



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

**Efectos de la disponibilidad de *Oreocallis grandiflora* (Lam.)
R. Br. (Proteaceae) en las redes de interacción de
polinización de colibríes en matorrales montano andinos al
sur del Ecuador**

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

Autoras:

**MAITANE CAROLINA CÓRDOVA ALVAREZ
PAOLA CRISTINA FAJARDO ALVARADO**

Director:

BORIS ADRIÁN TINOCO MOLINA Ph.D.

Cuenca, Ecuador

2018

DEDICATORIA

A nuestros padres por su apoyo constante en nuestra fase universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Boris Tinoco por la oportunidad de trabajar en el proyecto y a Santiago Cárdenas por su ayuda brindada en la fase de campo y en la redacción del documento. A Doña Rosa Aguilar por cada una de las atenciones y a la familia Castro Salazar por su acogida en “La Tranca”. A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional en este proceso. Finalmente a profesores, investigadores, compañeros y amigos por su colaboración.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	III
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	IV
INDICE DE ANEXOS.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
1.1 Área de estudio	4
1.2 Especie en estudio.....	5
1.3 Diseño Experimental y Metodología.....	6
1.4 Análisis de datos	9
CAPÍTULO 2	12
RESULTADOS.....	12
2.1 Abundancia de especies ornitófilas	12
2.2 Valor energético	13
2.3 Especies de colibríes registrados	15
2.4 Redes de interacción según las visitas de colibríes a las especies vegetales ..	16
2.5 Características de la red	21
CAPÍTULO 3	26
DISCUSIONES.....	26
3.1 Índice de Valor de Importancia (IVI).....	26
3.2 Valor energético	27
3.3 Redes de interacción de acuerdo a la tasa de visitas.....	27
3.4 Métricas	29
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFIA	32
ANEXOS.....	40

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Pág.
Figura 1.1.1 a) y b) Provincia y parroquia del sitio de estudio; c) Área de estudio con ubicación de la parcela seleccionada (superior parcela control, inferior parcela experimental). Fuente: (SIGTIERRAS, 1.5K; Ortofoto 2010)	4
Figura 1.1.2 a) y b) Provincia y parroquia del sitio de estudio; c) Área de estudio con la ubicación de las parcelas seleccionadas (Superior parcela control, inferior parcela experimental). Fuente: (SIGTIERRAS, 1.5K; Ortofoto 2010)	5
Figura 2.2.1 Valor energético de la Estación científica “El Gullán” y La Comuna “La Merced” en las parcelas de control y experimental pre-tratamiento y tratamiento	15
Figura 2.4.1 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la Estación científica “El Gullán” dentro de la parcela de control a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior)	17
Figura 2.4.2 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la Estación científica “El Gullán” dentro de la parcela experimental en a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas inferior)	18
Figura 2.4.3 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la Comuna “La Merced” dentro de la parcela control en a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior)	20
Figura 2.4.4 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la comuna “La Merced” dentro de la parcela experimental en a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior)	21
Figura 2.5.1 Métricas de redes de interacción (media y desviación estándar) (Anexo 10)	23
Figura 2.5.2 Métricas de redes de interacción (media y desviación estándar) (Anexo 10)	24
Tabla 2.1.1 Total de especies ornitófilas registradas en las parcelas de estudio con su Índice de valor de importancia	12
Tabla 2.2.1 Promedio total por especie presente en “El Gullán” de producción de néctar (μ l) , porcentaje total de Brix y energía (calorías)	13
Tabla 2.2.2 Promedio total por especie presente en “La Merced” de producción de néctar (μ l) , porcentaje total de Brix y energía (calorías)	14
Tabla 2.3.1 Especies de colibríes y número total de visitas registrados en las parcelas de estudio a partir de las reproducciones de video	15
Tabla 2.5.1 Métricas de redes de interacción	25

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en la Estación Científica “El Gullán” del primer muestreo	40
Anexo 2. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en La Comuna “La Merced” del primer muestreo	40
Anexo 3. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en la Estación Científica “El Gullán” del segundo muestreo	41
Anexo 4. Distribución de cámaras trampa en la parcela control en La Comuna “La Merced” del segundo muestreo	41
Anexo 5. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en La Comuna “La Merced” del segundo muestreo	42
Anexo 6. Enfoque de cámaras trampa en especies ornitófilas	42
Anexo 7. Capuchas en inflorescencias de <i>Oreocallis grandiflora</i>	43
Anexo 8. Interacciones de colibríes hacia especies ornotófilas	43
Anexo 9. Tabla 5.2 del libro Techniques for Pollination Biologics	45
Anexo 10. Tabla de valores, correspondientes a cada métrica	45

RESUMEN

Efectos de la disponibilidad de *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (*Proteaceae*) en las redes de interacción de polinización de colibríes en matorrales montano andinos al sur del Ecuador

RESUMEN

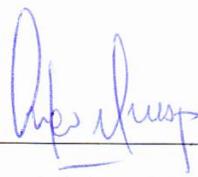
Se estudió el efecto de la disponibilidad de *Oreocallis grandiflora* dentro de una red de interacción de polinizadores observando el número de visitas de colibríes hacia plantas ornitófilas dentro de un ecosistema mediante cámaras trampa. Se realizó una exclusión de las inflorescencias de *O. grandiflora* con el fin de observar los cambios en el número de visitas, además de analizar el valor energético del ecosistema. De acuerdo a los resultados se consideró varias métricas para interpretar las redes, obteniendo que *O. grandiflora* es una especie clave dentro de las redes de interacción, además de ser un recurso rentable dentro del ecosistema. La pérdida de la misma puede provocar extinciones secundarias.

Palabras clave: *Oreocallis grandiflora*, red de interacción, redes mutualistas, plantas ornitófilas, especie clave.



Boris Adrián Tinoco Molina

Director del trabajo de titulación



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Coordinador de Escuela



Maitane Carolina Córdova Alvarez



Paola Cristina Fajardo Alvarado

Autoras

ABSTRACT

Effects of the availability of *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (*Proteaceae*) in the hummingbird pollination interaction networks in Andean mountain scrublands in southern Ecuador

ABSTRACT

The effect of the availability of *Oreocallis grandiflora* within a pollinator interaction network was studied by observing the number of visits of hummingbirds to ornithophilic plants within an ecosystem by using trap cameras. The inflorescences of *O. grandiflora* were excluded in order to observe the changes in the number of visits and to analyze the energy value of the ecosystem. According to the results, several metrics were considered to interpret the networks. It was obtained that *O. grandiflora* was a key species within the interaction networks and was a profitable resource within the ecosystem. The loss of it could cause secondary extinctions.

Keywords: *Oreocallis grandiflora*, interaction red, mutualistic networks, ornithophilic plants, key species.



Boris Adrián Tinoco Molina

Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Faculty Coordinator



Maitane Carolina Córdova Alvarez



Paola Cristina Fajardo Alvarado

Authors



Translated by
Ing. Paul Arpi

Córdova Alvarez Maitane Carolina

Fajardo Alvarado Paola Cristina

Trabajo de Graduación

Boris Adrián Tinoco, Ph.D

Mayo, 2018

Efectos de la disponibilidad de *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (Proteaceae) en las redes de interacción de polinización de colibríes en matorrales montano andinos al sur del

INTRODUCCIÓN

En las redes de interacción, las especies interactúan entre sí y se agrupan según su funcionalidad (Bascompte & Jordano, 2007). En la naturaleza, la dinámica de estas interacciones forman la arquitectura de la biodiversidad, considerando la disponibilidad de alimento como el factor más importantes para su estructura (Jordano *et al.*, 2006 & Díaz, 2016). La estructura de estas redes condicionan las funciones de los ecosistemas que estas representan, como redes de competidores, redes tróficas, redes mutualistas y redes de facilitación (Montoya *et al.*, 2001). Dentro de las interacciones tenemos al mutualismo, interacción que resulta ser un beneficio para las especies implicadas como se da entre agentes polinizadores y dispersores de semillas (Castaño, 2009; García, 2014 & Thompson, 2006).

La polinización es considerada como un servicio ecológico importante y un proceso clave dentro de los ecosistemas (Ramírez, 2013). Pues, las interacciones entre las plantas y sus polinizadores han llegado a ser uno de los principales sistemas para estudiar la evolución adaptativa; por ejemplo, la producción de frutos, mantenimiento de la variabilidad genética y persistencia de los individuos (Gómez, 2002).

Los colibríes y las plantas actúan de forma mutualista en las comunidades (Gutiérrez, 2008). De acuerdo a los análisis de interacción se observa que los colibríes están fuertemente relacionados con la disponibilidad de flores y néctar dentro de un ambiente (Díaz, 2016). De modo que la necesidad de adaptación ha llevado a que colibríes y

plantas modifiquen sus estrategias de supervivencia, por lo tanto, las especies florales atraen a los colibríes para su polinización mediante su morfología, coloración, calidad y cantidad de néctar para proveerles un valor energético y a su vez estos transporten sus granos de polen para su polinización (Díaz, 2016; Gutiérrez & Rojas, 2001), conocido también como síndrome de polinización (Márquez *et al.*, 2001 & Ramírez, 2013).

Una comunidad planta - polinizador configura una red bipartita (Bartomeus, 2013). Esta se encuentra formada por nodos, que son las especies de plantas y polinizadores y sus interacciones los enlaces que se dan entre ellos, de modo que las relaciones permiten identificar especies como: generalistas, aquellas que se encuentran relacionadas con varios individuos y especialistas, aquellas que están conectadas con pocos individuos (Pastor *et al.*, 2011 & Guerrero, 2017).

Las especies que presentan muchas conexiones dentro de una red se las denomina especies clave, ya que mantienen la estructura y estabilidad de una comunidad (Smith & Smith, 2000; Gutiérrez, 2008; Goldstein & Zych, 2016). Galiano y colaboradores (2011) exponen que la desaparición de nodos con más conexiones amenaza a la comunidad en general. De manera que la pérdida de una especie clave y sus interacciones podrían tener consecuencias en cascada sobre los nodos de interacción y sobre la estabilidad de la comunidad (Parra, 2015). Sin embargo, la red puede ser mantenida por otras especies con similares patrones de interacción disminuyendo la probabilidad de extinciones secundarias en caso de un disturbio (Tinoco *et al.*, 2016). De la misma forma la comunidad podría reorganizarse y adaptarse al entorno después de la pérdida de una especie clave (Goldstein & Zych, 2016).

Analizar el efecto de la presencia y ausencia de una especie dentro de una comunidad permite descubrir la importancia de las especies con mayor número de interacciones (Castaño, 2009). Castro (2005) expone que la presencia de especies con papeles funcionales pueden ser analizados por modelos teóricos que explican la diversidad funcional en una comunidad. La representación de las redes permite explorar la dinámica planta- colibrí cómo: evaluar la fragilidad ante la pérdida de una especie, identificar las especies clave dentro de la red, ponderar el papel de las plantas endémicas dentro de la red y cuantificar el valor de la heterogeneidad espacial para la conservación de la riqueza de interacciones de polinización (Ruiz, 2017; Santamaría & Méndez, 2013).

En este estudio se explora la estructura de una red mutualista entre colibríes y especies de plantas ornitófilas en dos áreas de matorral montano Andino en el sur del Ecuador. Estudios realizados anteriormente señalan que la morfología de *Oreocallis grandiflora* permite la interacción de varios grupos de polinizadores como aves, murciélagos y roedores (Cárdenas, 2015; Cárdenas, 2017) esto debido a que es una fuente confiable de néctar (Cárdenas, 2015), además de ser una especie generalista en el sistema de polinización (Tinoco *et al.*, 2016) y por tanto puede actuar como una especie clave en la red de interacción planta- colibrí. Por ello se evaluó la tolerancia de la red ante la eliminación de un nodo como *O. grandiflora*, conociendo los efectos que la pérdida de la misma provocaría en las especies de colibríes y demás especies ornitófilas de la red.

Se espera que los resultados generados por esta investigación proporcionen evidencia que sustente la utilidad de *O. grandiflora* para posibles aplicaciones en la restauración de ecosistemas degradados, además de dar a conocer la importancia y dinámica de las especies dentro de una comunidad y así prevenir futuras extinciones.

CAPÍTULO 1

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos localidades Andinas del sur del Ecuador en la provincia del Azuay. La primera se encuentra localizada en la estación científica “El Gullán” perteneciente a la Universidad del Azuay, ubicada en la parroquia Las Nieves, sector La Paz del cantón Nabón a 52 kilómetros de la ciudad de Cuenca (latitud $3^{\circ}20'18''$ S y $79^{\circ}10'17''$ O) (Figura 1.1.1). Está comprendida entre los 2900 y 3100 m.s.n.m; abarcando una extensión de 136 ha, su temperatura oscila entre 10 a 14°C (Pintado, 2016). Esta área está conformada por diversos remanentes de vegetación entre ellos: bosque de pino, chaparros, matorrales, pastizales. Con respecto a su conservación, es una zona intervenida en recuperación en la que se realiza actividades científicas y de subsistencia (pastoreo de ovejas y alpacas) (Landázuri & Mogrovejo, 2016).

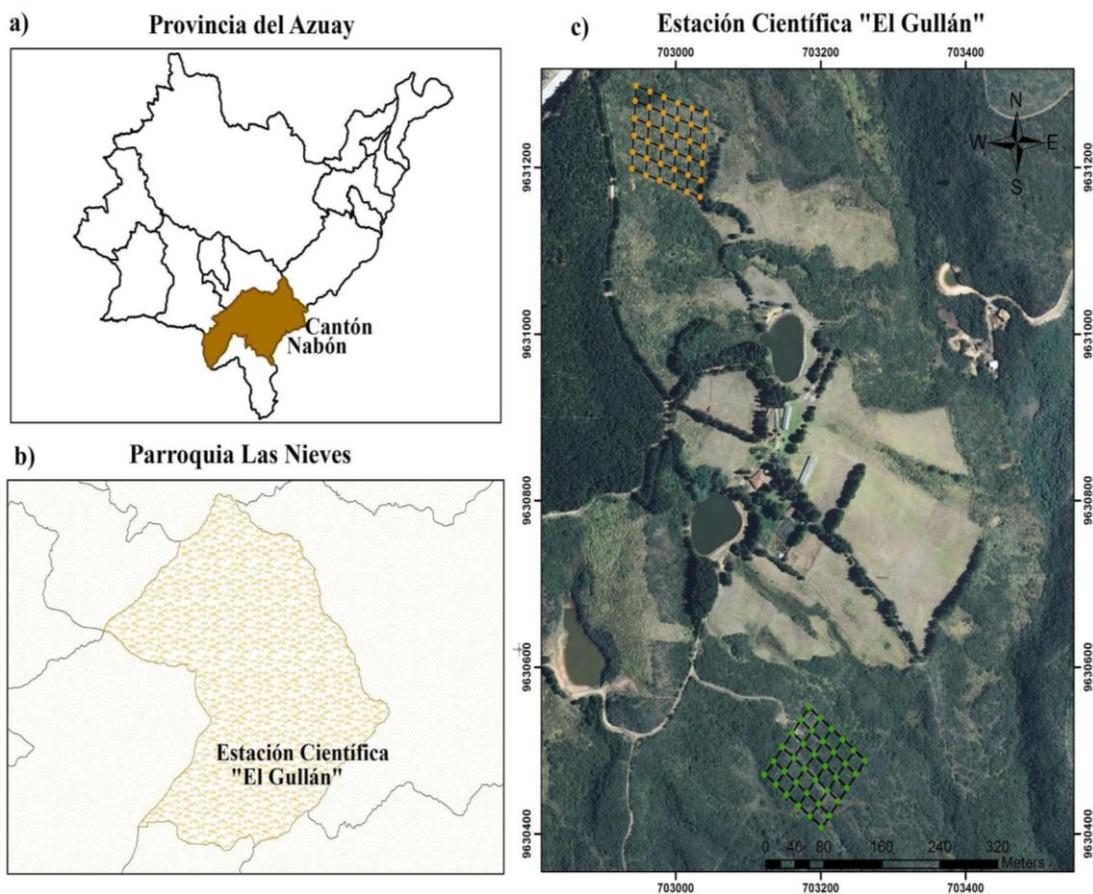


Figura 1.1.1 a) y b) Provincia y parroquia del sitio de estudio; c) Área de estudio con ubicación de la parcela seleccionada (superior parcela control, inferior parcela experimental). Fuente: (SIGTIERRAS, 1.5K; Ortofoto 2010).

