A., Spichiger, R., Peixoto, M., & Savolainen, V. (2001). *Nectar sugar composition in relation to pollination syndromes in Sinningieae (Gesneriaceae)*. *Annals of Botany*, 87(2), 267–273.
- Petchey, O.L., & Gaston, K.J., (2006). *Functional diversity: back to basics and looking forward*. *Ecology Letters* 9, 741–758.
- Proctor, M., Yeo, P., & Lack, A., (1996). *The natural history of pollination*. Portland Timber Press.
- Pla, L., Casanoves, F., & Di Rienzo, J.A. (2011). *Cuantificación de la diversidad funcional. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. CATIE, Turrialba, CR, 33-47.
- Rahbek, C., & Graves, G.R. (2000). *Detection of macro-ecological patterns in South American hummingbirds is affected by spatial scale*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267, 2259– 2265
- Ramírez, A., & Gutiérrez-Fonseca, P.E. (2014). *Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras*. *Revista de Biología Tropical* ,62, 9-20.
- Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. (1997).
- Reynolds, R., Westbrook, M., Rohde, A., Cridland, J., Fenster, C., & Dudash, M. (2009). *Pollinator specialization and pollination syndromes of three related North American Silene*. *Ecology*, 90(8): 2077- 2087.

- Rocca A., & Sazima M. (2010) *Beyond Hummingbird-flowers: The Other Side Of Ornithophily In The Neotropics*. *Oecologia Australis* 14(1): 67-99.
- Rodrigues, L.C., & Araujo, A.C. (2011). *The hummingbird community and their floral resources in an urban forest remnant in Brazil*. *Brazilian Journal of Biology* [online]. 2011, v. 71, n. 3, pp. 611-622.
- Rodríguez-Flores, C.I., Ornelas, J.F., Wethington, S., & Arizmendi, M.C. (2019). *Are hummingbirds generalists or specialists? Using network analysis to explore the mechanisms influencing their interaction with nectar resources*. *PLOS ONE* 14(2): e0211855.
- Rojas, C., Cardozo, A., Hernández, L., Lapp, M., Rodríguez, H., Ruiz, T., & Torrecilla, P. (2006). *Botánica sistemática: fundamentos para su estudio*. Universidad Central de Venezuela, 242.
- Romero, C. (2003). *Términos aplicados a las inflorescencias, a las flores y a sus partes*. Universidad de Sevilla.
- Ron, S.R. (2020). *Regiones naturales del Ecuador*. BOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <<https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>>
- R Development Core Team. (2013). *A language for environmental and statistical computing*.
- Schmera, D., Heino, J., Podani, J., Erős, T., & Dolédec, S. (2017). *Functional diversity: a review of methodology and current knowledge in freshwater macroinvertebrate research*. *Hydrobiologia*, 787(1), 27-44.
- Scogin, R. (1988). *Floral Anthocyanidins of Bird-Visited Flowers*. *Botanical Gazette*, 149(4), 437-442.
- Stiles, F.G. (1975). *Ecology, Flowering Phenology, and Hummingbird Pollination of Some Costa Rican Heliconia Species*. *Ecology*, 56(2), 285–301.
- Stiles FG. (1978) *Ecological and evolutionary implications of bird pollination*, *American Zoologist*, vol. 18 (pg. 715-727).
- Temeles, E.J., Koulouris, C.R., Sander, S.E., & Kress, W.J. (2009), *Effect of flower shape and size on foraging performance and trade-offs in a tropical hummingbird*. *Ecology*, 90: 1147-1161.
- Tilman, D. (2001). *Functional diversity*. In: Levin, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 3. Academic Press, NewYork, pp. 109-120.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. (1997). *The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes*. *Science* 277: 1300-1302.
- Tur, C., Sáez, A., Traveset, A., & Aizen, M. A. (2016). *Evaluating the effects of pollinator-mediated interactions using pollen transfer networks: evidence of widespread facilitation in south Andean plant communities*. *Ecology Letters*, 19(5), 576-586.
- Tylianakis, J.M., & Morris, R.J. (2017). *Ecological networks across environmental gradients*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 25-48.
- Valdovinos, F.S., Berlow, E.L., Moisset De Espanés, P., Ramos-Jiliberto, R., Vázquez, D.P., & Martínez, N.D. (2018). *Species traits and network structure predict the success and impacts of pollinator invasions*. *Nature Communications*, 9(1), 1–8.

Villéger, S., Mason, N.W.H., & Moullot, D. (2008). *New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology*. Ecology 89: 2290-2301.

