



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio
Ambiente**

**“REDES DE INTERACCIÓN PLANTAS-AVES POLINIZADORAS EN
DISTINTOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE
UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN
(PUEAR) DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR”**

Tesis de grado previo a la obtención del título
de **Ingeniero en Manejo y Conservación del
Medio Ambiente**

Autor: Carlos Daniel Espinosa Guajala

Directora de Tesis: Blga. Aura Paucar Cabrera Ph. D.

Loja, abril-2021

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS

Loja, 1 de marzo de 2021

En calidad de directora de tesis **CERTIFICO** que el Señor **Carlos Daniel Espinosa Guajala**, portador de la cédula de ciudadanía N° 1106081050, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, ha desarrollado la Tesis de Grado titulada “**REDES DE INTERACCIÓN PLANTAS-AVES POLINIZADORAS EN DISTINTOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN (PUEAR) DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR**”, la misma que ha sido debidamente dirigida y revisada cumpliendo con todas las normas reglamentarias vigentes y dentro del cronograma establecido.

Por tal razón, autorizo la presentación y publicación de la presente Tesis de Grado.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**AURA DEL CARMEN
PAUCAR CABRERA**

Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD
DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS

Loja, 22 de abril de 2021

En calidad de Tribunal Calificador de la Tesis de Grado titulada “**REDES DE INTERACCIÓN PLANTAS-AVES POLINIZADORAS EN DISTINTOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN (PUEAR) DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR**”, de autoría del Señor **Carlos Daniel Espinosa Guajala** egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, **CERTIFICAN** que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros, por tal motivo se procede a la aprobación y calificación del trabajo de Tesis de Grado.

Por lo tanto, autorizamos al Señor egresado, su publicación y difusión.

Atentamente,

Mg. Sc., Katusca J. Valarezo Aguilar
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Mg. Sc., Raquel Verónica Hernández Ocampo
VOCAL DEL TRIBUNAL



Mg. Sc., Aurita Geovania Gonzaga Figueroa
VOCAL DEL TRIBUNAL



AUTORÍA

Loja, 22 de abril de 2021

Yo, Carlos Daniel Espinosa Guajala, declaro ser autor de la Tesis de Grado titulada “**REDES DE INTERACCIÓN PLANTAS-AVES POLINIZADORAS EN DISTINTOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN (PUEAR) DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR**”, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de esta.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS DANIEL
ESPINOSA
GUAJALA**

Carlos Daniel Espinosa Guajala
C.I.: 1106081050

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Carlos Daniel Espinosa Guajala**, declaro ser autor de la Tesis de Grado titulada “**REDES DE INTERACCIÓN PLANTAS-AVES POLINIZADORAS EN DISTINTOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN (PUEAR) DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR**”

como requisito para optar al Grado de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional (RDI).

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 29 días del mes de abril del dos mil veintiuno, firma el autor.



Autor: Carlos Daniel Espinosa Guajala

Cédula de identidad: 1106081050

Dirección: Loja, Barrio Amable María, Av. Salvador Bustamante Celi, junto a la ciudadela Bella María II etapa

Correo electrónico: cdespinosag@unl.edu.ec

Teléfono/celular: 0999596110

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Blga. Aura del Carmen Paucar Cabrera, PhD.

Tribunal de grado: Mg. Sc., Katusca J. Valarezo Aguilar

Mg. Sc., Raquel Verónica Hernández Ocampo

Mg. Sc., Aurita Geovania Gonzaga Figueroa

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento en primer lugar a Dios por haberme dado la vida, acompañarme siempre y de adquirir nuevos conocimientos y por permitirme conocer excelentes personas que me apoyaron y acompañaron durante mi formación profesional.

A mis padres y hermanos que me brindaron el apoyo necesario y el ánimo para seguir esforzándome y alcanzar mis sueños.

A mi directora de tesis Aura Paucar Cabrera, al Ing. Christian Mendoza León, docentes y a todas las personas que me dieron su apoyo y amistad durante mi formación académica y trabajo de investigación en mi paso por la Universidad Nacional de Loja.

A mis compañeros y amigos que me brindaron su amistad junto con experiencias buenas y malas que compartimos durante nuestra vida estudiantil.

Carlos Daniel Espinosa Guajala

DEDICATORIA

Dedico esta investigación y mi formación profesional a Dios y a mi familia por acompañarme y alentarme siempre a seguir adelante en todos mis pasos por la vida.

A mis Padres Carlos y Mariela les dedico esta investigación por haberme educado y formado en un hogar con buenos principios, buenos valores, y apoyarme incondicionalmente en toda mi vida sin pedir nada a cambio.

A mis hermanos, por su apoyo y confianza en que alcanzaría mis metas con esfuerzo y dedicación.

Carlos Daniel Espinosa Guajala

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS	III
AUTORÍA.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
TÍTULO DE LA TESIS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Interacciones plantas-aves polinizadoras.....	4
2.2. Herramientas e índices para el análisis de redes de interacciones plantas-aves polinizadoras	9
2.3. Influencia de la fragmentación de hábitats en las redes de interacción plantas – aves polinizadoras	13
3. METODOLOGÍA	16
3.1. Área de estudio	16
3.2. Observación de la interacción plantas – aves polinizadoras	18
3.3. Análisis de las Redes de Interacción.....	20
4. RESULTADOS	23
4.1. Identificación de las estructuras de las redes y sub-redes de interacción del PUEAR 23	
4.1.1. Estructura de la red de interacción del PUEAR.....	23
4.1.2. Sub – red de interacción del bosque natural	28
4.1.3. Sub – red de interacción del páramo antrópico	30
4.1.4. Sub – red de interacción de plantaciones forestales	32
4.1.5. Sub – red de interacción del matorral	34
4.2. Comparación entre las redes de interacción de cada cobertura vegetal.....	38

4.3. Análisis del muestreo por cobertura vegetal	40
5. DISCUSIÓN	43
6. CONCLUSIONES.....	52
7. RECOMENDACIONES	53
8. REFERENCIAS.....	55
9. ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de interacción tipo cualitativa.	9
Tabla 2. Matriz de interacción plantas-aves polinizadoras en el PUEAR.	25
Tabla 3. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras del PUEAR.	27
Tabla 4. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de bosque natural.	29
Tabla 5. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de páramo antrópico.	31
Tabla 6. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de plantaciones forestales.	33
Tabla 7. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de matorral.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de interacción con tres módulos claramente visibles.	11
Figura 2. Coberturas vegetales del PUEAR y ubicación de transectos con puntos de observación	18
Figura 3. Abundancia de aves polinizadoras en cada cobertura vegetal.	23
Figura 4. Red de interacción plantas-aves polinizadoras en el PUEAR. Las plantas corresponden al color azul y las aves al color verde.....	27
Figura 5. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Bosque Natural.....	29
Figura 6. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Páramo Antrópico.	31
Figura 7. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Plantaciones Forestales.	34
Figura 8. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Matorral.....	37
Figura 9. Curva de acumulación de interacciones plantas-aves polinizadoras.....	41
Figura 10. Diagrama de cajas y bigotes del número de interacciones plantas-aves polinizadoras observadas en cada cobertura vegetal por mes de muestreo.....	42
Figura 11. Aves polinizadoras en el PUEAR.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación Geográfica de transectos y puntos de observación en el PUEAR.	67
Anexo 2. Hoja de registro de interacción durante cuatro meses en las coberturas vegetales del PUEAR.	68
Anexo 3. Aves polinizadoras en las redes de interacción del PUEAR.....	75
Anexo 4. Base de datos de R, para la obtención de índices de interacción.	76

**“REDES DE INTERACCIÓN PLANTAS-AVES POLINIZADORAS EN
DISTINTOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE
UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN
(PUEAR) DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR”**

RESUMEN

El entendimiento de un ecosistema requiere conocer no sólo la estructura de su biodiversidad, sino también el papel de las interacciones mutualistas animal-planta como base para el funcionamiento de muchos ecosistemas. Este mutualismo forma un servicio ecosistémico de regulación (polinización o dispersión de semillas). En el servicio de polinización con interacción planta-ave polinizadora, se edifican estructuras en redes con propiedades para la estabilidad del ecosistema (regeneración y mantenimiento) ante perturbaciones, mediante reproducción de plantas, producción de alimentos, recursos naturales. Este estudio identificó y comparó la estructura de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en cuatro tipos de cobertura vegetal en el PUEAR: Bosque Natural, Matorral, Páramo Antrópico y Plantaciones Forestales. Para el registro de interacción se utilizaron transectos al azar y puntos de observación en cada cobertura, compilando los datos en una matriz de presencia-ausencia para análisis posteriores. Se calcularon seis índices de la red de cada cobertura vegetal: anidamiento, conectancia, modularidad, robustez, asimetría y diversidad de Shannon. El índice de anidamiento fue mayor en Matorral (0.70) frente a otras coberturas. La conectancia fue menor en Plantaciones Forestales (0.23). La modularidad fue mayor en Plantaciones Forestales (0.70). Mientras que la robustez y asimetría fue mayor en Bosque con 0.74 y 0.43 respectivamente. Las coberturas con mayor diversidad de interacciones fueron Matorral y Plantaciones Forestales con 2.57. En el PUEAR, las redes variaron en su número de interacciones por la disponibilidad de recursos que ofrecen las plantas a las aves polinizadoras, haciendo que la cobertura vegetal (Matorral y Plantaciones forestales) con mayor disponibilidad de recursos y mayor número de interacciones sea más resistente a las perturbaciones.

Palabras clave: redes de interacción, biodiversidad, interacción plantas-aves polinizadoras, ecosistema.

ABSTRACT

Understanding an ecosystem requires knowing not only the structure of its biodiversity, but it is also fundamental to understand the mutual interactions that are the basis for the functionality of many ecosystems. This mutualism forms a regulating ecosystem service (pollination or seed dispersal). In the pollination service with plant-pollinator bird interaction, structures are built in networks with properties for ecosystem stability (regeneration and maintenance) in the face of disturbances, through plant reproduction, food production and natural resources. This study identified and compared the structure of bird-flower interaction networks in four different types of vegetation at the PUEAR: Natural Forest, Plantations Forest, Anthropic Paramo, and Scrub. To record interactions, random transects and observation points were placed in each vegetation type, compiling the data in a presence-absence matrix for later analysis. Six indices of the network of each vegetation type were calculated: nesting, connection, modularity, robustness, asymmetry and Shannon diversity. The nesting index was higher in Scrub (0.70) compared to other vegetation types. The connection was lower in Plantations Forest (0.23). The highest modularity was in Forest Plantations (0.70). While the robustness and asymmetry were greater in Forest with 0.74 and 0.43, respectively. The vegetation types with the greatest diversity were Scrub and Plantations Forest with 2.57. At PUEAR, interactions networks varied in their number of interactions due to the availability of resources that plants offer to pollinating birds, where the vegetation types Scrub and Plantations Forest had greater availability of resources and the highest number of interactions, making them more resistant to disturbances.

Keywords: interaction networks, biodiversity, bird-flower interaction, ecosystem.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes de interacción ecológicas son una de las formas en que la naturaleza ha logrado constituir una base para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (Jordano et al., 2009). En las redes de interacción planta-aves polinizadoras se constituye una relación mutualista, que ha logrado adaptaciones o co-adaptaciones en las aves y plantas en beneficio mutuo (León-Camargo y Rangel-Churio, 2015). Las aves polinizadoras, morfológicamente adaptadas, buscan recursos alimenticios en las flores (néctar) y aportan también a la reproducción de la planta que visitan (León-Camargo y Rangel-Churio, 2015). Sin embargo, las redes de interacción planta-aves polinizadoras pueden verse afectadas negativamente por perturbaciones como la fragmentación o la pérdida de especies clave en la red, lo que a su vez puede provocar reducción en las especies polinizadas a pesar de la existencia de especies polinizadoras en la red (Brosi y Briggs, 2013).

El ser humano ha modificado el suelo y los recursos de los ecosistemas terrestres (Bott, 2014), fragmentando los hábitats, cambiando la composición y abundancia de especies, y alterando la organización de las interacciones ecológicas (Hódar et al., 2009). En los ecosistemas fragmentados por acción antropogénica, se reducen los servicios funcionales como los procesos de polinización o dispersión de semillas importantes para la conservación de su estructura, funcionalidad y diversidad biológica (Kremen et al., 2007).

Es importante reconocer el rol que cumplen las redes de interacción en la polinización, la interacción entre el ave polinizadora y la planta polinizada, pues permiten la supervivencia y preservación de especies incluyendo la conservación de ecosistemas (Bernal, 2017). Rosado y Ornos (2013) señalan que las angiospermas son el grupo de plantas que más requieren de la polinización animal, esta polinización presenta cerca del 78% en comunidades de zonas templadas y 94% en comunidades de zonas tropicales. De esta manera la interacción entre

animales y plantas pueden sustentar la diversidad biológica, los recursos disponibles y el funcionamiento del ecosistema (Jordano et al., 2009). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2016) indica que con las interacciones que se pueden encontrar en el proceso de polinización como un servicio ecosistémico de regulación, es la responsable de la reproducción de un alto porcentaje de plantas que brindan recursos en la cadena alimenticia donde se incluye también la humanidad.

En Loja se encuentran remanentes de bosque andino como es el caso del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación (PUEAR), considerado como un sitio importante debido a su ubicación estratégica, biodiversidad, particularidades ecológicas y acceso a la educación ambiental de estudiantes (Aguirre y Yaguana, 2014). Este parque se ha visto perturbado por incendios, introducción de especies y turismo de visitantes (Rojas, 2012; Aguirre y Yaguana, 2014; Muñoz Chamba, 2015), estos problemas podrían interferir en las interacciones plantas-aves polinizadoras y modificar los servicios ecológicos que brindan al parque.

Para entender las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en paisajes alterados, se considera necesario responder a varias preguntas: ¿Las redes de interacción planta-ave polinizadora dependen del tipo de cobertura vegetal?, ¿Qué especies de aves polinizadoras visitan determinadas especies de plantas? y ¿Existen especies de aves polinizadoras dominantes en la interacción?

Las interacciones plantas-aves polinizadoras en el PUEAR tienen importancia para la conservación de la diversidad biológica y los recursos disponibles, tanto para el medio biótico como abiótico. Además, el estudio, posee valor teórico ya que aportó con conocimiento de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras entre las distintas coberturas vegetales en el PUEAR y generó una base de información en la conservación de la biodiversidad, servicios

funcionales, recursos disponibles, espacios de recreación similares al PUEAR y estudios posteriores.