La segunda localidad ubicada en la Comuna La Merced de la Parroquia San Martín de Puzhío, cantón Chordeleg (latitud $2^{\circ}59'473''$ S, longitud $78^{\circ}44'421''$ O) de la provincia del Azuay (Figura 1.1.2). La zona está comprendida entre los 2200 y 3940 m.s.n.m, con una extensión aproximada de 1675,15 ha, con un promedio de temperatura de 17.1° C. En cuanto a su formación vegetal, encontramos una matriz seminatural formada de pajonal, bosque chaparro y en mayor proporción se encuentra conformada por pastos y potreros (Torres, 2006).

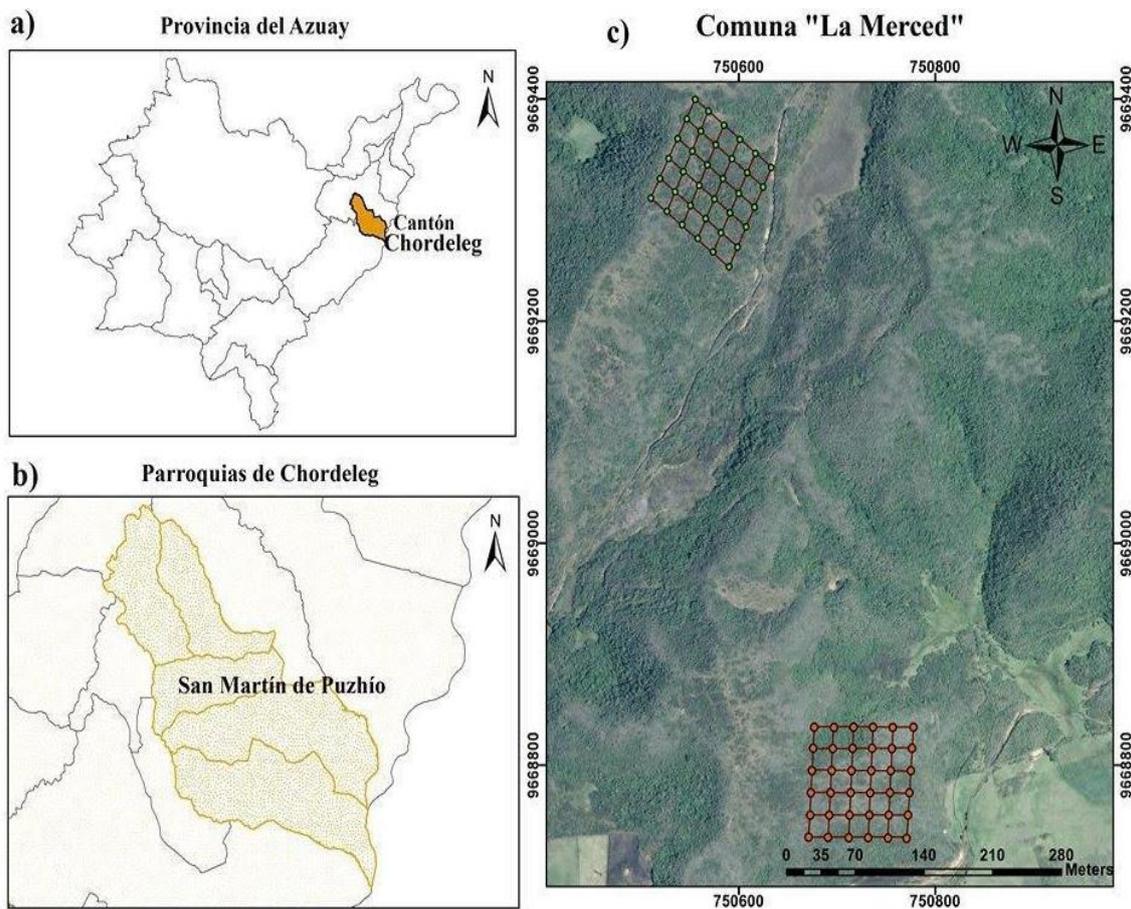


Figura 1.1. 2 a) y b) Provincia y parroquia del sitio de estudio; c) Área de estudio con la ubicación de las parcelas seleccionadas (Superior parcela control, inferior parcela experimental). Fuente: (SIGTIERRAS, 1.5K; Ortofoto 2010).

1.2 Especie en estudio

Oreocallis grandiflora perteneciente a la familia Proteaceae es nativa de las zonas altoandinas de Perú y Ecuador (Landázuri & Mogrovejo, 2016). Puede extenderse desde matorrales montanos hasta bosques lluviosos en rangos altitudinales de 1000 a 4000 m.s.n.m (Cárdenas, 2015; Ríos & Acevedo, 2007). En Ecuador se distribuye en Bosque

siempreverde montano bajo de la Cordillera Oriental y Occidental de los Andes; Bosque siempre verde montano de la Cordillera Oriental y Occidental de los Andes; Bosque siempre verde montano alto del norte de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE & FAO, 2015).

Oreocallis grandiflora es un árbol o arbusto vistoso que mide entre 6 a 10 m de altura de tronco cilíndrico liso, hojas simples enteras y pecioladas; posee flores bisexuales con un promedio de 56 flores por inflorescencia (Neira, 2016), que miden de 4 – 7 cm de largo de color blanco o rosado, el perianto unido por cuatro segmentos fusionados en un tubo estrecho y largo con cuatro valvas terminales y en cada una inserta una antera subsésil, su estigma y estilo miden de 2 -2,5 cm (Castillo & Medina, 2013; Minga & Verdugo, 2016). Las inflorescencias producen entre 6 a 10 frutos cilíndricos de 10 a 15 cm de longitud y de 1,5 a 3 cm de diámetro que lleva aproximadamente 30 semillas aladas (Ríos & Acevedo, 2007; MAE & FAO, 2015; Guerrero, 2014; Neira, 2016). En el Austro especialmente en las provincias de Loja y Azuay, la floración de *O. grandiflora* es permanente durante todo el año, sin embargo, se encuentra en mayor cantidad a principios de julio con una declinación a finales de octubre; siendo septiembre el mes con mayor floración, su fructificación inicia en septiembre y declina a mediados de noviembre con su máxima producción en octubre y noviembre (Landázuri & Mogrovejo, 2016).

Esta es considerada una especie de sucesión secundaria que se asocia fácilmente con otros individuos (Ríos & Acevedo, 2007) ya que es importante dentro de las redes de polinización por ser generalista y por presentar flores con diferentes caracteres que le permite ser visitadas por grupos de polinizadores como: aves, murciélagos y roedores (Cárdenas, 2015; Tinoco *et al.*, 2016; Cárdenas, 2017).

1.3 Diseño Experimental y Metodología

El estudio se llevó a cabo en la Comuna “La Merced” y Estación Científica “El Gullán”. Dentro de cada sitio se delimitaron dos parcelas: experimental y control de 100 x 100 m cada una. Se delimitó y marcó las parcelas de acuerdo a la abundancia de *O. grandiflora* y otras especies ornitófilas (colores vistosos y flores tubulares) (Nieto & Silva, 2012). Las parcelas estuvieron separadas aproximadamente 500 m de distancia entre ellas dentro de cada localidad.

Se realizaron dos muestreos. El primer muestreo (junio - julio de 2017), en la Estación Científica “El Gullán” se delimitó únicamente la parcela experimental, debido a la poca cantidad de inflorescencias de *O. grandiflora* presentes, mientras que en la comuna “La Merced” se delimitaron dos parcelas (control y experimental). En el segundo muestreo (noviembre - diciembre de 2017) se delimitaron las dos parcelas en las dos localidades.

Se cuantificó la abundancia floral de plantas ornitófilas en cada parcela. Dentro de cada una se trazó grillas de 20 x 20 m, obteniendo un total de 25 cuadrantes. De acuerdo a la metodología aplicada por Medina *et al.* (2016) se realizó recorridos exhaustivos registrando el número de individuos de cada especie y el número de flores disponibles de cada individuo. En plantas con inflorescencias y racimos se cuantificó el número de estos y se promedió el número total de flores presentes en cada uno.

Con el fin de obtener el valor energético de cada parcela se evaluó la producción de néctar en 24 horas. Se midió la cantidad de néctar producido por cada flor de cada especie ornitofila a una hora establecida (Pédraza, 2015). Para esto se promedió 10 flores por especie y se extrajo el néctar utilizando micropipetas de 85µl para flores grandes y 41µl para flores pequeñas. Posteriormente se midió el volumen en ml con un calibrador y la concentración de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) con el refractómetro portátil (American optical 10431, Buffalo, Newyork, EUA) con un rango de concentración 0° - 50° escala BRIX (Hidalgo y Cabezudo, 1995).

Cada flor seleccionada de cada especie registrada fue marcada para controlar su secreción dentro del tiempo establecido (Ortíz *et al.*, 1996). Estas fueron tapadas con bolsas de tul de 10 x 8 cm para evitar la llegada de visitantes que pudieran extraer el néctar (Salinas *et al.*, 2013). Después de 24 horas se realizó el mismo procedimiento en las mismas flores marcadas con el fin de observar las diferencias de la producción de néctar en cada una.

El monitoreo de las visitas se realizó de forma remota utilizando cámaras trampa Plot Watcher. Estas fueron colocadas de acuerdo a la abundancia floral de especies ornitófilas; se colocaron tres cámaras en las especies con mayor abundancia floral, dos en abundancia mediana y una en las especies con menor cantidad (Maglianesi *et al.*,

2014; Bugoni *et al*, 2014) (Anexo 1, 2, 3, 4, 5). Para esto se consideró a las especies florales con mayor número de individuos y distribución espacial dentro de las parcelas, con presencia de flores vigorosas y aptas para la producción de néctar (Anexo 6) (Díaz *et al.*, 2016; Gutiérrez & Rojas, 2001).

Las cámaras trampa fotografiaron por tres días consecutivos a las especies vegetales seleccionadas en cada parcela en la etapa de pre-tratamiento, con el fin de observar las visitas de sus polinizadores. Al cuarto día las cámaras se apagaron por dos días seguidos, donde se procedió con el tratamiento de exclusión de todas las inflorescencias de *O. grandiflora* únicamente en las parcelas experimentales, utilizando bolsas de tul de 25 x 40 cm (Anexo 7). En la parcela de control las inflorescencias se las mantuvo expuestas, es decir solo se colocaron las bolsas de tul en otras partes de la planta con el fin de causar el mismo efecto visual dentro de la parcela y observar el comportamiento de sus visitantes. Posterior a ello las cámaras empezaron a grabar durante 3 días más.

Las cámaras se programaron para tomar una fotografía por segundo durante 6 horas diarias, iniciando a las 0600 horas hasta las 1000 horas y posteriormente de 1600 horas hasta 1800 horas, debido a que en estas horas existe mayor actividad de colibríes (Nieto & Silva, 2012).

El primer muestreo, en la Estación Científica “El Gullán” se instalaron 24 cámaras trampa dentro de la parcela experimental; y en la Comuna “La Merced” un total de 28 cámaras, divididas en 14 para la parcela de control y 14 en la parcela experimental (Anexo 1 y 2). Durante el segundo muestreo en la Estación Científica “El Gullán” y la comuna La Merced se colocaron 24 cámaras trampa en total, distribuidas de la siguiente manera; 12 en la parcela de control y 12 en la parcela experimental (Anexo 3, 4 y 5).

Se obtuvieron en total 3600 horas de grabación: En el primer muestreo se obtuvo 1872 h, de las cuales 864 h corresponden a la parcela experimental de la Estación Científica “El Gullán” y 1008 h en de la Comuna “La Merced” (504 horas en la parcela experimental y 504 h en la parcela de control). En segundo muestreo se registró un total de 1728 horas, 864 h corresponden a la Estación científica “El Gullán” (432 horas en cada parcela), y 864 h a la comuna “La Merced” con 432 h en cada parcela.

Para el registro de interacciones planta-colibrí se cuantificó el número de visitas a las especies florales observadas en los videos durante el pre-tratamiento. Una visita fue considerada legítima cuando los colibríes entraron en contacto con las partes reproductivas de las flores (Bugoni *et al.*, 2014) (Anexo 8), es decir, el contacto directo del pico del colibrí con los nectarios a través del tubo floral (Ayala & Girón, 1992). Los polinizadores que no pudieron ser identificados fueron clasificados como *Colibrí sp.*

1.4 Análisis de datos

Para cada especie vegetal y en cada sitio de muestreo se calculó la frecuencia y abundancia relativas, cuya sumatoria representa el índice de valor de importancia (IVI 200%) con el fin de medir el peso ecológico de cada especie en una comunidad vegetal (Ministerio del Ambiente Perú, 2015). Siendo la frecuencia ($\# \text{ cuadrantes} / \# \text{ total de cuadrantes}$) x 100 y la abundancia relativa ($\# \text{ individuos de la especie} / \# \text{ total de individuos}$) x 100 (Alvear *et al.*, 2010).

Para analizar la energía total dentro de cada localidad se midió la cantidad de azúcar producido por cada flor calculada a partir de los datos de concentración y volumen del néctar (Hidalgo & Cabezudo, 1995). El volumen de néctar se analizó mediante la fórmula propuesta por Cruden and Hermann (1983) en Kearns & Inouye (1984).