Villéger, S., Miranda, J.R., Hernández, D.F., & Moullot, D. (2010). *Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation*. Ecological Applications 20: 1512-1522.

Vizentin-Bugoni, J., Maruyama, P.K., De Souza, C.S., Ollerton, J., Rech, A.R., & Sazima, M. (2018). *Plant-pollinator networks in the tropics: a review*. In Ecological networks in the tropics (pp. 73-91). Springer, Cham.

Waser, N., Chittka, L., Price, M., Williams, M., & Ollerton, J. (1996). *Generalization in pollination systems*.

Westerkamp, C. (1990). *Bird-Flowers: Hovering Versus Perching Exploitation*. Bot. Acta 103, p 366-371.

Whitney, H.M., & Glover, B.J. (2007). *Morphology and development of floral features recognised by pollinators*. Arthropod-Plant Interactions, 1(3), 147–158.

## ANEXOS

### ANEXO 1.

Características generales de cada microcuenca y transecto, dentro del área de estudio

Cuenca	Transecto	Y	X	Z	Longitud	Tipo de vegetación principal
Machángara	09	9698073	717647	3407	200	Matorral
	11	9693663	721814	3265	208	Matorral
	15	9694052	720722	3031	197	Cerca viva
	20	9696318	721728	3071	200	Bosque
Tomebamba	04	9679965	712413	3343	185	Matorral
	10	9682689	710627	3052	243.98	Matorral
	12	9682026	708196	3130	295.39	Bosque
	17	9685468	707283	3123	313.44	Cerca viva
Tarqui	04	9663064	707507	3204	203	Matorral
	06	9664109	710127	2988	325	Matorral
	19	9664700	704962	3243	200	Bosque
	21	9665167	708013	3002	200	Cerca viva

### ANEXO 2.

Fechas de las distintas temporadas de muestreo en cada transecto

Microcuenca	Transecto	Temporada de muestreo	Fecha
TBB	04 10 12 17	1	6-7/03/2018 27/02/2018 20-21/02/2018 22-26/02/2018
MCH	09 11 15 20	1	15-16/03/2018 19/03/2018 26/03/2018 28/03/2018
TRQ	04 06 19 21	1	14-15/02/2018 29-31/01/2018 07/02/2018 5-6/02/2018
TBB	04 10 12 17	2	no 29/08/2018 18/09/2018 27/08/2018
MCH	09 11	2	20/08/2018 21/08/2018

	15 20		23/08/2018 18/09/2018
TRQ	04 06 19 21	2	3/10/2018 05/09/2018 11-12/09/2018 10-12/09/2018
TBB	04 10 12 17	3	15-21/01/2019 21-23/01/2019 12/02/2019 22/01/2019
MCH	09 11 15 20	3	8/01/2019 7/01/2019 15/01/2019 18/02/2019
TRQ	04 06 19 21	3	4/02/2019 5-6/02/2019 19/02/2019 11/02/2019
TBB	04 10 12 17	4	21/10/2019 30/09/2019 21/10/2019 16/10/2019
MCH	09 11 15 20	4	18/09/2019 20/09/2019 24/09/2019 20/09/2019
TRQ	04 06 19 21	4	24/09/2019 28/10/2019 17/10/2019 01/10/2019
TBB	04 10 12 17	5	13-20/01/2020 17/12/2019 21/01/2020 06/01/2020
MCH	09 11 15 20	5	11/12/2019 2/12/2019 5/12/2019 17/12/2019
TRQ	04 06 19 21	5	4/12/2019 6/01/2020 14/01/2020 02/12/2019
TBB	04 10 12 17	6	2/03/2020 no 18/02/2020 20/02/2020
MCH	09 11 15 20	6	12/02/2020 2/03/2020 9/03/2020 14/02/2020
TRQ	04	6	no

	06 19 21		26/02/2020 11/02/2020 18/02/2020
--	----------------	--	--

**ANEXO 3.**

Recolección de las flores de las especies con síndromes de ornitofilia

**ANEXO 4.**

Promedios de las mediciones morfométricas de los caracteres funcionales de las 36 especies seleccionadas.

