



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

**DIVERSIDAD DE RECURSOS FLORALES COMO PREDICTORES DE LA
DIVERSIDAD DE INSECTOS POLINIZADORES EN UN ECOSISTEMA
ALTOANDINO EN EL SUR DEL ECUADOR.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN

Autora:

CRISTINA BEATRIZ VASQUEZ ESPINOZA

Director:

PhD. PABLO SEBASTIÁN PADRÓN MARTINEZ

CUENCA - ECUADOR

2019

DEDICATORIA

A mis padres, Teresa e Iván, por su ejemplo de superación, gracias por ser la fuerza que necesito para avanzar día a día.

AGRADECIMIENTOS

A Sebastián Padrón, por el apoyo incondicional, la confianza brindada, por el aprendizaje impartido durante este proceso y por permitirme ser parte de su equipo de investigación.

A David Siddons, Boris Tinoco Danilo Minga y Mayra Jiménez por sus consejos y por compartir sus conocimientos que me han servido en este proceso.

Al equipo de investigación del Laboratorio de Entomología.

A mis compañeros de la Universidad por su amistad durante toda esta etapa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTOS | III |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | IV |
| ÍNDICE DE FIGURAS | V |
| ÍNDICE DE ANEXOS | V |
| RESUMEN | VI |
| ABSTRACT | VII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1 | 4 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 4 |
| 1.1 Área de estudio | 4 |
| 1.2 Taxones estudiados..... | 5 |
| 1.3 Diseño experimental | 5 |
| 1.3.1 Fase de campo..... | 5 |
| 1.3.2 Recursos florales | 5 |
| 1.3.3 Riqueza y abundancia de insectos | 6 |
| 1.4 Fase de laboratorio | 7 |
| 1.4.1 Identificación taxonómica de recursos florales | 7 |
| 1.4.2 Determinación de caracteres morfológicos | 7 |
| 1.4.3 Identificación taxonómica de insectos..... | 8 |
| 1.5 Análisis estadísticos..... | 9 |
| CAPÍTULO 2 | 11 |
| RESULTADOS | 11 |
| 2.1 Diversidad de recursos florales | 11 |
| 2.2 Diversidad de insectos..... | 12 |
| CAPÍTULO 3 | 21 |
| DISCUSIONES | 21 |
| BIBLIOGRAFÍA | 25 |
| ANEXOS | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio y metodología utilizada. A) Ubicación de las diez estaciones de muestreo; B) Estación de muestreo con los platos de colores; C) Frascos usados para separar las muestras en el campo de acuerdo a la estación, color y hora de colecta.

Figura 2: A) Abundancia porcentual de las diez especies de plantas con mayor contribución en el periodo de muestreo. B) Caracteres morfológicos representativos de las 61 especies de plantas.

Figura 3. Abundancia porcentual de las familias más representativas de insectos polinizadores colectados. A) Orden Díptera, B) Orden Himenóptera.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla con las coordenadas geográficas de las diez estaciones de muestreo.

Anexo 2: Guía de identificación de recursos florales.

Anexo 3: Tabla ejemplo de conteo de inflorescencias.

Anexo 4: Tabla de caracteres morfológicos.

Anexo 5: Tabla de caracteres morfológicos de los recursos florales.

Anexo 6: Tabla de la riqueza de recursos florales en las diez estaciones

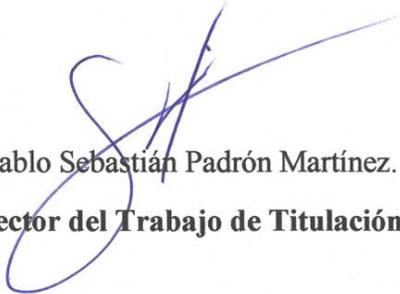
Anexo 7: Tabla de riqueza de Díptera en las diez estaciones de muestreo.

Anexo 8: Tabla de riqueza de Himenóptera en las diez estaciones de muestreo.

RESUMEN

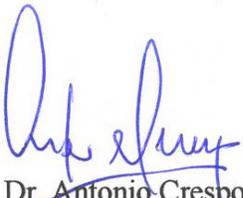
En ecosistemas de montaña, los insectos polinizadores y sus interacciones con las plantas enfrentan muchas amenazas. Es por esto que es prioritario estudiar este tipo de ecosistemas y las interacciones que aquí ocurren. En nuestro proyecto investigamos si existe una correlación entre la diversidad taxonómica, funcional de flores y la diversidad de insectos polinizadores, en un ecosistema altoandino al sur del Ecuador. Durante un año se monitorio los insectos usando la metodología de platos de colores e inventariando los recursos florales. Los resultados demuestran que la riqueza taxonómica y funcional de plantas son las mejores variables predictoras para la diversidad de insectos polinizadores. Esto podría deberse a la alta especialización planta-polinizador y a la partición de nichos en cuanto a recursos florales. Nuestros resultados son muy importantes, porque exploran por primera vez la diversidad funcional de las flores como un predictor de diversidad de insectos polinizadores en los Andes tropicales.

Palabras clave: plantas, riqueza funcional, riqueza taxonómica, especialización, partición de nicho.



Dr. Pablo Sebastián Padrón Martínez.

Director del Trabajo de Titulación



Dr. Antonio Crespo Molina

Coordinador de Escuela



Cristina Beatriz Vásquez Espinoza

Autora

ABSTRACT

Pollinating insects and their interactions with plants face many threats in mountain ecosystems. Therefore, it is a priority to study these types of ecosystems and the interactions that occur there. This project investigated whether there is a correlation between the diversity of pollinating insects and the taxonomic and functional diversity of flowers in a high Andean ecosystem in southern Ecuador. Insects were monitored for a year using the color plate methodology and inventorying the floral resources. The results show that the taxonomic and functional richness of plants are the best predictor variables for the diversity of pollinating insects. This could be due to the high plant-pollinator specialization and the partition of niches in terms of floral resources. These results are very important because they explore the functional diversity of flowers as a predictor of diversity of pollinating insects in the tropical Andes for the first time.

Keywords: plants, functional richness, taxonomic richness, specialization, niche partition.

Dr. Pablo Sebastián Padrón Martínez.

Thesis Director

Dr. Antonio Crespo Molina

Faculty Coordinator

Cristina Beatriz Vásquez Espinoza

Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

INTRODUCCIÓN

Con aproximadamente un millón de especies descritas, los insectos son uno de los grupos más diversos del planeta, a esta megadiversidad se suman las interacciones que estos tienen con otros organismos, siendo una de las más importantes la polinización (Footitt & Adler, 2009). Las comunidades de insectos polinizadores mantienen redes complejas de interacciones (Peñalver & Delclòs, 2004). En procesos en los cuales la planta produce una recompensa (polen o néctar), y obtiene a cambio el transporte de polen que realiza los insectos (Valiente-Banuet, 1997). Este tipo de mutualismo es una relación benéfica para las partes involucradas (Bascompte et al., 2003) y es un proceso del que depende la supervivencia de muchas especies de plantas y animales (Faegri & Van Der Pijl, 1979). Sin embargo, los insectos raramente polinizan las flores de manera deliberada o aleatoria (Glover, 2007), estas relaciones se regulan debido a una serie de atractivos primarios y secundarios (Faegri & Van Der Pijl, 1979).

Uno de los atractivos más importantes que usan las plantas para atraer a los polinizadores es la forma y morfología de la flor, se sabe que diversos fenotipos florales reflejan la especialización en diferentes grupos de polinizadores (Galen, 1999; Endress, 2001; Fiedler & Landis, 2007; Hoffmeister, 2016; Kuppler, 2017), estos también intervienen en las interacciones entre plantas y polinizadores, promoviendo estas interacciones. Muchos estudios han explicado que las combinaciones de rasgos florales reflejan el tipo de polinizador (Grant & Grant, 1968; Stebbins, 1970; Johnson & Steiner, 2000; Faegri & Van Der Pijl, 2013). Siendo, las características florales esenciales para el éxito reproductivo de las plantas. Este conjunto de características relacionadas con la atracción de uno o más grupos particulares de polinizadores, se le conoce con el nombre de síndrome de polinización (Fenster et al., 2004). Esto implica una evolución convergente hacia fenotipos de esencias, colores, tamaños o formas florales específicas que atraen o restringen el acceso de los polinizadores a la recompensa. La forma en que estos rasgos pueden influir en las distribuciones de las especies de plantas e interacción con los polinizadores se ha discutido ampliamente (Pellissier, et al., 2010), pero aún no se ha realizado una evaluación cuantitativa

formal en las angiospermas en ecosistemas montanos en los Andes tropicales (Brody, 1997; Strauss, 1997; Pellissier et al., 2010; Rosas-Guerrero et al., 2014).

La diversidad funcional es la clave para entender la relación entre la diversidad, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de ecosistemas (Chapin et al., 2000; Díaz & Cabido 2001; Naeem & Wright 2003). En los últimos años se ha medido la diversidad funcional, considerado tres componentes principales: la riqueza funcional, la equidad funcional y la divergencia o dispersión funcional. En este contexto, la riqueza funcional (FRic), es la cantidad de espacio funcional ocupado por las especies de una comunidad independientemente de sus abundancias (Villéger et al., 2010). La equidad funcional (FEve), es la homogeneidad en la distribución de las abundancias de las especies de una comunidad en un espacio funcional (Villéger et al., 2010). La divergencia o dispersión funcional (FDv), es una medida de similitud funcional entre las especies dominantes de una comunidad (Villéger et al., 2010). Estos tres componentes y sus respectivos índices (FRic, FEve, FDiv) proveen información complementaria sobre la diversidad funcional, siendo independientes entre ellos, y no dependen del número de especies, ni de la diversidad taxonómica.

Otro atractivo utilizado por la flor es el color, este es un atrayente utilizado por una amplia variedad de polinizadores (Sutherland & Vickery, 1993) y considerado como uno de los más importantes (Kevan, 1972). Esta información ha permitido que se desarrollen diferentes metodologías para recolectar estos insectos, una de estas metodologías es la denominada pan-traps o trampas platos de colores.

Estos antecedentes, motivan realizar investigaciones puntuales sobre las comunidades de insectos polinizadores y sus interacciones con plantas, especialmente en las partes altas de los Andes tropicales. Estudios recientes, han encontrado relaciones positivas entre la diversidad de los recursos florales y la diversidad de insectos polinizadores a nivel de paisaje (Steffan-Dewenter & Tschardtke, 1999; Steffan-Dewenter et al., 2002; Klein et al., 2003; Westphal et al., 2003; Potts et al., 2003a, 2004b; Ricketts, 2004; Hegland & Boeke, 2006; Ghazoul, 2006; Blaauw & Isaacs, 2014). Esto podría ser debido a la alta especialización entre estos dos grupos, y que la diversidad de flores promueve la diversidad de polinizadores a través de la partición de nichos (Fründ et al., 2010).

Sin embargo, poco se sabe a una escala espacial más pequeña (formaciones vegetales), sobre la importancia de la diversidad de flores para predecir la diversidad de visitantes de flores. Hegland y Boeke (2006), encontraron que la densidad de floración fue el mejor predictor tanto de la riqueza como de la actividad de los visitantes de flores (insectos). Por otro lado, en el sur de Alemania, Fründ et al., (2010), obtuvieron una correlación positiva entre la diversidad de flores y la diversidad de visitantes florales, estos dos estudios usaron la metodología de observación directa. Todos estos estudios resaltan las complejas interacciones que existen, pero todos los trabajos anteriormente nombrados fueron realizados en regiones templadas.