Volumen de néctar (μl) = (mm de néctar / mm longitud de capilar) x volumen de capilar

El resultado obtenido en μl se transformó en Litros (L) para realizar la conversión basada en la tabla 5-2 del libro “Techniques for Pollination Biologists” (Anexo 9) obteniendo el resultado final en g de azúcar/L de néctar (Kearns & Inouye, 1984.). Con los datos obtenidos de 0 y 24 horas de cada especie monitoreada, se realizó un promedio general de todos los datos de volumen de néctar y brix por especie, los mismos que nos permitió calcular la concentración de azúcar producido. Se multiplicó el resultado de volumen en L con el porcentaje de Brix., dándonos un resultado en gramos para posteriormente ser convertido en calorías (cal). Finalmente se multiplicó ese resultado en (cal) por la cantidad de néctar (L) y el número de flores encontradas dentro de cada parcela con el fin de obtener el valor energético total.

Para obtener el valor energético de cada parcela con pre-tratamiento y con tratamiento de *O. grandiflora*, al valor total obtenido se le restó los valores de dicha especie para hacer la comparación frente al método de exclusión de la misma.

Con la aplicación del ANOVA de dos factores se determinó si hay o no diferencia significativa entre las medias en los análisis de producción de néctar, aplicando la función aov (Guisande *et al.*, 2015), en el software R (R Core Team, 2015).

Para el análisis de las redes mutualistas se juntó los datos de las parcelas experimentales, separadas de las de control de ambos sitios de estudio. Se registró las el número de visitas de los colibríes hacia especies ornitófilas. Esto de cada parcela y en cada sitio de estudio. Además, se calculó las métricas que cubren propiedades de la red, las cuales fueron obtenidas mediante el paquete Bipartite del software R (Ramírez, 2013 & Dormann 2011).

Las métricas consideradas para caracterizar las redes de interacción entre especies fueron:

- Conectancia, demuestra los posibles enlaces que pueden presentarse dentro de la red (Vizentin *et al.*, 2016), indicando la proporción de interacciones realizadas entre las especies (Heleno *et al.*, 2011).
- Robustez, evalúa la estabilidad de actividad dentro de una red ecológica (Bertolaso, 2015 & Horacio, 2015); es decir, analiza la tolerancia de una red frente a perturbaciones en la misma (Cai & Liu, 2016).
- Anidamiento, describe el modo en el que las especies mantienen las interacciones dentro de una comunidad, siendo una característica cualitativa y cuantitativa importante dentro de las redes (Torres, 2013). Se da como consecuencia dos factores: en el primero las especies generalistas interactúan con un subconjunto propio de generalistas; en el segundo las especies especialistas interactúan sólo con grupos generalistas (Díaz, 2016).
- Por H2 se puede cuantificar la Especialización, que indica la diversidad de interacciones considerando toda la matriz que presenta la red (Jordano, 1987)
- La asimetría de la fuerza en la red nos indica la fuerza e interacción entre los números de los dos niveles; es decir, la dependencia de los animales hacia las plantas (Dormman, 2017).

- Conectividad ponderada nos indica la densidad de vinculación que existe, dividida por el número de especies en la red (Tylianakis *et al.*, 2007 en Dormann *et al.*, 2008).
- Diversidad de Shannon basado en el índice de Shannon cuantifica la biodiversidad específica, reflejando la heterogeneidad de una comunidad sobre el número de especies presentes y la abundancia relativa (Pla, 2006).

Además de las métricas ya mencionadas, se consideró los enlaces por especies, número de especies de colibríes y número de especies vegetales.

Con la aplicación del ANOVA de dos factores se determinó si hay o no diferencia significativa entre las medias a diferentes niveles de los factores y si existe una interacción entre ellas (Período y Parcela). Para analizar el efecto de *O. grandiflora* en las redes de interacción dentro de las parcelas se aplicó la función aov (Guisande *et al.*, 2018), en el software R (R Core Team, 2015), teniendo en cuenta variables como período (pre-tratamiento y tratamiento), y las parcelas (control-experimental).

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

2.1 Abundancia de especies ornitófilas

Se registraron 26 especies de plantas con síndrome de ornitofilia, de las cuales 17 especies se encuentran en los dos sitios de estudio. En la estación científica “El Gullán” las especies con mayor número de individuos fueron *Epidendrum secundum* con 173, *Miconia sp.* con 164, *Macleania hirtiflora* con 91 y *Oreocallis grandiflora* con 74 individuos. En la Comuna “La Merced” la especie más abundante fue *Chuquiraga jussieui* con 226 individuos, seguida de *Oreocallis grandiflora* con 147 individuos y *Brachyotum confertum* con 129 individuos (Tabla 2.1.1).

El Índice de valor de importancia (IVI) dentro de la estación científica “El Gullán”, la especie con mayor importancia ecológica, con un IVI de 31,96% lo tiene *E. secundum*. Le continúan en importancia *Miconia sp.* con 28,93%, *M. hirtiflora* con 25,04% y *O. grandiflora* con 24,9%. Mientras que las especies con menor importancia ecológica son *Tillandsia sp 2.* con 0,96% y *Mutisia alata* con 0,83%. Dentro de la Comuna “La Merced” las especies con mayor IVI son *C. jussieui* con 43,14%; *O. grandiflora* con 34,33% y *B. confertum* con 24,99% y las especies con menor importancia ecológica son *G. glomerata* con 0,64% y *T. secunda* 0,4% (Tabla 2.1.1)

Tabla 2.1.1 Total de especies ornitófilas registradas en las parcelas de estudio con su Índice de valor de importancia

Especies vegetales	N. Cuadrantes	N. individuos	Frecuencia Relativa	Abundancia Relativa	IVI
Estación Científica “El Gullán”					
<i>Epidendrum secundum</i>	28	173	9,29	22,67	31,96
<i>Miconia sp.</i>	21	164	7,44	21,49	28,93
<i>Macleania hirtiflora</i>	37	91	13,12	11,92	25,04
<i>Oreocallis grandiflora</i>	43	74	15,24	9,69	24,93
<i>Axinaea merianiae</i>	29	52	10,28	6,81	17,09
<i>Passiflora cumbalensis</i>	19	44	6,73	5,76	12,49
<i>Monnina pycnophilla</i>	30	42	10,63	5,5	16,13
<i>Gaultheria reticulata</i>	24	35	8,51	4,58	13,09
<i>Epidendrum sp</i>	13	27	4,6	3,53	8,13
<i>Brachyotum jamesonii</i>	9	17	3,19	2,22	5,41
<i>Bomarea uncifolia</i>	8	11	2,83	1,44	4,27
<i>Lamourixia virgata</i>	5	8	1,77	1,04	2,81
<i>Vaccinium floribundum</i>	5	8	1,77	1,04	2,81

<i>Viola arguta</i>	1	8	0,35	1,04	1,39
<i>Tillandsia sp1.</i>	6	6	2,12	0,78	2,9
<i>Tillandsia sp2.</i>	2	2	0,70	0,26	0,96
<i>Mutisia alata</i>	2	1	0,70	0,13	0,83
Comuna “La Merced”					
<i>Chuquiraga jussieui</i>	61	226	18,82	24,32	43,14
<i>Oreocallis grandiflora</i>	60	147	18,51	15,82	34,33
<i>Brachyotum confertum</i>	36	129	11,11	13,88	24,99
<i>Monnina pycnophilla</i>	34	95	10,49	10,22	20,71
<i>Viola arguta</i>	9	88	2,77	9,47	12,24
<i>Vaccinium floribundum</i>	26	65	8,02	6,99	15,01
<i>Gaultheria reticulata</i>	22	56	6,79	6,02	12,81
<i>Macleania rupestris</i>	25	35	7,71	3,76	11,47
<i>Calceolaria rosmarinifolia</i>	16	30	4,93	3,22	8,15
<i>Stenomesson aurantiacum</i>	9	15	2,77	1,61	4,38
<i>Epidendrum secundum</i>	10	14	3,08	1,5	4,58
<i>Bomarea uncifolia</i>	8	10	2,46	1,07	3,53
<i>Gaultheria erecta</i>	2	7	0,61	0,75	1,36
<i>Axinaea merianiae</i>	1	4	0,3	0,43	0,73
<i>Bejaria resinosa</i>	3	4	0,92	0,43	1,35
<i>Gaultheria glomerata</i>	1	3	0,3	0,32	0,62
<i>Tillandsia secunda</i>	1	1	0,3	0,1	0,4

2.2 Valor energético

En la Estación Científica “El Gullán” las especies con mayor energía fueron *P. cumbalensis* 3,17E-02 cal y *O. grandiflora* con 2,74 E-02 cal mientras que las especies *B uncifolia* 2,35E-04 cal y *V. floribundum* 4,25E-5 cal presentaron menor cantidad de energía (Tabla 2.2.1). En la comuna “La Merced” la energía fue mayor en *B. confertum* 3,05E-02 cal y *O. grandiflora* 1,09E-02 cal y las especies con menor energía fueron *G. reticulata* 5.47E-04 cal y *E. secundum* 8,30E-05 (Tabla 2.2.2).

Tabla 2.2.1 Promedio total por especie presente en “El Gullán” de producción de néctar (μ l) , porcentaje total de Brix y energía (calorías).

Nombre científico	Vol. (μ l) TOTAL	Concentración total(Brix)	Energía (Cal.)
<i>Passiflora cumbalensis</i>	24,68	27,57	3,17E-02
<i>Oreocallis grandiflora</i>	19,25	33,03	2,74E-02
<i>Tillandsia sp1.</i>	16,00	14,00	9,15E-03
<i>Mutisia alata</i>	4,45	35,25	7,02E-03
<i>Axinaea merianiae</i>	14,62	11,31	6,71E-03

<i>Brachyotum jamesonii</i>	2,89	21,62	2,69E-03
<i>Macleania hirtiflora</i>	2,44	21,66	2,24E-03
<i>Tillandsia sp2.</i>	1,32	15,8	8,57E-04
<i>Epidendrum secundum</i>	0,37	20	3,06E-04
<i>Bomarea uncifolia</i>	0,3	18,5	2,35E-04
<i>Vaccinium floribundum</i>	2,2	0,5	4,25E-05

Tabla 2.2.2 Promedio total por especie presente en “La Merced” de producción de néctar (μl), porcentaje total de Brix y energía (calorías).

Nombre científico	Vol. (μl) TOTAL	Concentración total (Brix)	Energía (Cal.)
<i>Brachyotum confertum</i>	33,21	17,14	3,05E-02
<i>Oreocallis grandiflora</i>	15,61	16,31	1,09E-02
<i>Macleania rupestris</i>	1,35	16,03	3,88E-03
<i>Bomarea</i>	3,35	13,07	1,79E-03
<i>Bejaria resinosa</i>	2,97	13,29	1,61E-03
<i>Chuquiraga jussieui</i>	1,69	13,01	9,29E-04
<i>Stenomesson aurantiacum</i>	1,28	12,75	6,64E-04
<i>Vaccinium floribundum</i>	0,83	18,42	6,35E-04
<i>Gaultheria reticulata</i>	1,1	12,25	5,47E-04
<i>Viola arguta</i>	1,11	10,65	5,17E-04
<i>Epidendrum secundum</i>	0,53	4	8,30E-05

De acuerdo al valor energético se observa que en la parcela control no existe cambios en el pre-tratamiento y tratamiento, teniendo un valor de $2,1\text{e-}04$ cal aproximadamente, lo contrario sucede en la parcela experimental que disminuye de $5\text{e-}04$ a $1\text{e-}04$ cal durante la aplicación del tratamiento (Figura 2.2.1).

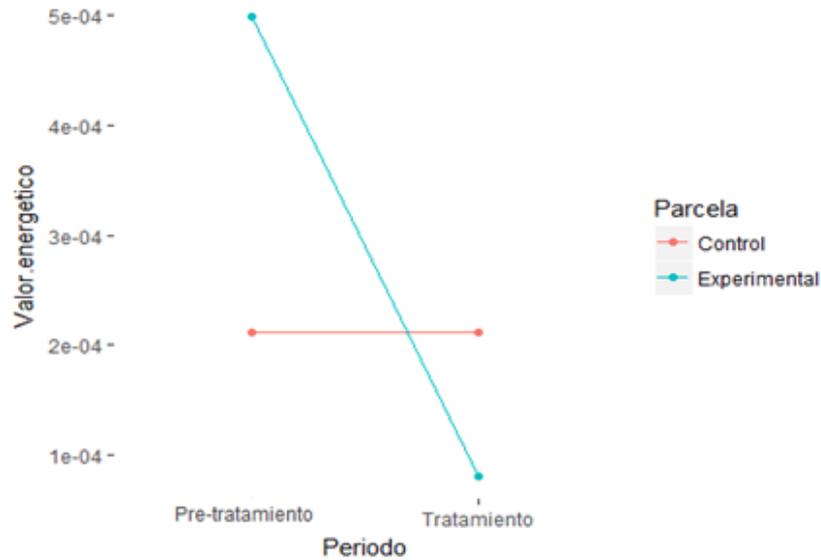


Figura 2.2.1 Valor energético de la Estación científica “El Gullán” y La Comuna “La Merced” en las parcelas de control y experimental pre-tratamiento y tratamiento

2.3 Especies de colibríes registrados

Se registraron un total de nueve especies de colibríes entre los dos sitios de estudio. El Gullán” presentó un total de 561 individuos siendo los más abundantes *Metallura tyrianthina* y *Aglaeactis cupripennis*. En “La Merced” se contabilizaron 334 individuos, de los cuales *Lesbia victoriae* y *Metallura tyrianthina* fueron las especies con mayor número de visitas (Tabla 2.3.1).

Tabla 2.3.1 Especies de colibríes y número total de visitas registrados en las parcelas de estudio a partir de las reproducciones de video.