Especie	Longitud tubo floral	Apertura corolla	Curvatura	Producción néctar	Concentración azúcar	Cód. color	Tipo tubo floral	Emergencia floral	Hábito
<i>A. peruvianus</i>	5,43	1,08	0,27	0,04	14,5	4	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>B. arbórea</i>	1,71	0,42	0	9,22	19,15	3	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>B. caldasii</i>	3,44	1,53	0	2,33	22,33	3	Libre	Terminal	Arbusto
<i>B. confertum</i>	2,09	0,35	0	14,48	14,62	2	Libre	Terminal	Arbusto
<i>Centropogon sp.</i>	3,41	0,65	0,47	6,14	12,2	4	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>D. alaternoides</i>	0,38	0,16	0	0,48	30,28	2	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>E. globulus</i>	0,52	1,67	0	15,13	18,38	2	Libre	Axilar	Árbol
<i>Fuchsia sp.</i>	4,07	0,46	0,34	6,39	19,8	4	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>G. punctatum</i>	0,39	0,29	0	0,09	31	2	Libre	Terminal	Arbusto
<i>G. erecta</i>	0,56	0,18	0	0,23	13,9	3	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>G. tomentosa</i>	0,62	0,12	0	0,93	14,4	3	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>M. rupestris</i>	1,8	0,27	0	10,81	17,53	4	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>Miconia sp.</i>	0,38	0,27	0	0,12	28,49	2	Fusionado	Terminal	Arbusto
<i>M. alata</i>	2,66	0,23	0	34,7	17,5	2	Libre	Axilar	Liana
<i>M. lehmannii</i>	3,75	0,82	0	34,7	17,5	4	Libre	Terminal	Liana
<i>N. loxensis</i>	2,74	0,47	0	15,13	18,38	4	Libre	Axilar	Arbusto

<i>O. grandiflora</i>	3,14	2,73	0	18,69	14,8	3	Fusionado	Terminal	Árbol
<i>P. weberbaueri</i>	1,21	0,29	0	0,94	14,4	2	Fusionado	Terminal	Arbusto
<i>P. ampullacea</i>	8,72	1,59	0	142,51	23	4	Fusionado	Axilar	Liana
<i>P. tripartita</i>	11,51	0,89	0	142,51	23	3	Fusionado	Axilar	Liana
<i>R. floribundus</i>	0,08	1,13	0	2,44	50	3	Libre	Terminal	Arbusto
<i>S. corrugata</i>	1,21	0,29	1,23	2	11,9	1	Fusionado	Terminal	Arbusto
<i>S. hirta</i>	2,30	0,22	0,99	6,36	18,1	4	Fusionado	Terminal	Arbusto
<i>S. pichinchensis</i>	1,19	0,31	0,88	13,29	12,5	1	Fusionado	Terminal	Arbusto
<i>S. giganteus</i>	4,42		0,33	15,13	18,38	2	Fusionado	Axilar	Arbusto
<i>T. complanata</i>	1,09	0,24	2,62	1,49	10,6	3	Libre	Axilar	Hierba
<i>T. ionochroma</i>	1,43	0,25	0	1,49	10,6	2	Libre	Terminal	Hierba
<i>T. oroyensis</i>	1,9	0,24	1,62	1,49	10,6	1	Libre	Terminal	Hierba
<i>Tillandsia spp.</i>	1,41	0,15	0	1,49	10,6	1	Libre	Terminal	Hierba
<i>T. stenoura</i>	3,68	0,32	0,62	1,49	10,6	1	Libre	Terminal	Hierba
<i>T. longebracteatus</i>	2,44	0,25	0	4,56	18,9	3	Fusionado	Terminal	Arbusto
<i>Tropaeolum sp.</i>	1,67	0,25	0	15,13	18,38	4	Fusionado	Axilar	Liana
<i>V. stipularis</i>	0,76	0,55	0	2,8	22,5	3	Libre	Terminal	Árbol
<i>V. latisquama</i>	0,61	0,29	0	0,69	22,1	2	Fusionado	Terminal	Árbol
<i>V. arguta</i>	0,65	0,33	1,8	4,08	12,5	4	Fusionado	Axilar	Hierba
<i>W. fagaroides</i>	0,35		0	15,13	18,38	4	Libre	Terminal	Arbusto

## ANEXO 5.

Media y Desviación estándar de cada caracter analizado en tres tipos de vegetación de ecosistema montano al occidente de la provincia del Azuay.