Objetivo General

Evaluar las redes de interacción plantas – aves polinizadoras entre cada cobertura vegetal en el PUEAR.

Objetivos Específicos

- Identificar la estructura de las redes de interacción aves polinizadoras-plantas de los distintos tipos de coberturas vegetales presentes en el PUEAR.
- Comparar las redes de interacción aves polinizadoras-planta entre cada tipo de cobertura vegetal en el PUEAR.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Interacciones plantas-aves polinizadoras

Las interacciones desde el punto de vista ecológico pueden ser clasificadas en antagonistas o mutualistas. Las antagonistas ocurren cuando un individuo de una especie obtiene beneficio al producir una afectación parcial o letal a otro individuo de diferente especie con el que interactúa, como la depredación, la herbivoría y el parasitismo. Mientras que las interacciones mutualistas son aquellas en donde dos individuos de diferentes especies se benefician mutuamente como en el proceso de polinización (Kearns et al., 1998; Rosado y Ornos, 2013). En este proceso las plantas obtienen beneficio con la producción de semillas, perpetuando su especie, mientras que el beneficio para las aves polinizadoras es la obtención del recurso alimenticio en forma de néctar (Chalcoff et al., 2014).

Dado que los animales son, en muchos de los casos los principales agentes en dos fases de dispersión de las plantas, como la polinización y la dispersión de semillas, resulta en un beneficio para ambos organismos y proporciona a su vez, variedad de recursos para la preservación de la diversidad biológica en los ecosistemas (Jordano, 1987; Chalcoff et al., 2014). El estudio de las redes de interacción animal-planta contribuye a dar explicaciones sobre el papel que cumplen las diferentes especies en la dinámica de la diversidad biológica terrestre presente en el tiempo y el espacio (Thompson, 2006; Palacio, 2014).

El proceso ecológico de polinización puede resultar eficiente, de acuerdo con la morfología, la frecuencia y el comportamiento en la visita que reciben las plantas con recursos florales (Williams y Adam, 1994; Rivas-Arancibia et al., 2015). Según Burbano-Álvarez (2013), las características que facilitan la interacción han tenido lugar gracias a la co-adaptación de aves y plantas provocando ajustes morfológicos en corolas y en picos de algunas especies. Además, dado que las plantas pueden disponer de recompensas (alimento, refugio,

entre otros) durante ciertos periodos para aves migratorias, o durante todo el año para las residentes (Janzen, 1975; Bernal, 2017), tienen mayor probabilidad de que sus genes sean transportados de una planta a otra (reproducción sexual) dependiendo de la cantidad y calidad del recurso energético que provean (Nora et al., 2011). Para Avendaño (2016), la estrategia de reproducción sexual beneficia a las plantas en la recombinación genética y su variabilidad en la población; a su vez permite a la descendencia, establecerse y conquistar nuevos ambientes mediante la dispersión de semillas.

Una característica de las plantas para estimular la polinización por aves corresponde al llamado “síndrome de ornitofilia” que facilita su reproducción exitosa (Chalcoff et al., 2014). Este síndrome está presente morfológicamente en las flores, las cuales con frecuencia tienen formas tubulares y alargadas, péndulas, coloración llamativa (roja, naranja o púrpura), producción de polen y de néctar (Chalcoff et al., 2014); estos rasgos se consideran cambios de co-adaptación respecto a ciertas características de las aves como su capacidad visual, dependencia del néctar, forma de sus picos, patrón de vuelo, entre otras (Burbano-Álvarez, 2013). Además que las aves polinizadoras con frecuencia se acoplan a los ciclos circadianos, y realizan sus actividades mayormente en periodos diurnos (Williams y Adam, 1994; Taylor, 2003; Rivas-Arancibia et al., 2015).

En el proceso de co-evolución se muestran rasgos de especificidad (características propias de especies que facilitan la interacción), debido a presiones selectivas la evolución de un rasgo en una especie cambia ciertos rasgos en otras especies y a su vez los cambios en cada una refuerzan los cambios en la otra, co-evolucionando juntas en el tiempo geológico (Janzen, 1980; Burbano-Álvarez, 2013). Algunos autores afirman que las especies que han logrado cambios, y que facilitan la interacción (síndromes), frecuentemente se han visto con mejores resultados para sobrevivir y reproducirse en diversos ambientes (Kearns et al., 1998; Chalcoff et al., 2014).

Por ejemplo, en el estudio de Cardozo y colaboradores (2018), en un fragmento de bosque de la vertiente occidental de la Cordillera central de Colombia, en el Municipio de Calarcá, mencionan que con las características morfométricas que presentan algunas especies, tanto en aves nectarívoras como en plantas con síndrome de ornitofilia, se evidencia una relación estrecha con la disponibilidad de la oferta calórica (néctar) ofrecida por la morfología floral que dispone como alimento, en este caso a los colibríes. Considerando dichas características morfométricas de aves (longitud total, longitud de la cola, ancho y alto del pico), así como el síndrome de ornitofilia de las plantas, demuestran que hay especies de aves mejor adaptadas a unas especies de plantas que otras. Las especies de colibríes de pico largo, están asociadas con mayor frecuencia a especies de *Heliconia* de flor larga, como el caso de *Phaethornis guy* (Lesson) asociada a *Heliconia griggsiana* L.B Smith, en cambio las especies de colibríes con el pico corto se asocian a especies de *Heliconia* con flor corta, *Coeligena coeligena* (Lesson) a *H. burleana* Abalo y G. Morales. Sin embargo, su cumplimiento no es contundente en todas las especies ya que existen polinizadores con cambios no exactamente acoplables a la flor que polinizan (Kearns et al., 1998; Burbano-Álvarez, 2013).

Los cambios que se mencionan en ambas especies, según Olesen y colaboradores (2011), en las interacciones mutualistas existen enlaces potenciales que no se evidencian entre las especies, y pueden ser no observadas o estar prohibidas. Los enlaces no observados se notarán si se extiende el esfuerzo de muestreo (tiempo de observación y/o número de muestras), aunque puede ser que la metodología deficiente o baja abundancia de enlaces entre especies no permitan la observación de esas interacciones poco evidentes (Jordano et al., 2009). Por otro lado, los enlaces prohibidos no se observarán, a pesar de la abundancia o el esfuerzo de muestreo, esto ocurre por las restricciones de enlace en especies que presentan limitantes para realizar la interacción (Olesen et al., 2011).

La capacidad para lograr el éxito reproductivo en las plantas a pesar de todas las restricciones en la polinización, puede estar influenciado a su vez por factores bióticos (estructura floral, especies de animales) y abióticos (temperatura, humedad, velocidad del viento) (León-Camargo y Rangel-Churio, 2015). Adicionalmente, como consecuencia de la fragmentación de hábitats, las interacciones entre especies se ven negativamente afectadas, lo que resulta en una pérdida de la diversidad específica y genética a distintas escalas (Nora et al., 2011).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en las interacciones de polinización que ocurren en los ecosistemas terrestres en su mayoría no solo se presenta un polinizador para cada planta (Jordano, 1987; Aguilar et al., 2009; Chalcoff et al., 2014), si no que en muchos casos puede existir más de un polinizador que interacciona con más de una planta (Jordano et al., 2009; Aguado et al., 2019), por lo que se estima que este arreglo de interacción tiende a extender la variabilidad evolutiva de gran diversidad de plantas (Chalcoff et al., 2014). Es decir, que las poblaciones vegetales que muestran múltiples polinizadores tienden a la sobrevivencia de la especie frente a cambios en el ambiente (Seguí Simarro, 2014).

Los cambios mencionados en las especies tienen a su vez relación con lo mencionado por Chalcoff y colaboradores (2014) quienes identificaron que en la polinización existen dos patrones de interacción: la asimetría y el anidamiento. La asimetría sucede cuando un polinizador puede polinizar más de una especie de planta floral (especie de polinizador generalista), y la planta podría depender fuertemente de una especie de ave polinizadora (planta especialista). El anidamiento ocurre cuando interactúan especies generalistas (en este caso aves polinizadoras) con otras generalistas (como plantas) las cuales atraen a más de una especie polinizadora y que a su vez interactúen especies especialistas (pudiendo ser una o varias especies de plantas) con las generalistas (que serían aves polinizadoras); así, se pueden formar núcleos centrales de especies en el cual el resto de especies de la comunidad se va sumando en

la interacción (Jordano et al., 2009). La competencia entre especies generalistas y especialistas en la obtención de recursos y/o beneficios indican que una forma anidada en la red de interacción se hace vulnerable ante la pérdida de especies generalistas y robusta a la extinción de especies con pocas interacciones en la red de polinización ave-planta (Chalcoff et al., 2014).

En los ecosistemas las interacciones entre grupos de especies generalistas o especialistas proveen herramientas que permiten comprender los posibles efectos competitivos o de facilitación entre especies en el acceso de recursos que una especie dispone o beneficia a otra (proceso de polinización o frugivoría) (Fontaine et al., 2006; Chalcoff et al., 2014). Waser y Forrest (2014) mencionan que cuando hay escasez de especialización recíproca en la interacción planta–polinizador las extinciones en ambas especies serán bajas, caso contrario cuanto mayor sea la especialización la extinción puede incrementarse en ambas especies. Por otro lado, la estrategia generalista en interacciones de animales y plantas, permiten a los animales conseguir energía de más fuentes y a las plantas la oportunidad de beneficiarse con más polinizadores (Waser et al., 1996; Olesen, 2000; Thompson, 2001; Burbano-Álvarez, 2013).

Las interacciones entre especies generalistas o especialistas en los ecosistemas pueden ser representadas por redes bipartidas cuando se presentan dos grupos diferentes de especies (nodos) con enlaces entre sí, y no existen enlaces entre especies del mismo grupo (Jordano et al., 2009). En la polinización las redes de interacción generalmente incluyen especies especialistas y generalistas, donde las especialistas (con pocos enlaces a otras especies) con frecuencia se conectan a otras generalistas (con muchos enlaces) (Waser y Forrest, 2014). Los estudios que involucran estas redes ecológicas con presencia de especies generalistas como especialistas, proveen una herramienta a tener en cuenta para tomar acciones frente a la pérdida de biodiversidad, que ocurre en muchos ecosistemas actualmente (Fontaine et al., 2006; Aguilar et al., 2009; Chalcoff et al., 2014), con frecuencia por la intervención humana que

provoca el deterioro y fragmentación de los hábitats (Santamarta Flórez, 2002; Nora et al., 2011).

2.2. Herramientas e índices para el análisis de redes de interacciones plantas–aves polinizadoras

Para el análisis de las interacciones se utilizan varias herramientas. Para su estudio es necesario ubicar los datos obtenidos de las interacciones en una matriz bipartida de plantas y aves polinizadoras ($P * A$ respectivamente), donde en el vector columna se enumeran a las especies de aves polinizadoras, y en el vector fila, a las especies de plantas con flores visitadas. El tamaño de una matriz ($S = P * A$) puede estimar todas las posibles interacciones que cada par de especies distintas registre; sin embargo en campo, se pueden observar tan solo una parte de todas las interacciones probables (Jordano et al., 2009). En esta matriz (tabla 1) se colocan valores de 1 cuando existen interacciones (al menos una observada) y 0 cuando hubo inexistencia de interacciones (ninguna observada) (Jordano et al., 2009). La matriz de interacción puede ser cualitativa cuando indica presencia-ausencia o cuantitativa cuando representa el número de interacciones (Jordano et al., 2009).

Tabla 1. Matriz de interacción tipo cualitativa.

Fuente: Adatado de Jordano y colaboradores (2009).

AVES POLINIZADORAS	PLANTAS					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
A1	0	1	0	1	1	1
A2	1	0	1	0	1	0
A3	1	1	1	0	1	0
A4	1	0	0	1	1	1

Para el análisis de los datos recopilados en la matriz se utilizan índices de interacción como conectancia, anidamiento, modularidad, robustez, asimetría y diversidad de Shannon. Cada índice se detalla a continuación:

Conectancia. La conectancia de la red de interacción calcula el número de especies observadas en una comunidad interactuante (Jordano et al., 2009), donde se obtiene el porcentaje de las interacciones registradas respecto a todas las interacciones posibles (Lara-Rodríguez et al., 2012). Este cálculo proporciona información de las especies de plantas y de aves polinizadoras enlazadas entre sí (Jordano et al., 2009; Lara-Rodríguez et al., 2012). Los valores cercanos a 0 muestran que la red posee mayor diversidad de especies que a su vez muestran un mayor número de interacciones en su estructura (Palacio, 2014). Jordano (1987), señala que “a medida que incrementa la riqueza de especies de una comunidad, incrementa también el número de interacciones registradas, no obstante, la conectancia disminuye exponencialmente”. Según Cohen (1978), Dunne y colaboradores (2002), Pimm (2002) y (Palacio, 2014), la conectancia en la red de interacción tiende a ser baja (cercana a cero) como patrón general mayormente en redes mutualistas, tróficas, interacciones parásito hospedador, etc.

Anidamiento. El anidamiento de la red de interacción determina a aquellas especies con mayor interacción dentro del hábitat (Lara-Rodríguez et al., 2012). Un patrón de red anidada muestra la interacción de especies especialistas con subconjuntos de especies generalistas (Bascompte et al., 2003), que a su vez interactúan con otras generalistas (Jordano et al., 2009). Un patrón altamente anidado implica que en la red 1) existe un núcleo que sostiene a la mayoría de interacciones y 2) las interacciones mantienen asimetría, ya que los especialistas desarrollan interacciones con la mayoría de generalistas (Bascompte et al., 2006). Los valores que resultan al calcular este índice toman valor de 0 a 1, siendo 0 cuando las interacciones en la red pueden estar organizadas en compartimentos (Lara-Rodríguez et al., 2012) y 1 cuando indican que posee patrones fuertes de anidamiento (Jordano et al., 2009).

Modularidad. La modularidad en la red facilita conocer los enlaces que se presentan dentro del módulo (grupo de especies) o entre módulos (grupos de especies enlazados a otro u

otros grupos de especies) (García, 2016) representada en la Figura 1. La red de interacción con frecuencia presenta tanto el anidamiento como la modularidad en sincronía, en la cual los módulos tienen una estructura anidada (Lewinsohn et al., 2006). Los valores que toma este índice se acercan a 1 cuando la comunidad de especies incrementa la división en módulos dentro de la misma red de interacción (Dormann y Strauss, 2013). Es importante considerar que un mayor número de módulos en la red es más ventajoso para el ecosistema, debido a que en un solo módulo perturbaciones como extinción de especies o la transferencia de un contaminante se distribuyen fácilmente por la red (Ramírez Burbano, 2013). Una estructura con alta conectancia y anidación promueve su estabilidad en redes mutualistas, de igual manera una estructura con alta modularidad y débil conectancia es más estable en redes tróficas (Thébaud y Fontaine, 2010).