Por último, en la actualidad existen factores que están afectando estas interacciones, una de las principales amenazas es el cambio climático (Obeso & Herrera, 2018). Varios estudios demuestran que existe un declive de polinizadores a nivel mundial y que este fenómeno se encuentra directamente ligado a los procesos resultantes del cambio climático (Potts et al., 2010; González-Varo et al., 2013; Kerr et al., 2015; Hallmann et al., 2017; Lister & Garcia, 2018). También, es importante considerar, que la mayoría de estas investigaciones se han realizado en ecosistemas templados, pero pocas se han realizado en zonas tropicales, y con una alta diversidad y endemismo como son los Andes Tropicales (Nieves-Aldrey et al., 2006), los cuales son considerados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático como uno de los ecosistemas más vulnerables a los efectos del cambio climático y prioritarios para la investigación de los efectos de estos cambios (IPCC, 2014). Esto debido a sus características particulares como son los procesos evolutivos que han ocurrido en estos lugares y que han generado que las especies se adapten a condiciones ambientales extremas (Hole et al., 2011; Báez et al., 2016). Además, la mayoría de los estudios realizados en los Andes por lo general no consideran a los insectos, a pesar de su gran diversidad e importancia (Estrada & Fernández, 1999). En la presente investigación nos planteamos tres objetivos, evaluar si existe una correlación entre la diversidad (taxonómica y morfológica) de recursos florales y la diversidad (taxonómica) de insectos polinizadores en un ecosistema alto andino del sur del Ecuador usando la metodología de platos de colores, determinar la diversidad de recursos florales en el transecto estudiado, estimar la diversidad de insectos polinizadores Díptera e Himenóptera.

CAPÍTULO 1

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de estudio

La investigación se realizó en la estación la Estación Científica “El Gullán” de la Universidad del Azuay, situada en la parroquia Las Nieves del cantón Nabón, provincia del Azuay, Ecuador. Sus coordenadas geográficas son -3.338116° , -79.171707° , con una altura aproximada de 2.997 metros sobre el nivel del mar. La Estación Científica “El Gullán” conserva cerca de 136 hectáreas conformadas por varios tipos de vegetación, según (Sierra, 1999), se encuentra dentro del Matorral húmedo montano en la Cordillera de los Andes, zona compuesta por vegetación nativa arbustiva y en su mayoría herbácea (Ansaloni & Chacón, 2003). En general este ecosistema se encuentra dominado por vegetación arbustiva, que alcanza un dosel de aproximadamente dos metros de alto. En el sendero principal de la estación científica, se delimitó un transecto de 1 km, donde se ubican las diez estaciones de muestreo, separadas una de la otra con una distancia aproximada de 100 metros (Fig. 1), (Anexo 1). El rango altitudinal entre la estación uno y la estación diez va desde los 2993 m.s.n.m hasta los 2874 m.s.n.m respectivamente. En la zona de estudio la temperatura fluctúa entre los 7°C y 18°C , y la precipitación anual es de entre 250 a 750 mm (G.M.A.D, 2014).

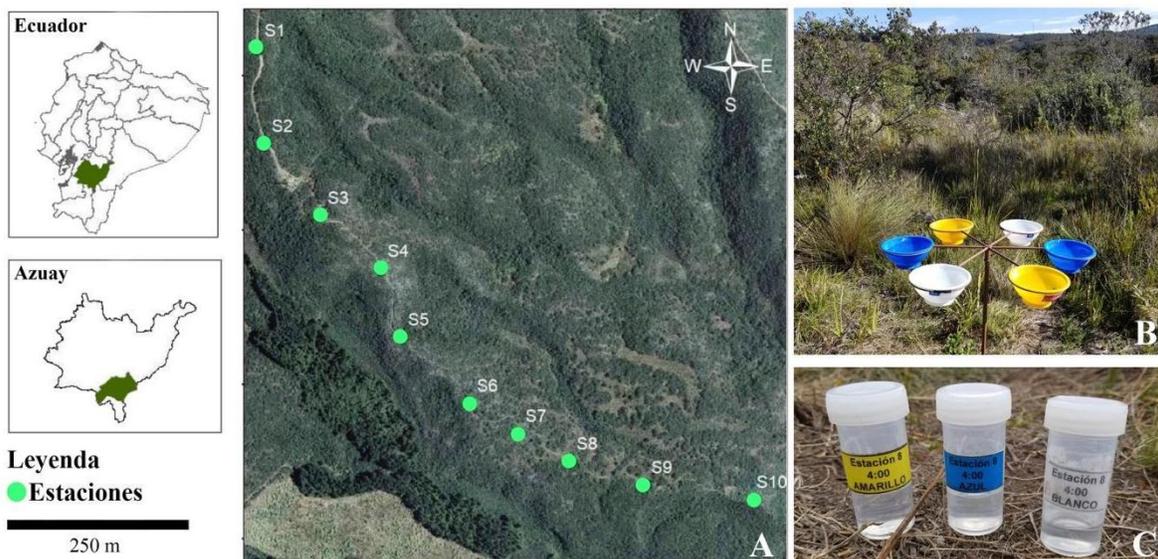


Figura 1. Área de estudio y metodología utilizada. A) Ubicación de las diez estaciones de muestreo; B) Estación de muestreo con los platos de colores; C) Frascos usados para separar las muestras en el campo de acuerdo a la estación, color y hora de colecta.

1.2 Taxones estudiados

En esta investigación nos enfocamos en el estudio de los insectos de los órdenes Díptera e Himenóptera, debido a que son considerados como grupos predominantes en el gremio de los polinizadores (Beattie, 1985; Kearns et al., 1998; Roig-Juñent et al., 2014)

Los himenópteros son uno de los órdenes de insectos más diverso, con aproximadamente 115 000 especies descritas (Goulet & Hubler, 1993; Nieves-Aldrey et al., 2006), pero estimaciones recientes indican que su verdadera diversidad es probablemente mucho mayor (Gaston, 1991; La Salle & Gauld, 1993; Hanson & Gauld, 1995; Gaston et al., 1996). A nivel ecosistémico se les considera como un grupo de insectos importante, con especies claves en la mayoría de los ecosistemas (Bawa et al., 1985), además, forman un componente principal de la biodiversidad, (Hawkins & Lawton, 1987). En este orden se encuentran los polinizadores más conocidos como las abejas. Por último, su coevolución con las angiospermas se manifiesta en las muchas adaptaciones morfológicas, de comportamiento y fisiológicas que las hacen más eficientes en la utilización de las flores (Baker & Hurd, 1968; Stephen et al., 1969; Proctor & Yeo, 1973; Faegri & Van Der Pijl, 1979; Medan, 2018). El orden Díptera, en el que se incluyen las moscas y mosquitos, es probablemente el segundo en importancia en la polinización de angiospermas (Larson et al., 2001). Las moscas visitan constantemente flores para alimentarse de néctar, polen, o de ambos recursos, pero también en busca de pareja, para oviponer, o para elevar su temperatura corporal (Medan, 2018).

1.3 Diseño experimental

1.3.1 Fase de campo

1.3.2 Recursos florales

Los recursos florales fueron estudiados en cada una de las estaciones, para esto se definió un radio de cinco metros alrededor de las estaciones, tomando como punto de referencia central

las trampas. El área total destinada al conteo de recursos florales fue de 1000 m², tamaño recomendado para especies vegetales en este tipo de ecosistema (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Posteriormente se recolectó las muestras botánicas, se las identificó en el herbario y se elaboró una guía de identificación (Anexo 2). Luego se realizó el conteo de las flores que se encontraban completamente abiertas, esto se realizó para cada especie de planta que se encontraba en el área designada de cada estación (Cornejo-Latorre et al., 2011). Las flores se consideraron abiertas si las anteras eran visibles. Mientras que, para las plantas con inflorescencias, se escogió tres plantas al azar de la misma especie, en cada planta se contó siete inflorescencias, posteriormente se contó el número de flores de cada inflorescencia, luego se calculó el número total de flores de cada inflorescencia se dividió para siete en cada planta, después se sumó el total de flores de cada planta y se dividió para tres (Anexo 3). Una inflorescencia fuertemente compacta (por ejemplo, Asteraceae,) se contó como una unidad de floración.

1.3.3 Riqueza y abundancia de insectos

Para coleccionar los insectos se usó el método de trampas de platos de colores (blanco, amarillo y azul), esta metodología ha sido ampliamente usada (Cane et al., 2000; Campbell & Hanula, 2007; Roulston et al., 2007; Souza et al., 2008; Abrahamczyk et al., 2010; Berglund, 2016; Wang et al., 2017), para realizar monitoreos de insectos polinizadores que visitan recursos florales de una manera cuantitativa. Este método ha demostrado ser eficiente debido a su bajo costo, simplicidad, y sobre todo a la posibilidad de coleccionar una amplia diversidad de insectos (Leong & Thorp, 1999).

En este método, el plato simula el color de las flores, en cada plato se coloca agua con jabón sin olor para que los insectos puedan caer en la trampa (Campbell & Hanula, 2007; Roulston et al., 2007; Vrdoljak, & Samways, 2012; Saunders & Luck, 2013), el color es un atrayente significativo para muchos insectos visitantes de las flores (antófilos). En consecuencia, esta técnica es considerada como eficiente para muestrear cuantitativamente ensamblajes de antófilos (Vrdoljak & Samways, 2012).

Este método se usó en cada una de las estaciones de muestreo (Fig. 1), en las cuales se instaló una estructura metálica de 50 centímetros de altura desde el suelo, diseñada con soportes para

seis platos de colores, que se colocaron de manera intercalada. Luego se agregó 150 ml de agua y una cucharada de detergente comercial sin olor en los platos, esto para romper la tensión superficial, de esta manera los insectos se hunden y quedan atrapados. Cada estación fue monitoreada en intervalos de dos horas (10:00 am, 12:00 am, 2:00 pm y 4:00 pm) dentro de las horas de mayor actividad de los polinizadores (Droege, 2005).

Los insectos fueron colectados con la ayuda de pinzas de punta plana y con goteros para no estropear a los individuos. Luego se depositaron en tubos etiquetados con la información correspondiente, de acuerdo con el número de estación, el color del plato y la fecha de muestreo (Fig. 1). Las muestras se conservaron con alcohol al 70% (Toller et al., 2005), y luego fueron trasladadas al laboratorio de Entomología de la Universidad de Azuay en Cuenca. Este protocolo de muestreo se realizó bimensualmente, durante un año desde marzo de 2018 hasta febrero del 2019 (24 muestreos).

1.4 Fase de laboratorio

1.4.1 Identificación taxonómica de recursos florales

Para la identificación taxonómica de las plantas se contó con la colaboración del Herbario Azuay de la Universidad del Azuay, y usando las guías de Flora del Páramo del Cajas, Azuay, Ecuador (Minga et al., 2016), y de la Guía de 100 Plantas silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas (Ulloa et al., 2009).

1.4.2 Determinación de caracteres morfológicos

El primer paso para evaluar la diversidad funcional de una comunidad consistió en identificar los rasgos funcionales que se tomaron en cuenta para el análisis. A estos se los define como rasgos biológicos que influyen en el desempeño de los organismos y que pueden estar relacionados con las interacciones biológicas (intra e interespecíficas) (Hooper et al., 2005; Villéger et al. 2010). En nuestra investigación se determinaron los siguientes caracteres morfológicos que han demostrado previamente ser informativos (Medel et al., 2003; McCarthy et al., 2016; Smith & Kriebel, 2018; Joly et al., 2018; Dodsworth et al., 2018).

La simetría de la flor clasificándole en actinomorfas y zigomorfas; esta simetría, puede en particular restringir los visitantes florales, ya sea por el tamaño corporal o por la longitud de

la lengua de los insectos (Faegri y van der Pijl, 1979; Feinsinger et al., 1986; McLernon et al., 1996). La corola clasificada como dialipétala o gamopétala, este carácter morfológico es importante para algunos polinizadores al atraerlos con guías de néctar dirigidas hacia el tubo de la corola (gamopétalas), mientras que otros insectos les atrae guías de néctar que se encuentran en flores no tubulares (dialipétala) (Medel et al., 2003).

La ubicación floral clasificada como terminal o axilar, este carácter se consideró debido a que la exhibición floral puede tener efectos similares en la aptitud de la planta en términos de atracción de polinizadores (Makino et al., 2007).

Otro carácter que fue considerado fue el tipo de inflorescencia (racimo, cimas, panícula o capítulo), se consideró el número de flores en las inflorescencias y su compactación, debido a la importancia que estos ejercen en el comportamiento de forrajeo de los polinizadores (Waser, 1983).

Finalmente se consideró el color de la corola tomando en cuenta tres grupos de colores amarillo, blanco y rojo. Como ya se mencionó anteriormente el color es un atractivo secundario de gran importancia en la atracción de polinizadores (Anexo 4).

