

ECOLOGÍA DE LAS INTERACCIONES DE PLANTAS Y COLIBRÍES EN VERDECOCHA, ECUADOR

Tatiana Santander, Esteban Guevara, Francisco Tobar, Holger Beck, Nicole Büttner, Andrea Nieto, Andrés Marcapata, Friederike Richter, María José Gavilanes, Cristian Poveda, Bryan Rojas, Rafael Wüest, Carolina Bello and Catherine H. Graham



June 02, 2021



Alaspungo



Contents

1. Introducción y descripción general del proyecto	1
2. Metodología	2
Transectos	2
Cámaras trampas	5
3. Patrones resultantes	5
Plantas y colibríes interactuando	5
Información y fenología de las plantas	9
La red de interacciones	12
4. Conclusiones	14
Agradecimientos	14

1. Introducción y descripción general del proyecto

Una de las principales hipótesis de cómo pueden coexistir tantas especies relacionadas es la partición de recursos. Las especies utilizan diferentes recursos, lo que limita la competencia y por tanto pueden coexistir. En el caso de los colibríes y las plantas, cada especie de colibrí se alimenta de un conjunto distinto de flores y cada especie de planta con flores es visitada por un subconjunto de colibríes. Las interacciones entre plantas y colibríes son mutuamente beneficiosas. Estas interacciones mutualistas entre colibríes y plantas son importantes desde la perspectiva de los colibríes porque los colibríes necesitan néctar para alimentar sus estilos de vida de alta energía, ya que a menudo revolotean, un comportamiento energéticamente costoso, para tomar néctar. Desde la perspectiva de las plantas, la mayoría de los colibríes polinizan las flores mientras se alimentan de néctar, aunque algunos colibríes toman el néctar de la base de la flor, engañando a la planta y no prestando el servicio de polinización. La intrincada red de interacciones entre los colibríes y sus plantas alimenticias evolucionó durante milenios como resultado de una coevolución difusa que produjo una notable variedad de formas y funciones morfológicas. Las actividades humanas en curso, como la deforestación y el cambio climático, amenazan estas redes de interacción, pero se sabe poco sobre cómo responderán los colibríes y sus plantas alimenticias. Para comprender la influencia de los seres humanos en esta compleja relación, se requieren datos precisos y de alta calidad sobre la presencia de los colibríes, las plantas con flores y las interacciones entre ellos a lo largo de amplias regiones y considerando un gradiente altitudinal.

La ladera noroccidental de los Andes de Ecuador es un lugar ideal para estudiar las interacciones planta-colibrí porque es uno de los lugares con mayor biodiversidad en la tierra donde múltiples especies que coexisten dependen unas de otras para sobrevivir. Existen aproximadamente 360 especies de colibríes en la tierra y la mayor diversidad se encuentra en los Andes, donde se pueden encontrar hasta 30 especies en un solo sitio. Además, aproximadamente 1600 especies de plantas vasculares se han registrado en la región. Nuestra área de estudio estuvo en la provincia de Pichincha (latitud 0°12' N a 0°10' S, longitud 78°59' W a 78°27' W) y cubre 107 kilómetros cuadrados con un rango de elevación desde los 800 a 3500 metros. El sitio de muestreo en la reserva Verdecocha se encuentra entre 3346 y 3432 metros a lo largo de este gradiente.

El objetivo del proyecto era determinar los factores abióticos y bióticos que impulsan la variación en las redes de interacción colibrí-planta a través de gradientes de elevación y uso de la tierra. Al evaluar estas interacciones mutualistas, podemos predecir cómo la diversidad de colibríes y plantas se verá influenciada por la elevación y las actividades antropogénicas. El proyecto está liderado por la Dra. Catherine Graham del Instituto Federal Suizo de Investigación y ejecutado por Aves y Conservación / BirdLife en Ecuador, Santa Lucía, Maquipucuna y Un Poco del Chocó con la colaboración de varias reservas como Mashpi, Las Grallarias, Amagusa, Sachatamia, Yanacocha (Fundación Jocotoco), Verdecocha, Puyucunapi (Mindo Cloud Forest), Rumisitana, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y la Comunidad Alaspungo. En Verdecocha colaboramos con Jorge Enrique Maldonado y nuestros asistentes Wilson Hipo y Rolando Hipo fueron de crucial

ayuda.