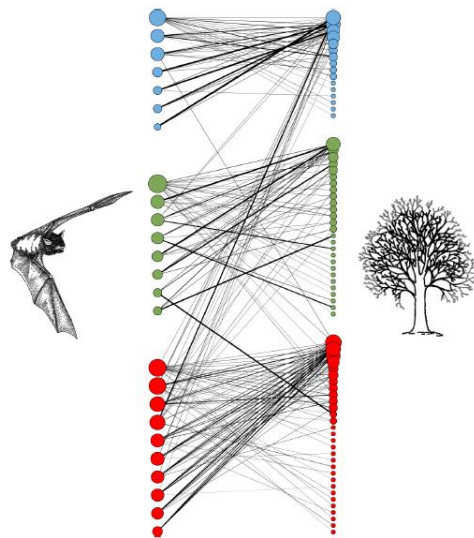


Figura 1. Red de interacción con tres módulos claramente visibles.

Fuente: Tomado de Fortuna y colaboradores (2009).

Robustez. La robustez puede determinar la rapidez con la que la red de interacción colapsaría ante extinciones acumuladas (Palacio, 2014). En redes de interacción en las que se presentan diferentes especies conectadas, “los generalistas pueden ser más resistentes a las perturbaciones que los especialistas, lo cual conferiría más robustez a la red” (Jordano et al.,

2009). El cálculo de este índice en la red de interacción conforme toma valores cercanos a 1 presenta mayor resiliencia ante la extinción de especies (Palacio, 2014; Aguado et al., 2019).

Asimetría. La asimetría también se toma en cuenta en la red con la que se puede estipular las especies que se vean afectadas en la interacción, es decir que una especie de ave puede ser muy importante para la planta pero ésta no tanto para el ave (Hódar et al., 2009). La asimetría en las redes complejas de interacción puede ser causada por los atributos ecológicos como abundancia de hábitats, duración de fenofases, etc. La asimetría explica la intensidad de la interacción interespecífica: mientras más sea la abundancia de un mutualista potencial, mayor será la tasa de visita y el efecto total derivado de la interacción (Jordano et al., 2009). Este índice cuantifica el desequilibrio promedio (diferencia) entre las fuerzas de interacción (dependencias) de especies emparejadas en la red (García, 2016). Jordano y colaboradores (2009) mencionan que la asimetría en la especialización de especies que interactúan en la red resultan del anidamiento de la matriz de interacción, haciendo que las especies más generalistas de polinizadores persistan y a su vez las plantas pueden permanecer conectadas a la red. La asimetría en las redes de interacciones mutualistas, favorecería la coexistencia de especies a largo plazo con el cual cumpliría un rol fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad y estabilidad ante la pérdida de uno de sus elementos en el ecosistema (Jordano et al., 2006; Ramírez Burbano, 2013). Los valores negativos del cálculo de asimetría corresponden a una mayor especialización de plantas que de aves, en cambio valores positivos indican mayor especialización de las aves consumidoras que dependen más de las plantas específicas (García, 2016).

Índice de diversidad de Shannon. Refleja la heterogeneidad de la comunidad sobre dos factores: el número de especies y la riqueza de especies (Pla, 2006; Carmona-Galindo y Carmona, 2013). Álvarez (2017) señala que este índice “asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra”. En

consecuencia un índice de Shannon es una medida de la complejidad de grupos entre especies del sistema o hábitat, “basada en la diversidad estimada a partir de las frecuencias de interacción, afectada tanto por el número de especies como por la distribución de pesos de interacción entre especies” (García, 2016). Los valores que puede tomar este índice puede considerarse como diversidad alta cuando los valores están entre 3.1 a 4.5, diversidad media cuando los valores van de 1.6 a 3 y como diversidad baja cuando toman valores entre 0.1 a 1.5. (Magurran, 1988; Álvarez, 2017).

2.3. Influencia de la fragmentación de hábitats en las redes de interacción plantas – aves polinizadoras

El proceso de fragmentación ocurre cuando originalmente una superficie continua de vegetación se transforma en fragmentos de menor tamaño desconectados y aislados entre sí (Pérez, 2009). Este proceso altera los ecosistemas debido a la utilización del suelo y recursos por parte del ser humano (Bott, 2014) y es considerado como una de las formas de degradación ambiental con mayor amenaza para la biodiversidad en ecosistemas terrestres (Jules y Rathcke, 1993, FAO, 2016). Además, no solo se fragmentan los hábitats, sino que también se modifica la composición y abundancia de especies, y se altera la organización de las interacciones ecológicas (Hódar et al., 2009). Es así, que los ecosistemas fragmentados presentan reducción de sus servicios funcionales (como polinización o dispersión de semillas), los mismos servicios que son necesarios para la conservación y mantenimiento de la estructura, la funcionalidad y la diversidad biológica en los ecosistemas (Kremen et al., 2007; Aguilar et al., 2009).

Existen ecosistemas que poseen características que otorgan su estabilidad ante determinadas perturbaciones (naturales o antrópicas), sin embargo, la continua explotación irracional de sus servicios ecosistémicos no es justificable, sobre todo si aún se desconoce o ignora el funcionamiento y procesos que ocurren en esos ecosistemas (Rosado y Ormosa, 2013).

Bond (1994), Aguilar y colaboradores (2009) así como Chalcoff y colaboradores (2014) también concuerdan que generalmente cuando los ecosistemas son perturbados directa o indirectamente muestran bajas tasas de diversidad de especies, y deficiencia en la calidad y cantidad de servicios que brinda como la polinización. Cabe mencionar que, si se cumple el proceso de polinización, tanto los ecosistemas como la sociedad humana se benefician con la producción de biomasa, reproducción de plantas y producción de alimento por mencionar algunos (Aguado et al., 2019). Dado que la fragmentación de ecosistemas dificulta el intercambio de material genético entre fragmentos, supone un riesgo para la diversidad biológica en los ecosistemas (Van der Hammen, 2005; Nora et al., 2011). Es así que la fragmentación de los ecosistemas por acción antrópica puede tener un efecto en la calidad y/o cantidad del polen en las plantas, en su capacidad reproductiva, en las interacciones de polinizadores y en la conservación de los ecosistemas (Bond, 1994; Aguilar et al., 2009).

En este contexto Rivas-Arancibia y colaboradores (2015) demostraron que el mayor número de especies de polinizadores se encuentran en los sitios conservados y la perturbación en los hábitats incide en la pérdida de diversidad florística. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2016) menciona que debido a la fragmentación de hábitats se altera, directa o indirectamente, la interacción de polinizadores-plantas y sus servicios ecosistémicos, por ende el impacto que tienen en estos hábitats con una baja diversidad de polinizadores disminuyen la calidad de las cosechas, la productividad y la sostenibilidad en la agricultura.

Según Bernal (2017), en parte de su estudio sobre los problemas que trae la fragmentación, realizado en Bogotá, mediante observación y captura de aves polinizadoras, evidenció que el consumo de néctar frecuentemente se presenta en plantas con síndrome de ornitofilia, de tal modo que en ecosistemas fragmentados las interacciones plantas-aves polinizadoras con características de adaptabilidad, juegan un papel de gran importancia debido

a que intervienen en la conservación y en los procesos de restauración ecológica de estos hábitats.

Es así que el reto en la actualidad con los ecosistemas es el entendimiento de la biodiversidad en el sentido de redes de interacción, que pueden dar respuesta ante pérdidas de hábitats, especies invasoras, sobreexplotación de recursos naturales o el cambio climático (Rosado y Ornos, 2013). De esta manera se plantean las siguientes interrogantes: ¿cómo afectará la extinción de una especie en las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en los ecosistemas? ¿cuántas especies se verán afectadas ante la pérdida de una o dos de las especies interactuantes? O si ¿la extinción de una especie en la red de interacción causará la extinción de otras especies produciéndose un efecto en cascada?

Con lo mencionado anteriormente, la fragmentación del PUEAR, puede estar causando alteraciones en las interacciones plantas-aves polinizadoras y los servicios ecosistémicos. Aguirre y Yaguana (2014) afirman que en el PUEAR existe gran diversidad de fauna y flora alterada en gran parte de su superficie, y que en los remanentes boscosos de este hábitat se han registrado 100 especies de aves dentro de 68 géneros y 29 familias. La fragmentación en el PUEAR puede alterar e incidir en la composición de las comunidades y probablemente en una de las funciones ecológicas fundamentales como es la polinización realizada por aves.

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro” (PUEAR), ubicado en el cantón Loja, a 5 km del centro de la ciudad de Loja (Fig. 2) (Rojas, 2012). Fue concebido en 1983 como “un espacio natural para educación, investigación y recreación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja y público de Loja y Ecuador” (Aguirre y Yaguana, 2014). Este parque corresponde según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013), al piso bioclimático Montano (2200-2900 msnm). Tiene una superficie total de 96 ha y un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m; se localiza entre las coordenadas geográficas: 79° 11'07'' y 79° 12' 03'' Longitud Oeste; 04° 01'37'' y 04° 02'02'' Latitud Sur (Rojas, 2012; Aguirre y Yaguana, 2014).

La Estación Meteorológica La Argelia está ubicada a 1000 m de distancia del PUEAR, muestra una precipitación media anual de 1848.1 mm/año, tiene una temperatura media anual de 16.4 °C, la humedad relativa anual es de 78 %, la velocidad media del viento oscila entre 1.7 y 4.5 m/s. El clima es templado lluvioso, con un bioclima sub-húmedo templado (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017).

Para el estudio se tomó en cuenta la clasificación de las coberturas vegetales realizada por Muñoz Chamba (2015), quien divide al PUEAR en seis tipos de coberturas diferentes. Sin embargo, en este estudio se modificó su clasificación unificando la cobertura de pastizal con la cobertura de plantaciones y la cobertura de matorral con la cobertura de matorral en formación, quedando como resultado cuatro coberturas diferentes en el PUEAR:

- **Plantaciones forestales** donde la constituyen mayormente especies de *Pinus* Linnaeus, *Eucalyptus* (L'Héritier.), *Alnus glutinosa* (Linnaeus) y *Juglans regia* Linnaeus (Muñoz Chamba, 2015).

- **Matorral** con dominancia de arbustos como: *Lepechinia mutica* (Bentham), *Senecio iscoensis* Hieron, *Pappobolus acuminatus* (S.F. Blake), *Weinmannia macrophylla* Kunth, *Myrsine andina* (Mez), *Ageratina dendroides* (Spreng), *Gynoxys buxifolia* (Kunth) y *Bejaria subsessilis* Bentham; y las especies herbáceas como: *Calamagrostis intermedia* (J. Presl), *Pteridium arachnoideum* Maxon, *Puya eryngioides* André y *Paepalathus ensifolius* Kunth (Muñoz Chamba, 2015).
- **Páramo Antrópico** con dominio de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides* (Aguirre y Yaguana, 2014).
- **Bosque Natural** con dominancia de especies como: *Critoniopsis pycnantha* (Bentham), *Nectandra laurel* Klotzsch y una especie de *Viburnum* sp. (Muñoz Chamba, 2015).

El mapa fue verificado mediante un recorrido previo del área de estudio, donde se tomaron puntos GPS en las diferentes coberturas, comprobando así que las coberturas vegetales páramo antrópico, matorral, bosque natural y plantaciones forestales, corresponden al mapa base.

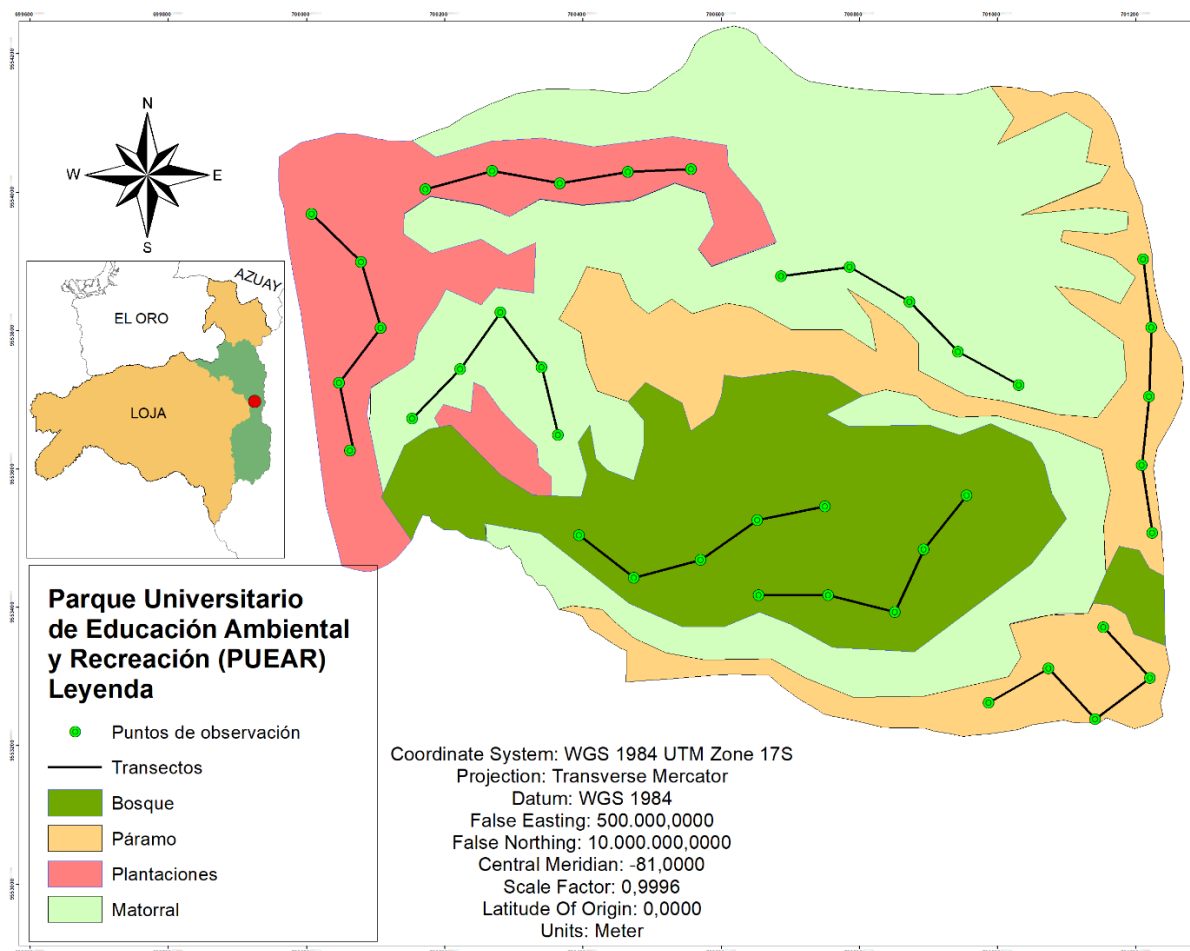


Figura 2. Coberturas vegetales del PUEAR y ubicación de transectos con puntos de observación
Fuente: Mapa adaptado de Muñoz Chamba, (2015), Loja-Ecuador.