1.4.3 Identificación taxonómica de insectos

La identificación taxonómica de los individuos colectados se realizó hasta nivel de familia, con la ayuda de un estereoscópico Nikon SMZ745T y según claves. Para Díptera se utilizó *The Natural History and Diversity of Diptera 1st Edition* (Marshall, 2012); y para Himenóptera, *The Bees of the World 2nd Edition* (Michener, 2007), *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families Edition* (Henri Goulet & John Huber, 1993), *Introduction to the Hymenoptera of the Neotropical Region Edition* (F. Fernández & MJ Sharkey (eds.), 2006). Además, se utilizó algunos recursos en línea como claves, descripciones o galerías de fotos.

Luego de la identificación los insectos se depositaron en microtubos de 1,5 mililitros con etanol al 96 por ciento, en cada tubo se colocó dos tipos de etiqueta, la primera contiene la información con el número de estación de muestreo, el color del plato, la hora y la fecha. La segunda etiqueta corresponde a un código único asociado con la colección del museo.

Posteriormente la información se ingresa a una base de datos, y finalmente los microtubos son colocados en cajas entomológicas que se encuentran divididas con las diferentes familias.

1.5 Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados por mes y por estación. Primero se aplicó un test de Shapiro-Wilk para constatar la normalidad de los datos. Luego, se calculó la riqueza y abundancia de los recursos florales y de los polinizadores.

Para calcular la diversidad taxonómica de las plantas y de insectos, se aplicó el índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949), para cuantificar la biodiversidad específica. Para este análisis se usó el paquete Vegan Ecological Diversity (Oksanen et al., 2010).

Para analizar la diversidad funcional de plantas se utilizó el paquete Distance-Based Functional Diversity Indices (FD) (Legendre & Anderson, 1999; Laliberté & Legendre, 2010; Schweiger et al., 2018). Posteriormente se seleccionó los tres índices, para medir la diversidad funcional de las plantas: índice FRic riqueza funcional, índice FEve equitatividad funcional, FDiv divergencia funcional.

Para evaluar la influencia de las variables predictoras (riqueza, abundancia, diversidad, riqueza funcional, diversidad y equidad funcional de plantas), sobre la riqueza, abundancia y diversidad de insectos se aplicó modelos lineales simples, donde se relacionó todas las variables predictoras con cada variable de respuesta.

Posteriormente se utilizó AIC (Akaike's Information Criterion) (Akaike, 1974), que es un criterio de información, el cual combina la teoría de máxima verosimilitud, información teórica y la entropía de información (Motulsky & Christopoulos, 2004). Este criterio tiene en cuenta los cambios en la bondad de ajuste y las diferencias en el número de parámetros entre dos modelos, las estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros que dan el mínimo de AIC definido por $AIC = (-2) \log \text{-(máxima verosimilitud)} + 2$ (número de parámetros ajustados independientemente dentro del modelo) (Gaona-Barrera, 2005). Los mejores modelos son aquellos que presentan el menor valor de AIC, es decir el compara una serie de modelos especificados a priori, el modelo con el AIC más bajo es el «Mejor» modelo entre

todos los modelos especificados para los datos disponibles (Mazerolle, 2004; Dirick, et al.,2015). Todos los análisis se realizaron en R versión 3.5.1.

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

2.1 Diversidad de recursos florales

En el periodo de muestreo se identificó un total de 61 especies de plantas (Anexo 6), 51 géneros y 32 familias, con una abundancia total de 119501 flores. Las plantas con mayor número de flores durante el periodo de muestreo fueron *Arcytophyllum* sp= 19064, *Arcytophyllum rivetii*=10391, *Stevia andina*=8055, *Miconia* sp=7316, *Macleania hirtiflora*=7131, *Ilex* sp=6920, *Monnina pycnophylla*=6376, *Miconia aspergilliaris*=5671, *Ageratina pseudochilca*=5011, y *Weinmannia fagaroides*=4881 (Fig. 2). La estación número diez fue la estación con mayor riqueza de plantas con 44 especies y con mayor abundancia en cuanto al número de flores con 14112. Mientras que la estación cuatro fue la estación con menor riqueza de plantas con 24 especies y con menor abundancia en cuanto al número de flores con 8007 flores.

En cuanto a la morfología floral, el resultado fue el siguiente, se identificaron 54 plantas con ubicación terminal y 7 con ubicación axilar; en relación a la forma, 39 fueron actinomorfas y 22 zigomorfas; en lo que concierne a la corola 32 plantas tienen flores con corolas dialipétalas y 28 gamopétalas, en relación a los tipos de inflorescencias encontramos que 25 plantas con inflorescencia de racimo, 18 en capítulo y 8 en cima, por último, en relación al color encontramos 27 plantas con flores blancas, 15 flores de color amarillos y 11 color morado (Anexo 5) . Estos resultados son los más significativos en cuanto a los caracteres morfológicos de las 61 especies de plantas (Fig. 2).

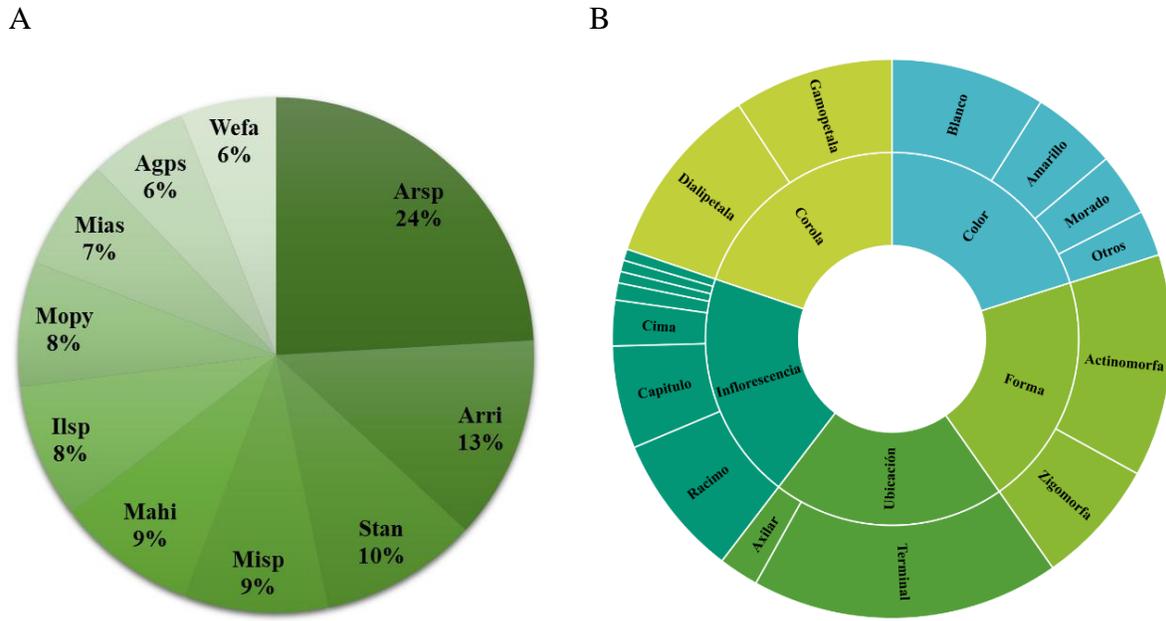
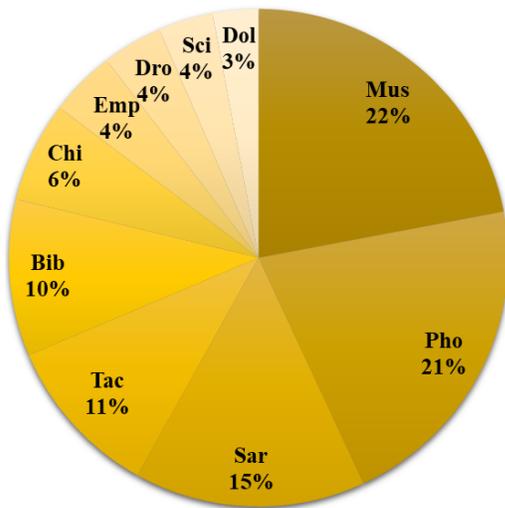


Figura 2. A) Abundancia porcentual de las diez especies de plantas con mayor contribución en el periodo de muestreo (marzo 2018 a febrero 2019). Arsp=*Arcytophyllum sp*, Arri=*Arcytophyllum rivetii*, Stan=*Stevia andina*, Misp=*Miconia sp*, Mahi=*Macleania hirtiflora*, Ilsp=*Ilex sp*, Mopy=*Monnina pycnophylla*, Mias=*Miconia aspergillararis*, Agps=*Ageratina pseudochilca*, Wefa=*Weinmannia fagaroides*. B) Caracteres morfológicos representativos de las 61 especies de plantas.

2.2 Diversidad de insectos

Con relación a los insectos, se colectó un total de 9050 insectos, el 70% pertenece al orden Díptera, con 47 familias (Anexo 7) y 6306 individuos, las 10 familias más abundantes dentro de este orden fueron, Muscidae=1190, Phoridae=1138, Sarcophagidae=809, Tachinidae=570, Bibionidae=550, Chironomidae=352, Empididae=231, Drosophilidae=211, Sciaridae=192, Dolichopodidae=160. A). Mientras que el 30% restante pertenece al orden Himenóptera, con 30 familias (Anexo 8) y 2744 individuos, las 10 familias más abundantes para este orden fueron, Halictidae=625, Apidae=315, Pergidae=313, Formicidae=216, Scelionidae=148, Pompilidae=147, Encyrtidae=133, Eulophidae=133, Platygasteridae=120, Diapriidae=94 (Fig. 3).

A)



B)

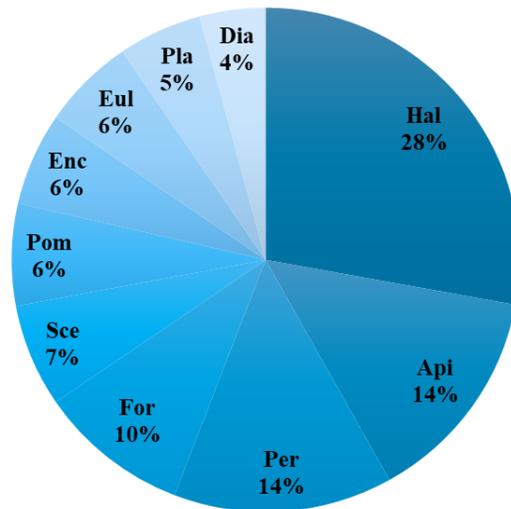


Figura 3. Abundancia porcentual de las familias más importantes de insectos polinizadores colectados. A) Orden Díptera, Mus=Muscidae, Pho=Phoridae, Sar=Sarcophagidae, Tac=Tachinidae, Bib=Bibionidae, Chi=Chironomidae, Emp=Empididae, Dro=Drosophilidae, Sci=Sciaridae, Dol=Dolichopodidae; B) Orden Himenóptera, Hal=Halictidae, Api=Apidae, Per=Pergidae, For=Formicidae, Sce=Scelionidae, Pom=Pompilidae, Enc=Encyrtidae, Eul=Eulophidae, Pla=Platygastridae, Dia=Diapriidae.

2.3 Relación de la diversidad de polinizadores con la diversidad de recursos florales

Con respecto a la relación entre la riqueza de Díptera, y las variables predictoras. Según la interpretación de valores AIC, los modelos con mejor soporte fueron la riqueza funcional y la riqueza taxonómica de plantas (Fig. 4 y Tabla. 9).