Caracter	Media			Desviación estándar		
	Bosque	Cerca viva	Matorral	Bosque	Cerca viva	Matorral
Longitud tubo floral	2.48	1.88	1.77	0.09	0.59	0.21
Apertura corola	0.56	0.63	0.59	0.17	0.12	0.17
Curvatura	0.63	0.33	0.38	0.17	0.03	0.14
Producción néctar	6.94	10.54	8.08	0.51	8.09	1.41
Concentración azúcar	15.34	21.64	18.15	0.23	2.33	1.7
Código color 1	0.13	0.12	0.07	0.16	0.02	0.06
Código color 2	0.08	0.13	0.14	0.03	0.1	0.07
Código color 3	0.15	0.42	0.39	0.15	0.1	0.16

Código color 4	0.52	0.29	0.29	0.03	0.06	0.19
Tubo floral fusionado	0.77	0.64	0.73	0.03	0.08	0.08
Tubo floral libre	0.23	0.34	0.26	0.03	0.08	0.08
Emergencia axilar	0.55	0.38	0.46	0.09	0.05	0.11
Emergencia terminal	0.44	0.61	0.52	0.09	0.05	0.11
Hábito árbol	0.09	0.19	0.17	0.08	0.06	0.07
Hábito arbusto	0.6	0.68	0.59	0.18	0.09	0.07
Hábito liana	0.02	0.02	0.02	0.005	0.06	0.06
Hábito hierba	0.22	0.04	0.16	0.1	0.07	0.06

**ANEXO 6.**

Media y Desviación estándar de los índices de diversidad funcional en tres tipos de vegetación de ecosistema montano al occidente de la provincia del Azuay.

Índice	Media			Desviación estándar		
	Bosque	Cerca viva	Matorral	Bosque	Cerca viva	Matorral
Riqueza funcional	0.18	0.34	0.40	0.14	0.14	0.19
Dispersión funcional	0.24	0.25	0.25	0.031	0.018	0.019

**ANEXO 7.**

Resultados del análisis post hoc TUKEY y PAIRWISE para determinar qué tipo de vegetación es diferente en relación a la abundancia o frecuencia de flores con los distintos caracteres florales analizados.

FACTOR	Tipo de vegetación	Valor p ajustado
<b>Longitud tubo floral</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	<0.01
	Matorral-Cerca viva	0.48
<b>Apertura corola</b>	Cerca viva-Bosque	0.61
	Matorral-Bosque	0.67
	Matorral-Cerca viva	0.67
<b>Curvatura</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	<0.01
	Matorral-Cerca viva	0.09

<b>Producción néctar</b>	Cerca viva-Bosque	0.06
	Matorral-Bosque	0.06
	Matorral-Cerca viva	0.2
<b>Concentración azúcar</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	<0.01
	Matorral-Cerca viva	<0.01
<b>Código color 1</b>	Cerca viva-Bosque	0.04
	Matorral-Bosque	0.03
	Matorral-Cerca viva	0.04
<b>Código de color 2</b>	Cerca viva-Bosque	0.04
	Matorral-Bosque	0.04
	Matorral-Cerca viva	0.86
<b>Código de color 3</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	<0.01
	Matorral-Cerca viva	0.97
<b>Código de color 4</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	<0.01
	Matorral-Cerca viva	0.96
<b>Tubo floral libre</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	0.5
	Matorral-Cerca viva	0.02
<b>Tubo floral fusionado</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	0.5
	Matorral-Cerca viva	0.02
<b>Emergencia axilar</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	0.11
	Matorral-Cerca viva	0.02
<b>Emergencia terminal</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	0.09
	Matorral-Cerca viva	0.02
<b>Hábito Árbol</b>	Cerca viva-Bosque	0.05
	Matorral-Bosque	0.02

	Matorral-Cerca viva	0.94
<b>Hábito Arbusto</b>	Cerca viva-Bosque	0.42
	Matorral-Bosque	0.42
	Matorral-Cerca viva	0.02
<b>Hábito Liana</b>	Cerca viva-Bosque	0.7
	Matorral-Bosque	0.7
	Matorral-Cerca viva	0.7
<b>Hábito hierba</b>	Cerca viva-Bosque	<0.01
	Matorral-Bosque	0.11
	Matorral-Cerca viva	<0.01

\*Valor p ajustado < 0.05, sí hay diferencia significativa entre los tipos de vegetación.

#### ANEXO 8.

Resultados de la prueba post hoc Tukey de la riqueza y dispersión funcional de los recursos florales aprovechados por colibríes en los bosques montanos del cantón Cuenca

FACTOR	Tipo de vegetación	Valor p ajustado
<b>Riqueza funcional</b>	Cerca viva-Bosque	0.01
	Matorral-Bosque	<0.01
	Matorral-Cerca viva	0.46
<b>Dispersión funcional</b>	Cerca viva-Bosque	0.06
	Matorral-Bosque	0.36
	Matorral-Cerca viva	0.43

\*Valor p ajustado < 0.05, sí hay diferencia significativa entre los tipos de vegetación.