3.2. Observación de la interacción plantas – aves polinizadoras

Una vez definidas las coberturas vegetales, se establecieron dos transectos de una longitud de 500 m en cada cobertura vegetal mediante el software QGIS versión 3.10.0 (QGIS Development Team, 2016), se consideró un buffer de 25 m en el perímetro de cada cobertura vegetal, para evitar el efecto de borde, y una distancia mínima de 100 m entre cada transecto de observación para garantizar la independencia de las unidades de muestreo. En cada transecto (Anexo 1) se ubicaron cinco puntos de observación, el radio de los puntos de observación fue de 25 m cada uno según la metodología sugerida por Wunderle (1994), Taylor (2003) y Gutiérrez (2005).

El número de interacciones entre plantas y aves polinizadoras en cada cobertura corresponde a la muestra; y cada punto de observación, ubicados en transectos al azar, corresponde a la unidad muestral.

La observación de interacciones plantas-aves polinizadoras fueron realizadas en el horario de 6 am a 10 am, registrando en cada punto de conteo las interacciones durante 10 minutos, de cada interacción registrada se anotó lo siguiente: la especie de ave y de planta, el número de visitas, el tipo de cobertura, la fecha y la hora de registro (Anexo 2).

Las observaciones de las interacciones se realizaron en cuatro periodos independientes de muestreo de octubre a diciembre 2019, cada periodo de muestreo con una duración de cuatro días por mes (un día de observación por cobertura vegetal). Se contó con la colaboración de tres ayudantes de campo con experiencia en la observación e identificación de aves.

Para la identificación de las especies de aves en campo se usaron las guías de las aves del Ecuador de Ridgely y Greenfield (2001) y de McMullan y Navarrete (2013). Se recolectaron muestras de plantas visitadas por aves polinizadoras, a las que se les colocó un código para luego ser trasladadas al Herbario Reinaldo Espinosa perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, donde se identificaron las muestras botánicas a nivel de especie con la ayuda de los técnicos del herbario.

3.3. Análisis de las Redes de Interacción

La red del PUEAR y las sub-redes de interacción se presentaron utilizando seis índices: conectancia, anidamiento, modularidad, robustez, asimetría y diversidad de Shannon.

La red de interacción plantas-aves polinizadoras (G), pudo definirse por la matriz de interacción (R), representada en la Ecuación 1 (Jordano et al., 2009). La matriz R describe las interacciones entre aves polinizadoras (A) y plantas (P). De tal modo que, los elementos de la matriz indican la presencia o ausencia de las interacciones en la red (G) como se muestra en la Ecuación 2 (Jordano et al., 2009).

$$(R = [\alpha_{ij}]^{AxP}) \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, v_i v_j \in (G) \\ 0, v_i v_j \notin (G) \end{cases} \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde,

R = matriz de adyacencia,

α_{ij} = interacciones entre ave (i) con planta (j),

$v_i v_j$ = dos nodos del conjunto de especies de aves y plantas,

$v_i v_j \in (G)$ = existencia de interacciones entre ave (i) y planta (j), asignando valor de 1,

$v_i v_j \notin (G)$ = ausencia de interacciones entre ave (i) y planta (j), asignado valor de 0.

De las interacciones plantas-aves polinizadoras observadas y registradas en cada cobertura vegetal se calculó la conectancia en la red, representada en la Ecuación 3 (Jordano et al., 2009; Lara-Rodríguez et al., 2012).

$$C = \frac{I}{PxA} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde,

C = conectancia,

I = número de interacciones observadas,

PxA = riqueza de especies de una comunidad, en cada cobertura vegetal.

Para determinar el anidamiento en las redes de interacción entre ave polinizadoras y plantas, se utiliza la Ecuación 4 (Lara-Rodríguez et al., 2012). El cálculo resultante va en escala de 0 a 1, siendo 1 una red perfectamente anidada donde las especies generalistas interactúan entre sí y a su vez las especies especialistas interactúan con subgrupos de generalistas (Jordano et al., 2009).

$$N_d = \frac{\left(\frac{P_i + P_j}{Col + R}\right)}{2} \quad (\text{Ecuación. 4})$$

donde,

N_d = índice de anidamiento,

P_i = número de interacciones planta,

P_j = número de especies de aves polinizadoras,

Col = número de interacciones aves polinizadoras,

R = número de especies de plantas.

La modularidad de las interacciones permite el cálculo en donde cada módulo representa al grupo de especies que interactúan en la cobertura vegetal observada o entre coberturas. Los enlaces modulares van en la escala de 0 a 1, siendo 1 cuando la modularidad es máxima (todos los enlaces están dentro del módulo y ninguno entre módulos), y 0 cuando la modularidad es mínima (los enlaces se presentan entre módulos y muy pocos dentro del módulo). El cálculo de éste índice se muestra en la Ecuación 5 (Jordano et al., 2009; Palacio, 2014).

$$M_B = \sum_{i=1}^{N_m} \frac{L_i}{L} - \left(\frac{k_i^C - k_i^R}{L^2}\right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

donde,

M_B = Índice de modularidad,

N_m = número de módulos,

i = suma del número de vínculos en el módulo,

L = número de vínculos en la red,

L_i = suma de vínculos en el módulo i ,

k_i^C = suma del número de vínculos en el módulo (i) que pertenece al conjunto de plantas (C),

k_i^R = suma del número de vínculos dentro del módulo (i) que pertenece al conjunto de aves (R).

El análisis de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras, se realizó a nivel de red general del PUEAR y de sub-red en cada cobertura vegetal (Matorral, Páramo Antrópico, Plantaciones Forestales y Bosque Natural), para establecer la estructura de cada sub-red de interacción y compararlas entre las coberturas.

Los datos del muestreo en cada cobertura fueron analizados mediante estadística descriptiva, se realizó una curva de acumulación de interacciones tomando en consideración los puntos de conteo como unidades muestreo de cada cobertura vegetal y con un diagrama de cajas y bigotes (boxplot) para comparar el número de interacciones registradas.

Para la visualización de las redes de interacción así como el cálculo de los índices considerados a nivel de red y sub-red, se usó el paquete Bipartite (Aguado et al., 2019; Dormann et al., 2019) en el software R versión 3.5.2 (R Core Team, 2017).

4. RESULTADOS

4.1. Identificación de las estructuras de las redes y sub-redes de interacción del PUEAR

4.1.1. Estructura de la red de interacción del PUEAR

La comunidad de aves polinizadoras de la red de interacciones plantas-aves polinizadoras del PUEAR está compuesta por 11 especies de aves polinizadoras, con una abundancia de 71 individuos, que pertenecen a 2 órdenes (Apodiformes y Passeriformes) y a 2 familias (Thraupidae y Trochilidae) (Anexo 3). La familia que tuvo el mayor número de especies registradas fue de la familia Trochilidae (colibríes) con 8 especies, y con menos registros para Thraupidae (tangaras) con 3 especies (Fig. 3).

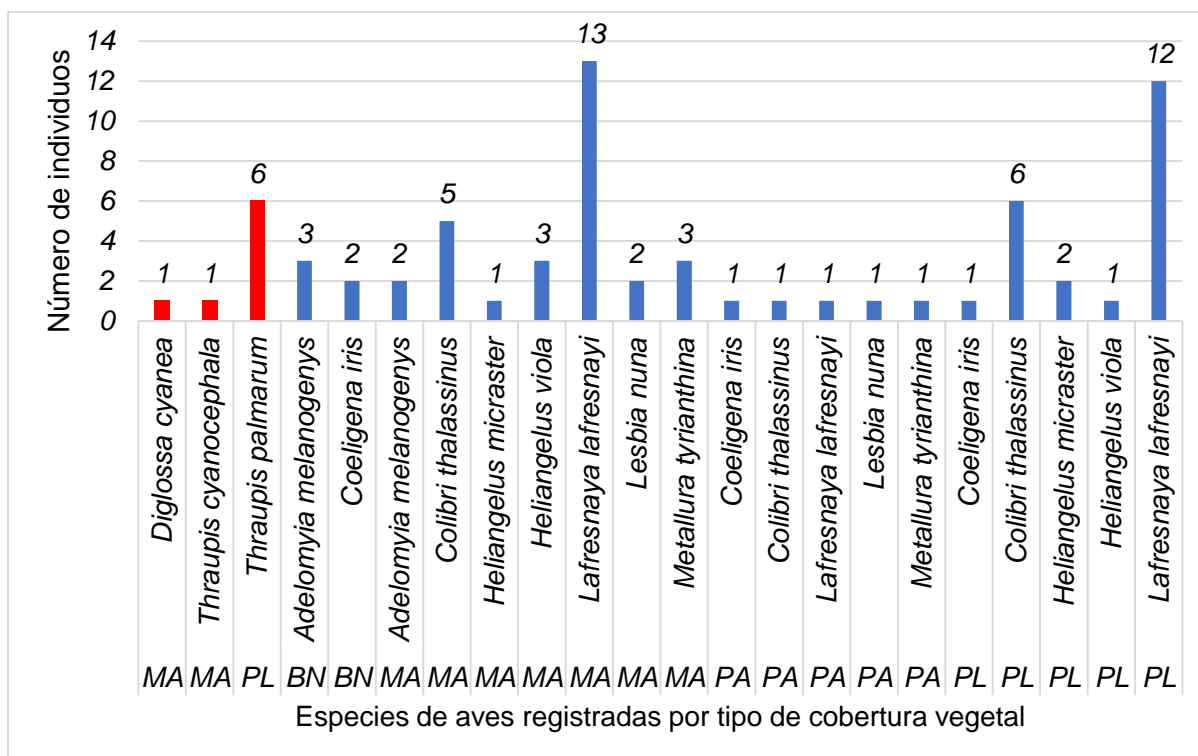


Figura 3. Abundancia de aves polinizadoras en cada cobertura vegetal. Rojo: Thraupidae; azul: Trochilidae. Tipo de cobertura: Matorral (MA), Plantaciones Forestales (PL), Bosque Natural (BN) y Páramo antrópico (PA).

Fuente: Elaboración propia.

Se registraron 13 especies de plantas polinizadas por las aves, que pertenecen a 8 órdenes (Asterales, Ericales, Fabales, Lamiales, Myrtales, Poales, Rosales y Santales) y 10 familias (Acanthaceae, Asteraceae, Bromeliaceae, Campanulaceae, Ericaceae, Fabaceae, Loranthaceae, Melastomataceae, Moraceae y Myrtaceae (Anexo 2). Las familias con mayor número de interacciones ampliamente distribuidas en las coberturas del PUEAR fueron Myrtaceae (25 registros) y Ericaceae (18), y las que presentaron menor cantidad de registros son Asteraceae y Bromeliaceae (2 registros respectivamente), y las familias de Acanthaceae, Campanulaceae, Fabaceae, Loranthaceae, Melastomataceae y Moraceae (con 1 registro cada una). Las especies con mayor número de interacciones fueron *Eucalyptus globulus* Labillardiere y *Macleania salapa* Bentham y Hook, con interacciones registradas con 7 especies de aves polinizadoras cada una.

De acuerdo a la estructura de la red, se registraron 11 especies de aves ($A = 11$) que interactuaron con 13 especies de plantas ($P = 13$), que representan un total de 143 ($S = 11 * 13$) interacciones posibles en la red de interacción planta- aves polinizadoras en toda el área de estudio. Sin embargo, solo se observaron 36 interacciones en campo (tabla 2).

Tabla 2. Matriz de interacción plantas-aves polinizadoras en el PUEAR. En columnas las especies de aves en cada cobertura y en las filas las especies de plantas visitadas en los distintos tipos de cobertura vegetal (T. cob.): bosque natural (BN), matorral (MA), páramo (PA) y plantaciones forestales (PL). La matriz indica la presencia (1) o ausencia (0) de interacciones registradas en la red durante el tiempo de muestreo (véase también Anexo 2).

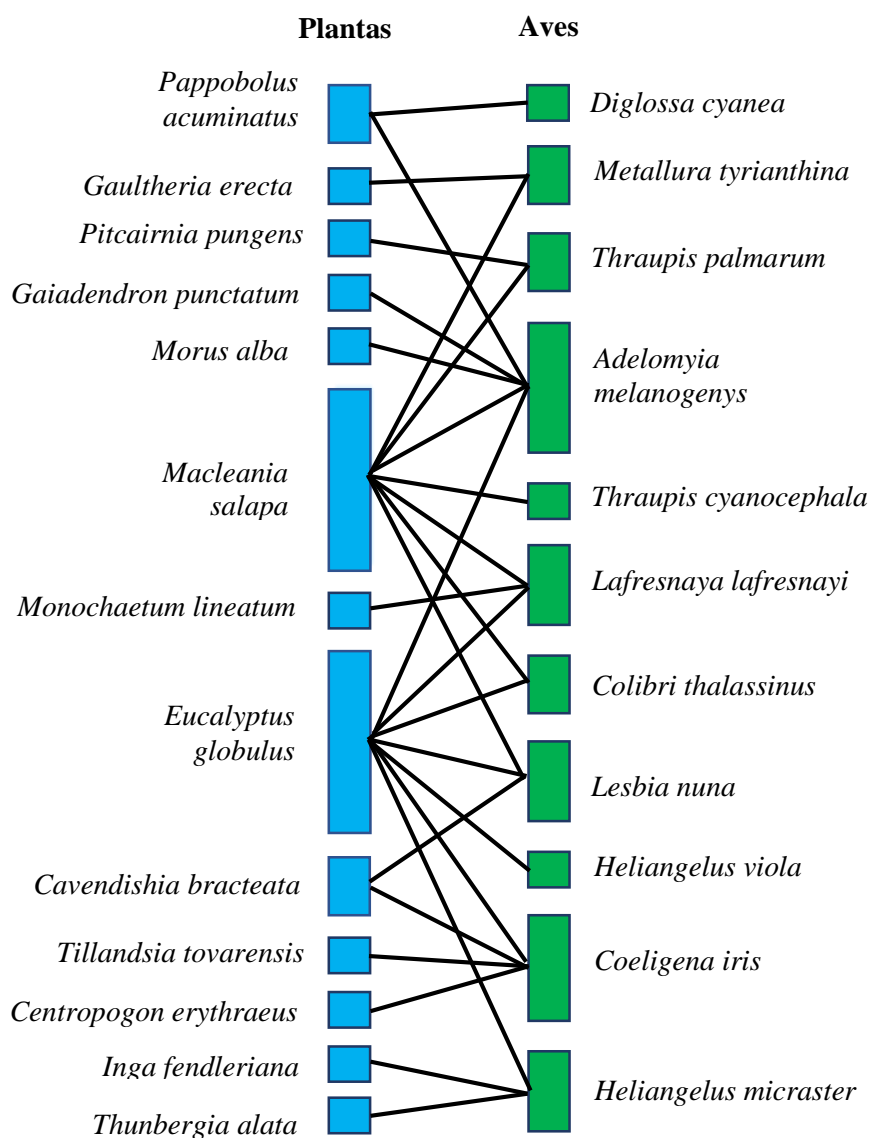
Fuente: Elaboración propia.