2. Metodología

Para monitorear los patrones de abundancia, la fenología de la floración y la visita de los colibríes a las flores, usamos una combinación de transectos en el campo y cámaras trampa. Estos transectos tenían 1,5 km de longitud y se distribuían a lo largo del gradiente de elevación y de uso de la tierra, con 1 a 2 transectos por sitio. Visitamos cada uno de los 18 transectos (11 en el bosque y 7 en sitios disturbados) una vez al mes durante un período de dos años. En Verdecocha muestreamos los transectos de Marzo 2017 a Marzo 2020.

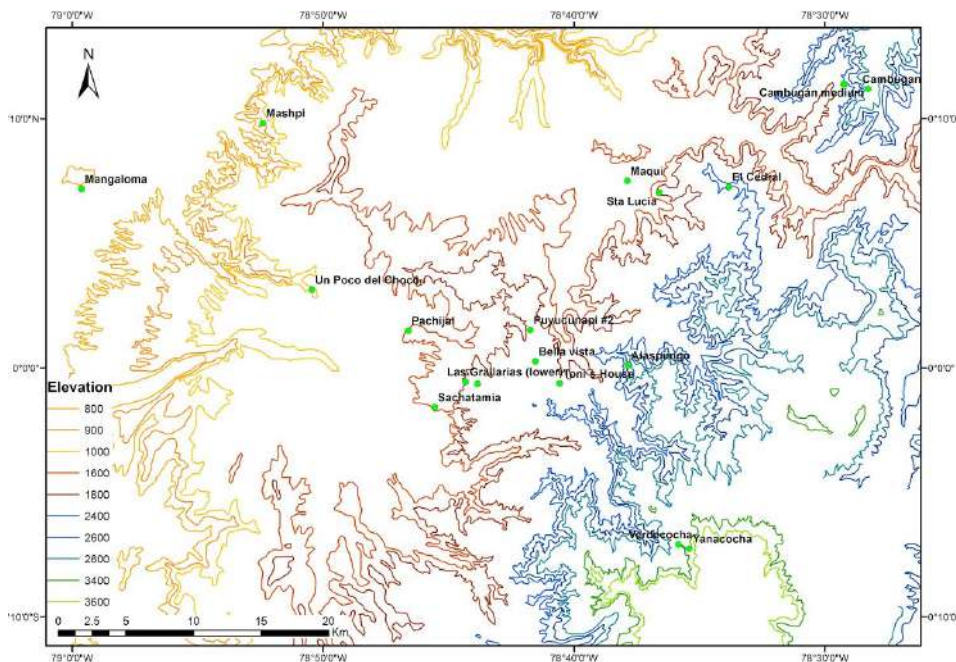


Figure 1: Localización de los sitios de muestreo en el gradiente de elevación.

Transectos

En Verdecocha tenemos 1 transecto de 1.5 km. El acceso al transecto Verdecocha es a través del Camino Inca en la reserva Yanacocha, caminando alrededor de 2.5 km desde la entrada al jardín de colibríes. A partir de aquí, el sendero de acceso continúa por unos metros hasta un cartel que indica el límite con la reserva Verdecocha. El sendero de acceso continúa hacia arriba por una fuerte pendiente hasta la cima de la montaña y luego comienza un descenso de 15 minutos hasta el inicio del transecto. Este transecto comienza a unos 3400 m de elevación y se ubica a lo largo de una cresta montañosa

donde hay un bosque bien conservado con muchas epífitas y áreas de suro dispersas. Hay una sección de unos 150 metros de bosque enano con vegetación principalmente arbustiva y orquídeas. (Figura 2).