Estación Científica "El Gullán"		
Parcela de Control	Pre-tratamiento	Tratamiento
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	42	54
<i>Coeligena Iris</i>	4	15
<i>Colibrí sp.</i>	3	-
<i>Heliangelus viola</i>	1	1
<i>Metallura tyrianthina</i>	59	128
<i>Lesbia nuna</i>	-	84
Parcela Experimental		
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	46	1
<i>Coeligena Iris</i>	5	-

<i>Colibrí sp.</i>	1	-
<i>Heliangelus viola</i>	86	1
<i>Metallura tyrianthina</i>	9	21
Comuna "La Merced"		
Parcela de Control		
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	12	8
<i>Coeligena Iris</i>	-	4
<i>Colibrí sp.</i>	9	6
<i>Heliangelus viola</i>	10	5
<i>Lesbia victoriae</i>	57	35
<i>Lesbia nuna</i>	7	-
<i>Metallura tyrianthina</i>	21	1
<i>Lesbia sp</i>	2	-
Parcela Experimental		
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	35	4
<i>Colibrí sp.</i>	13	6
<i>Heliangelus viola</i>	4	7
<i>Lafresnayi lafresnayi</i>	1	-
<i>Lesbia nuna</i>	2	-
<i>Lesbia victoriae</i>	44	23
<i>Metallura tyrianthina</i>	17	1

2.4 Redes de interacción según las visitas de colibríes a las especies vegetales

La red de interacción en la estación científica “El Gullán” dentro de la parcela de control, se puede observar que el ancho de las cajas corresponde a la proporción de las interacciones que cada especie aporta a la red y el grosor de las líneas se refiere a los enlaces la fuerza de la interacción. **a)** En el pre-tratamiento interactuaron tres especies vegetales: *Oreocallis grandiflora*, *Passiflora cumbalensis* y *Brachyotum jamesonii* con cinco especies de colibríes: *Aglaeactis cupripennis*, *Heliangelus viola*, *Colibrí sp.*, *Metallura tyrianthina* y *Coeligena iris*. Siendo *O. grandiflora* la especie con mayor interacción con *M. tyrianthina*, seguido de *A. cupripennis*, *C. iris*, *Colibrí sp.*, *H. viola* y *M. tyrianthina* interactúan con *P. cumbalensis* y *B. jamesonii* y *C. iris* con *B. jamesonii*. **b)** En el tratamiento interactuaron dos especies vegetales: *O. grandiflora* y *B. confertum* con cinco especies de colibríes: *Lesbia nuna*, *Coeligena iris*, *Aglaeactis cupripennis*, *Heliangelus viola* y *Metallura tyrianthina*. De igual manera *O. grandiflora* interactúa

con *M. tyrianthina*, seguido de *L. nuna*, *A. cupripennis*, *C. iris* y *H. viola*. Además de la interacción de *M. tyrianthina* únicamente con *B. jamesonii* (Figura 2.4.1).

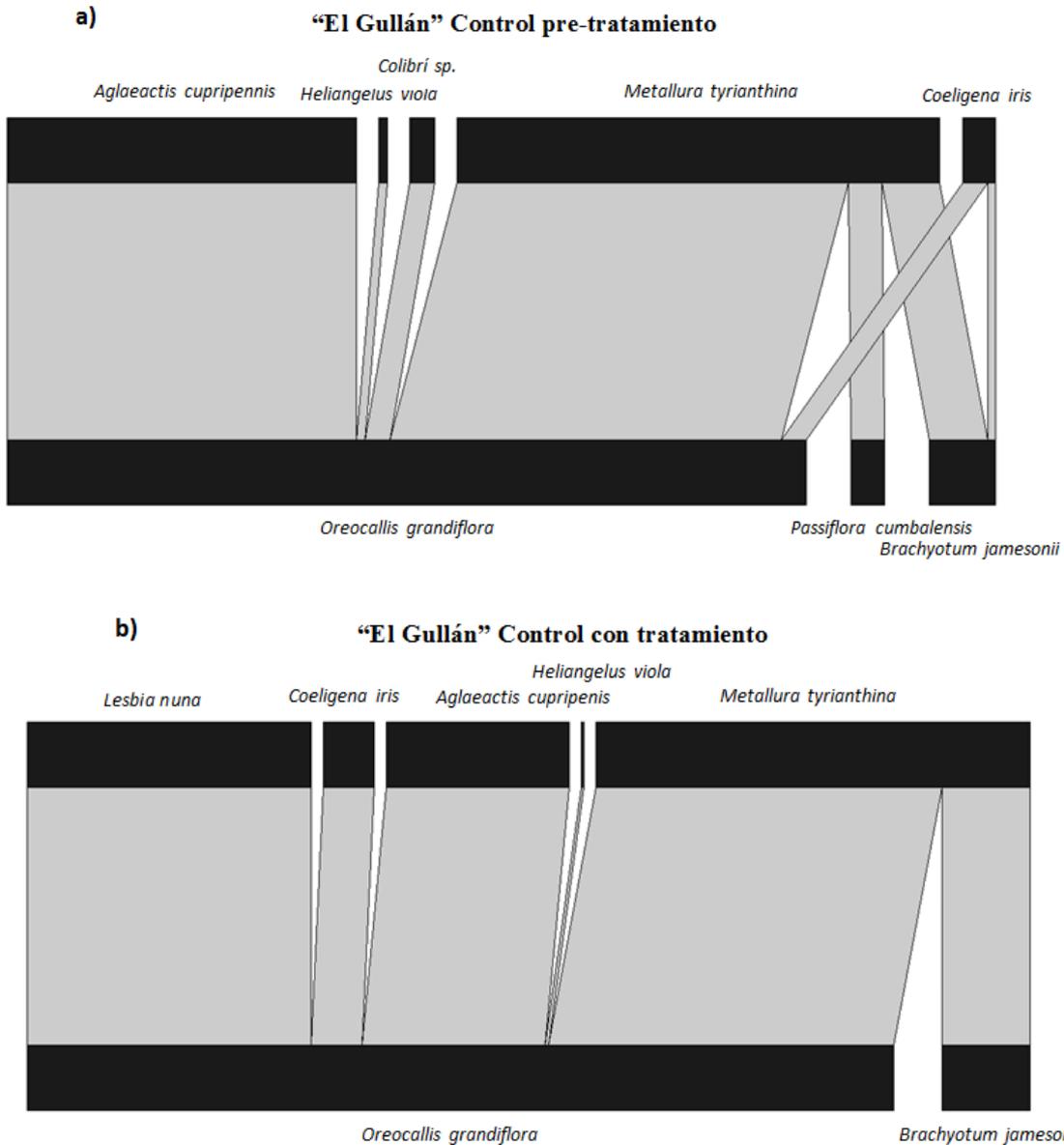


Figura 2.4.1 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la Estación científica “El Gullán” dentro de la parcela de control a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior).

La red de interacción de la estación científica “El Gullán” dentro de la parcela experimental **a)** En el pre-tratamiento interactuaron seis especies vegetales: *Tillandsia sp1.*, *Lamourixia virgata*, *Passiflora cumbalensis*, *Brachyotum jamesonii*, *Oreocallis grandiflora* y *Macleania hirtiflora* con cinco especies de colibríes: *Coeligena iris*, *Aglaeactis cupripennis*, *Heliangelus viola*, *Colibrí sp.* y *Metallura tyrianthina*. Siendo *O. grandiflora* la especie que interactuó con todas las especies de colibríes; *C. iris* con

Tillandsia sp1, *A. cupripennis* con *L. virgata* y *P. cumbalensis*, *H. viola* con *B. jamesonii* y *M. tyrianthina* con *M. hirtiflora*. b) En el tratamiento en *O. grandiflora* se observó interacción de cuatro especies vegetales: *Mutisia alata*, *Macleania hirtiflora*, *Passiflora cumbalensis* y *Tillandsia sp1*. con tres especies de colibríes: *Aglaeactis cupripennis*, *Heliangelus viola* y *Metallura tyrianthina*. Siendo *M. tyrianthina* la especie con mayor interacciones con *M. hirtiflora*, *P. cumbalensis* y *Tillandsia sp1*, además *M. hirtiflora* interactúa *H. viola* y *A. cupripennis* que interactúa únicamente con *M. alata* (Figura 2.4.2).

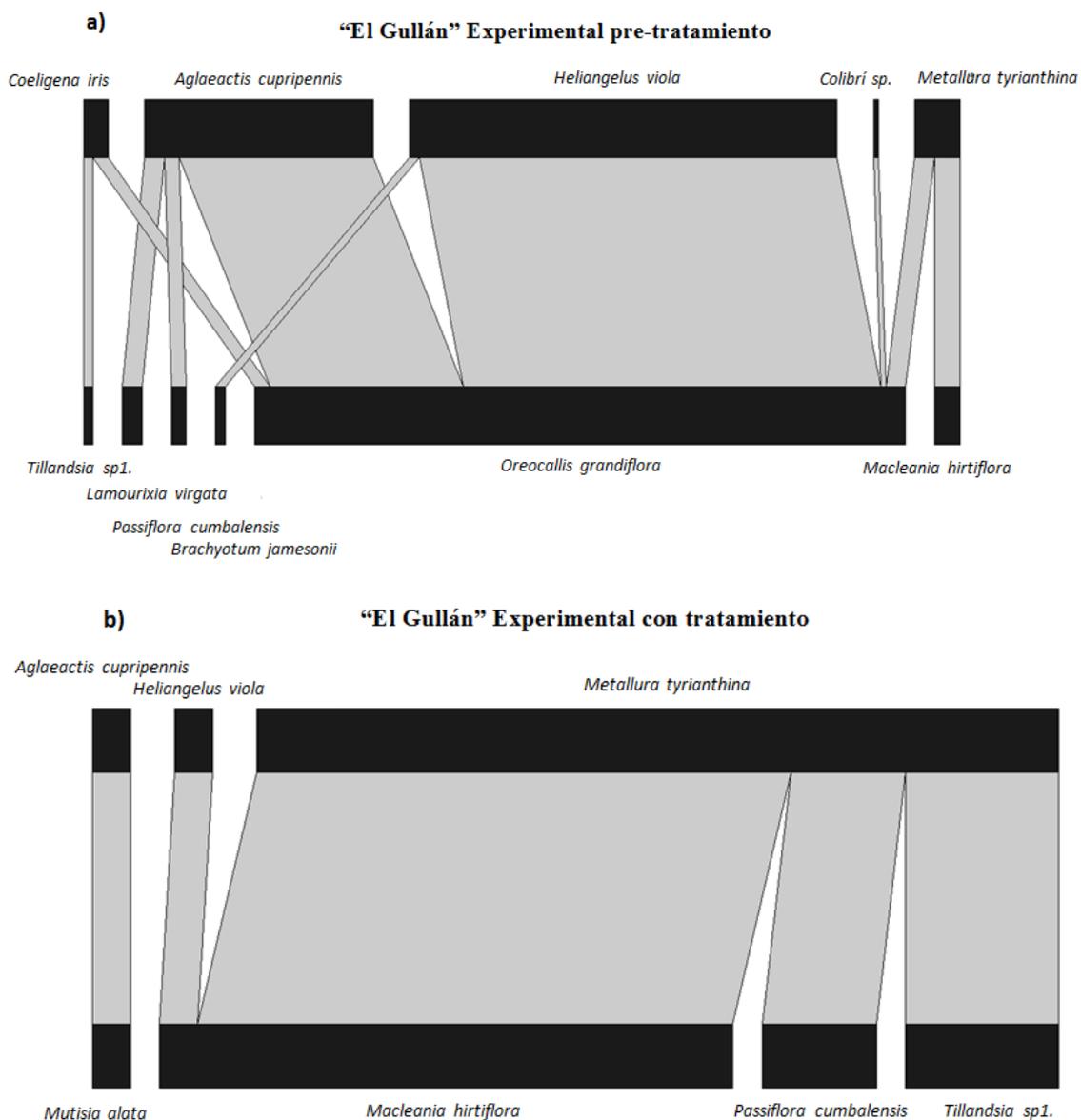


Figura 2.4.2 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la Estación científica “El Gullán” dentro de la parcela experimenta en a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior).

La red de interacción en la comuna “La Merced” en la parcela control **a)** En el pretratamiento existió seis especies vegetales: *Chuquiraga jussieui*, *Oreocallis grandiflora*, *Bomarea uncifolia*, *Brachyotum confertum*, *Macleania rupestris*, *Vaccinium floribundum* con ocho especies de colibríes: *Lesbia victoriae*, *Lesbia nuna*, *Coeligena iris*, *Aglaeactis cupripennis*, *Lesbia sp.*, *Metallura tyrianthina* y *Heliangelus viola*. La especie en estudio *O. grandiflora* interactúa con todas las especies de colibríes de la red. El colibrí con mayor interacción es *M. tyrianthina* con *B.uncifolia*, *B. confertum*, *M. rupestris*, *Vaccinium floribundum* y *C. jussieui*, seguido de *L. nuna* y *L. victoriae* con *C. jussieui*, y por último *H. viola* con *M. rupestris*. **b)** En el tratamiento se observó interacción de siete especies vegetales: *Brachyotum confertum*, *Macleania rupestris*, *Chuquiraga jussieui*, *Bomarea uncifolia*, *Oreocallis grandiflora*, *Vaccinium floribundum* y *Bejaria resinosa* con ocho especies de colibríes: *Colibrí sp.*, *Heliangelus viola*, *Lesbia vistoriae*, *Aglaeactis cupripennis*, *Metallura tyrianthina*, *Lesbia nuna*, *Lesbia sp* y *Coeligena iris*. La especie *O. grandiflora* interactúa con todas las especies de colibríes de la red; *C. jussieui* interactúa con *Colibrí sp.*, *H. viola*, *L. victoriae* y *A. cupripennis*. La especie floral *M. rupestris* interactúa con *Colibrí sp.* y *H. viola*; *B. confertum* con *Colibrí sp.*; *B.uncifolia* con *L. victoriae* y *M. Tyrianthina*; *B. resinosa* con *C. iris* y por último *V. floribundum* con *Lesbia victoriae* (Figura 2.4.3).

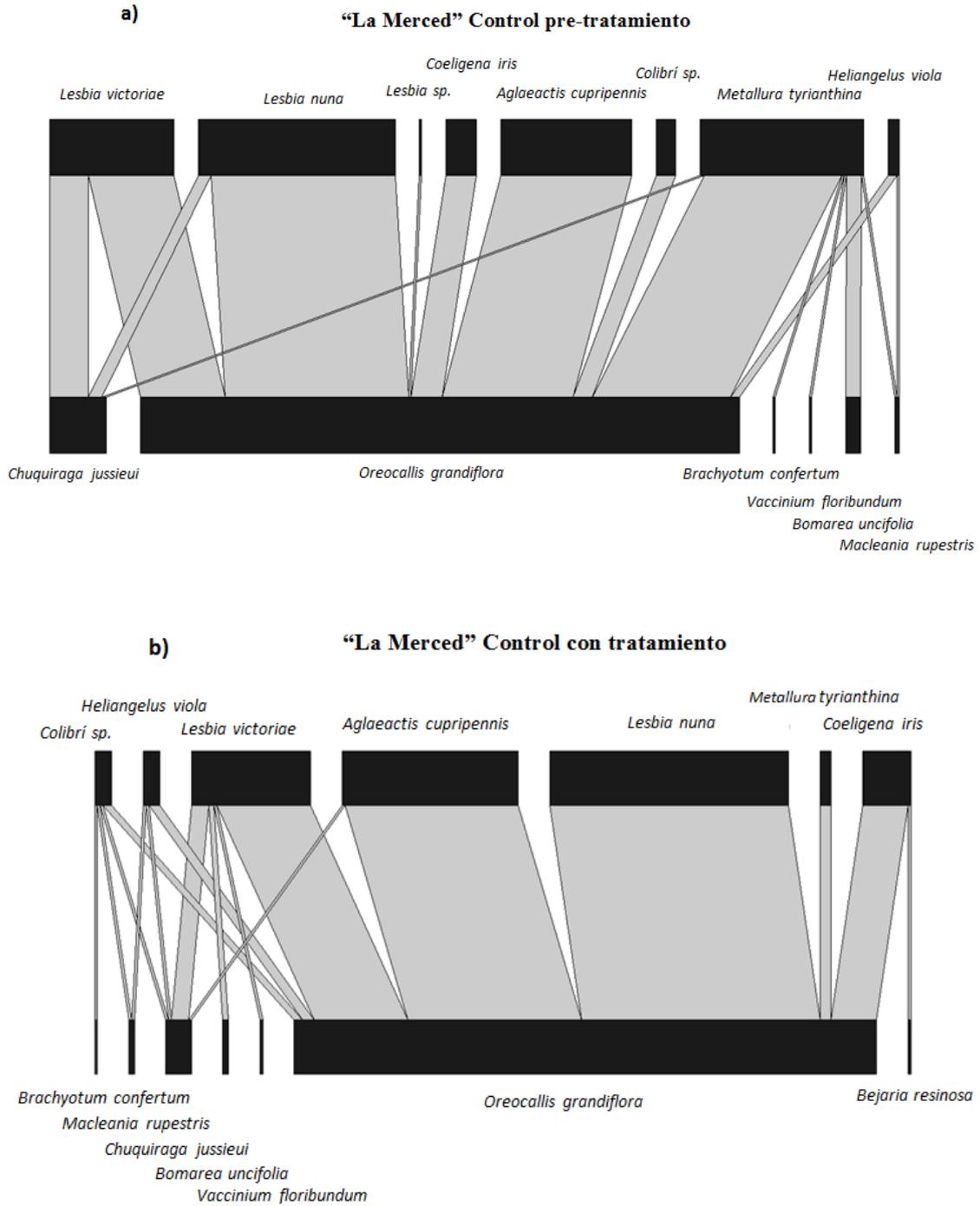


Figura 2.4.3 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la Comuna “La Merced” dentro de la parcela control en a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior).