T. cob.	Especies de aves	Especies de plantas												
		<i>Cavendishia bracteata</i>	<i>Centropogon erythraeus</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Gaiadendron punctatum</i>	<i>Gaultheria erecta</i>	<i>Inga fendleriana</i>	<i>Macleania salapa</i>	<i>Monochaetum lineatum</i>	<i>Morus alba</i>	<i>Pappobolus acuminatus</i>	<i>Pitcairnia pungens</i>	<i>Thunbergia alata</i>	<i>Tillandsia towarensis</i>
BN	<i>Adelomyia melanogenys</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
BN	<i>Coeligena iris</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MA	<i>Adelomyia melanogenys</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Colibri thalassinus</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Diglossa cyanea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
MA	<i>Heliangelus micraster</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Heliangelus viola</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Lesbia nuna</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Metallura tyrianthina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MA	<i>Thraupis cyanocephala</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PA	<i>Coeligena iris</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PA	<i>Colibri thalassinus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PA	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PA	<i>Lesbia nuna</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PA	<i>Metallura tyrianthina</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	<i>Coeligena iris</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	<i>Colibri thalassinus</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PL	<i>Heliangelus micraster</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
PL	<i>Heliangelus viola</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
PL	<i>Lesbia nuna</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PL	<i>Thraupis palmarum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Se observó que existen especies generalistas (más de una interacción) y especialistas (una interacción) (Fig. 4). Según los datos colectados de octubre a diciembre, la red de interacción del PUEAR (tabla 3) presentó una baja conectancia a nivel de red equivalente al 19% (conectancia = $0.19 * 100\%$) de las interacciones observadas respecto a todas las interacciones posibles, indica ser estable ante la eliminación de nodos (especies) no muy conectadas, es decir que si dado el caso se eliminara alguna especie en la red no se alteraría su estructura, por cuanto hay un mayor número de interacciones y mayor diversidad de especies de plantas con flores y aves polinizadoras menos conectadas entre sí. El anidamiento es cercano a 1, lo que indica una red heterogénea bastante estable por la diversidad de especies e interacciones entre grupos generalistas (más de un enlace) y especialistas (un enlace). Su alta modularidad representa un mayor número de módulos, con la interacción de grupos de especies en el módulo más que con otros módulos en la misma red, que a su vez favorece la estabilidad en la red, y cuando alguna de las especies falte no afectaría fuertemente el resto de la red sino más bien al grupo de especies con la que interactúa. La robustez corresponde a una resiliencia alta, con especies que pueden mantener interacciones ante las perturbaciones, que proporciona estabilidad a la red porque no se observaron especies muy conectadas entre sí. El valor positivo de asimetría indica que las aves polinizadoras presentan mayor nivel de especialidad, donde las aves dependen más de las plantas que las plantas de las aves. La diversidad de interacciones medido con el índice de Shannon mostró una diversidad alta de interacción, donde el mayor número de interacciones se registró en la especie de ave *Adelomyia melanogenys* enlazada a cuatro especies de plantas, y respecto a las plantas las especies de *Eucalyptus globulus* y *Macleania salapa* que tuvieron mayor registro de interacciones con siete especies de aves cada una (Fig. 4) (véase también el anexo 4).

Tabla 3. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras del PUEAR.**Fuente:** Elaboración propia.

Índices en la red de interacción a nivel del PUEAR		Número de interacciones
Conectancia	0.19	19
Anidamiento	0.78	
Modularidad	0.85	
Robustez	0.69	
Asimetría	0.08	
Diversidad de Shannon para interacciones.	3.30	

**Figura 4.** Red de interacción plantas-aves polinizadoras en el PUEAR. Las plantas corresponden al color azul y las aves al color verde.**Fuente:** Elaboración propia.

4.1.2. Sub – red de interacción del bosque natural

La sub-red de Bosque Natural (tabla 4) está compuesta por 5 especies de plantas que fueron visitadas por 2 especies de aves polinizadoras lo que representa un total de 10 ($5 * 2$) interacciones potenciales, de las cuales sólo fueron observadas en el campo un total de 5 visitas (Fig. 5), que corresponde a los índices de interacción (tabla 4) una conectancia a nivel de sub-red media equivalente al 50% (conectancia = $0.5 * 100\%$) de las interacciones observadas respecto a todas las interacciones posibles, por ser una cobertura con poca diversidad de plantas en floración, durante el periodo de muestreo, y/o por la metodología empleada, no registró mayor número de interacciones, de tal forma que las especies observadas se mostraron más conectadas entre sí, y si en caso llegara a faltar una de las especies más conectadas (más enlaces) en la interacción, se alteraría la estructura de la misma y por ende su estabilidad disminuiría ante las perturbaciones. El anidamiento es cercano a 0 que indica una sub-red organizada en compartimentos con plantas especialistas (un enlace) y aves generalistas (varios enlaces) con pocas interacciones muy conectadas entre sí. Su modularidad no fue posible calcular por el insuficiente número de interacciones entre las especies observadas y la baja diversidad de especies registradas. La robustez de la sub-red Bosque Natural revela que su resiliencia es alta ante las perturbaciones, con especies que pueden mantener interacciones (aves) cuando su pareja mutualista se ausente (plantas), sin embargo, la desaparición de especies muy conectadas (aves) si afectaría la estructura de la sub-red y por ende su estabilidad ante perturbaciones. El valor positivo de asimetría indica que las aves polinizadoras presentan mayor nivel de especialidad, donde las plantas son más importantes para las aves que las aves para las plantas. La diversidad de interacciones medido con el índice de Shannon es considerada como diversidad media, con el mayor número de interacción que corresponde al

ave *Adelomyia melanogenys* con plantas de *Gaiadendron punctatum*, *Morus alba* y *Pappobolus acuminatus* (véase también el anexo 4).

Tabla 4. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de bosque natural.

Fuente: Elaboración propia.

Índices en la red de interacción a nivel del PUEAR		Número de interacciones
Conectancia	0.50	5
Anidamiento	0.39	
Modularidad	---	
Robustez	0.74	
Asimetría	0.43	
Diversidad de Shannon	1.61	

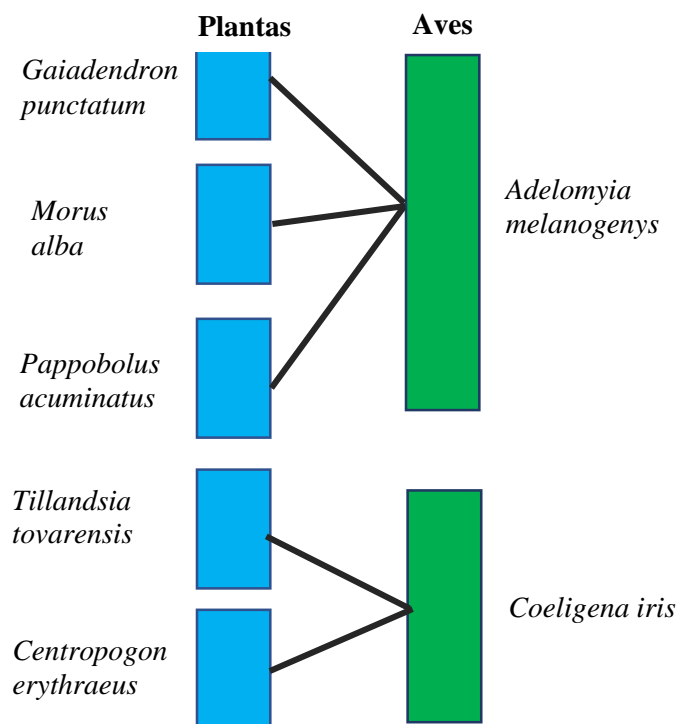


Figura 5. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Bosque Natural. Las plantas corresponden al color azul y las aves al color verde.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Sub – red de interacción del páramo antrópico

La sub-red de Páramo Antrópico está compuesta por 3 especies de plantas que fueron visitadas por 5 especies de aves polinizadoras lo que representa un total de 15 ($3 * 5$) interacciones posibles, de las cuales sólo 5 visitas fueron observadas directamente en el campo (Fig. 6), que corresponde a los índices de interacción (tabla 5) una baja conectancia equivalente al 33% (conectancia = $0.33 * 100\%$) de las interacciones observadas respecto a todas las interacciones posibles. Esto por la poca cantidad de plantas en floración, por la poca cantidad de visitas de las aves polinizadoras a ellas y/o por la metodología empleada, no registró mayor número de interacciones, en el que las especies no se observaron muy conectadas entre sí y la ausencia de una de ellas no alteraría la estabilidad de la sub-red ante perturbaciones, sin embargo, podría alterarse la estabilidad de la sub-red si las especies mas conectadas (plantas) disminuyen. Presenta interacción de especies con un patrón de anidamiento moderado que indica una sub-red con interacción de más plantas generalistas (más de un enlace) y aves especialistas (un enlace) con menos especies muy conectadas entre sí. Su modularidad indica un número moderado de módulos, con interacciones en el módulo más que entre módulos de la misma sub-red, por el cual favorece la estabilidad en la sub-red, y cuando se ausente una especie afectaría mas al grupo con la que interactuaba que a la totalidad de la sub-red. La robustez se mostró con resiliencia moderada ante las perturbaciones, se debe a la interacción de especies que matienen su estructura estable en la sub-red, siempre y cuando sigan existiendo interacciones de las especies con más enlaces (plantas), caso contrario se vería alterada su estabilidad si desaparece la especie de planta que interactúa con mas aves. El valor de asimetría negativo, indica que son las plantas las que presentan mayor nivel de especialidad; se observan aves enteramente especialistas para esta sub-red, donde las aves son más importantes para las plantas que viceversa. La diversidad de interacciones medido con el índice de Shannon es

considerada como diversidad media, con el mayor número de interacción que corresponde a la planta *Macleania salapa* con especies de aves de *Colibri thalassinus*, *Lafresnaya lafresnayi* y *Lesbia nuna* (véase también el anexo 4).

Tabla 5. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de páramo antrópico.

Fuente: Elaboración propia.

Índices en la red de interacción a nivel del PUEAR		Número de interacciones
Conectancia	0.33	5
Anidamiento	0.55	
Modularidad	0.58	
Robustez	0.51	
Asimetría	-0.25	
Diversidad de Shannon	1.61	

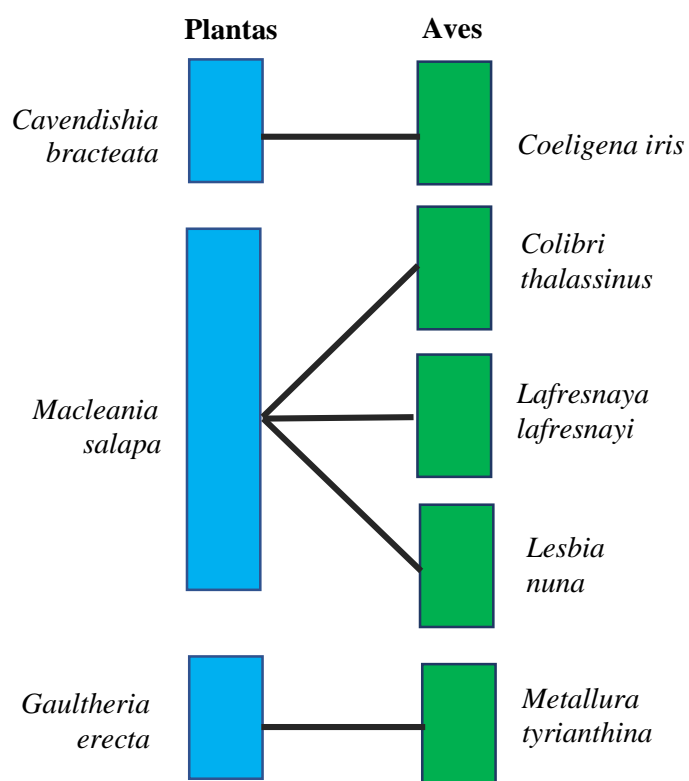


Figura 6. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Páramo Antrópico. Las plantas corresponden al color azul y las aves al color verde.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Sub – red de interacción de plantaciones forestales

La sub-red de Plantaciones Forestales (tabla 6) está compuesta por 6 especies de plantas que fueron visitadas por 7 especies de aves polinizadoras lo que representa un total de 42 ($6 * 7$) interacciones posibles, de las cuales sólo fueron observadas directamente en el campo en un total de 12 visitas (Fig. 7), que corresponde a los índices de interacción (tabla 6) una baja conectancia equivalente al 29% (conectancia= $0.29 * 100\%$) de las interacciones observadas respecto a todas las interacciones posibles. Esto por ser una cobertura con mayor presencia de plantas en floración, mayor visita de las aves polinizadoras y/o por la metodología empleada, que reveló este número de interacciones, donde se mostraron especies que no están muy conectadas entre sí y la desaparición de una de ellas no alteraría con fuerza la estabilidad en la sub-red de interacción. Muestra interacción de especies con un anidamiento cercano a 1 que indica una sub-red con interacción entre especies generalistas (más de un enlaces) y a su vez con especies especialistas (un enlace) con especies no muy conectadas entre sí dentro de la sub-red. Tiene una alta modularidad lo que indica un número mayor de módulos, en el que las especies interactúan más en el módulo que entre módulos, este arreglo favorece la estabilidad en sub-red, por cuanto la eliminación de una especie afectaría en mayor medida al grupo de especies con la que interactuaba que a la totalidad de la sub-red. La robustez muestra que su resiliencia es alta, por lo que presenta una buena resistencia ante perturbaciones, gracias a la presencia de especies que pueden mantener interacciones con otras especies en la sub-red, aunque se ausente una de las parejas mutualistas, la estabilidad no se vería demasiado alterada. El valor negativo de asimetría indica que las plantas presentan mayor nivel de especialidad, donde las aves son importantes para las plantas que viceversa. La diversidad de interacciones medido con el índice de Shannon es moderada, con la mayor interacción que corresponde a la planta *Eucalyptus globulus* con cinco especies de aves (véase también el anexo 4).