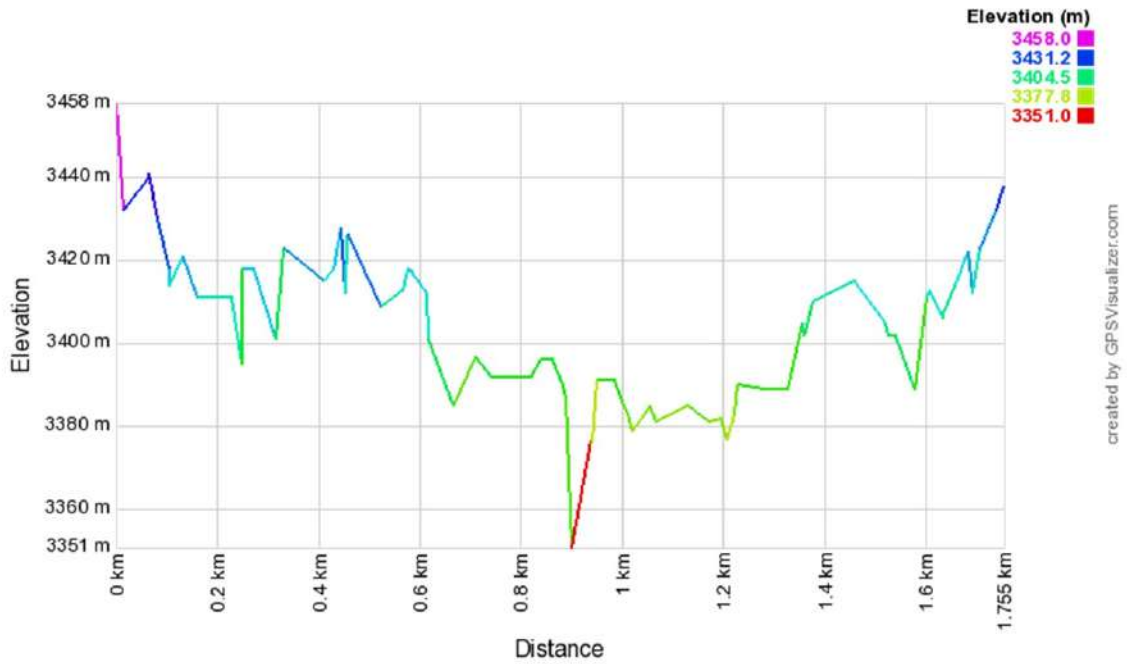


Figure 2: Gradiente de elevación del transecto.

A lo largo de cada transecto, se tomaron de cuatro a cinco tipos de datos:



Figure 3: La investigadora, Andreas Nieto, contando flores a lo largo de un transecto.

- **Conteo de flores:** Todas las plantas con síndrome de ornitofilia encontrada dentro de una distancia de ~ 5 metros del transecto fueron contadas e identificadas. Las características de las flores con síndrome de ornitofilia (ideales para colibríes) incluyen flores de colores brillantes (púrpura, rojo, naranja o amarillo) con corolas medianas a largas. Si bien la mayoría de las especies que utilizan los colibríes tienen estas características, nosotros fuimos conservadores y monitoreamos cualquier especie o planta en la que hayamos visto un colibrí alimentándose. Para cada planta, se contaron todas las flores o, en el caso de arbustos con más de ~ 100 flores, se contaron las todas las flores en 5 ramas representativas y se utilizaron para extrapolar el número de flores en la planta. Cada especie fue recolectada una vez y presada para ser archivada y/o verificar la identificación con un experto. Los especímenes de plantas fueron depositados en el Herbario de la Universidad Católica de Quito e Ibarra.
- **Observaciones de las interacciones:** Durante el censo de flores, se anotó cualquier interacción que ocurrió entre un colibrí con una flor.
- **Conteo de colibríes:** También se anotó cualquier colibrí escuchado o visto dentro de una distancia de 20 metros.
- **Morfología de las flores:** Se midieron varios rasgos morfológicos de las flores en al menos tres individuos por especie siempre que fue posible. Los rasgos florales incluidos fueron: a) longitud de la corola de la flor, es la distancia desde la abertura de la flor hasta la parte posterior de la corola, b) distancia efectiva de la corola se obtuvo cortando flores abiertas y midiendo la longitud de la corola que se extiende hasta los nectarios de la flor, c) abertura de la corola, d) longitud del estigma y de las anteras.
- **Concentración de néctar:** Estos datos se tomaron sólo en tres sitios correspondientes a transectos bajos, medianos y altos. Se midió la concentración de azúcar en hasta 12 flores por especie utilizando un refractómetro (se usó un tubo capilar para extraer el néctar).