Tabla 9. Valores obtenidos de los modelos lineales entre las variables predictoras y la variable de respuesta para el orden Díptera.

| Variable Respuesta | Variabes Predictoras | df | AIC |
|--------------------|------------------------------|----|--------|
| Riqueza Díptera | Riqueza funcional plantas | 3 | 608.43 |
| | Riqueza taxonómica plantas | 3 | 608.63 |
| | Diversidad plantas | 3 | 622.93 |
| | Equidad funcional plantas | 3 | 627.99 |
| | Dispersión funcional plantas | 3 | 628.51 |
| | Abundancia plantas | 3 | 628.58 |

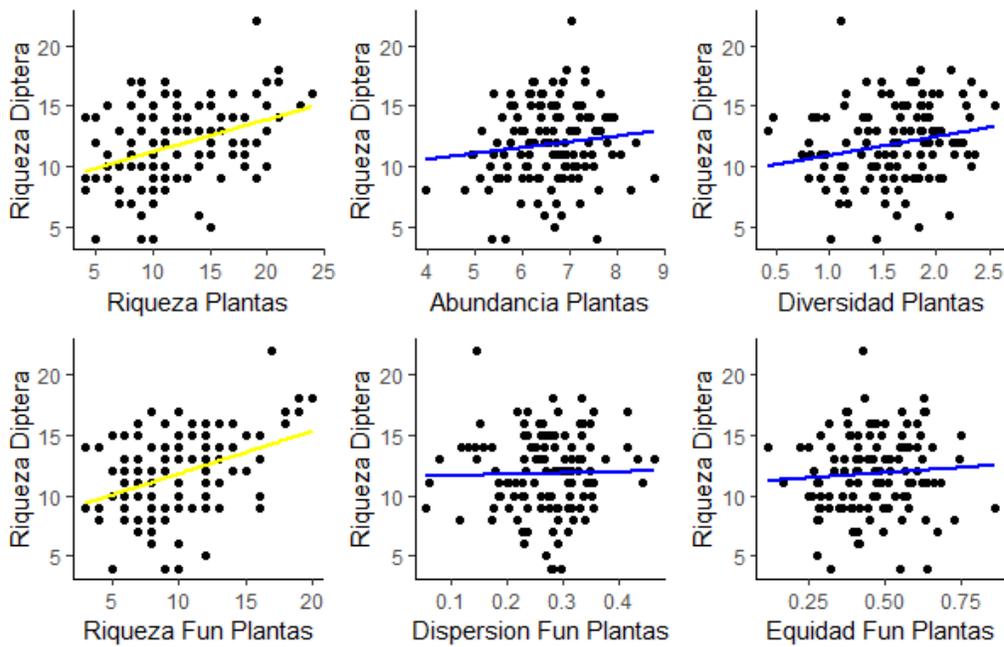


Figura 4. Modelos lineales con todas las variables predictoras en relación con la riqueza de Díptera. Líneas amarillas indican los modelos con mejor soporte.

Con respecto a la relación entre la riqueza del orden Himenóptera y las variables predictoras. Según la interpretación de valores AIC el modelo con mejor soporte fue la riqueza taxonómica de plantas (Fig. 5 y Tabla. 10).

Tabla 10. Valores obtenidos de los modelos lineales entre las variables predictoras y la variable de respuesta para el orden Himenóptera.

| Variable Respuesta | Variabes Predictoras | df | AIC |
|---------------------|------------------------------|----|--------|
| Riqueza Himenóptera | Riqueza taxonómica plantas | 3 | 609.40 |
| | Riqueza funcional plantas | 3 | 613.81 |
| | Diversidad plantas | 3 | 627.99 |
| | Dispersión funcional plantas | 3 | 637.47 |
| | Equidad funcional plantas | 3 | 638.34 |
| | Abundancia plantas | 3 | 639.39 |

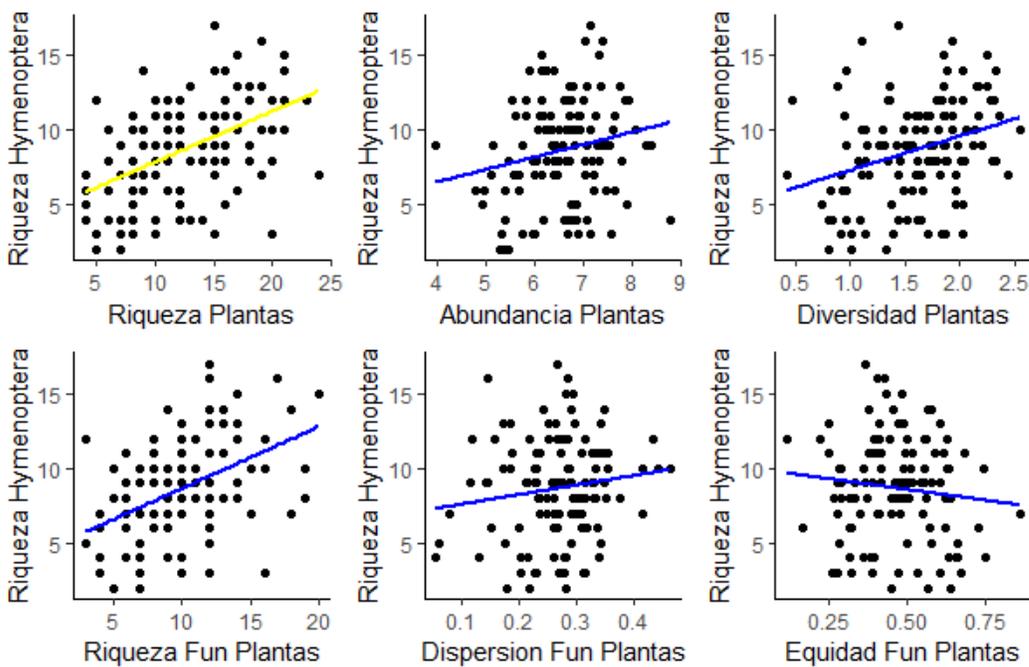


Figura 5. Modelos lineales con todas las variables predictoras en relación con la riqueza de Himenóptera. Línea amarilla indica el modelo con mejor soporte.

Con respecto a la relación entre la abundancia del orden Díptera y las variables predictoras. Según la interpretación de valores AIC los modelos con mejor soporte fueron la riqueza taxonómica y la riqueza funcional de plantas (Fig. 6 y Tabla. 11).

Tabla 11. Valores obtenidos de los modelos lineales entre las variables predictoras y la variable de respuesta para el orden Díptera.

| Variable Respuesta | Variabes Predictoras | df | AIC |
|--------------------|------------------------------|----|---------|
| Abundancia Díptera | Riqueza taxonómica plantas | 3 | 1155.38 |
| | Riqueza funcional plantas | 3 | 1156.98 |
| | Diversidad plantas | 3 | 1159.16 |
| | Dispersión funcional plantas | 3 | 1161.82 |
| | Equidad funcional plantas | 3 | 1171.39 |
| | Abundancia plantas | 3 | 1172.29 |

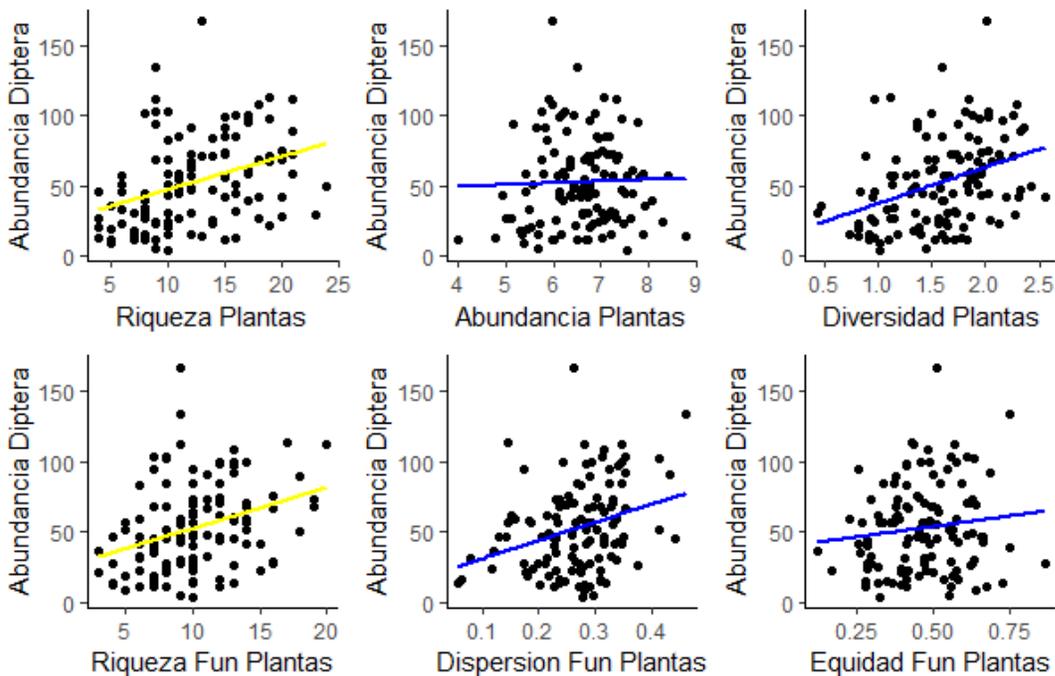


Figura 6. Modelos lineales con todas las variables predictoras en relación con la Abundancia de Díptera. Líneas amarillas indican los modelos con mejor soporte.

Con respecto a la relación entre la abundancia del orden Himenóptera y las variables predictoras. Según la interpretación de valores AIC el modelo con mejor soporte fue la riqueza de plantas (Fig. 7 y Tabla. 12).

Tabla 12. Valores obtenidos de los modelos lineales entre las variables predictoras y la variable de respuesta para el orden Himenóptera.

| Variable Respuesta | Variabes Predictoras | df | AIC |
|------------------------|------------------------------|----|--------|
| Abundancia Himenóptera | Riqueza taxonómica plantas | 3 | 955.07 |
| | Riqueza funcional plantas | 3 | 957.01 |
| | Diversidad plantas | 3 | 960.80 |
| | Dispersión funcional plantas | 3 | 965.32 |
| | Abundancia plantas | 3 | 969.68 |
| | Equidad funcional plantas | 3 | 969.78 |

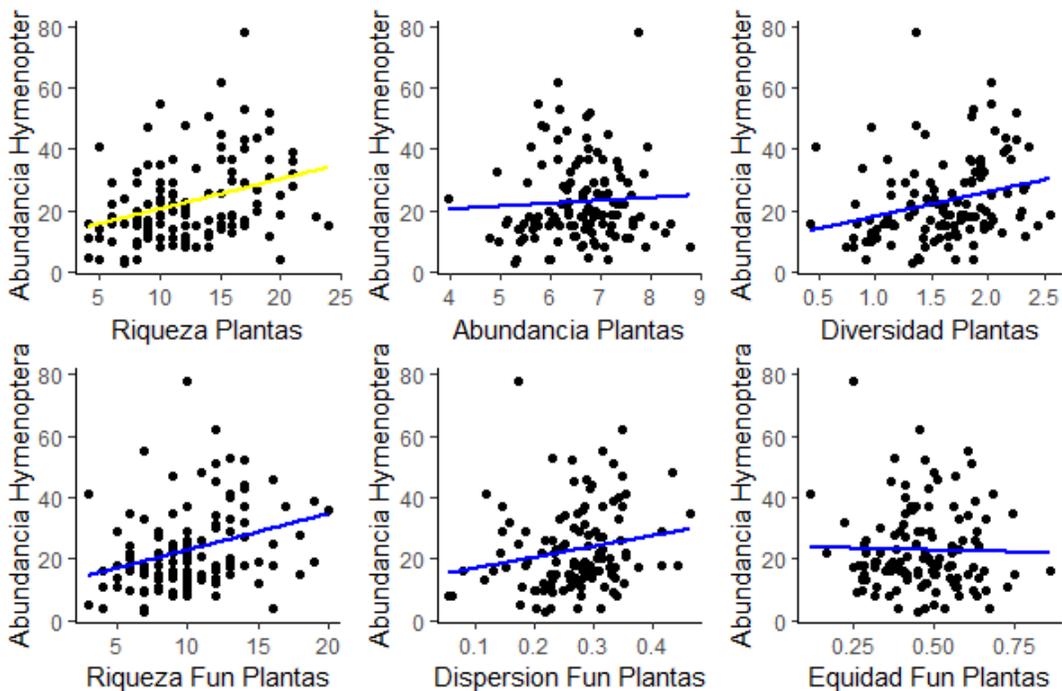


Figura 7. Modelos lineales con todas las variables predictoras en relación con la Abundancia de Himenóptera. Línea amarilla indican el modelo con mejor soporte.

Con respecto a la relación entre la diversidad del orden Díptera y las variables predictoras. Según la interpretación de valores AIC los modelos con mejor soporte fueron la riqueza funcional y la riqueza taxonómica de plantas (Fig. 8 y Tabla. 12).