Tabla 6. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de plantaciones forestales.

Fuente: Elaboración propia.

Índices en la red de interacción a nivel del PUEAR		Número de interacciones
Conectancia	0.29	12
Anidamiento	0.71	
Modularidad	0.69	
Robustez	0.67	
Asimetría	-0.08	
Diversidad de Shannon	2.48	

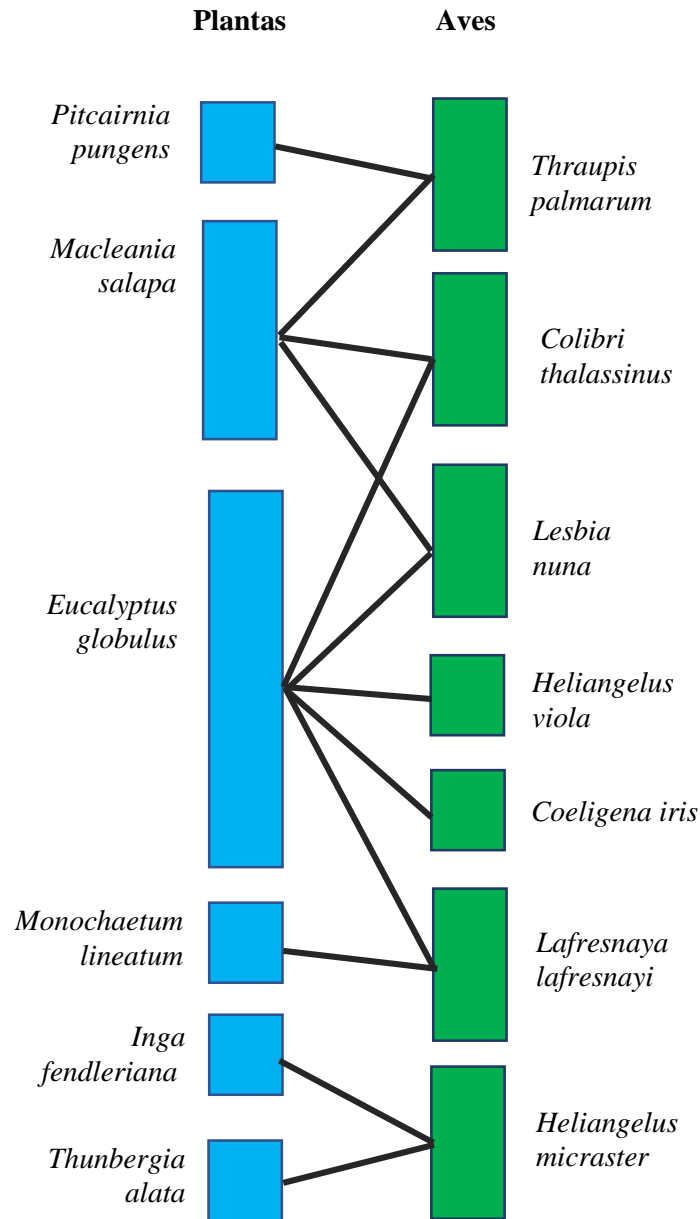


Figura 7. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Plantaciones Forestales. Las plantas corresponden al color azul y las aves al color verde.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Sub – red de interacción del matorral

La sub-red de Matorral registrada está compuesta por 4 especies de plantas que fueron visitadas por 9 especies de aves polinizadoras lo que representa un total de 36 ($4 * 9$) interacciones posibles, de las cuales sólo 13 visitas fueron observadas directamente en el campo

(Fig. 8), que corresponde a los índices de interacción (tabla 7) una baja conectancia equivalente al 36% (conectancia = $0.36 * 100\%$) de las interacciones observadas respecto a todas las interacciones posibles (tabla 7). Esto debido a la mayor disponibilidad de recursos frolares utilizadas por las aves polinizadoras, mayor visita y/o por la metodología empleada, lo que resultó con este número de interacciones, se mostraron especies no muy conectadas entre sí lo cual beneficia la sub-red y si una de las especies llegara a faltar no representaría fuertes alteraciones en la estabilidad de la sub-red de interacción. Es un hábitat que muestra interacción de especies con el anidamiento cercano a 1 que indica una sub-red de interacción entre especies generalistas (más de un enlace) que a su vez interactúan con especies especialistas (un enlace), donde las especies no se encuentran muy conectadas entre sí dentro de la sub-red. Su modularidad se acerca a 1, indica que existe un número moderado de módulos, donde hay mayor interacción dentro del módulo que entre módulos, representa una ventaja para la estabilidad de la sub-red de interacción, puesto que la extinción de una especie afectaría más al grupo de especies con las que interactuaba que a otros grupos de la misma sub-red, de esta manera conservaría aún estabilidad. La robustez muestra una resiliencia moderada ante las perturbaciones, por tanto las especies aún pueden mantener interacciones con otras especies en la sub-red, aún cuando falte una pareja mutualista la estabilidad en la sub-red no se vería mayormente alterada. El valor negativo de asimetría revela que son las plantas las que presentan mayor nivel de especialidad y por ende las aves son más importantes para las necesidades de las plantas que viceversa. La diversidad de interacciones medido con el índice de Shannon es moderada, con el mayor número de interacción atribuida a la planta de *Macleania salapa* visitada por seis especies de aves (véase también el anexo 4).

Tabla 7. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de matorral.

Fuente: Elaboración propia.

Índices en la red de interacción a nivel del PUEAR		Número de interacciones
Conectancia	0.36	13
Anidamiento	0.70	
Modularidad	0.61	
Robustez	0.58	
Asimetría	-0.38	
Diversidad de Shannon	2.57	

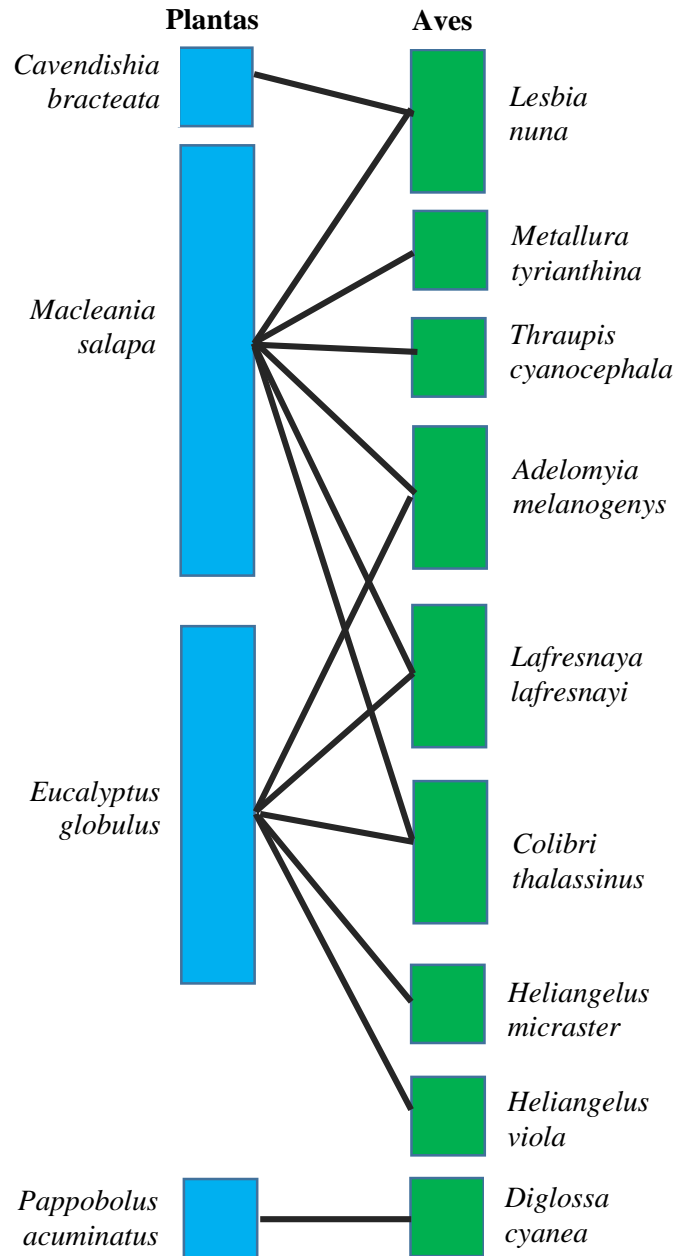


Figura 8. Sub-red de interacción plantas-aves polinizadoras en la cobertura vegetal de Matorral. Las plantas corresponden al color azul y las aves al color verde.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Comparación entre las redes de interacción de cada cobertura vegetal

La estructura de las sub-redes de interacción planta–aves polinizadoras en el PUEAR, muestran una estructura similar entre las sub-redes del Matorral, Páramo Antrópico y Plantaciones Forestales y una cierta diferencia en las métricas de estas con la sub-red del Bosque Natural.

En la tabla 8 se muestra en resumen los índices que describen la estructura de las sub-redes de interacción planta – aves polinizadoras del PUEAR.

Tabla 8. Resultados de los índices de las redes de interacción plantas-aves polinizadoras de acuerdo al tipo de cobertura vegetal. (---) interacciones insuficientes para el cálculo.

Fuente: Elaboración propia.

Índices para describir la estructura de las redes de interacción	Sub- red de interacción planta- aves polinizadora			
	Matorral	Bosque Natural	Páramo Antrópico	Plantaciones Forestales
Conectancia	0.36	0.50	0.33	0.29
Anidamiento	0.70	0.39	0.55	0.71
Modularidad	0.61	---	0.58	0.69
Robustez	0.58	0.74	0.51	0.67
Asimetría web	-0.38	0.43	-0.25	-0.08
Diversidad de Shannon	2.57	1.61	1.61	2.48
Número de interacciones	13	5	5	12

Conectancia: la conectancia más baja entre las sub-redes corresponde a Plantaciones Forestales, se puede atribuir a la diversidad de especies en las sub-redes de interacción, pero estas especies observadas presentan limitaciones naturales para interactuar entre ellas, por lo que no todas las interacciones posibles se pueden observar en campo. Por otro lado, en el Bosque Natural la conectancia fue más alta respecto al resto de coberturas, se puede observar que en esta sub-red hay poca riqueza de aves polinizadoras (2 especies de colibríes

identificadas) y mayor presencia de plantas especialistas, lo que simplifica la sub-red y es probable que se observe la mayoría de interacciones entre las especies registradas de esta cobertura.

Anidamiento: la cobertura vegetal de Bosque Natural presenta el más bajo anidamiento (0.39), entre las sub-redes del PUEAR. Se puede atribuir este resultado al número de interacciones entre las especies observadas, lo que indica una baja redundancia en las interacciones. En cambio, el mayor anidamiento entre las redes corresponde a la cobertura de Plantaciones Forestales (0.71) donde se muestra que existen especies con pocos enlaces (especialistas) que interactúan con las que tienen muchos enlaces (generalistas) tanto de plantas como de aves polinizadoras y que además se observó un mayor registro de interacciones.

Modularidad: la cobertura de Páramo Antrópico presentó la menor modularidad (0.58) entre las sub-redes, lo cual nos indica que existen pocos grupos de especies que están más conectados entre sí que con el resto de la sub-red. Al contrario, la cobertura de Plantaciones Forestales presentó mayor modularidad (0.69), en esta sub-red las fracciones de interacción de especies se desarrollan con un mayor número de módulos que se traducen en un mayor número de nichos de recursos. La modularidad en Bosque Natural no fue calculada por el bajo número de interacciones y diversidad de especies que se pudo observar durante el periodo de muestreo.

Robustez: la cobertura con la menor robustez corresponde a la de Páramo Antrópico (0.51), siendo esta la sub-red con menor capacidad de resiliencia en el PUEAR frente a eventos de extinción de especies, se puede atribuir a la presencia de aves especialistas que polinizan la menor cantidad de plantas, o a su vez relacionarse con las condiciones climáticas del sitio como neblina y viento que se presentó en algunos días durante el periodo de muestreo. Por el contrario, la cobertura de Bosque Natural presentó una mayor robustez, resultando en que esta sub-red sea más resistente frente a la pérdida de especies, debido a la presencia de aves generalistas que polinizan mayor cantidad de plantas que se muestran especialistas.

Asimetría: tres de las coberturas presentan una asimetría negativa (MA -0.38, PA -0.25 y PL -0.08) de interacciones en las sub-redes, dentro de estas la cobertura de Matorral presenta la menor asimetría negativa (-0.38) indicando que hay mayor especialización de plantas y por ello dependen más de las aves polinizadoras, por el contrario, se observa que en la cobertura de Bosque Natural cuyo índice de asimetría fue positivo indica que en esta sub-red las aves sean más dependientes de las plantas.

Diversidad de Shannon: Todas las sub-redes presentan una diversidad media de interacciones, donde se puede atribuir que las sub-redes del PUEAR con la presencia de las plantas y aves polinizadoras conservan medianamente las condiciones para mantener sus interacciones.

4.3. Análisis del muestreo por cobertura vegetal

Curvas de acumulación. Con base en los registros de interacción de cuatro periodos de muestreo, se presentan los datos del muestreo en curvas de acumulación de interacciones por cada cobertura vegetal (Fig. 9), donde la sub-red de interacción de Matorral resultó con el mayor número de interacciones con las especies presentes. Se considera que con el incremento de las unidades de muestreo el número de interacciones seguirá creciendo en tres de las coberturas, sin embargo, en la sub-red de interacción de Bosque Natural con la menor cantidad de interacciones, de las especies registradas, la curva de interacción tiende a estabilizar el número de interacciones por cuanto los resultados que se observan se acercan a una línea horizontal.