Cámaras trampas

Usamos cámaras de seguimiento para monitorear las interacciones entre colibríes y plantas. Se colocaron las cámaras, que toman una fotografía cada segundo, en flores individuales a lo largo de los transectos descritos anteriormente para capturar las visitas de las especies de colibríes. Colocamos cámaras en todas las plantas con flores a lo largo del transecto proporcionalmente a su abundancia. Las cámaras se encienden al amanecer y registran una imagen cada segundo durante varios días, lo que da como resultado un conjunto de datos de millones de imágenes. Estas imágenes se procesan de manera eficiente utilizando el programa Motion Meerkat o Deep Meerkat. Este programa se utiliza para clasificar las imágenes que tienen colibríes para que se puedan identificar manualmente (en el pasado, hemos podido identificar el 95% de las aves en las imágenes). Este enfoque minimiza la dependencia de la observaciones de flores por humanos que consumen mucho tiempo, aumentando enormemente la recopilación de datos en el tiempo y el espacio, lo que permite una evaluación rigurosa de la teoría de redes de interacción.



Figure 4: El investigador Holger Beck muestra cómo se configura una cámara para filmar una flor.

3. Patrones resultantes

Plantas y colibríes interactuando

Verdecocha contiene una muestra importante de bosque montano alto donde el colibrí se alimenta de una variedad de 53 especies de plantas de acuerdo con los resultados de nuestro proyecto (Anexo 1). Sin embargo, en nuestras cámaras registramos 138 diferentes interacciones entre 14 colibríes y 46 plantas (Figura 5).



Figure 5: Ejemplos de algunos de los colibríes y plantas que capturamos con las cámaras.

Table 1: Lista de colibríes y número de interacciones.

Colibríes	No de Interacciones	No plantas interactuando
<i>Metallura tyrianthina</i>	1567	39
<i>Coeligena lutetiae</i>	489	21
<i>Eriocnemis luciani</i>	834	20
<i>Eriocnemis nigrivestis</i>	588	20
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	218	11
<i>Eriocnemis mosquera</i>	114	10
<i>Adelomyia melanogenys</i>	85	7
<i>Pterophanes cyanopterus</i>	4	3
<i>Heliangelus strophianus</i>	21	2
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	1	1
<i>Chalcostigma herrani</i>	1	1
<i>Coeligena torquata</i>	1	1
<i>Ensifera ensifera</i>	8	1
<i>Lesbia nuna</i>	2	1

El colibrí más común registrado fue *Metallura tyrianthina* y la planta más común fue *Macleania rupestris*. Aunque estas son las especies más comunes, no son necesariamente las especies que interactúan con más especies. El colibrí que más interactúa es

Metallura tyrianthina y la planta que tiene más interacciones es *Heppiella repens*. En la tabla 1 y 2 podemos observar el número de interacciones para cada especie.

Table 2: Lista de plantas y número de interacciones.

Planta	No de interacciones	No de colibríes interactuando
<i>Heppiella repens</i>	204	8
<i>Macleania rupestris</i>	580	7
<i>Guzmania bakeri</i>	557	6
<i>Palicourea amethystina</i>	226	6
<i>Palicourea fuchsoides</i>	307	6
<i>Tillandsia polyantha</i>	115	6
<i>Centropogon pichinchensis</i>	119	5
<i>Gaiadendron punctatum</i>	174	5
<i>Bomarea hirsuta</i>	79	4
<i>Columnea dielsii</i>	215	4
<i>Elleanthus gastroglottis</i>	39	4
<i>Fuchsia corollata</i>	32	4
<i>Fuchsia sp.</i>	25	4
<i>Racinaea tetrantha</i>	189	4
<i>Salvia pichinchensis</i>	78	4
<i>Bomarea patacocensis</i>	136	3
<i>Burmeistera glabrata</i>	7	3
<i>Centropogon dissectus</i>	24	3
<i>Elleanthus aurantiacus</i>	27	3
<i>Miconia corymbiformis</i>	57	3
<i>Nasa grandiflora</i>	11	3
<i>Salvia pauciserrata</i>	24	3
<i>Thibaudia floribunda</i>	305	3
<i>Tropaeolum adpressum</i>	4	3
<i>Aetanthus macranthus</i>	18	2
<i>Berberis grandiflora</i>	17	2
<i>Centropogon llanganatensis</i>	10	2
<i>Columnea strigosa</i>	19	2
<i>Elleanthus amethystinoides</i>	12	2
<i>Elleanthus gracilis</i>	11	2
<i>Epidendrum mesogastropodium</i>	8	2
<i>Fuchsia ayavacensis</i>	31	2
<i>Gaultheria glomerata</i>	2	2
<i>Gaultheria insipida</i>	26	2
<i>Siphocampylus rupestris</i>	8	2
<i>Sphyrospermum grandifolium</i>	5	2