La red de interacción de la Comuna “La Merced” en la parcela experimental se observó a) En el pre-tratamiento interactuaron tres especies vegetales: *Chuquiraga jussieui*, *Oreocallis grandiflora* y *Brachyotum confertum*, con ocho especies de colibríes: *Lesbia nuna*, *Lesbia victoriae*, *Coeligena iris*, *Metallura tyrianthina*, *Aglaeactis cupripennis*,

Heliangelus viola, *Colibrí sp.*, *Lafresnaya lafresnayi*. La especie *O. grandiflora* interactuó con seis de las ocho especies de la red, *C. jussieui* con *L. victoriae*, *L. nuna* y *L. lafresnayi*, y *B. confertum* con *Colibrí sp.* **b)** En el tratamiento en *O. grandiflora* interactuaron dos especies vegetales: *M. rupestris* y *C. jussieui* con dos especies de colibríes: *Heliangelus viola* y *Lesbia victoriae*. *C. jussieui* interactuó con las dos especies, mientras que *M. rupestris* únicamente con *H. viola* (Figura 2.4.4).

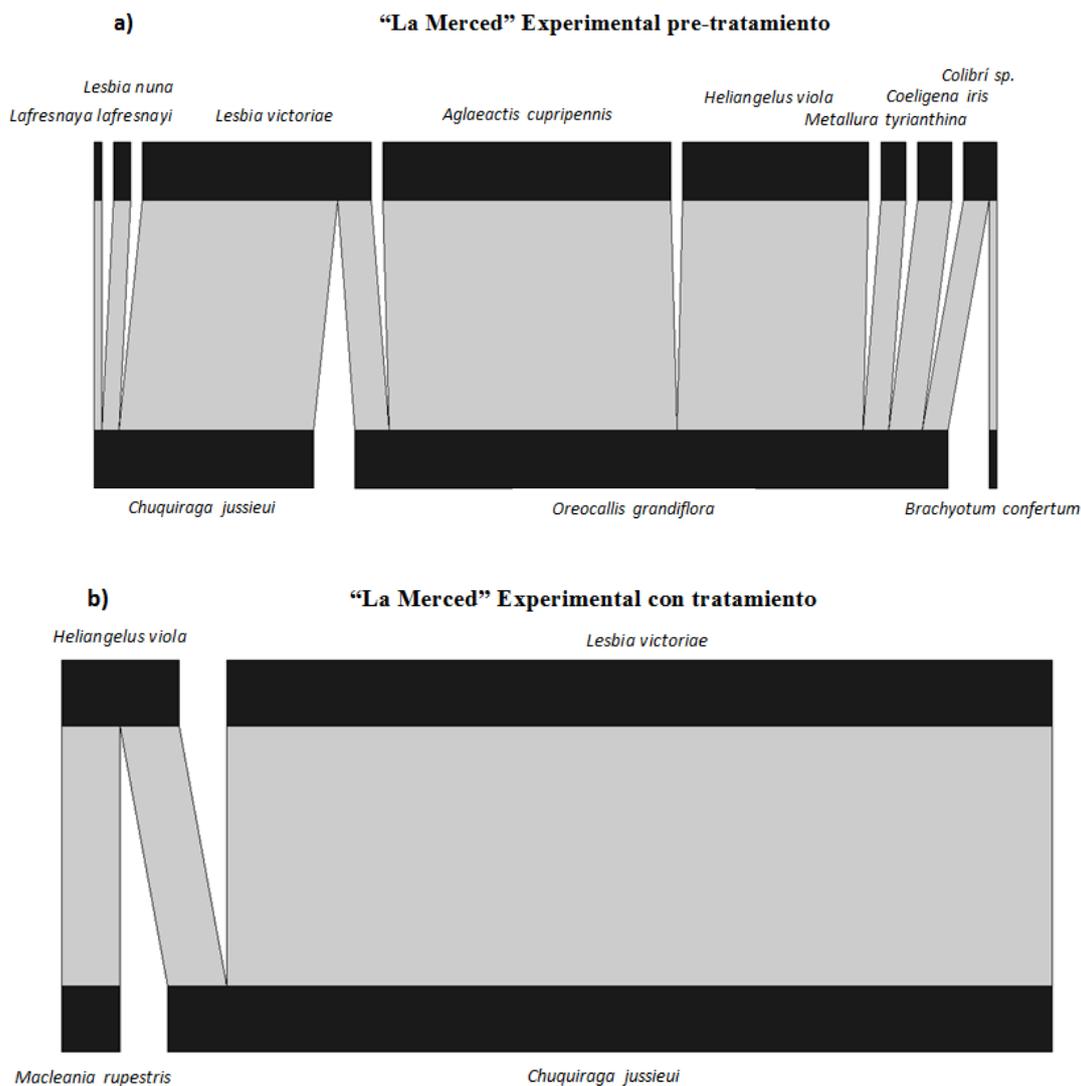


Figura 2.4.4 Red de interacción mutualista planta- colibrí en la comuna “La Merced” dentro de la parcela experimental en a) pre-tratamiento y b) tratamiento. Colibríes (superior) y plantas (inferior).

2.5 Características de la red

De acuerdo con la unión de los datos de las parcelas control y experimental de los sitios de estudio se observa que estadísticamente no existe diferencia significativa en las

métricas (Tabla 2.5.1); sin embargo, en los gráficos se observa que si existe diferencia durante el pre-tratamiento y tratamiento (Figura 2.5.1 y Figura 2.5.2).

La Robustez en la parcela control se mantiene ($\bar{x}=0,3895 \pm SD=0,15$; $\bar{x}=0,3905 \pm SD=0,24$), mientras que en la parcela experimental existe un decrecimiento de 46,53% ($\bar{x}=0,49 \pm SD=0,08$; $\bar{x}=0,22 \pm SD=0,11$). En la Conectancia se da un aumento en la parcela control de 9,56% ($\bar{x}=0,45 \pm SD=0,11$; $\bar{x}=0,5 \pm SD=0,14$), mientras que en la parcela experimental existe un crecimiento significativo entre el pre-tratamiento y tratamiento de 35% ($\bar{x}=0,38 \pm SD=0,07$; $\bar{x}=0,58 \pm SD=0,24$). En el Anidamiento se observa aumento en la parcela control de 40,25%, ($\bar{x}=5,16 \pm SD=5,86$; $\bar{x}=9,82 \pm SD=10,26$), mientras que existe un decrecimiento en la parcela experimental de 46,96% ($\bar{x}=26,23 \pm SD=2,15$; $\bar{x}=13,38 \pm SD=18,93$). De acuerdo a la Asimetría de la fuerza de interacción en la parcela control existe un aumento de un 40,3% ($\bar{x}=0,2 \pm SD=0,12$; $\bar{x}=0,34 \pm SD=0,08$) y en la parcela experimental un decrecimiento de 49,04% ($\bar{x}=0,15 \pm SD=0,59$; $\bar{x}= -0,31 \pm SD=0,55$). En la Conectividad ponderada dentro de la parcela control existe un aumento de un 7% ($\bar{x}=0,25 \pm SD=0,004$; $\bar{x}=0,26 \pm SD=0,08$), mientras que en la parcela experimental existe un crecimiento exponencial de 30% ($\bar{x}=0,19 \pm SD=0,03$; $\bar{x}=0,27 \pm SD=0,03$) (Figura 2.5.1).

La Figura 2.5.2 el número de especies de colibríes dentro de la parcela de control disminuye un 7% ($\bar{x}=6,5 \pm SD=2,12$; $\bar{x}=6 \pm SD=1,41$), igual ocurre en la parcela experimental desciende el 58,33% ($\bar{x}=6 \pm SD=1,41$; $\bar{x}=2,5 \pm SD=0,70$). El número de especies vegetales en la parcela control se mantienen ($\bar{x}=4 \pm SD=1,41$; $\bar{x}=4 \pm SD=1,41$), mientras que en la parcela experimental disminuye un 33,33% ($\bar{x}=4,5 \pm SD=1,41$; $\bar{x}=3 \pm SD=1,41$). Dentro de los enlaces por especie en la parcela control existe una mínima diferencia de un 0,5% ($\bar{x}=1,07 \pm SD=0,11$; $\bar{x}=1,082 \pm SD=0,32$), mientras que en la parcela experimental disminuye un 19,02% ($\bar{x}=0,9 \pm SD=0,006$; $\bar{x}=0,73 \pm SD=0,025$). En la Diversidad de Shannon en la parcela control disminuye un 4,29% ($\bar{x}=1,65 \pm SD=0,48$; $\bar{x}=1,58 \pm SD=0,19$), al igual que en la parcela experimental disminuye el 45% ($\bar{x}=1,46 \pm SD=0,24$; $\bar{x}=0,80 \pm SEM=0,48$). La Especialización en la parcela control asciende el 32,35% ($\bar{x}=0,25 \pm SD=0,06$; $\bar{x}=0,37 \pm SD=0,017$) y en la parcela experimental disminuye $\bar{x}=0,65 \pm SD=0,19$; $\bar{x}=0,55$ sin un error estándar debido a que existe valores NA dados por el programa estadístico.

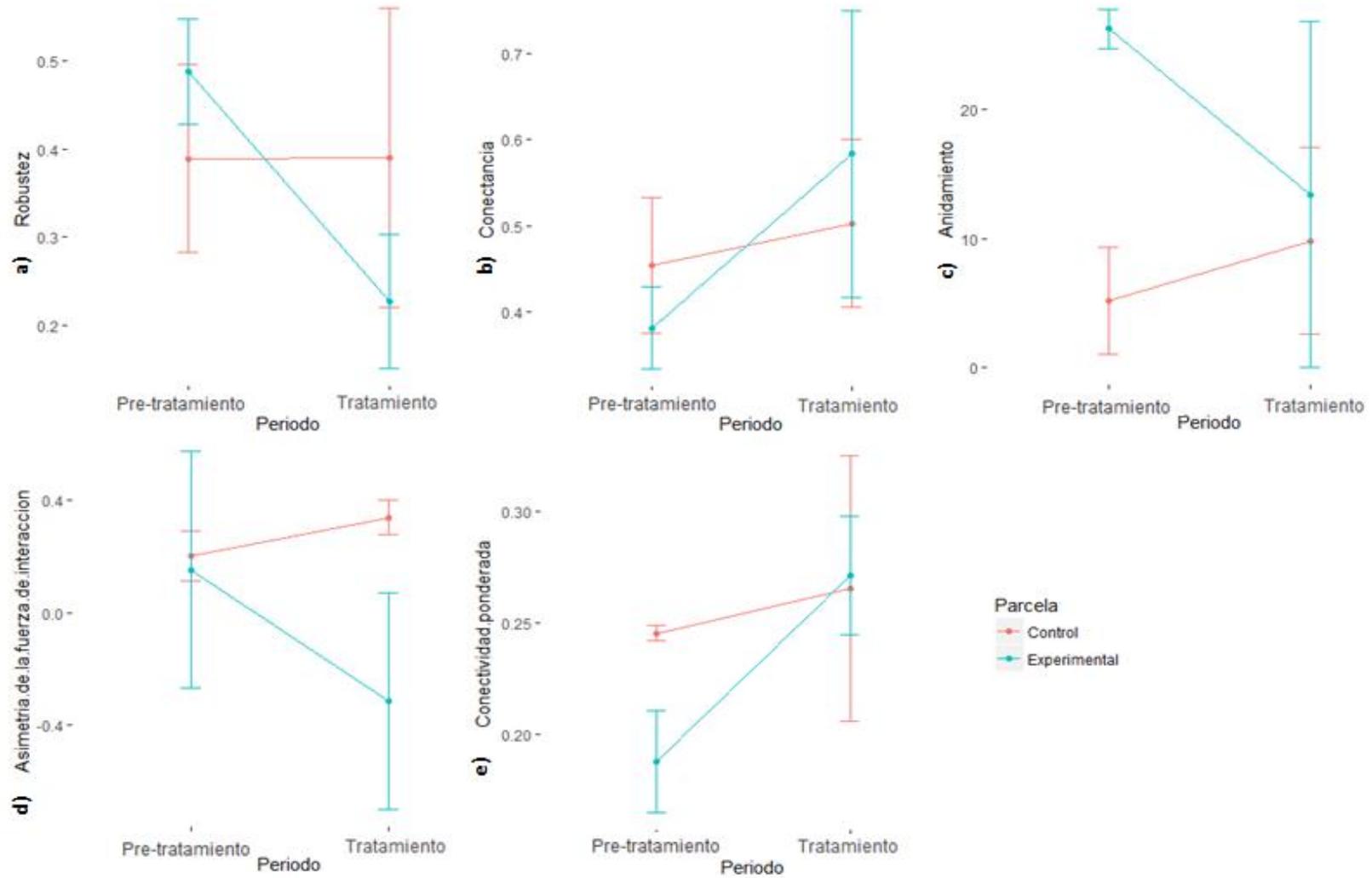


Figura 2.5.1 Métricas obtenidas de las redes de interacción planta- colibrí (media y desviación estándar) (Anexo 10).