Tabla 13. Valores obtenidos de los modelos lineales entre las variables predictoras y la variable de respuesta para el orden Díptera.

| Variable Respuesta | Variabes Predictoras | df | AIC |
|--------------------|------------------------------|----|-------|
| Diversidad Díptera | Riqueza funcional plantas | 3 | 74.81 |
| | Riqueza taxonómica plantas | 3 | 75.36 |
| | Dispersión funcional plantas | 3 | 79.01 |
| | Abundancia plantas | 3 | 82.85 |
| | Diversidad plantas | 3 | 83.75 |
| | Equidad funcional plantas | 3 | 83.78 |

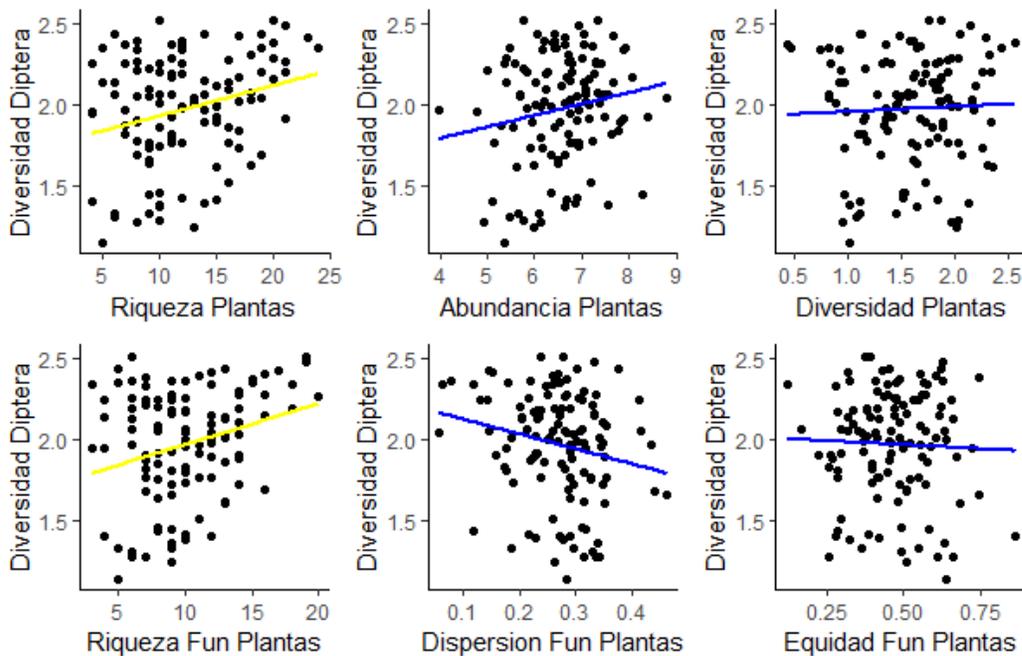


Figura 8. Modelos lineales con todas las variables predictoras en relación con la Diversidad de Díptera. Líneas amarillas indican los modelos con mejor soporte.

Con respecto a la relación entre la diversidad del orden Himenóptera y las variables predictoras. Según la interpretación de valores AIC el modelo con mejor soporte fue la riqueza taxonómica de plantas (Fig. 9 y Tabla 14).

Tabla 14. Valores obtenidos de los modelos lineales entre las variables predictoras y la variable de respuesta para el orden Himenóptera.

| Variable Respuesta | Variables Predictoras | df | AIC |
|---------------------------|------------------------------|-----------|------------|
| Diversidad Himenóptera | Riqueza taxonómica plantas | 3 | 138.19 |
| | Riqueza funcional plantas | 3 | 143.17 |
| | Diversidad plantas | 3 | 154.09 |
| | Dispersión funcional plantas | 3 | 164.57 |
| | Equidad funcional plantas | 3 | 165.55 |
| | Abundancia plantas | 3 | 165.89 |

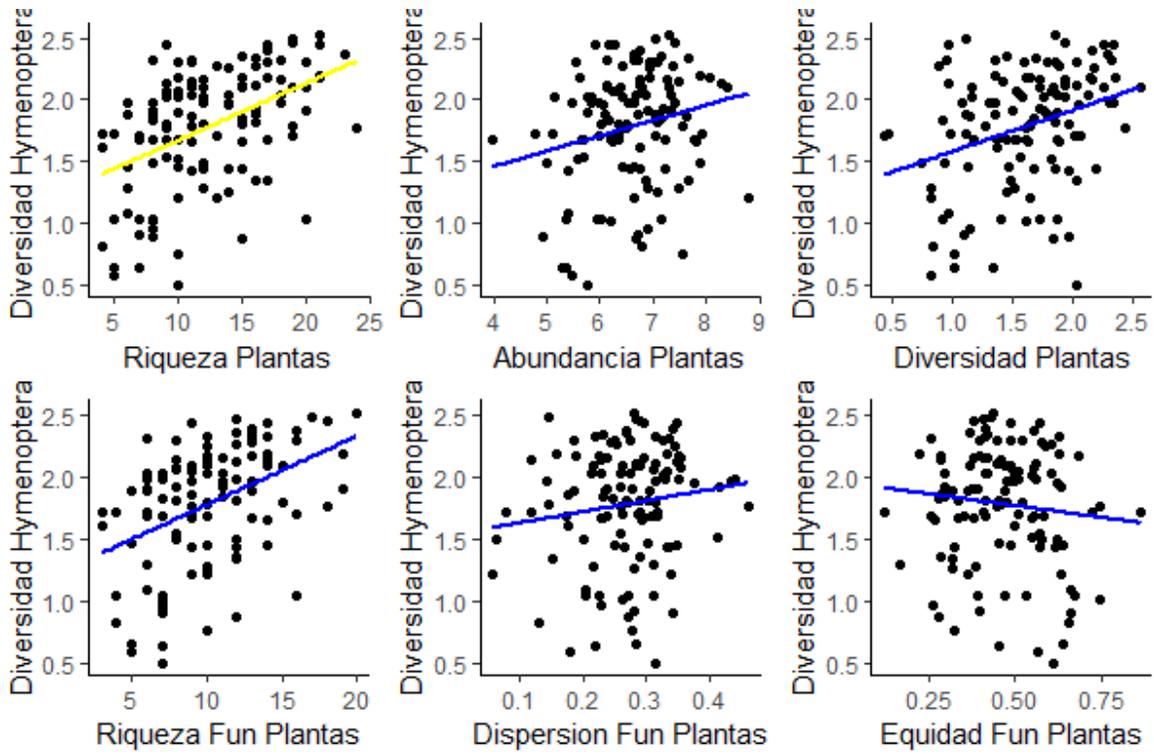


Figura 9. Modelos lineales con todas las variables predictoras en relación con la Diversidad de Himenóptera. Línea amarilla indica el modelo con mejor soporte.

CAPÍTULO 3

DISCUSIONES

Entender las interacciones que se dan entre comunidades biológicas es un gran desafío para la ecología. En nuestra investigación nos enfocamos en evaluar si existe una correlación entre la diversidad de recursos florales (taxonómica y funcional) y la diversidad de insectos polinizadores. Los resultados obtenidos indican que existe un mayor número de dípteros, este resultado podría ser atribuido a que los dípteros, en general prefieren hábitats montanos y ambientes relativamente húmedos (Marshall, 2012). Estas características ambientales coinciden con nuestra área de estudio. Además, se sabe que los dípteros prefieren flores miófilas que son abiertas, aplanadas y se agrupan en inflorescencias de color blanco, amarillo o crema (Willmer, 2011). Los insectos del orden Himenóptera prefieren lugares relativamente secos, y prefieren flores de colores amarillos, violetas o azules (Stefanescu et al., 2018), estos datos coinciden con nuestros resultados.

Posteriormente, se evaluó la influencia de las variables predictoras (riqueza, abundancia, y dispersión funcional de las flores), sobre la riqueza y abundancia de insectos usando modelos lineales simples, los resultados de estos análisis indican que las variables riqueza taxonómica y riqueza funcional de las flores, son las variables predictoras que mejor explican la diversidad de polinizadores. Otros estudios también han demostrado que la riqueza taxonómica y la riqueza funcional tienen una relación positiva con la diversidad de polinizadores (Siemann et al., 1998; Haddad et al., 2001; Fontaine et al., 2005; Ghazoul, 2006; Schaffers et al., 2008; Ebeling et al., 2011; Alonso et al., 2017; Grover et al., 2017); demostrando que una mayor riqueza de plantas y diversidad funcional proporciona una mayor diversidad de recursos para los insectos y por ende una mayor diversidad de estos (Murdoch et al., 1972; Southwood et al., 1979; Knops et al. 1999).

Además, esta diversidad de recursos (taxonómica y funcional), genera una heterogeneidad que permite que las especies animales coexistan a través de la partición de nicho (Vellend, 2008), esta es probablemente la razón de las correlaciones positivas encontradas (Gaston & David, 1994; Duelli & Obrist, 1998; Myers et al., 2000). También se sabe que esto promueve la alta especialización entre planta-polinizador (Johnson, 2006; Kay & Sargent, 2009; Fründ

et al., 2010; Van Der Niet et al., 2014). Este principio, expuesto inicialmente por Stebbins (1970), postula que la selección natural beneficiará aquellos rasgos morfológicos, fisiológicos o ecológicos de las plantas que sirvan para atraer a visitantes florales que polinizan más eficientemente (Faegri & Van Der Pijl, 1979; Armbruster et al., 2000; Johnson & Steiner, 2000). Según este postulado una gran cantidad de plantas deberían ser polinizadas por un grupo pequeño de especies eficientes, fenómeno que se denomina especialización adaptativa mediada por polinizadores (Thompson, 1994) y la cual puede ser la causante de la diversidad de polinizadores encontrada.

También, este alto grado de especialización de los polinizadores proporciona una explicación para la correlación positiva entre la diversidad funcional de las flores y la diversidad de los polinizadores. Una de las maneras de evidenciar esta alta especialización entre estos dos grupos es que los polinizadores se consideran particularmente vulnerables a la pérdida de especies de plantas, por esta alta especialización (Fründ et al., 2010).

Es importante considerar que las variables predictoras analizadas no son las únicas. Desde el punto de vista de los consumidores (polinizadores), las diferencias en otros caracteres como la fenología de la floración, el tamaño de la flor o la variación nutricional en los recursos florales (néctar, polen) pueden también ser importantes. Desde el punto de vista de las plantas, la variación temporal o ambiental en las actividades de los polinizadores también pueden contribuir a efectos en la polinización de las comunidades de plantas. Otro factor importante a considerar es la competencia entre las plantas por los servicios de polinizadores, lo cual puede determinar la estructura de la comunidad floral mediante la exclusión competitiva y la diferenciación de formas o fenologías florales (Campbell, 1985; Stone et al., 1998; Fishman & Wyatt 1999; Caruso 2000; Brown & Mitchell, 2001; Brown et al. 2002). Sin embargo, el enfoque de nuestra investigación no permite diferenciar entre los mecanismos detrás de la partición de las flores y las preferencias, como el comportamiento, las preferencias fundamentales de los individuos, la heterogeneidad en el espacio y el tiempo, la competencia o la agregación intraespecífica.

Aunque nuestros resultados muestran algunos patrones claros, es importante considerar otros factores que tal vez pueden afectar nuestros resultados. Por ejemplo, algo importante a considerar es que los insectos al visitar las flores obtienen varios recursos como alimento,

lugar para ovipositar, otros buscan una oportunidad de apareamiento, o buscan presas, es por eso que no todos los insectos recolectados y utilizados para nuestros análisis no necesariamente transfieren polen, es decir solo actúan como oportunistas y, por ende, no se les podría considerar como verdaderos polinizadores (Irwin & Maloof, 2002). Por lo que identificar a un insecto como verdadero polinizador es algo importante a considerar a futuro. Es por esto que a pesar de que nuestros resultados muestran correlaciones positivas estos deberían ser reanalizados a futuro cuando se puedan identificar correctamente cuáles de estos insectos en realidad están polinizando. También, otro aspecto que dificulta llegar a resultados más conclusivos es el nivel taxonómico al que se trabajó en cuanto a los insectos, al identificarlos a nivel de familia, existe mucha variabilidad dentro de cada una de estas en cuanto a las plantas que éstos visitan (Primack & Silander, 1975; Primack, 1978; Poelman, 2018), lo cual pudo haber generado ruido en nuestros resultados.