<i>Bomarea lutea</i>	36	1
<i>Cleome anomala</i>	7	1
<i>Clethra ovalifolia</i>	3	1
<i>Deprea glabra</i>	82	1
<i>Disterigma noyesiae</i>	74	1
<i>Glossoloma altescandens</i>	4	1
<i>Miconia sp3</i>	11	1
<i>Rubus roseus</i>	2	1
<i>Schefflera lasiogyne</i>	2	1
<i>Vallea stipularis</i>	11	1

Información y fenología de las plantas

Registramos la abundancia de flores de Marzo 2017 a Marzo 2020. Los meses con mayor abundancia de flores son Agosto y Mayo (Figura 6).

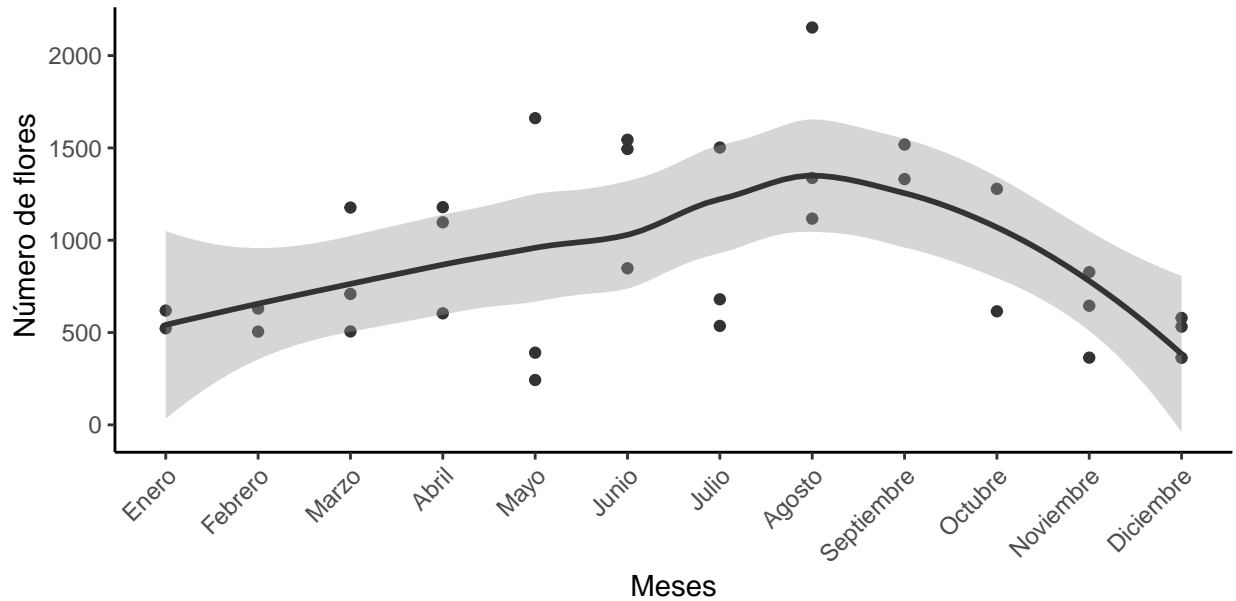


Figure 6: Abundancia de flores por mes. Los puntos representan la suma de flores en cada mes y la línea negra representa la tendencia media.