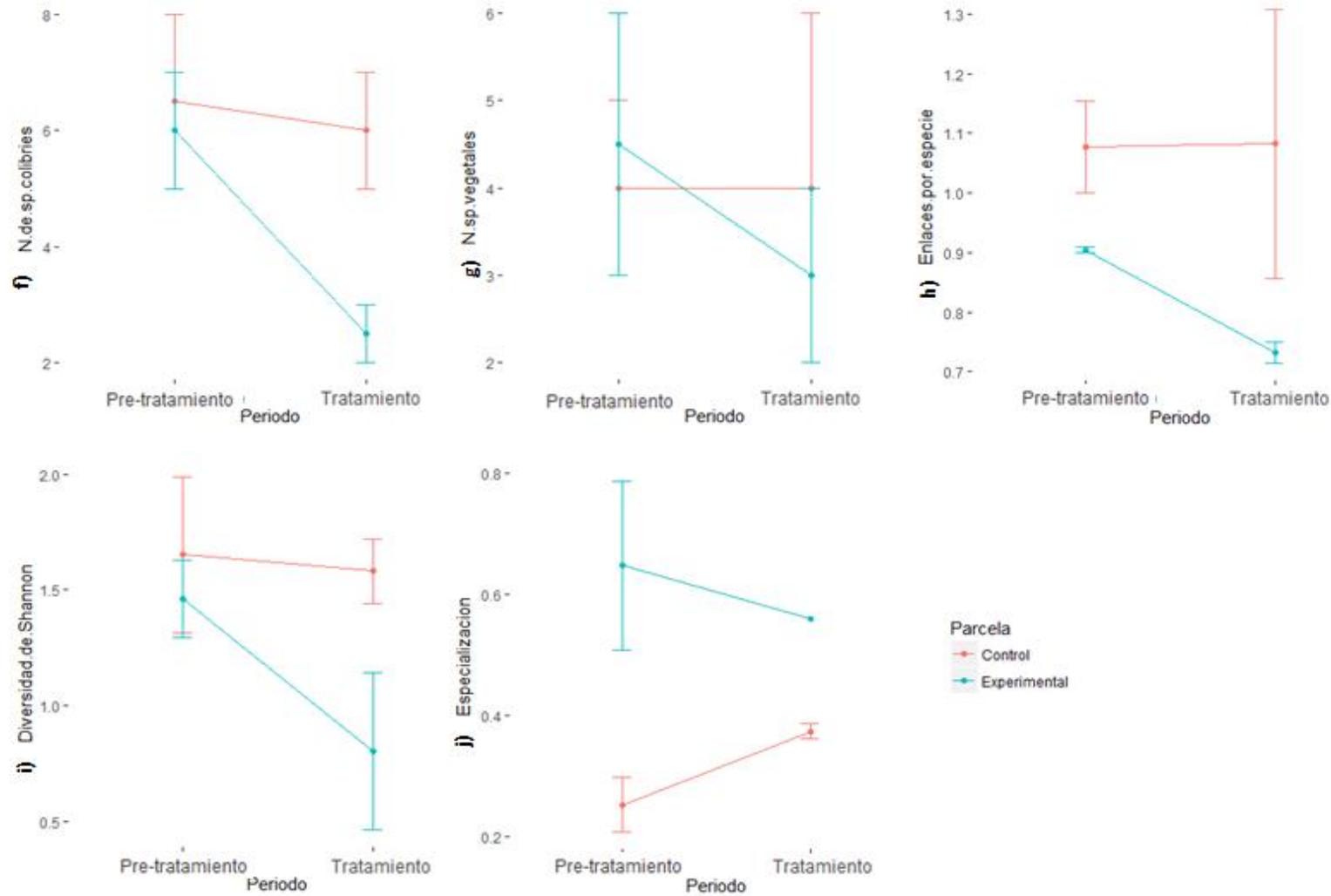


Figura 2.5.2 Métricas obtenidas de las redes de interacción planta- colibrí (media y desviación estándar) (Anexo 10).

Tabla 2.5.1 Métricas de redes de interacción

Métricas	Factores	Df	Sum sq	Mean Sq	F Value	Pr (>F)
Robustez	Periodo	1	0.028	0.028	1.589	0.276
	Parcela	1	0.002	0.002	0.106	0.762
	Periodo: Parcela	1	0.024	0.024	1.358	0.309
	Residuo	4	0.070	0.017		
Conectancia	Periodo	1	0.015	0.015	1.386	0.304
	Parcela	1	0.0001	0.00001	0.001	0.976
	Periodo: Parcela	1	0.005	0.005	0.509	0.515
	Residuo	4	0.044	0.011		
Anidamiento	Periodo	1	1.437	1.437	0.307	0.609
	Parcela	1	3.948	3.948	0.843	0.410
	Periodo: Parcela	1	5.674	5.674	1.212	0.333
	Residuo	4	18.722	4.681		
Asimetría de la fuerza de interacción	Periodo	1	0.007	0.007	0.572	0.528
	Parcela	1	0.0001	0.00001	0.001	0.980
	Periodo: Parcela	1	0.134	0.134	10.473	0.084
	Residuo	2	0.026	0.013		
Conectividad ponderada	Periodo	1	0.005	0.005	2.288	0.205
	Parcela	1	0.001	0.001	0.620	0.475
	Periodo: Parcela	1	0.003	0.003	1.067	0.360
	Residuo	4	0.010	0.002		
Número de especies HL (colibrís)	Periodo	1	0.460	0.460	4.672	0.097
	Parcela	1	0.460	0.460	4.672	0.097
	Periodo: Parcela	1	0.301	0.301	3.062	0.155
	Residuo	4	0.394	0.098		
Número de especies LL (plantas)	Periodo	1	0.095	0.095	0.348	0.587
	Parcela	1	0.007	0.007	0.026	0.881
	Periodo: Parcela	1	0.055	0.055	0.201	0.677
	Residuo	4	10.918	0.273		
Links por especie	Periodo	1	0.028	0.028	1.589	0.276
	Parcela	1	0.002	0.002	0.106	0.762
	Periodo: Parcela	1	0.024	0.024	1.358	0.309
	Residuo	4	0.070	0.017		
Diversidad de Shannon	Periodo	1	0.062	0.062	1.979	0.232
	Parcela	1	0.102	0.102	3.233	0.147
	Periodo: Parcela	1	0.048	0.048	1.514	0.286
	Residuo	4	0.009	0.002		
j) H2	Periodo	1	0.028	0.028	1.589	0.276
	Parcela	1	0.002	0.002	0.106	0.762
	Periodo: Parcela	1	0.024	0.024	1.358	0.309
	Residuo	4	0.070	0.018		

CAPÍTULO 3

DISCUSIONES

Las interacciones de colibríes y plantas mostraron una alteración en cuanto a su organización estructural cuando se retiró las inflorescencias de *O. grandiflora* dentro de las parcelas, demostrando una disminución de visitas de colibríes hacia especies ornitófilas. Al parecer esta eliminación estaría relacionada con la disminución en la cantidad de calorías disponibles para los colibríes. De esta manera pudimos evidenciar la importancia de *O. grandiflora* dentro de las redes mutualistas en el matorral montano andino en el sur del Ecuador.

3.1 Índice de Valor de Importancia (IVI)

De acuerdo a IVI las especies más importantes son *Epidendrum secundum*, *Miconia sp.* y *Macleania hirtiflora* en la Estación científica “El Gullán”; y *Chuquiraga jussieui*, *Brachyotum confertum* y *Oreocallis grandiflora* en la Comuna “La Merced” (Tabla 2.1.1).

La importancia de las especies radica en su tolerancia a sustratos, como es el caso de *E. secundum* que es una especie epífita o terrestre y puede establecerse sobre cuevas empinadas de bosque húmedo tropical o bosque montano y tienden a crecer en áreas abiertas por lo que estas florecen casi todo el año (Pinheiro & Cozzolino, 2013). Al igual que *Miconia sp.* que es común en la vegetación secundaria y al parecer es tolerante a la sombra y beneficiada por los claros, además de tener estrategias de vida como: producción de semillas, altas tasas de germinación y crecimiento rápido que generan la activación de los procesos ecológicos involucrados en la regeneración natural de hábitats perturbados, permitiendo la conectividad entre los fragmentos y el área en proceso de restauración (Simone, 2013 & Serrano, 1996). *M. hirtiflora*, crece en áreas rocosas, bosques y arbustos como parte de la vegetación nativa y son colonizadores exitosas de áreas naturales o perturbadas (Boni, 2016).

Su importancia puede estar relacionada por su interacción con polinizadores como es el caso de *C. jussieui* que se encuentra en paramos de pajonal (Minga *et al.*, 2016) que consta con gran cantidad de individuos e inflorescencias, al igual que *B. confertum* que

se encuentra en páramos y suelos húmedos (León – Yanez *et al.*, 2011) y que al presentar gran cantidad de néctar atrae mayor cantidad de polinizadores.

Otra de las especies más destacadas en los dos sitios de estudio es *O. grandiflora*, ya que es importante debido a que su presencia indica si un suelo es poco profundo y mal drenado (Serrano, 1996). No es una planta pionera, sino más de sucesión secundaria que crece donde otras plantas ya están establecidas con las cuales se asocia fácilmente. Esta especie se encuentra dentro de un sistema de redes debido a sus semillas, flores y frutos requeridos por mamíferos, roedores y aves, como colibríes (Cárdenas, 2015; Cárdenas 2017; Landázuri & Mogrovejo, 2016).

3.2 Valor energético

Del total de especies registradas para el análisis de valor energético (Tabla 2.1.1), se consideró las especies que se pudo registrar volumen de néctar y porcentaje de Brix (Tabla 2.2.1 y 2.2.2). Según nuestros datos obtenidos, existen variaciones en la producción de néctar y pueden estar correlacionados con el número de flores de cada planta y cada especie (Gutián *et al.*, 1995). Por ello se demostró que *O. grandiflora* es la especie con mayor número de flores y mayor producción y concentración de néctar dentro del ecosistema, seguido de *Chuquiraga jussieui*, *Passiflora cumbalensis*, *Brachyotum jamesonii* y *Brachyotum confertum* (Tabla 2.2.1 y 2.2.2).

Oreocallis grandiflora ha demostrado ser un recurso rentable energético dentro de los ecosistemas. Consta de gran cantidad de flores y por ende produce mayor cantidad de néctar (Fenster *et al.*, 2004) y al simular la extinción de la misma se evidencia un cambio significativo en el valor energético. Por lo tanto esta especie es importante dentro del ecosistema.

3.3 Redes de interacción de acuerdo a la tasa de visitas

La abundancia de las especies de colibríes dentro de algunos ecosistemas están vinculados a la cantidad de recursos alimenticios (Potts *et al.*, 2004), por lo tanto, dentro de la estructura de las redes de interacciones mutualistas entre plantas y colibríes afecta la proporción en que las especies pueden desaparecer en caso de disturbios como la pérdida de especies dentro de la misma, debido a que cada una de ellas aportan a la estabilidad y dinámica de la red (Ramirez, 2013). Según nuestros resultados se observó

que el número de especies de colibríes disminuyó al manipular la población de *O. grandiflora*; sin embargo, las especies que se mantuvieron interactuaron con las demás especies ornitófilas.

El rol de forrajeo de los colibríes puede ser influenciado por la disponibilidad de *O. grandiflora*. Se observó que frente al tratamiento los colibríes disminuyen en sus visitas (Tabla 2.3.1), como fue el caso de *Aglaectis cupripennis* y *Heliangelus viola* que al ser especies territorialistas se encuentran afectadas, debido a que se retira su recurso principal. Mientras que *Coeligena iris* al ser una especie ruter; es decir, realiza rutas dentro de las parcelas, esta se alimenta de más especies (Córdova & Urgilés, 2017). *Metallura tytanthina*, *Lesbia vistoriae* y *Lesbia nuna* al ser especies generalistas (Córdova & Urgilés, 2017; Tinoco, 2014; Travez, 2016) no se ven afectadas debido a que pueden interactuar con varios tipos de flores dependiendo de la disponibilidad de alimento (Arizmendi & Berlanga, 2014).

Oreocallis grandiflora demostró ser una especie que proporciona estabilidad y dinámica dentro de una red ya que proporciona alimento a los colibríes. Al ser retirada existe un cambio en la disponibilidad de recursos que obligan a los colibríes a buscar néctar dentro de la parcela para suplir sus necesidades, lo que los lleva a una reorganización en la estación científica “El Gullán” y así estos mantienen interacciones con más especies de plantas con mayor cantidad y disponibilidad de néctar (Figuras 2.4.1, 2.4.2 y 2.4.3) (Wolf *et al.*, 1976). Mientras que en la comuna “La Merced es evidente que las especies de colibríes se retiran de la parcela a otros lugares en busca de alimento (Figura 2.4.4) (Rosero & Sazima, 2004).

Para evitar el desplazamiento de los colibríes, las especies vegetales deberán ser capaces de satisfacer sus necesidades alimenticias. Los colibríes deberán visitar con más frecuencia las flores con el fin de obtener una remoción repetida de néctar, lo cual lleva a la especie vegetal a una producción adicional (Castellanos *et al.*, 2002), lo que es viable debido a que el néctar no tiene un valor fotosintético y su producción no es costosa (Ordano & Ornelas, 2005).

De acuerdo a los resultados se observó un cambio de comportamiento por parte de los colibríes. Las visitas hacia las especies ornitófilas tuvieron mayor actividad a partir del

segundo día de grabación, esto pudo deberse a la perturbación en la riqueza vegetal al delimitar la parcela, conteo de recursos y colocación de cámaras; lo que pudo haber provocado movimientos temporales en los colibríes (Ramírez, 2006).

3.4 Métricas

Al retirar *O. grandiflora* del sistema se observó que existen alteraciones en las redes de acuerdo a las métricas analizadas. Se verificó que las redes de interacción mutualista no se consideran robustas en el momento que se da una extinción de sus nodos (Memmott *et al.* 2004). La eliminación simulada de las inflorescencias de *O. grandiflora* mostraron fragilidad ($R=0,22$) en la red, debido a que la robustez decrece y esta al ser una especie con mayor número de enlaces hace que la red sea menos robusta como es evidente en el tratamiento (Figura. 2.5.1 (a)) (Burgos *et al.*, 2007). La disminución de especies de colibríes por el retiro de *O. grandiflora* demuestra un menor número de interacciones durante el tratamiento como se observa en las Figuras 2.4.2 y 2.4.4, por lo tanto la conectancia tiende a ser mayor (Figura. 2.5.1 (b)) (Ramírez, 2013).

El valor de anidamiento disminuye en el tratamiento debido a que las especies territorialistas se ven afectadas, y en la red tienen mayor interacción las especies generalistas (Patiño, 2017). Al igual que la asimetría de la fuerza de interacción que mide la direccionalidad de las interacciones (González & Loiselle, 2016), se observa que especies generalistas se encuentran interactuando entre sí, tal es el caso de las interacciones que ocurren durante el pre-tratamiento, a diferencia de lo que ocurre en el tratamiento. La asimetría es menor debido a que las especies generalistas se encuentran interactuando con otras especies, mientras que en las territorialistas disminuye el número de visitas con las demás especies, por lo tanto la asimetría de la fuerza de la red es negativa, lo que indica menor nivel trófico; es decir, que la posición de la especies de colibríes dentro de la red alimenticia disminuye (Palacio, 2014).