En nuestra investigación no se tomó en cuenta variables ambientales, ni características físicas de las diez estaciones de muestreo, las cuales pudieron influir en nuestros resultados, ya que como se conoce la diversidad de insectos es dependiente de factores estacionales (May, 1979), por lo que sería importante tomar en cuenta la estacionalidad en futuros estudios (invierno o verano) y los factores ambientales asociados que podrían afectar el número de insectos colectados en un día de muestreo (Lawson & Rands, 2019). Por otra parte, los rasgos morfológicos considerados para nuestros análisis pudieron no haber sido suficientes ya que se pudo considerar otras variables como se ha mencionado anteriormente.

En cuanto a las características ecológicas de las estaciones de muestreo, consideramos que estas no son homogéneas, como por ejemplo la estación diez está rodeada de vegetación más densas y se encuentra cerca de una quebrada, por otro lado, la estación cuatro, se encuentra en una zona más expuesta y sin tanta vegetación cercana, y en una parte alta de una colina, por lo que esta heterogeneidad debería ser considerada a futuro. Por último, incluso el método de muestreo utilizado, platos de colores, puede haber tenido un efecto sobre nuestros resultados, ya que el color es un atrayente importante para muchos insectos, pudiendo causar un sesgo o una variable tramposa, debido a que en algunos casos el color es uno de los principales rasgos florales utilizados por los polinizadores para localizar flores (Reverté et al., 2016).

Pero a pesar, de todos los posibles sesgos y limitantes en nuestros resultados, podemos resaltar que este trabajo constituye la primera investigación en explorar las correlaciones entre los insectos, las plantas que éstos visitan y los rasgos funcionales de estas, en los Andes tropicales. Esto es un aporte significativo a este tipo de estudios, porque generalmente estos se centran en evaluar únicamente la estructura taxonómica de las comunidades sin considerar la estructura funcional de las comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrahamczyk, S., Steudel, B., & Kessler, M. (2010). Sampling Himenóptera along a precipitation gradient in tropical forests: the effectiveness of different coloured pan traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 137(3), 262-268.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. In *Selected Papers of Hirotugu Akaike* (pp. 215-222). Springer, New York, NY.
- Alonso, C., Arceo-Gómez, G., Meindl, G. A., Abdala-Roberts, L., Parra-Tabla, V., & Ashman, T. L. (2017). Delimiting plant diversity that is functionally related via interactions with diurnal pollinators: An expanded use of rarefaction curves. *Flora*, 232, 56-62.
- Ansaloni, R., & Chacón, G. (2003). Interacción suelo, vegetación y agua: el efecto de las plantaciones de pino en ecosistemas altoandinos del Azuay y Cañar. *UNIVERSIDAD ce VERDAD*, 166.
- Armbruster, S., Fenster, C., & Dudash, M. (2000). Pollination 'principles' revisited: specialization, pollination syndromes, and the evolution of flowers. *The Scandinavian Association for Pollination Ecology Honours Knut Faegri*, 39, 179-200.
- Báez, S., Jaramillo, L., Cuesta, F., & Donoso, D. A. (2016). Effects of climate change on Andean biodiversity: a synthesis of studies published until 2015. *Neotropical Biodiversity*, 2(1), 181-194.
- Baker, H. G., & Hurd Jr, P. D. (1968). Intrafloral ecology. *Annual review of entomology*, 13(1), 385-414.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J., & Olesen, J. M. (2003). The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(16), 9383-9387.
- Bawa, K. S., Perry, D. R., & Beach, J. H. (1985). Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *American journal of botany*, 72(3), 331-345.
- Beattie, A. J. (1985). *The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms*. Cambridge University Press.
- Berglund, H. L. (2016). Effects of flower abundance and colour on pan-trap catches.
- Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014). Larger patches of diverse floral resources increase insect pollinator density, diversity, and their pollination of native wildflowers. *Basic and Applied Ecology*, 15(8), 701-711.
- Brody, A. K. (1997). Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. *Ecology*, 78(6), 1624-1631.
- Brown, B. J., & Mitchell, R. J. (2001). Competition for pollination: effects of pollen of an invasive plant on seed set of a native congener. *Oecologia*, 129(1), 43-49.

- Brown, B. J., Mitchell, R. J., & Graham, S. A. (2002). Competition for pollination between an invasive species (purple loosestrife) and a native congener. *Ecology*, 83(8), 2328-2336.
- Campbell, D. R. (1985). Pollinator sharing and seed set of *Stellaria pubera*: competition for pollination. *Ecology*, 66(2), 544-553.
- Campbell, J. W., & Hanula, J. L. (2007). Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, 11(4), 399-408.
- Cane, J. H., Minckley, R. L., & Kervin, L. J. (2000). Sampling bees (Himenóptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 225-231.
- Caruso, C. M. (2000). Competition for pollination influences selection on floral traits of *Ipomopsis aggregata*. *Evolution*, 54(5), 1546-1557.
- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L. et al. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Cornejo-Latorre, C., Rojas-Martínez, A. E., Aguilar-López, M., & Juárez-Castillo, L. G. (2011). Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de los recursos quiropterófilos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Therya*, 2(2), 169-182.
- Díaz, S., Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 646- 655.
- Dirick, L., Claeskens, G., & Baesens, B. (2015). An Akaike information criterion for multiple event mixture cure models. *European Journal of Operational Research*, 241(2), 449-457.
- Dodsworth, S., Orejuela, A., Pérez-Escobar, O., Särkinen, T., & Knapp, S. (2018). Digest: Shape-shifting in Solanaceae flowers: The influence of pollinators.
- Droege, S. (2005). Tips on how to use bee bowls to collect bees. Available from: [http://online.sfsu.edu/~beeplot/pdfs/bee% 20bowl](http://online.sfsu.edu/~beeplot/pdfs/bee%20bowl), 20.
- Duelli, P., & Obrist, M. K. (1998). In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity & Conservation*, 7(3), 297-309.
- Ebeling, A., Klein, A. M., & Tschardtke, T. (2011). Plant–flower visitor interaction webs: temporal stability and pollinator specialization increases along an experimental plant diversity gradient. *Basic and Applied Ecology*, 12(4), 300-309.
- Endress, PK (2001). Orígenes de la morfología de las flores. *Diario de zoología experimental* , 291 (2), 105-115.
- Estrada, C., & Fernández, F. (1999). Diversidad de hormigas (Himenóptera : Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 189-201.

Faegri K & L Van Der Pijl (1979) The principles of pollination ecology. Tercera edición. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom. 244 pp.

Faegri, K., & Van Der Pijl, L. (2013). Principles of pollination ecology. Elsevier.

Feinsinger, P., Murray, K. G., Kinsman, S., & Busby, W. H. (1986). Floral neighborhood and pollination success in four hummingbird-pollinated cloud forest plant species. *Ecology*, 67(2), 449-464.

Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 375-403.

Fiedler, A. K., & Landis, D. A. (2007). Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. *Environmental entomology*, 36(4), 751-765.

Fishman, L., & Wyatt, R. (1999). Pollinator-mediated competition, reproductive character displacement, and the evolution of selfing in *Arenaria uniflora* (Caryophyllaceae). *Evolution*, 53(6), 1723-1733.

Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J., & Loreau, M. (2005). Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS biology*, 4(1), e1.

Footitt, R. G., & Adler, P. H. (Eds.). (2009). Insect biodiversity: science and society. John Wiley & Sons.

Fründ, J., Linsenmair, K. E., & Blüthgen, N. (2010). Pollinator diversity and specialization in relation to flower diversity. *Oikos*, 119(10), 1581-1590.

G.M.A.D. (2014). Catón Nabón. Gobierno Municipal Autónomo Descentralizado de Nabón. Obtenido de: http://www.nabon.gob.ec/sitio/images/pdf/PLAN_DESARROLLO_LOCAL.pdf.

Galen, C. (1999). Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *Bioscience*, 49(8), 631-640.

Gaona-Barrera, L. M. (2005). *Matrices de covarianza estructuradas en modelos con medidas repetidas* (Doctoral dissertation).

Gaston, K. J. (1991). The magnitude of global insect species richness. *Conservation biology*, 5(3), 283-296.

Gaston, K. J., & David, R. (1994). Hotspots across Europe. *Biodiversity letters*, 108-116.

Gaston, K., Gauld, I., & Hanson, P. (1996). The size and composition of the Hymenoptera fauna of Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 23(1), 105-113.

Ghazoul, J. (2006). Floral diversity and the facilitation of pollination. *Journal of ecology*, 94(2), 295-304.

Glover, B. J. (2007). Understanding flowers and flowering. Oxford University Press.

- González-Varo, J. P., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Potts, S. G., Schweiger, O., Smith, H. G., ... & Vilà, M. (2013). Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in ecology & evolution*, 28(9), 524-530.
- Goulet, H., & Huber, J. T. (1993). *Himenóptera of the world: an identification guide to families*.
- Grant, K. A., & Grant, V. (1968). *Hummingbirds and their flowers*. Columbia University Press.
- Grover, S. N., Miller, J. E., & Damschen, E. I. (2017). Indirect Effects of Landscape Spatial Structure and Plant Species Richness on Pollinator Diversity in Ozark Glades. *Castanea*, 82(1), 24-31.
- Haddad, N. M., Tilman, D., Haarstad, J., Ritchie, M., & Knops, J. M. (2001). Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: a field experiment. *The American Naturalist*, 158(1), 17-35.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... & Goulson, D. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 12(10), e0185809.
- Hanson, P. E., & Gauld, I. D. (1995). *The Himenóptera of Costa Rica (No. 595.79 H95)*.
- Hawkins, B. A., & Lawton, J. H. (1987). Species richness for parasitoids of British phytophagous insects. *Nature*, 326(6115), 788.
- Hegland, S. J., & Boeke, L. (2006). Relationships between the density and diversity of floral resources and flower visitor activity in a temperate grassland community. *Ecological Entomology*, 31(5), 532-538.
- Hoffmeister, M., Wittköpper, N., y Junker, RR (2016). Los cambios inducidos por los herbívoros en el aroma y la morfología de las flores afectan la estructura de las redes de flores y visitantes, pero no la reproducción de las plantas. *Oikos*, 125 (9), 1241-1249.
- Hole, D. G., Young, K. R., Seimon, A., Gomez, C., Hoffmann, D., Schutze, K., ... & Ramirez, E. (2011). Adaptive management for biodiversity conservation under climate change—A tropical Andean perspective. SK Herzog, R. Martínez, PM Jørgensen y H. Tiessen (comps.), *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. São José dos.
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., ... & Schmid, B. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75(1), 3-35.
- IPCC, F. C. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of WorkingGroup II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY , USA., 1132.
- Irwin, R. E., & Maloof, J. E. (2002). Variation in nectar robbing over time, space, and species. *Oecologia*, 133(4), 525-533.

- Johnson, S. D. (2006). Pollinator-driven speciation in plants (pp. 295-310). Ecology and evolution of flowers. Oxford: Oxford University Press.
- Johnson, S. D., & Steiner, K. E. (2000). Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in ecology & evolution*, 15(4), 140-143.
- Joly, S., Lambert, F., Alexandre, H., Clavel, J., Lévillé-Bourret, É., & Clark, J. L. (2018). Greater pollination generalization is not associated with reduced constraints on corolla shape in Antillean plants. *Evolution*, 72(2), 244-260.
- Kay, K. M., & Sargent, R. D. (2009). The role of animal pollination in plant speciation: integrating ecology, geography, and genetics. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 637-656.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., & Waser, N. M. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 83-112.
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., ... & Wagner, D. L. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244), 177-180.
- Kevan, P. G. (1972). Floral colors in the high arctic with reference to insect-flower relations and pollination. *Canadian Journal of Botany*, 50(11), 2289-2316.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschardt, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270(1518), 955-961.
- Knops, JM, Tilman, D., Haddad, DN, Naeem, S., Mitchell, CE, Haarstad, J., ... y Groth, J. (1999). Efectos de la riqueza de especies de plantas en la dinámica de invasión, brotes de enfermedades, abundancia de insectos y diversidad. *Ecology Letters*, 2 (5), 286-293.
- Kuppler, J., Höfers, MK, Trutschig, W., Bathke, AC, Eiben, JA, Daehler, CC, y Junker, RR (2017). Los visitantes de flores exóticas explotan grandes espacios de rasgos florales que resultan en una partición de recursos asimétrica con visitantes nativos. *Ecología funcional*, 31 (12), 2244-2254.
- La libérté, E., & Legendre, P. (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91(1), 299-305.
- La Salle, J., & Gauld, I. D. (1993). Himenóptera : their biodiversity, and their impact on the diversity of other organisms. *Himenóptera and biodiversity.*, 1-26.
- Larson, B. M. H., Kevan, P. G., & Inouye, D. W. (2001). Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *The Canadian Entomologist*, 133(4), 439-465.
- Lawson, D. A., & Rands, S. A. (2019). The effects of rainfall on plant-pollinator interactions. *Arthropod-Plant Interactions*, 1-9.