Sin embargo, no todas las plantas producen flores al mismo tiempo. En la figura 7 podemos observar la fenología de las especies de plantas más comunes.

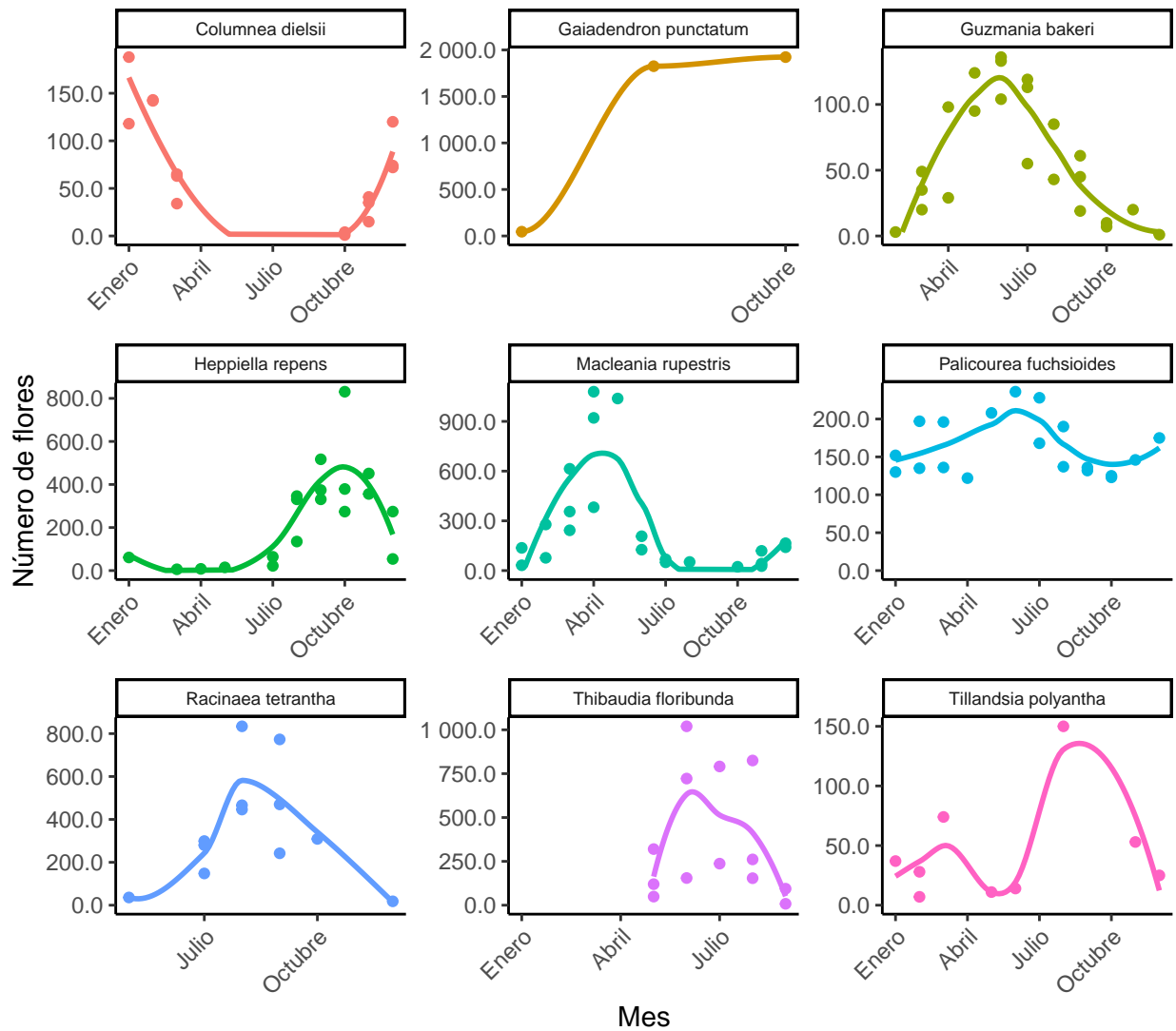


Figure 7: Fenología de las plantas más comunes por mes. Los puntos representan el número de flores contadas en cada mes y la línea representa la tendencia media. Cada color representa una especie de planta diferente.