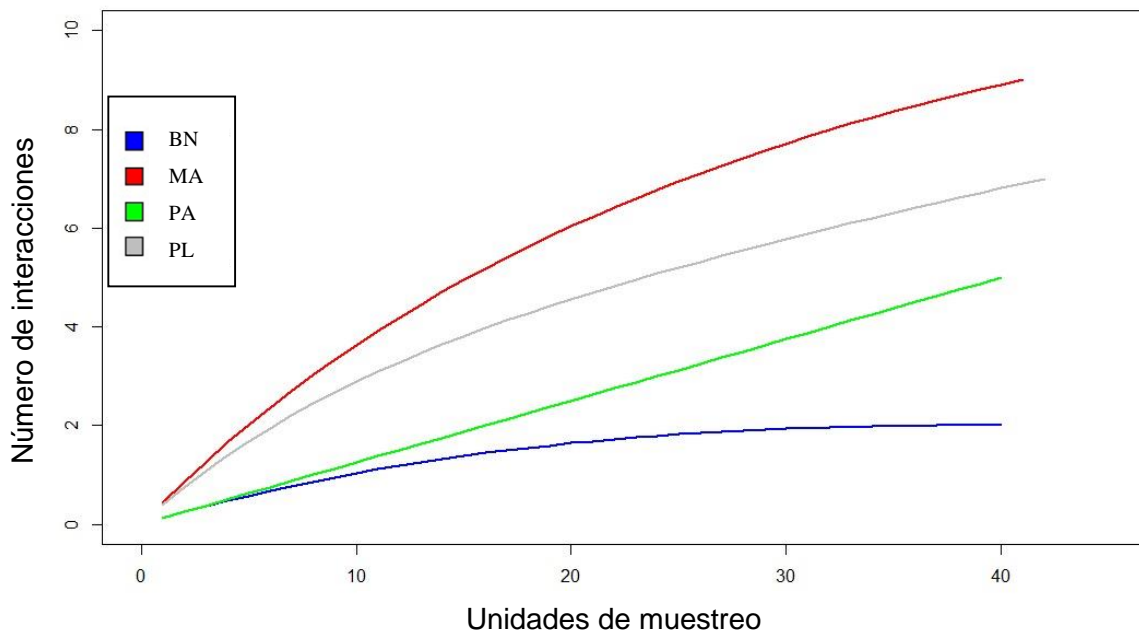


Figura 9. Curva de acumulación de interacciones plantas-aves polinizadoras. BN (Bosque Natural), MA (Matorral), PA (Páramo Antrópico) y PL (Plantaciones Forestales).

Fuente: Elaboración propia.

Variación del número de interacciones: EL número mínimo de interacciones registradas es de 1 interacción y el número máximo de 6 interacciones. En la mayoría de coberturas no se sobrepasaron las 4 interacciones registradas, siendo el bosque natural la cobertura que presenta la media más baja de interacciones y el matorral la que presenta el número medio más alto de interacciones (Fig. 10)

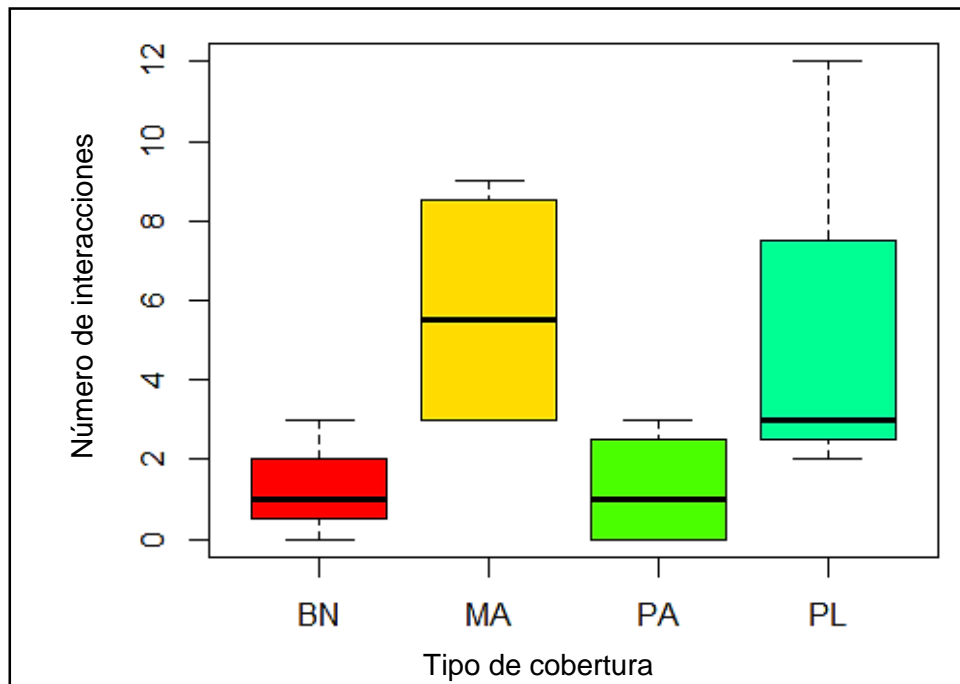


Figura 10. Diagrama de cajas y bigotes del número de interacciones plantas-aves polinizadoras observadas en cada cobertura vegetal por mes de muestreo. BN (Bosque Natural), MA (Matorral), PA (Páramo Antrópico) y PL (Plantaciones Forestales).

Fuente: Elaboración propia.

5. DISCUSIÓN

Las interacciones plantas-aves polinizadoras en la red del PUEAR mostraron sub-redes con diferentes estructuras identificadas en cada una de ellas. Estas diferencias se muestran en las métricas de los índices de las sub-redes de interacción, ante la cual la estabilidad de cada una de ellas puede variar con el tipo de cobertura vegetal, debido a la composición de interacciones y la estructura vegetal que mostró el PUEAR.

Es así que, se identificó las interacciones en las coberturas vegetales del parque, el cual reveló el aumento de interacciones que poseen las sub-redes de Matorral (MA) y Plantaciones Forestales (PL), con esta consideración el mayor número de interacciones también pudo manifestar la menor conectancia (Cohen, 1978; Dunne et al., 2002; Pimm, 2002). Resultados similares se pudieron observar en la red de interacción colibrí-planta de Munchique que presenta una baja conectancia (0.17) similar a lo observado en dos de las sub-redes de este estudio (MA y PL), se menciona que, las preferencias alimenticias de las aves polinizadoras por el néctar que ofrecen ciertas especies de plantas, da lugar a un aumento en la diversidad de especies acopladas y se pueden registrar un mayor número de interacciones (Ramírez Burbano, 2013). Además, se estima que en estas dos coberturas se presentó la mayor cantidad de plantas en floración durante el periodo de muestreo, por lo que la interacción con las aves polinizadoras pudo estar condicionada a la selección y uso de las flores disponibles (Ramírez Burbano, 2013). Esta disposición y uso de recursos florales que buscan las aves polinizadoras en ambas coberturas (PL y MA) podría referirse a la hipótesis de neutralidad, es decir, la presencia de más flores pudo haber causado que más aves polinizadoras frecuenten estas coberturas (Gonzalez y Loiselle, 2016). Además, cuando las especies florecen simultáneamente, en los sitios que presentan la mayor abundancia de recurso florales también aumenta la frecuencia de los polinizadores que las visitan (Levin y Anderson, 1970), por lo cual se puede atribuir que la

concentración de la actividad de forrajeo por parte de las aves polinizadoras en ambas coberturas (MA y PL) puede ser debido a una abundancia de especies con flores.

A su vez, en un estudio realizado en la ciudad de Loja (Escudero, 2019), con una conectancia de 0,20 en la red de interacción polinizada por aves, también muestra que, cuando aumenta la cantidad de interacciones, la conectancia tiende a disminuir. Esta preferencia alimenticia puede suceder en estas dos sub-redes MA y PL, en estas sub-redes con mayor frecuencia las aves polinizadoras visita en plantas como *Macleania salapa* (familia Ericaceae) y *Eucalyptus globulus* (familia Myrtaceae), que pueden significar en una mayor reproducción y generación de descendencia. Se menciona que la especie *M. salapa* es considerada como una planta útil para restaurar áreas alteradas (Añasco, 2008) y *E. globulus* como una especie exótica capaz de acidificar el suelo y reducir la microfauna y flora del sitio (Villarando et al., 2011).

Por otro lado, los resultados muestran que en el Bosque Natural aumentó la conectancia en la interacción de especies (50%), al ser la más alta entre las sub-redes, asumimos que la baja diversidad de especies de plantas en flor atrajeron pocas especies de aves que podían acoplarse a la polinización de ellas, lo que resultó en un bajo número de interacciones (Jordano et al., 2009), pero debemos considerar que la baja diversidad de polinizadores puede disminuir la probabilidad de tener una polinización efectiva (Rivas-Arancibia et al., 2015).

Además en la sub-red de Bosque Natural existe el anidamiento más bajo entre las sub-redes, esto por la presencia de plantas especialistas observadas que interactúan con aves polinizadoras generalistas, lo que a su vez se puede manifestar en un aumento de la competencia de las plantas por la polinización de aves (Bastolla et al., 2009). Así, el bajo anidamiento mostrado en la sub-red de Bosque Natural de este estudio, sucedió de forma similar con la red encontrada en un estudio realizado en México (Malinche 0.32), donde se explica que la menor riqueza de especies de aves polinizadoras, se debe a la poca cantidad de plantas en flor o por el tipo de muestreo para el registro de interacciones, demostrado por el

bajo valor en el índice de anidamiento (Lara-Rodríguez et al., 2012). No obstante, una red de polinización ornitófila estudiada en Loja posee un alto grado de anidamiento (0.86) (Escudero, 2019), muy similar a dos sub-redes del PUEAR con anidamiento cercano a 1 en Plantaciones Forestales (0.71) y Matorral (0.70), donde se muestran interacciones entre especies generalistas entre ellas y que a su vez interactúan con otras especies especialistas, y se espera un mayor número de interacciones y mayor riqueza de especies cuando estos sistemas presentan un anidamiento alto.

Sin embargo, la robustez que muestra Bosque Natural es la más alta entre las sub-redes del PUEAR y tiende a incrementar cuando la conectancia aumenta (Dunne et al. 2002, Blüthgen et al. 2006). Esta robustez se debe a la presencia en las redes de aves generalistas que son más resistentes que las plantas especialistas ante las perturbaciones (Jordano et al., 2009; Palacio, 2014; Aguado et al., 2019) lo cual indica que en la sub-red puedan seguir existiendo la mayoría de las plantas que están en interacción con las aves generalistas (Ramírez Burbano, 2013), es decir que, en caso de perder las primeras especies de plantas especialistas (con pocos enlaces) la sub-red no colapsaría fácilmente, debido a que las aves generalistas (con muchos enlaces) aún se pueden enlazar al resto de las plantas que a su vez reduce las extinciones secundarias (Ramírez Burbano, 2013; Palacio, 2014) en esta cobertura vegetal.

La sub-red del Bosque Natural también presenta una asimetría positiva, que indica que las aves dependen más de las plantas específicas, que estas de las aves (García, 2016), y que debido a su poca diversidad podrían tener más problemas para amortiguar la pérdida de especies más emparejadas en la sub-red (Aguilar et al., 2009). Las especies como *Centropogon erythraeus* (familia Campanulaceae) y *Tillandsia towarensis* (familia Bromeliaceae) pueden ser primordiales para mantener las interacciones en esta sub-red de Bosque Natural por tener una mayor frecuencia de visita en sus flores observadas en campo; además los polinizadores

mutualistas más frecuentes tienden a contribuir a la reproducción de más plantas (Vázquez et al., 2005) y a su vez atraer la visita de más polinizadores.

Según las interacciones registradas se puede estimar que las especies más enlazadas o generalistas (Aves: *Adelomyia melanogenys*, *Coeligena iris*, *Colibri thalassinus*, *Heliangelus micraster*, *Lafresnaya lafresnayi*, *Lesbia nuna* y *Thraupis palmarum*; Plantas: *Eucalyptus globulus* y *Macleania salapa*) pueden aportar estabilidad a las redes de interacción, debido a que son aves las que interaccionan en la polinización y cada una de estas interacciones se traduce en una mayor probabilidad de reproducción en las plantas (Waser et al., 1996).

Se considera que el acoplamiento funcional y el fenológico, definido como variación de redes ave-planta por los aspectos morfológicos de las flores y el pico de las aves y la variación de las interacciones en el espacio y tiempo a escalas muy diferentes dependiente de los periodos de floración de las plantas, entre las especies emparejadas puede influir en la interacción de especies, donde se observa con mayor frecuencia a especies con acoplamiento entre ellas (Olesen et al., 2011). Este acoplamiento entre las especies que integran cada sub-red de interacción en las coberturas vegetales del PUEAR, como Matorral o Plantaciones Forestales, cuentan con mayor disposición de plantas en floración que se estima pueden indicar el uso de las aves polinizadoras, limitando la interacción en especies no acopladas (Ramírez Burbano, 2013).

En acotación a la floración de las plantas, en campo, se observó que las dos coberturas del PUEAR, Matorral y Plantaciones Forestales, durante todo el muestreo presentaron floración en especies que fueron aprovechadas por las aves con mayor frecuencia y mayor número de interacciones, sin contar a otras especies que también mostraron floración en ambas coberturas, pero no fueron visitadas con tanta frecuencia y obtuvieron una menor interacción aún con la presencia de estas aves polinizadoras. Entre estas coberturas dos especies fueron observadas con un mayor número de interacciones como el caso de *Macleania salapa* (familia Ericaceae)

que florece en temporadas secas (entre los meses de junio a noviembre y entre diciembre a mayo) (Calvo, 2012; Terra Andina Ecuador, 2016) o *Eucalyptus globulus* (familia Myrtaceae) que florece entre septiembre a diciembre (Williams y Potts 1996), es decir, que las interacciones registradas aumentaron en estas dos especies debido a que su floración en el PUEAR durante los meses de muestreo coincidieron con su época reproductiva y fueron preferidas por las aves; sin embargo, las interacciones observadas pueden ser complementadas prolongando el tiempo de muestreo o implementando otras metodologías. Entre las especies con menor interacción y menor frecuencia de visitas de aves polinizadoras esta *Inga fendleriana* que a pesar de estar en floración principalmente en noviembre (Aparicio Chávez, 2013), durante el muestreo no logró atraer a más especies de aves para su polinización, de forma similar se cree que ocurrió en las otras especies que han logrado interactuar durante estos meses.