La conectividad ponderada al indicar la densidad de vinculación (Tylianakis *et al.*, 2007 en Dormann *et al.*, 2008) esta se aumenta debido a que las especies de colibríes al no poseer inflorescencias de *O. grandiflora* buscan otras fuentes alimenticias, abasteciéndose de las demás especies ornitófilas de la parcela (Figura 2.5.1 (e)).

Se encontró diferentes especies y número de individuos en los sitios de estudio. Las especies vegetales registradas variaron de acuerdo a su periodo de floración (Vera, 1995), lo que se encuentra relacionado con el número de especies de colibríes con el fin de mantener el funcionamiento del sistema planta-colibrí de acuerdo a la productividad y disponibilidad de recursos florales (figura 2.5.2 (f, g, h)) (Medina *et al.*, 2016).

En la diversidad de Shannon al demostrar la biodiversidad dentro de las parcelas (Pla, 2006) se observa que en el tratamiento se altera la biodiversidad vegetal y por ende la de colibríes dentro de la comunidad, ya que la remoción de especies vegetales afecta los enlaces tróficos con otras especies (Ramirez, 2013).

La especialización nos indica la diversidad de las interacciones, por lo tanto la red en el pre-tratamiento es considerada especializada, ya que se considera el valor cercano a 1 como una red fuertemente especializada (Dormann *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Oreocallis grandiflora por sus características ha demostrado ser una especie generalista que proporciona equilibrio y dinámica dentro de las redes de interacción de los ecosistemas.

En cuanto al valor de importancia ecológica *O. grandiflora* ha destacado debido a su frecuencia y abundancia, además de constar con un alto valor energético debido a la cantidad de néctar producido dentro de las redes de interacción, por lo tanto, al excluir sus inflorescencias disminuye significativamente el valor energético de las parcelas experimentales. Ya sea por esta y otras características, como tamaño y cantidad de inflorescencia y flores que otras especies ornitófilas dentro de la parcela, consta de gran diversidad y cantidad de visitas de colibríes, por lo tanto, esta especie es considerada importante dentro de las redes de interacción

Debido a sus atribuciones dentro de los ecosistemas y según las métricas consideradas dentro de las redes de interacción, *O. grandiflora* se la considera una especie clave, debido a que ante la pérdida de la misma el ecosistema se ve afectado significativamente provocando que la red se desestabilice y por ende que los colibríes se vean obligados a buscar más recursos para su supervivencia, lo que podría provocar extinciones locales de colibríes dentro de los ecosistemas, o incluso extinciones en cascada por la falta de *O. grandiflora*, especialmente en colibríes especialistas y territorialistas.

BIBLIOGRAFIA

- Alvear, M., Betancur, J., Franco-Roselli, P. (2010). Diversidad florística y estructura de Remanentes de Bosque Andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Cordillera Central Colombiana. *Botánica Florística*. Colombia.
- Arizmendi, M & Berlanga, M. (2014). *Colibríes de México y Norteamérica*. México.
- Ayala, A. & Girón, M. (1992). Polinización de las flores de *Brachyotum* (Melastomataceae) por dos especies de *Diglossa* (Emberizidae). Medellín. Colombia.
- Bascompte, J. & Jordano, P. (2007). Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. España. Sevilla. (38), 567-593
- Bascompte, J., Jordano, P. & Olesen, M. (2003). Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. *Ecology Letters* 6: 68
- Bascompte, J., Jordano, P. & Olesen, M. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312, 431.
- Bertolaso, M. (2015). *Robustez biológica*. Universidad Campus Biomédico. Buenos Aires. Argentina.
- Boni, M. (2016). Evaluación de un sustrato orgánico para el enraizamiento de las estacas de joyapa *Macleania rupestris*. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Bugoni, J., Maruyama, K. & Sazima, M. (2014). Processes entangling interactions in communities: forbidden links are more important than abundance in a hummingbird-plant network. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Brazil. Sao Paulo. *Proceedings of the Royal Society B* 281: 2
- Cai, Q. & Lui, J. (2016). The robustness of ecosystems to the species loss of community. *Scientific Reports* (6).
- Cárdenas, J. (2017). Contribución de aves y mamíferos en la polinización de *Oreocallis grandiflora* (Lam) R. Br.(*Proteaceae*) en un matorral montano andino del sur del Ecuador. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.

- Cárdenas, S. (2015). Ecología de polinización de *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (Proteaceae) en un matorral montano del sur del Ecuador. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Castaño, J. (2009). Murciélagos frugívoros y plantas quiropterócoras: Descubriendo la estructura de sus interacciones mutualistas en una selva semi-caducifolia. (Tesis de Maestría). Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- Castellanos, M., Wilson, P. & Thomson, J. (2002). Dynamic nectar replenishment in flowers of *Penstemon* (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany*, 89(11), 1111-1117.
- Castillo, C & Medina, C. (2013). Identificación de metabolitos secundarios presentes en la planta nativa cucharilla (*Oreocallis grandiflora*). Callao, Perú.
- Castro, I. (2005). ¿De qué hablamos cuando hablamos de diversidad ecosistémica? *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica*, 100 (1), 33-35.
- Córdova, K., Urgilés, M. (2017). Estrategia de ahorro energético nocturno en cuatro especies de colibríes en la Estación científica “El Gullán”. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador.
- Díaz, R. (2016). Historia natural, ecología y análisis de la interacción planta-colibrí en un paisaje mexicano, bajo dos aproximaciones teóricas: escalamiento en ecología y redes de interacciones complejas. (Tesis de Doctorado). Universidad de Alicante. Alicante. España.
- Díaz, R., Ortiz, R., & Urios, V. (2016). Análisis descriptivo del sistema Colibrí-Planta, en tres niveles de las escalas espacial, temporal y en la Jerarquía ecológica en un matorral Xerófilo Mexicano. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. 32-37.
- Dormann, C., Gruber, B., & Fründ, J. (2008). Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. *Interaction*, 1, 0-2413793.
- Dormann, C., Fründ, J. & Gruber, B. (2017). Package ‘bipartite’. Visualising Bipartite Networks and Calculating Some (Ecological) Indices

- Fenster, C., Armbruster, W., Wilson, P., Dudash, R & Thomson, J. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 375-403.
- Galeano, J., Pastor, M., Santamaria, S & Méndez, M. (2011). Dos escenarios de extinciones en redes de interacción planta – polinizador. Aplicación en redes alpinas de alta montaña. Madrid. España.
- Gómez, J. (2002). Generalización en las interacciones entre plantas y polinizadores. *Revista chilena de historia natural*. Granada. España, 75(1), 105-116.
- Gonzales, O. & Loiselle, B. (2016). Species interactions in an Andean bird–flowering plant network: phenology is more important than abundance or morphology.
- Guerrero, D. (2014) Actividad Hipoglucemiante del extracto de las hojas de *Oreocallis grandiflora* en ratas (*Rattus norvegicus*) por inhibición del alfa-amilasa. Riobamba, Ecuador. 13
- Guerrero, G. (2017). Dinámica de Redes Mutualistas en Ecosistemas Complejos.
- Guisande, C., Vaamonde, A & Barreiro, A. (2018). Package ‘StatR’. Estadística con R, 1(4).
- Gutiérrez, A & Rojas, S. (2001). Dinámica anual de la interacción colibrí–flor en ecosistemas alto andinos del volcán Galeras, Sur de Colombia. Bogotá. Departamento de Biología.
- Gutiérrez, A. (2003). Caracterización preliminar de la avifauna del parque Entrenube y pautas para su conservación. Bogotá. 21.
- Gutiérrez, A. (2005). Ecología de la interacción entre colibríes (Aves: Trochilidae) y plantas que polinizan en el bosque altoandino de Torca. Bogotá. Departamento de Biología.
- Gutiérrez, A. (2008). Ecological interactions and structure of a high Andean community of hummingbirds and flowers in the Eastern Andes of Colombia. *Corporación ECOTONO y Grupo de Ornitología*. Universidad Nacional de Colombia. 7, 17-42
- Guimaraes, P., Rico-Gray, V & Thompson, J. (2006). Asymmetries in specialization in ant-plant mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 273(1597), 2041-2042

- Gutián, P., Navarro, L & Gutián, J. (1995). Efecto de la extracción en la producción de néctar en flores de *Melittis melissophyllum* L. (Labiatae). *Anales Jará. Bot. Madrid* 52(2): 163- 169.
- Heleno, R & Pocock, M. (2011). Connectance of species interaction networks and conservation value: Is it any good to be well connected?. *Ecological Indicators*. ELSEVIER. 9
- Hidalgo, M & Cabezudo, B. (1995). Producción de néctar en matorrales del sur de España (Andalucía). España. 125.
- Horacio, M. (2015). Una aproximación a la vulnerabilidad y robustez socio-ecológica de sistemas ganaderos trashumantes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Bariloche. Buenos Aires. Argentina.
- Jordano, P (1987). Patterns Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Conectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. *American Naturalist*. Volume 129.
- Kearns, C & Inouye, D. (1984). *Techniques for Pollinitation Biologists*. University Press of Colorado. Niwot. Colorado. 153-160
- Landázuri, B & Mogrovejo, M. (2016). Contribución de vectores diurnos y nocturnos a la polinización de *Oreocallis grandiflora* (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay.Cuenca, Ecuador. 16-19.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2015. *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito, Ecuador. 133
- Maglianesi, A., Blüthgen, N., Böhning-Gaese, K & Schleuning, M. (2014). Morphological traits determine specialization and resource use in plant–hummingbird networks in the neotropics. *Ecology*. Darmstadt. Germany, 95(12), 7-9
- Medina, P., Parra. V & Leirana, J. (2016). Recursos florales y colibríes durante la época seca en la Reserva de la Biósfera Ría Lagartos, México.
- Memmott, J., Waser, M & Price, M. (2004). Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London*.

- Ministerio del Ambiente Perú (2015). *Guía de Inventario de la Flora y Vegetación. Ministerio del Ambiente. Lima. Perú.*36
- Minga, D., Verdugo, A. (2016). *Árboles y Arbustos de los Ríos de Cuenca. Azuay. Ecuador.*
- Minga, D., Ansaloni. R., Verdugo. A., & Ulloa, C. (2016). *Flora del Páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco-Centro Gráfico Salesiano. Cuenca.*
- Montoya, J., Solé, R & Rodriguez, M. (2001). La arquitectura de la naturaleza” complejidad y fragilidad en redes ecológicas. Universidad de Alcalá. *Asociación Española de Ecología Terrestre. New México. USA. 2*
- Neira, F. (2016). Influencia de diferentes tratamientos de polinización sobre características físicas y fisiológicas de semillas de *Oreocallis grandiflora* (Lam) R. Br. (Proteaceae). (Tesis de Pregrado). Cuenca. Ecuador.
- Nieto, A & Silva, A. (2012). Influencia de la alteración de hábitat en el uso de recursos florísticos por el ensamble de colibríes en bosques alto andinos del sur del Ecuador. (Tesis de Pregrado). Cuenca. Ecuador.
- Ortíz, P., Arista, M., & Talavera, S. (1996). Producción de néctar y frecuencia de polinizadores en *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpiniaceae).
- Ordano, M. & Ornelas, J. (2005). The cost of nectar replenishment in two epiphytic bromeliads. *Journal of Tropical Ecology* 21:541- 547
- Palacio, R. (2014). Estructura de la red de interacciones mutualistas entre plantas y aves frugívoras en el bosque nublado de San Antonio-km 18, Valle del Cauca. (Tesis de Maestría). Universidad ICESI. Calí. Colombia.
- Parra, V. (2015). *Ecología y evolución de las interacciones bióticas del Val E. & Boege K 2012. Revista de Biología Tropical, 63(1), 313-317*
- Pastor, J., Gilarranz, L., & Galeano, J. (2011). La estructura de redes mutualistas pesadas. Medida del clustering en redes bipartitas. Depto. Ciencia y Tecnología Aplicadas E.U.I.T. Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid. Barcelona. España.

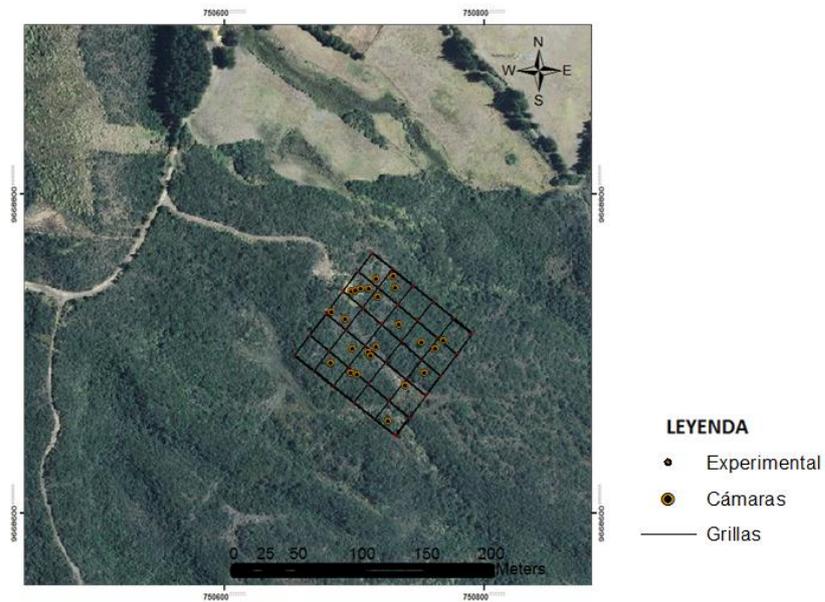
- Pedráza, P. (2015). Interacción Colibrí- flor en tres remanentes de Bosque Tropical Seco (BTS) del Municipio Chimichagua (Cesar, Colombia). *Institute of Systematic Botany, The Botany New York Botanical Garden, 2900 Sutherland Blvd., Bronx, NY 10458. USA.*
- Pintado, K. (2016). Influencia de microclima y labrado del suelo en la siembra directa de *Oreocallis grandiflora* en dos ecosistema degradados del sur del Ecuador. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador.
- Pinheiro, F & Cozzolino, S. (2013). *Epidendrum* (Orchidaceae) as a model system for ecological and evolutionary studies in the Neotropics. *Taxon*, 62(1), 77-88.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el Índice de Shannon y la riqueza. Scielo. Universidad Central de Venezuela. Carácas. Venezuela
- Potts, S., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., Dafni, A., Ne'eman, G & Willmer, P. (2004). Nectar resource diversity organises flower-visitor community structure. *Entomologia experimentalis et applicata*, 113(2), 103
- R Development Core Team. 2015 R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. See <http://www.R-project.org>.
- Ramírez, E. (2006). Variación en la composición de comunidades de aves en la Reserva de la Biosfera Montes Azules y áreas adyacentes, México.
- Ramírez, M. (2013). Redes de interacción mutualista colibrí-flor en el Parque Nacional Natural Munchique: ¿La pérdida de un colibrí endémico y en peligro crítico de extinción, acarrea el colapso del sistema? (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Ridgely, R & Greenfield, P (2001). Birds of Ecuador: Field guide. Comstock Publishing Associates.
- Ríos, F & Acevedo, O. (2007). Ecología, utilización e impactos producidos por el aprovechamiento del cucharillo *Oreocallis grandiflora* (lam) R. Br. en las parroquias de Taquil, Chantaco, Chuquiribamba y Gualiel de la provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador.