A continuación, describimos las familias de plantas más representativas presentes en Verdecocha.

ERICACEAE

Ericaceae también conocida como la familia del arándano como “mortiño” está representada por 125 géneros y 4000 especies, ampliamente distribuidas en regiones templadas, subárticas y también en elevaciones altas en regiones tropicales. En Ecuador se han reportado 21 géneros y 240 especies. Las formas de vida incluyen arbustos leñosos (*Cavendishia*, *Macleania*), árboles (*Bejaria*, *Thibaudia*) o suffrutex (plantas pequeñas con tallos leñosos y ramas suaves como *Gaultheria*, *Disterigma*). Las plantas pueden ser erectas, postradas o trepadoras con hojas coriáceas. Las flores son perfectas (contienen anteras y estigmas), en su mayoría tubulares con 4 a 7 lóbulos, anteras en el doble de los pétalos, a menudo más grandes en uno o dos tubos terminales. La fruta suele ser una cápsula, una baya o una drupa. En la provincia de Pichincha hay 13 géneros y 73 especies. Durante el proyecto EPHI se registraron 45 especies y 18 son endémicas: una está en peligro crítico (CR), cuatro están en peligro (EN) y 10 especies son vulnerables (VU). *Macleania tropica* es el primer registro para el área de Pichincha, solo se conocía de Esmeraldas y Colombia. *Antoptherus ecuadorensis* y *Macleania alata* son los primeros registros realizados desde la colección tipo en 1979 y 1986 respectivamente (estas dos especies se recolectaron cerca de los transectos de estudio). Hay 9 especies en Verdecocha, los géneros *Gaultheria* y *Disterigma* son los más diversos con 3 y 2 especies respectivamente pero *Macleania* y *Thibaudia* son los más visitados. *Disterigma noyesiae* es el único representante endémico y también vulnerable (VU).

CAMPANULACEAE

Campanulaceae incluye lobelias y plantas “pucunero”. Está representada por 70 géneros y cerca de 2000 especies, se considera una familia cosmopolita (repartida por todo el mundo). Se han reportado diez géneros y 148 especies en Ecuador. Las Campanulaceae son plantas terrestres rara vez epífitas, hay arbustos (*Centropogon*, *Siphocampylus*), enredaderas (*Siphocampylus*, *Burmeistera*) o hierbas (*Lobelia*) con látex. Las flores son perfectas (las anteras y el estigma están presentes), los pétalos forman una corola tubular bilabiada (los pétalos de la base y superior son más grandes que los laterales). Los filamentos y las anteras se unieron formando un tubo ligeramente curvado generalmente más largo que la corola, emergiendo el estigma entre las anteras. En la provincia de Pichincha se han reportado 6 géneros y 39 especies, y en el alcance de este proyecto se registraron 23 especies. Hay 11 especies endémicas, una está en peligro crítico (CR), cinco están en peligro (EN) y tres especies son vulnerables (VU). Reportamos dos especies de *Burmeistera* nuevas en el área de Mashpi, y también hay una nueva especie potencial de *Centropogon* en Alaspungo. Verdecocha tiene cinco especies de Campanulaceae. Cuatro son endémicas, y entre ellas *Siphocampylus rupestris* está en peligro (EN) y *Centropogon disactus* y *Centropogon llanganatensis* son vulnerables (VU).

La red de interacciones

Los datos de interacción que recopilamos se pueden utilizar para explorar cómo se organiza la red de interacciones en Verdecocha. En la figura 8 mostramos la estructura de la red.

Al analizar la estructura de la red, encontramos que la planta *Heppiella repens* y el colibrí *Metallura tyrianthina* son las especies clave que mantienen unida a la red. Si se pierden, la red se volverá menos estable. Por el contrario, *Gaiadendron punctatum* y *Ensifera ensifera* son especies muy especializadas, lo que significa que interactúan con un pequeño grupo de especies especializadas.