- Legendre, P., & Anderson, M. J. (1999). Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological monographs*, 69(1), 1-24.
- Leong, J. M., & Thorp, R. W. (1999). Colour-coded sampling: the pan trap colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. *Ecological Entomology*, 24(3), 329-335.
- Lister, B. C., & Garcia, A. (2018). Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(44), E10397-E10406.
- MacArthur, R. (1955). Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *ecology*, 36(3), 533-536.
- Makino, T. T., Ohashi, K., & Sakai, S. (2007). How do floral display size and the density of surrounding flowers influence the likelihood of bumble bee revisitation to a plant?. *Functional Ecology*, 21(1), 87-95
- Marshall, S. A. (2012). Flies the natural history & diversity of Díptera (No. 595.77 M3)
- May, M. L. (1979). Insect thermoregulation. *Annual review of entomology*, 24(1), 313-349.
- Mazerolle, M. J. (2004). Appendix 1: Making sense out of Akaike's Information Criterion (AIC): its use and interpretation in model selection and inference from ecological data. *Mouvements et reproduction des amphibiens en tourbières perturbées*, 174-190.
- McCarthy, E. W., Chase, M. W., Knapp, S., Litt, A., Leitch, A. R., & Le Comber, S. C. (2016). Transgressive phenotypes and generalist pollination in the floral evolution of *Nicotiana* polyploids. *Nature plants*, 2(9), 16119.
- McLernon, S. M., Murphy, S. D., & Aarssen, L. W. (1996). Heterospecific pollen transfer between sympatric species in a midsuccessional old-field community. *American Journal of Botany*, 83(9), 1168-1174.
- Medan, D. (2018). Insectos polinizadores: diversidad global e importancia local la polinización entomófila (Pollinating insects: global diversity and local importance of entomophilous pollination). En *Biodiversidad de los Artrópodos Argentinos*, vol. 2. (págs. 53-61). Argentina.
- Medel, R., Botto-Mahan, C., & Kalin-Arroyo, M. (2003). Pollinator-mediated selection on the nectar guide phenotype in the Andean monkey flower, *Mimulus luteus*. *Ecology*, 84(7), 1721-1732.
- Minga, D., Ansaloni, R., Verdugo, A., & Ulloa, C. (2016). Flora del Páramo del Cajas, Azuay, Ecuador. Universidad del Azuay.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal.

- Motulsky, H., & Christopoulos, A. (2004). *Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression: a practical guide to curve fitting*. Oxford University Press.
- Murdoch, W. W., Evans, F. C., & Peterson, C. H. (1972). Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology*, 53(5), 819-829.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853.
- Naeem, S., Wright, J.P. 2003. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecology Letters* 6: 567-579.
- Nieves-Aldrey, J. L., Fontal-Cazalla, F., & Fernández, F. (2006). Introducción a los Himenóptera de la Región Neotropical. Universidad Nacional de Colombia.
- Obeso, J. R., & Herrera, J. M. (2018). Polinizadores y cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 27(2), 52-59.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'hara, R. B., Simpson, G. L., ... & Wagner, H. (2010). *Vegan: community ecology package*. R package version 1.17-4. <http://cran.r-project.org>. Acceso em, 23, 2010
- Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., Dubuis, A., & Guisan, A. (2010). Spatial pattern of floral morphology: possible insight into the effects of pollinators on plant distributions. *Oikos*, 119(11), 1805-1813.
- Peñalver, E., & Delclòs, X. (2004). Insectos del Mioceno inferior de Ribesalbes (Castellón, España). *Interacciones planta-insecto*. Treballs del Museu de Geologia de Barcelona, 12, 69-95.
- Poelman, E. H., & Dicke, M. (2018). Plant-mediated interactions among insects within a community ecological perspective. *Annual Plant Reviews online*, 309-337.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities. *Ecology*, 84(10), 2628-2642.
- Potts, S. G., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. G. (2004). Nectar resource diversity organises flower-visitor community structure. *Entomologia experimentalis et applicata*, 113(2), 103-107.
- Primack, R. B. (1978). Variability in New Zealand montane and alpine pollinator assemblages. *New Zealand journal of ecology*, 1, 66-73.
- Primack, R. B., & SILANDER JR, J. A. (1975). Measuring the relative importance of different pollinators to plants. *Nature*, 255(5504), 143.
- Proctor, M., & Yeo, P. (1973). *The pollination of flowers*.

- Reverté, S., Retana, J., Gómez, J. M., & Bosch, J. (2016). Pollinators show flower colour preferences but flowers with similar colours do not attract similar pollinators. *Annals of botany*, 118(2), 249-257.
- Ricketts, T. H. (2004). Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation biology*, 18(5), 1262-1271.
- Roig-Juñent, S., Claps, L. E., & Morrone, J. J. (2014). Biodiversidad de artrópodos argentinos. Volumen II. Sociedad Entomológica Argentina. Buenos Aires. Argentina.
- Rosas-Guerrero, V., Aguilar, R., Martín-Rodríguez, S., Ashworth, L., Lopezariza-Mikel, M., Bastida, J. M., & Quesada, M. (2014). A quantitative review of pollination syndromes: do floral traits predict effective pollinators. *Ecology letters*, 17(3), 388-400.
- Roulston, T. A. H., Smith, S. A., & Brewster, A. L. (2007). A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Himenóptera : Apiformes) fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(2), 179-181.
- Saunders, M. E., & Luck, G. W. (2013). Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat. *Australian Journal of Entomology*, 52(2), 106-113.
- Schaffers, A. P., Raemakers, I. P., Sýkora, K. V., & Ter Braak, C. J. (2008). Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition. *Ecology*, 89(3), 782-794.
- Schweiger, AK, Cavender-Bares, J., Townsend, PA, Hobbie, SE, Madritch, MD, Wang, R., ... y Gamon, JA (2018). La diversidad espectral de las plantas integra componentes funcionales y filogenéticos de la biodiversidad y predice la función del ecosistema. *Ecología de la naturaleza y evolución*, 1.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*—University of Illinois Press. *Urbana*, 117.
- Siemann, E., Tilman, D., Haarstad, J., & Ritchie, M. (1998). Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *The American Naturalist*, 152(5), 738-750.
- Sierra, M. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto Inefan/Gef-Birf y Ecociencia.
- Smith, S. D., & Kriebel, R. (2018). Convergent evolution of floral shape tied to pollinator shifts in Iochrominae (Solanaceae). *Evolution*, 72(3), 688-697.
- Souza, L. D., & Campos, M. J. D. O. (2008). Composition and diversity of bees (Himenóptera) attracted by Moericke traps in an agricultural area in Rio Claro, state of São Paulo, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 98(2), 236-243.
- Stebbins, G. L. (1970). Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms, I: pollination mechanisms. *Annual review of ecology and systematics*, 1(1), 307-326.
- Stefanescu, C., Asís, J. D., Baños-Picón, L., Cerdà, X., García, M. A. M., Micó, E., ... & Tormos, J. (2018). Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica. *Revista Ecosistemas*, 27(2), 9-22.

- Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (1999). Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*, 121(3), 432-440.
- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., & Tschardtke, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83(5), 1421-1432.
- Stephen, W. P., Bohart, G. E., & Torchio, P. F. (1969). *The Biology and External Morphology of Bees*. Oregon State Univ. Press, Corvallis.
- Stone, G. N., Willmer, P., & Rowe, J. A. (1998). Partitioning of pollinators during flowering in an African Acacia community. *Ecology*, 79(8), 2808-2827.
- Strauss, S. Y. (1997). Floral characters link herbivores, pollinators, and plant fitness. *Ecology*, 78(6), 1640-1645.
- Sutherland, S. D., & Vickery Jr, R. K. (1993). On the relative importance of floral color, shape, and nectar rewards in attracting pollinators to *Mimulus*. *The Great Basin Naturalist*, 107-117.
- Symstad, A. J., Tilman, D., Willson, J., & Knops, J. M. (1998). Species loss and ecosystem functioning: effects of species identity and community composition. *Oikos*, 389-397.
- Thompson, J. N. (1994). *The coevolutionary process*. University of Chicago Press.
- Toller, T. R., Evans, E. W., & Tepedino, V. J. (2005). Pan-trapping for bees (Himenóptera : Apiformes) in Utah's West Desert: the importance of color diversity. *Pan Pacific Entomologist*, 81(3-4), 103-113.
- Ulloa, U. C., Molina, Á. S., Jørgensen, P., Minga, D., & ETAPA. (2009). *Guía de 100 Plantas silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*. Cuenca: Grafisum.
- Valiente-Banuet, A. (1997). Polinización biótica y dispersión de semillas de cactáceas columnares en el valle de Tehuacán, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe final SNIB. BONABIO proyecto, (G017).
- Van Der Niet, T., Peakall, R., & Johnson, S. D. (2014). Pollinator-driven ecological speciation in plants: new evidence and future perspectives. *Annals of Botany*, 113(2), 199-212.
- Vellend, M. (2008). Effects of diversity on diversity: consequences of competition and facilitation. *Oikos*, 117(7), 1075-1085.
- Villéger, S., Miranda, J. R., Hernández, D. F., & Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological applications*, 20(6), 1512-1522.
- Vrdoljak, S. M., & Samways, M. J. (2012). Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. *Journal of Insect Conservation*, 16(3), 345-354.
- Wang, M., Lu, X., Ding, S., Ren, J., Bian, Z., & Xu, Z. (2017). Pollinator diversity in different habitats of the agricultural landscape in the middle and lower reaches of the

Yellow River based on the three-color pan trap method. *Acta Ecologica Sinica*, 37(3), 148-155.

Waser, N. M. (1983). The adaptive nature of floral traits: ideas and evidence. *Pollination biology*, 1, 241-285.

Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecology Letters*, 6(11), 961-965.

Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press. Princeton and Oxford. Estados Unidos y Reino Unido. 778 pp.

ANEXOS**Tabla 1.** Coordenadas geográficas de las diez estaciones de muestreo.

| Estación | Latitud | Longitud |
|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | -3.341998° | -79.173552° |
| 2 | -3.343046° | -79.173325° |
| 3 | -3.343597° | -79.172676° |
| 4 | -3.344337° | -79.172162° |
| 5 | -3.345232° | -79.171638° |
| 6 | -3.346324° | -79.170908° |
| 7 | -3.346296° | -79.170053° |
| 8 | -3.346683° | -79.169314° |
| 9 | -3.346763° | -79.168450° |
| 10 | -3.347510° | -79.166928° |

Tabla 2. Guía de identificación de recursos florales.

**GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS FLORALES ESTACION
CIENTIFICA EL GULLAN,
PROYECTO POLINIZADORES**

Cuando el nombre científico esta en azul se debe contar la inflorescencia

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>R001: <i>Miconia sp.</i></p>  | <p>E1,E3,E5,E6,E7,E10</p>  | <p>R002: <i>Bidens sp.</i></p>  | <p>E1,E4,E5,E8,E9,E10</p>  |
| <p>R003: <i>Weinmannia fagaroides</i></p>  | <p>E1,E2,E3,E5,E7</p>  | <p>R004: <i>Stevia andina</i></p>  | <p>E1,E2,E3,E6,E7,E8,E9,E10</p>  |
| <p>R005: <i>Epidendrum secundum</i></p>  | <p>E1,E2,E5,E10</p>  | <p>R006: <i>Brachyotum confertum</i></p>  | <p>E1,E5,E6,E7,E10</p>  |

Tabla 3. Tabla ejemplo de conteo de inflorescencias

| Especie, <i>Miconia sp.</i> | | |
|---|---|--|
| Planta 1 | Planta 2 | Planta 3 |
| 1= 24f | 1= 34f | 1= 32f |
| 2= 26f | 2= 23f | 2= 22f |
| 3= 22f | 3= 29f | 3= 31f |
| 4= 21f | 4= 24f | 4= 15f |
| 5= 22f | 5= 23f | 5= 27f |
| 6= 25f | 6= 24f | 6= 29f |
| 7= 25f | 7= 22f | 7= 21f |
| 165 flores /7 inflorescencias= 24 flores | 179 flores /7 inflorescencias= 25 flores | 177 flores / 7 inflorescencias= 25 flores |
| Total, de flores en las 3 plantas= 74 | | |
| Total= 74 flores / 3 plantas= 25 flores por inflorescencia. | | |

Tabla 4: Clasificación de caracteres morfológicos.