- Rosero, L & Sazima, M. (2004). Interacciones planta-colibrí en tres comunidades vegetales de la parte suoriental del Parque nacional Natural Chiribiquete, Colombia. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. Brasil. 188-189
- Ruiz, S. (2017). Análisis de redes de herbívoros en tres estados sucesionales en un bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. (Tesis de Pregrado). Universidad de Veracruzana. Veracruz. México.
- Salinas, L., Arizmendi, M., Domínguez, C., Castillo, C & Lara, C. (2013). Producción de néctar y flores como rasgos compensatorios al robo de néctar en *Bouvardia ternifolia* (Rubiaceae): Experimentos de campo. México, 87.
- Santamaría, S & Méndez, M. (2013). Cómo conservar las interacciones entre polinizadores y plantas en ecosistemas de alta montaña con ayuda de la teoría de redes complejas. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2009-2012*, 111-112.
- Serrano, F. (1996). *Árboles y Arbustos del Bosque de Mazán*. Tomo I. EDIBOSCO. Cuenca. Ecuador.
- Simone, R. (2013). Especies de Melastomataceae juss. con potencial para restauración ecológica de mata riparia en el Cerrado. Departamento de Botánica Distrito Federal, México. *Polibotánica*, (35), 1-19.
- Smith, R & Smith, T. (2000). Ecología (6ª edición). Ed. Adison Wesley. Madrid.
- Tinoco, B., Graham, C., Aguilar, J & Schleuning, M. (2017). Effects of hummingbird morphology on specialization in pollination networks vary with resource availability. *Oikos*, 126(1), 52-53
- Thompson, J. (2006). Mutualistic webs of species. *Science* 312: 372-73. Washington. Estados Unidos.
- Torres, E. (2013). Redes ecológicas en el análisis de la fenología reproductiva de una comunidad vegetal. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Biología. Santa Clara.

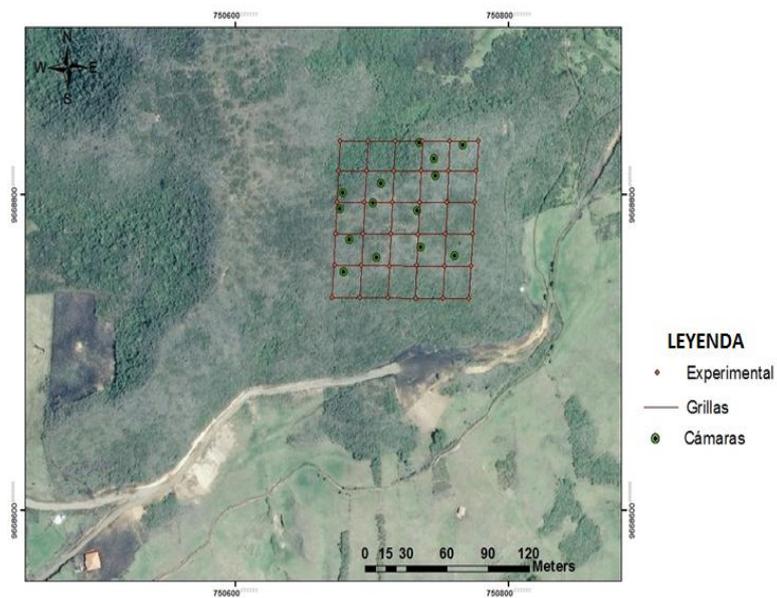
- Torres, M. (2006). Comparación de la composición faunística entre bosque y borde en el Bosque Protector de la Microcuenca del Río Pungohuayco-Tasqui. Chordeleg, Provincia del Azuay. (Tesis de Pregrado). Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador.
- Travez, J. (2016). Comparación de la diversidad y abundancia de avifauna entre el campus de la UIDE y el parque Metropolitano Guanguiltagua, Distrito Metropolitano de Quito y recomendaciones para su conservación. Quito. Ecuador.
- Vera, M. (1995). Efecto de la altitud en la fenología de la floración en especies arbustivas del norte de España. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Unidad de Botánica. Universidad de Oveido. España.
- Vizentin, J., Maruyana, P., Debastiani, V., Duarte, L., Dalsgaard, B. & Sazima, M. (2016). Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. *Journal of animal Ecology* 85(1).
- Wolf, L., Stiles, F & Hainsworth, F. (1976). Ecological organization of a tropical, highland hummingbird community. *Ecol.* 45, 349–379. (doi:10. 2307/3879
- León- Yáñez, S., Valencia, R., Navarrete, H., Pitman, N., Enadara, L. & Ulloa, C. (2011). *Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador*, Segunda Edición. Publicaciones del Herbario QCA, Ponificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

ANEXOS

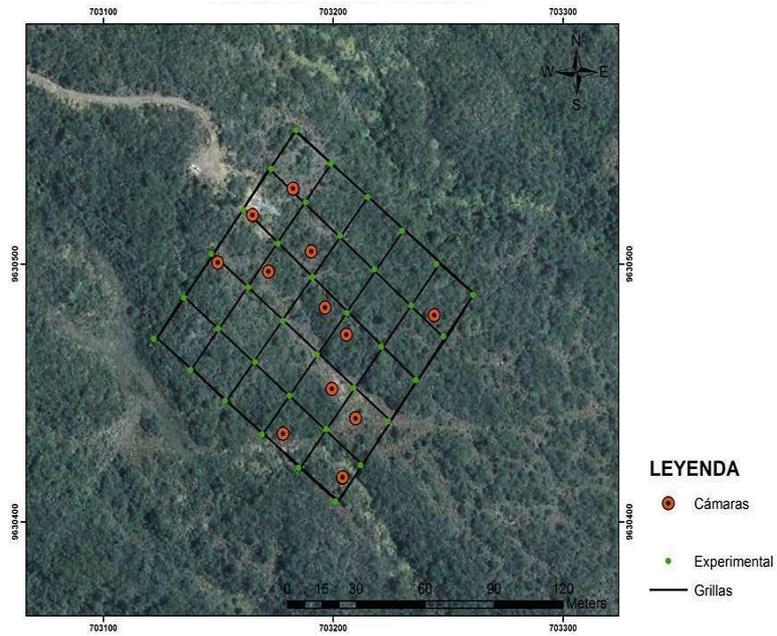
Anexo 1. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en la Estación Científica “El Gullán” del primer muestreo.



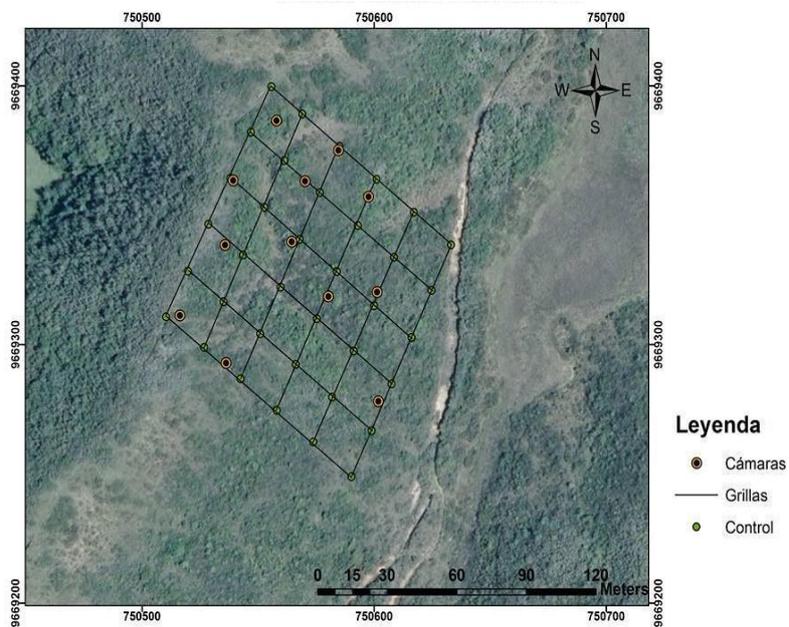
Anexo 2. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en La Comuna “La Merced” del primer muestreo.



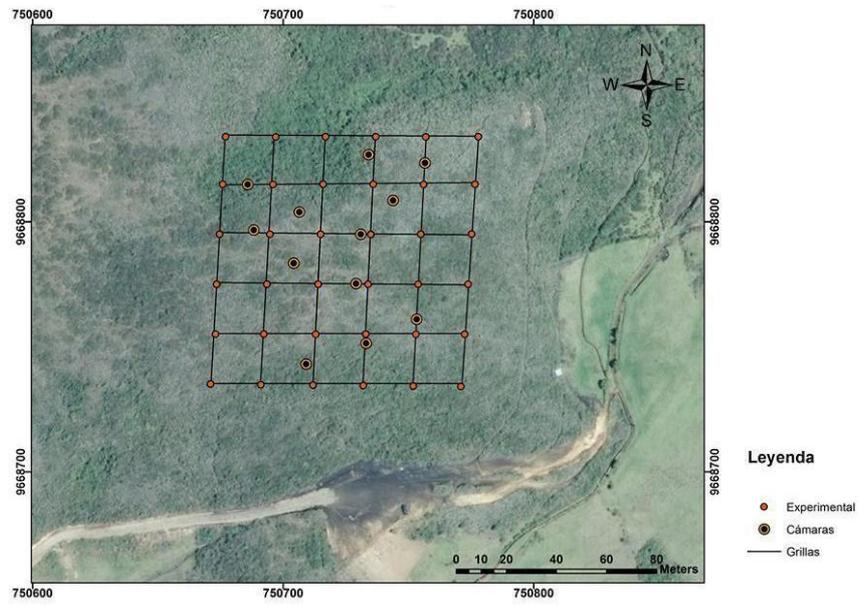
Anexo 3. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en la Estación Científica “El Gullán” del segundo muestreo.



Anexo 4. Distribución de cámaras trampa en la parcela control en La Comuna “La Merced” del segundo muestreo.



Anexo 5. Distribución de cámaras trampa en la parcela experimental en La Comuna “La Merced” del segundo muestreo.



Anexo 6. Enfoque de cámaras trampa en especies ornitófilas



Cámara en *Tillandsia sp1.*



Cámara en *Passiflora cumbalensis*



Cámara en *Oreocallis grandiflora*

Anexo 7. Capuchas en inflorescencias de *Oreocallis grandiflora*



Anexo 8. Interacciones de colibríes hacia especies ornotófilas



Heliangelus viola – *O. grandiflora*

Metallura tyrianthina – *B. uncifolia*



Lesbia victoriae – *Chuquiraga jussieui* *Metallura tyrianthina* – *Tillandsia* sp1.



Aglaeactis cupripennis – *O. grandiflora* *Heliangelus viola* – *Tillandsia* sp1.

Anexo 9. Tabla 5.2 del libro Techniques for Pollination Biologists.

Techniques for Pollination Biologists

Table 5-2. Conversion table for changing % sugar (g sugar/g solution) to g sugar/L. source

% sugar	g/L	g/L	% sugar	g/L	g/L
0.00	0.0	0.000	24.00	240.0	0.770
1.00	10.0	0.0229	26.00	260.0	0.842
2.00	20.0	0.0458	28.00	280.0	0.914
3.00	30.0	0.0687	30.00	300.0	0.986
4.00	40.0	0.1014	32.00	320.0	1.058
5.00	50.0	0.1341	34.00	340.0	1.130
6.00	60.0	0.1668	36.00	360.0	1.202
7.00	70.0	0.1995	38.00	380.0	1.274
8.00	80.0	0.2322	40.00	400.0	1.346
9.00	90.0	0.2649	42.00	420.0	1.418
10.00	100.0	0.2976	44.00	440.0	1.490
11.00	110.0	0.3303	46.00	460.0	1.562
12.00	120.0	0.3630	48.00	480.0	1.634
13.00	130.0	0.3957	50.00	500.0	1.706
14.00	140.0	0.4284	52.00	520.0	1.778
15.00	150.0	0.4611	54.00	540.0	1.850
16.00	160.0	0.4938	56.00	560.0	1.922
17.00	170.0	0.5265	58.00	580.0	1.994
18.00	180.0	0.5592	60.00	600.0	2.066
19.00	190.0	0.5919	62.00	620.0	2.138
20.00	200.0	0.6246	64.00	640.0	2.210
21.00	210.0	0.6573	66.00	660.0	2.282
22.00	220.0	0.6900	68.00	680.0	2.354
23.00	230.0	0.7227	70.00	700.0	2.426
24.00	240.0	0.7554	72.00	720.0	2.498
25.00	250.0	0.7881	74.00	740.0	2.570
26.00	260.0	0.8208	76.00	760.0	2.642
27.00	270.0	0.8535	78.00	780.0	2.714
28.00	280.0	0.8862	80.00	800.0	2.786
29.00	290.0	0.9189	82.00	820.0	2.858
30.00	300.0	0.9516	84.00	840.0	2.930

Source: Adapted from the "Handbook of Chemistry and Physics 1978-1979, Weiss 1979"

Anexo 10. Tabla de valores, correspondientes a cada métrica

	El Gullán				La Merced			
	Control		Experimental		Control		Experimental	
	Pre-tratamiento	Tratamiento	Pre-tratamiento	Tratamiento	Pre-tratamiento	Tratamiento	Pre-tratamiento	Tratamiento
Robustez	0,283	0,221	0,547	0,303	0,496	0,561	0,428	0,151
Conectancia	0,533	0,6	0,333	0,417	0,375	0,405	0,429	0,751
Anidamiento	1,015	2,562	24,706	26,769	9,313	17,075	27,744	0
Asimetría de la fuerza de interacción	0,115	0,401	-0,268	-0,7	0,291	0,279	0,576	0,071
Conectividad ponderada	0,249	0,325	0,165	0,245	0,242	0,206	0,211	0,298
N. de sp colibrís	5	5	5	3	8	7	7	2
N. sp vegetal	3	2	6	4	5	6	3	2
Enlaces por especie	1	0,857	0,909	0,714	1,154	1,308	0,9	0,75
Diversidad de Shannon	1,315	1,441	1,293	1,145	1,989	1,722	1,631	0,463
Especialización	0,208	0,362	0,508	0,56	0,299	0,386	0,786	NA