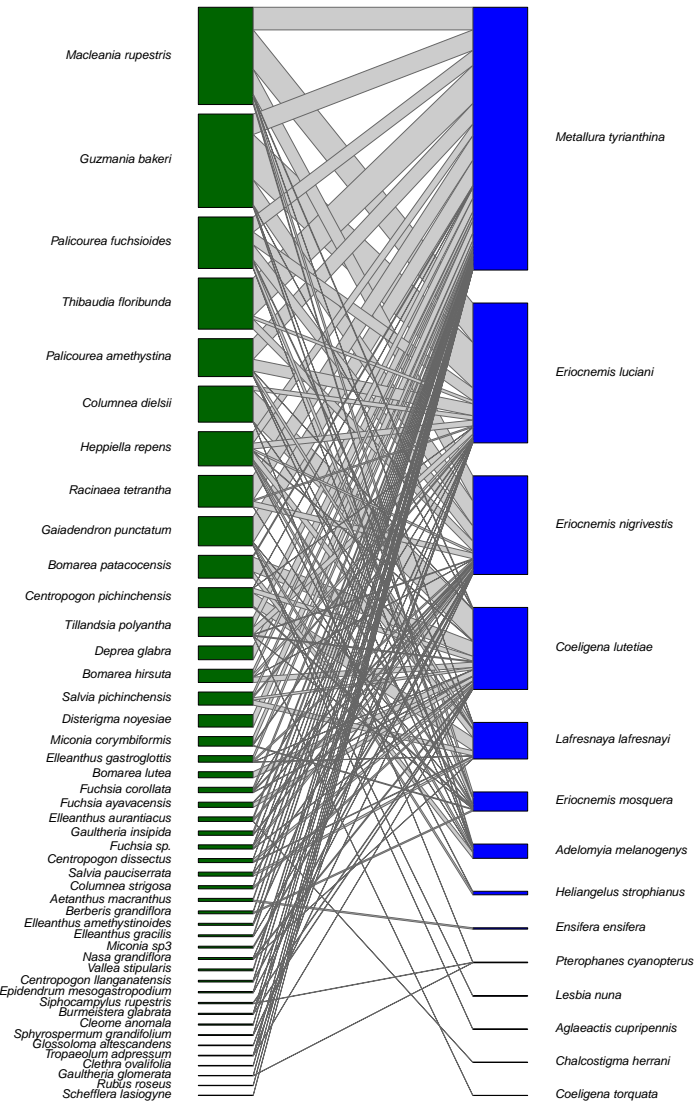


Figure 8: Red de interacciones. El azul representa los colibríes y el verde las plantas. Cada línea representa una interacción entre un colibrí y una planta obtenida en las observaciones de las cámaras. Las líneas más gruesas indican que la interacción fue común, mientras que las líneas delgadas indican que la interacción se produjo raramente. El tamaño de la barra de color muestra el número de interacciones de un colibrí o una planta que participaron en una interacción.

4. Conclusiones

- Muchas especies similares pueden ocurrir en el mismo lugar porque usan diferentes recursos.
- Los esfuerzos de conservación deben considerar no sólo las especies sino también las interacciones entre especies.
- Las plantas claves como *Heppiella repens* y *Macleania rupestris* se puede utilizar para procesos de restauración en Verdecocha. Estas especies ofrecen recursos a más colibríes que las otras plantas en las que registramos colibríes alimentándose (8 especies).
- *Ensifera ensifera* es el colibrí más especializado. Especies como *Aetanthus macranthus* is son clave para mantener este colibrí en Verdecocha.
- La fenología vegetal muestra un pico de producción de flores en junio y septiembre.
- Verdecocha es el sitio más importante para la conservación del Zamarrillo Pechinegro en peligro crítico de extinción.
- Verdecocha y Yanacocha albergan una comunidad de colibríes compuesta por especies que no se encuentran en elevaciones medias o bajas.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Europeo de Investigación (acuerdo de subvención de la UE 787638), la Fundación Nacional de Ciencias de Suiza (subvención nº 173342) y la National Geographic Society (acuerdo de subvención 9952-16) por el apoyo financiero. También estamos agradecidos con la familia Maldonado y la Fundación Nubesierra por su apoyo con el proyecto en la Reserva Verdecocha. El Ministerio del Ambiente de Ecuador otorgó el permiso de investigación Nº 016-2019-IC-FLO-FAU-DNB / MAE requerido para realizar el trabajo de campo.