Simetría

| | | | |
|-------------|----------------------------------|---|--|
| Actinomorfa | Flores con simetría radial |  |  |
| Zigomorfa | Flores con simetría bilateral |  |  |

Corola

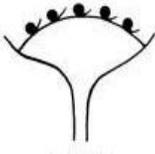
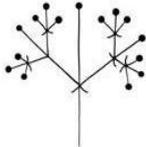
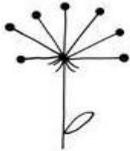
| | | | |
|--------------------|--|--|---|
| <p>Dialipétala</p> | <p>Flores con pétalos libres</p> |  |  |
| <p>Gamopétala</p> | <p>Flores con pétalos concrecentes</p> |  |  |

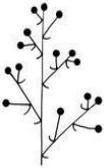
Ubicación

| | | | |
|-----------------|--|--|---|
| <p>Terminal</p> | <p>Las flores pueden originarse de forma solitaria en el extremo de los tallos principales.</p> |  |  |
| <p>Axilar</p> | <p>Las flores pueden originarse en el extremo de cortos tallos laterales que se originan en las axilas de las hojas.</p> |  |  |

Tipo de inflorescencia

| | | | |
|----------------|---|---|--|
| <p>Espiga</p> | <p>Eje simple con flores sésiles (sin pedicelo).</p> |  |  |
| <p>Racimo</p> | <p>Eje simple con flores pediceladas.</p> |  |  |
| <p>Corimbo</p> | <p>Racimo con todas las flores a la misma altura.</p> |  |  |

| | | | |
|-----------------|---|---|--|
| <p>Capítulo</p> | <p>Disco floral rodeado de brácteas.</p> |  |  |
| <p>Cima</p> | <p>La flor terminal del eje es la primera en abrirse, mientras las demás se desarrollan lateralmente.</p> |  |  |
| <p>Umbela</p> | <p>Racimo con las flores agrupadas.</p> |  |  |

| | | | |
|----------|--|---|--|
| Panícula | Racimo con terminales. complejo flores |  |  |
|----------|--|---|--|

Anexo 5. Tabla de caracteres morfológicos de los recursos florales.INF (plantas con inflorescencias)

| Recurso | Inflorescencia | Ubicación | Forma | Corola | Color |
|----------------------------------|----------------|-----------|-------------|-------------|----------|
| <i>Achyrocline alata</i> INF | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Ageratina pseudochilca</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Ageratina sp</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Arcytophyllum rivetii</i> | racimo | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Arcytophyllum sp</i> | racimo | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Aristeguietia cacaloides</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | morado |
| <i>Asteraceae sp1</i> INF | capitulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Asteraceae sp2</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Axinaea merianae</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Baccharis genistelloides</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Baccharis obtusifolia</i> INF | capitulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Baccharis sp.</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Baccharis tricuneata</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|-------------|-------------|----------|
| <i>Bejaria resinosa</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | rosado |
| <i>Berberis sp</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Bidens sp</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Bomarea glaucescens</i> | umbela | terminal | zigomorfa | dialipétala | rojo |
| <i>Brachyotum confertum</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Cacosmia sp</i> | capítulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Calceolaria sp.</i> | cimas | terminal | zigomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Chaptalia nutans</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | gamopétala | rosado |
| <i>Clethra fimbriata</i> INF | racimo | terminal | zigomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Clinopodium sp.</i> | cimas | terminal | zigomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Cranichis sp.</i> | espiga | terminal | zigomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Cuphea carthagenesis</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Dendrophorbium sp.</i> | capitulo | terminal | zigomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Dorobaea pimpinellifolia</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Epidendrum secundum</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Epidendrum sp</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Eryngium humile</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Gaiadendrum punctatum</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Gaultheria reticulata</i> INF | racimo | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Gentianella rapunculoides</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | morado |
| <i>Geranium diffusum</i> | cimas | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Hesperomeles obtusifolia</i> | cimas | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Hypericum sp</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Ilex sp.</i> | cimas | axilar | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Lamourouxia virgata</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Lepechinia rufocampii</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Macleania hirtiflora</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | rojo |
| <i>Miconia Aspergilliaris</i> INF | panícula | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |

| | | | | | |
|-------------------------------------|------------|----------|-------------|-------------|----------|
| <i>Miconia sp</i> INF | panícula | terminal | actinomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Monnina pycnophylla</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> INF | racimo | axilar | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Myrsine dependens</i> | glomérulos | axilar | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Orthrosanthus chimboracensis</i> | cimas | terminal | actinomorfa | dialipétala | celeste |
| <i>Oxalis sp1</i> | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Oxalis sp2</i> | capitulo | terminal | actinomorfa | dialipétala | morado |
| <i>Paspalum bonplandianum</i> | racimo | terminal | zigomorfa | Apétala | morado |
| <i>Passiflora cumbalensis</i> | solitaria | axilar | actinomorfa | dialipétala | rosado |
| <i>Pelexia sp</i> | racimo | terminal | zigomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Pleurothallis sp1</i> | solitaria | axilar | zigomorfa | dialipétala | café |
| <i>Pleurothallis sp2</i> | cimas | terminal | zigomorfa | dialipétala | amarillo |
| <i>Salvia ochranta</i> | racimo | terminal | zigomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Stelis sp.</i> | espiga | axilar | zigomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Stevia andina</i> INF | capitulo | terminal | zigomorfa | gamopétala | blanco |
| <i>Tillandsia complanata</i> | espiga | axilar | actinomorfa | gamopétala | morado |
| <i>Trichocereus antennifer</i> | cimas | terminal | zigomorfa | gamopétala | amarillo |
| <i>Vaccinium floribundum</i> | racimo | terminal | actinomorfa | gamopétala | rosado |
| <i>Viburnum triphyllum</i> | umbela | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |
| <i>Weinmannia fagaroides</i> INF | racimo | terminal | actinomorfa | dialipétala | blanco |

Anexo 6. Tabla de la riqueza de recursos florales en las diez estaciones de muestreo. INF (plantas con inflorescencias)

| Recursos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Achyrocline alata</i> INF | | | | | | | x | | | x |
| <i>Ageratina pseudochilca</i> | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Ageratina sp</i> | | x | x | | | | x | x | x | x |

| | | | |
|----------------------------------|---------|-------------|-------|
| <i>Arcytophyllum rivetii</i> | x x | x x x x x x | x |
| <i>Arcytophyllum sp</i> | x x x | x x x x x x | x |
| <i>Aristeguietia cacaloides</i> | x | x x x x | x |
| <i>Asteraceae sp1</i> INF | x | | |
| <i>Asteraceae sp2</i> | | | x |
| <i>Axinaea merianae</i> | x x x | x x x | |
| <i>Baccharis genistelloides</i> | x | x x x x | |
| <i>Baccharis obtusifolia</i> INF | x x x x | x x x x x x | x |
| <i>Baccharis sp.</i> | x x x x | x x x x x | x |
| <i>Baccharis tricuneata</i> | | | x x |
| <i>Bejaria resinosa</i> | x x | x x x | |
| <i>Berberis sp</i> | | x x x x x | |
| <i>Bidens sp</i> | x | x x x x x | x x x |
| <i>Bomarea glaucescens</i> | x x | x x | x x |
| <i>Brachyotum confertum</i> | x x x x | x x x x x x | x |
| <i>Cacosmia sp</i> | | x | x x x |
| <i>Calceolaria sp.</i> | | x | x |
| <i>Chaptalia nutans</i> | | | x x x |
| <i>Clethra fimbriata</i> INF | x x x x | x x x x | x x |
| <i>Clinopodium sp.</i> | | x | x x |
| <i>Cranichis sp.</i> | | | x x x |
| <i>Cuphea carthagenesis</i> | | | x x x |
| <i>Dendrophorbium sp.</i> | x x x | x x x | x |
| <i>Dorobaea pimpinellifolia</i> | | | x x |
| <i>Epidendrum secundum</i> | x x x x | x x | x |
| <i>Epidendrum sp</i> | x x x | | x |
| <i>Eryngium humile</i> | | x x x x | |
| <i>Gaiadendrum punctatum</i> | | x | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Viburnum triphyllum</i> | | | | | x | x | | x | x | | x | x |
| <i>Weinmannia fagaroides</i> INF | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

Anexo 7. Tabla de la riqueza de especímenes con respecto a cada familia del orden Díptera en las diez estaciones de muestreo.

| Familias | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Acartophthalmidae | x | x | x | | x | | x | | x | x |
| Agromyzidae | x | | | x | x | x | | x | x | x |
| Anisopodidae | | | | | | | | | | x |
| Anthomyiidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Asilidae | | | x | | x | | x | x | x | x |
| Bibionidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Bombyllidae | | | | | x | | | | | |
| Calliphoridae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Cecidomyiidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Ceratopogonidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Chamaemyiidae | | | | | x | | | | | |
| Chironomidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Chloropidae | x | x | | | x | x | x | x | x | x |
| Conopidae | | x | | | | | | | | |
| Cryptochetidae | | | | x | | | | x | | |
| Culicidae | x | x | x | | | x | | | x | x |
| Diadocidiidae | | | | | | | x | | | |
| Dolichopodidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Drosophilidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Empididae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Ephydriidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 3 |
| Fanniidae | x | | x | | x | x | x | x | x | x |

| | | | | | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| Heleomyzidae | x | | | x | x | | | x | |
| Inbiomyiidae | x | | | | | | | | |
| Lauxaniidae | | x | x | | x | | x | | x x |
| Lonchaeidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Lygistorrhinidae | | | x | | | | | | |
| Milichiidae | x | x | x | | x | x | x | x | x |
| Muscidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Mycetophilidae | | | x | x | x | | x | | x x |
| Phoridae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Pipunculidae | x | | x | | x | | x | | x x |
| Psychodidae | | | | | | | | | x |
| Rhagionidae | x | x | | | | | | | x |
| Rhinophoridae | | x | x | | x | | | | x x |
| Sarcophagidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Scathophagidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Scatopsidae | x | x | x | | x | x | | x | x x |
| Sciaridae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Sciomyzidae | x | | | | x | | x | x | |
| Sepsidae | | | x | | | | | | |
| Sphaeroceridae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Stratiomyidae | | | x | | x | | x | | x |
| Syrphidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Tabanidae | x | x | x | | x | x | | x | |
| Tachinidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x x |
| Tephritidae | | | x | x | | x | | x | x |

Anexo 8. Tabla de la riqueza de especímenes con respecto a cada familia del orden Himenóptera en las diez estaciones de muestreo.

| Familias | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Apidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Bethylidae | x | x | x | x | x | | | x | x | x |
| Braconidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Ichneumonidae | | | x | | | | | | | |
| Colletidae | | x | | x | x | x | | | | x |
| Crabronidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Diapriidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Dryinidae | | | x | | | x | x | | | x |
| Encyrtidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Eucharitidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Eulophidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Eurytomidae | | | | | | x | x | | | x |
| Figitidae | | | | | x | | x | x | x | x |
| Formicidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Halictidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Ichneumonidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Megachilidae | x | | | | | | | | | x |
| Mymaridae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Pergidae | x | x | x | x | x | x | x | | x | x |
| Platygastridae | x | x | x | | x | x | x | x | x | x |
| Pompilidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Proctotrupidae | x | | x | | | | | | | |
| Pteromalidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Scelionidae | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Sclerogibbidae | | | | x | | | | | | |
| Tenthredinidae | | x | | | | | | | | |
| Tiphiidae | x | x | x | | | | x | x | x | x |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Torymidae | | | x | x | | | | x | | |
| Trichogrammatidae | x | | x | x | x | | x | x | x | x |
| Vespidae | | x | x | x | | x | x | | | |