Por el contrario, las sub-redes de interacción en Bosque Natural y Páramo Antrópico, basándose en los resultados obtenidos, se pueden mostrar más vulnerables ante la pérdida de especies más enlazadas en la sub-red (especies clave), ya que poseen la menor cantidad de especies en floración observada en el estudio, con una visita menos frecuente de aves polinizadoras por planta, por lo que resulta en un menor número de interacciones (Levin y Anderson, 1970; Ramírez Burbano, 2013). Páramo o también llamado pajonal se muestra más vulnerable entre las sub-redes del PUEAR, debido a su importancia para la conservación por su capacidad de retención hídrica, presenta una flora con 66 especies, 10 exclusivas para esta cobertura y posee dominancia de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides* (Aguirre y Yaguana, 2014), sin embargo, la diversidad florística detectada en este estudio, indican una menor diversidad de aves polinizadoras visitantes en 3 especies de plantas visitadas con mayor interacción en pocos individuos de *Macleania salapa* (familia Ericaceae), pero, al ser una

cobertura con vegetación herbácea perenne (Aguirre y Yaguana, 2014), las especies de flora pueden ser más atractivas para otros polinizadores como los insectos (Parra-tabla et al., 2017). Según las interacciones que muestran ambas coberturas pueden requerir de algún tipo de intervención para mejorar su condición y proporcionarle mayor estabilidad (Lara-Rodríguez et al., 2012) a las sub-redes de interacción, como la repoblación de especies endémicas, para aumentar su resiliencia y conservación, no obstante, si el periodo de muestreo es más extenso puede proporcionar nuevos datos en la que pueda tomar mejores decisiones en la conservación y manejo de estas coberturas con todas las interacciones que ocurren si en caso lo ameritan.

Según las interacciones registradas, *Macleania salapa* (familia Ericaceae) es la especie de planta con mayor número de aves visitantes, con 7 especies de aves (tangaras 2 y colibríes 5), el síndrome de ornitofilia en esta especie estuvo presente en tres de las coberturas (Matorral, Plantaciones Forestales y Páramo Antrópico), *M. salapa* puede tener mejores resultados para reproducirse en diferentes ambientes (Kearns et al., 1998). Se observó que esta planta, con el síndrome, puede tener una polinización saludable debido a la visita de una mayor diversidad y abundancia de aves polinizadoras (FAO, 2008), y por ello su presencia y reproducción se observó en tres coberturas del PUEAR; esta interacción con más individuos polinizadores permite a las plantas aumentar sus probabilidades de reproducción con la que dan paso a una variabilidad genética mediante la fecundación cruzada (alogamia), que a su vez elimina la endogamia, lo cual garantiza su supervivencia a largo plazo aún con cambios en el ambiente (Seguí Simarro, 2014), y además con el aumento de descendencia de la planta también puede mantener oferta de flores, alimento y servir de hábitat para sus polinizadores (Chalcoff et al., 2014).

Así mismo, a pesar de la ausencia del síndrome de ornitofilia en algunas especies de plantas, también se mostraron atractivas para algunas aves polinizadoras, por lo que resultan

en interacciones que no requieren estrictamente del síndrome para proporcionar interacciones a la red mutualista (Kearns et al., 1998). Principalmente la sub-red de polinización en Plantaciones Forestales puede estar mostrando esta equivalencia funcional en la polinización de ciertas plantas (*Eucalyptus globulus*, *Monochaetum lineatum*, *Inga fendleriana* y *Thunbergia alata*) donde sus flores polinizadas por aves no necesariamente están relacionadas al síndrome de ornitofilia. La ausencia del síndrome se observó con mayor frecuencia en la interacción de aves con la especie introducida de *Eucalyptus globulus* (familia Myrtaceae) que interactuó con 7 especies de colibríes. Esta especie exótica al ser introducida puede estar generando un proceso de competencia con otras especies de plantas nativas, lo que se conoce como competencia por polinizadores, lo que provoca un descenso en el número de interacciones en las especies nativas (Chalcoff et al., 2014). La explicación de estos enlaces de interacción en las sub-redes, puede estar ligada a una estrategia generalista de *Eucalyptus globulus* (Hódar et al., 2009) en la que puede enlazarse con múltiples polinizadores y promover nuevas interacciones en esas coberturas.

Cabe señalar que las especies de *Eucalyptus spp.* son principalmente entomófilas (polinizada por insectos) en flores pequeñas y ornitófilas (polinizada por aves) en flores grandes (Ford et al., 1979), y que además, la especie de *E. globulus* es considerada una flor grande, entre otros *Eucalyptus*, donde la cápsula mide entre 15 y 30 mm de diámetro (Curtis y Morris 1975; Williams y Potts 1996), por lo que es predominante la interacción ornitófila en esta especie, como se pudo observar en las visitas de aves polinizadoras especialmente la interacción con colibríes en dos coberturas (Plantaciones Forestales y Matorral) del PUEAR, esto se comprueba con lo que menciona Thompson (2003) donde afirma que los colibríes pueden establecer relaciones fuertes con especies traídas de otros continentes.

Aunque no se analizó la competencia que tienen las plantas introducidas con las plantas nativas en el proceso de la polinización mediada por aves en cada sub-red de interacción, se considera que la importancia que tienen estas especies observadas con mayor número de enlaces, con el síndrome de ornitofilia o en su ausencia de él, es un factor importante ya que, debido a su influencia, la ausencia de una de las especies más enlazadas podría provocar un efecto en cascada de extinciones, por lo que requieren de más atención por su facilidad para colapsar la red o sub-red en la comunidad (Ramírez Burbano, 2013). No obstante, si la presencia de una especie introducida tiene la facilidad para ser un factor que llegue a perjudicar el ecosistema se deben tener otras consideraciones como en el caso de plantaciones con la especie de *E. globulus* por ser una especie que provoca acidificación del suelo, disminuye el nivel freático, empobrece el suelo, entre otros (Villarando et al., 2011). En esta especie en particular se pueden realizar acciones como el aprovechamiento de su madera (construcción, postes de cerco, leña entre otros.), y en su lugar reforestar con especies que proporcionen servicios ecosistémicos y a su vez sean favorables para el ecosistema (Carrasco Hinojosa, 2020).

En el PUEAR, se estima que, de las 100 especies de aves registradas, 21 especies pueden ser consideradas como polinizadoras de las plantas (Granda Bustán y Pérez Bustán, 2012; Aguirre y Yaguana, 2014). Sin embargo, el bajo registro de especies de aves polinizadoras en este estudio pudieron ser influenciadas por la fragmentación del área, por la poca diversidad flores en algunas coberturas, por la competencia de recursos (Aguilar et al., 2009) o por el método de muestreo y de tal forma no registrar a más especies de aves polinizadoras que bien podrían polinizar otras especies en otros hábitats o a su vez tienen otras temporadas de floración (Levin y Anderson, 1970; Gonzalez y Loiselle, 2016). Ante este hecho con un muestro más extenso e implementación de nuevos métodos de observación, como

cámaras trampa, se pueden sumar interacciones a las sub-redes de cada cobertura vegetal y mostrar cambios en las métricas de los índices descritos anteriormente. De igual modo, con un estudio a mayor alcance de estas interacciones puede facilitar los medios de conservación necesarias para estas coberturas y otras más en la hoya de Loja, donde la presencia de más polinizadores y más recursos florales puedan mantener la biodiversidad en los fragmentos (Aguilar et al., 2009). Así mismo lograr incentivar más estudios, al sur del Ecuador, relacionados con la biodiversidad y su conservación para enriquecer el conocimiento de las especies locales y sus interacciones juntamente con los servicios que brindan también a la humanidad.

6. CONCLUSIONES

- Las coberturas con mayor disponibilidad de flores son más atractivas para la polinización de aves, por lo que el Matorral y Plantaciones Forestales se han identificado como las coberturas vegetales con este arreglo por ende con un aumento en el número de interacciones en las sub-redes.
- *Adelomyia melanogenys* (familia Trochilidae) ha polinizado una mayor diversidad de especies de plantas respecto al resto de aves registradas, y las plantas de *Macleania salapa* y *Eucalyptus globulus* se han beneficiado con la mayor interacción de aves.
- Las sub-redes de interacción identificadas en este estudio pudieron ser influenciadas por el tipo de cobertura vegetal, por el uso alimenticio y por la composición florística entre las coberturas vegetales, aunque los índices de interacción indican que no existen amplias diferencias entre las coberturas vegetales, podrían cambiar si el muestreo se extiende o se complementan con otras metodologías, debido a que pueden revelar nuevas métricas en los índices y mostrar nuevos resultados en las sub-redes. Además, se puede estimar que dichas sub-redes con los índices de interacción mostrados poseen propiedades para mantenerse frente a las perturbaciones como la pérdida de alguna especie con pocos enlaces siempre y cuando otras especies con más enlaces aún permanezcan conectadas a la sub-red de interacción, mostrando mejor resiliencia en este evento, caso contrario la ausencia de especies clave o con más enlaces (generalistas) harían colapsar más rápidamente la sub-red de interacción que bien podrían conducir a más extinciones en la cobertura.

7. RECOMENDACIONES

- Utilizar métodos que complementen el estudio de redes de interacción como puntos más elevados de observación a nivel de dosel que facilite la visibilidad de las interacciones, inclusive se podrán colocar cámaras trampa en sitios previamente observados donde existe interacción plantas – aves polinizadoras. Además, se podrían incluir redes de neblina para obtener muestras de polen de las aves polinizadoras que visitan plantas específicas.
- Extender el tiempo de observación en las redes de interacción plantas-aves polinizadoras, con el fin de obtener un mayor número de registros en relación a diferentes temporadas, con ello analizar con mayor disposición de datos las especies y recursos que se utilizan en la interacción en cada una de las coberturas vegetales y a nivel del PUEAR.
- Ampliar los estudios sobre la ecología de las aves polinizadoras en la ciudad de Loja, siendo que podrá facilitar la implementación de planes para la conservación, cuidado y manejo sustentable en la zona. A su vez promover la concientización sobre la importancia que tienen las aves en el ecosistema y la influencia que tiene la humanidad sobre ellas, y la apropiación y sentido de pertenencia de los habitantes a su ciudad y a la región sur del Ecuador.
- Realizar estudios sobre la fenología de las plantas a nivel del PUEAR en distintas temporadas, esto con el objetivo de profundizar en la disponibilidad de recursos que ofrecen, ya que al tener diferentes tipos de cobertura puede haber variación en las interacciones a largo plazo.
- Profundizar en el estudio de variables de interés que contribuyan al conocimiento de la especificidad de alimento, competencia y reproducción teniendo en cuenta el tipo de

cobertura vegetal. Además, se puede realizar una evaluación del uso de hábitat a fin de interpretar la forma en que las especies de aves y plantas se relacionan con las diferentes coberturas vegetales.

8. REFERENCIAS

- Aguado, D., Gutiérrez-Chacón, C. y Muñoz, M. (2019). Estructura funcional y patrones de especialización en las relaciones planta-polinizador de un agroecosistema en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta biológica colombiana*, 24(2).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.73177>
- Aguilar, R., Ashworth, L., Cagnolo, L., Jausoro, M., Quesada, M. y Galetto, L. (2009). Dinámica de interacciones mutualistas y antagonistas en ambientes fragmentados. *ResearchGate*, January, 199-230.
https://www.researchgate.net/publication/312341653_Dinamica_de_interacciones_mutualistas_y_antagonistas_en_ambientes_fragmentados
- Aguirre, Z. y Yaguana, C. (2014). Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/parque-universitario-francisco-vivar-c-unl.pdf>
- Álvarez, E. (2017). Informe del estado actual del componente biótico al proyecto de Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Puerto de Aguas Profundas de Posorja. En Cardno. <https://www.idbinvest.org/es/download/7778>
- Añazco, M. 2008. Usos medioambientales de las plantas. En de la Torre et al. (Ed.) *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador*. (pp.115-119). Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.
- Aparicio Chávez, C. A. (2013). Taxonomía Del Género Inga, Secciones Compladatae, Inga Y Tetragonae Para Bolivia [Universidad Mayor de San Andrés]. En Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Biología.
<https://www.missouribotanicalgarden.org/Portals/0/Portal/0/Science> and

conservation/themadidiproject/publications/Aparicio_Tesis.pdf

- Avendaño Yáñez, M. de la L. (2016). La reproducción de las plantas: costos y beneficios. *Ciencia*, 67(4), 80-84. http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/67_4/PDF/ReproduccionPlantas.pdf
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J. y Olesen, J. M. (2003). The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(16), 9383-9387. <https://doi.org/10.1073/pnas.1633576100>
- Bascompte, J., Jordano, P. y Olesen, J. M. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *En Science* (Vol. 312, Número 5772). <https://doi.org/10.1126/science.1123412>
- Bastolla, U., Ferrera, A. y Luque, B. (2009). La arquitectura de redes mutualistas minimiza la competencia y aumenta la biodiversidad. *Nature*, 458(7241), 2-4. <https://doi.org/10.1038/nature07950>
- Bernal, J. A. (2017). Relaciones mutualistas entre plantas y aves frugívoras y nectarívoras en el sector sur del parque ecológico distrital de montaña cerro la conejera en la ciudad de Bogotá [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://pdfs.semanticscholar.org/cf97/912d956d6999be2c11f0dab453d9eccc41b1.pdf>
- Bond, W. J. (1994). Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. *Philosophical Transactions - Royal Society of London, B*, 344(1307), 83-90. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0055>
- Bott, R. (2014). Una visión general de la relación del hombre con la naturaleza. <http://repiica.iica.int/DOCS/B0540E/B0540E.PDF>
- Brosi, B. J. y Briggs, H. M. (2013). Single pollinator species losses reduce floral fidelity and plant reproductive function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the*

- United States of America, 110(32), 13044-13048.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1307438110>
- Burbano-Álvarez, J. E. (2013). ¿Co-evolución morfológica entre los picos de los colibríes y las corolas de las plantas? *Biocyt*, 6(20), 398-409. www.iztacala.unam.mx/biocyt
- Blüthgen, N., Menzel, F. y Blüthgen, N. (2006) Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6, 9.
- Calvo, D. (2012). Caracterización morfológica y fisiológica de semillas y plantulas de [Universidad Javeriana].
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11876/CalvoCruzDavidSantiago2012.pdf?sequence=1>
- Cardozo Pinzón, S. J., Fajardo Molano, D., Torres Villa, S. J. y Sepúlveda Nieto, M. D. P. (2018). Análisis de la Interacción planta-colibrí en la reserva Mirador Recreo : una perspectiva coevolutiva. *Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 114-120.
https://www.researchgate.net/publication/332948227_Analisis_de_la_Interaccion_planta-colibri_en_la_reserva_Mirador_Recreo_una_perspectiva_coevolutiva_Plant-colibri_interaction_analysis_in_the_reserve_Mirador_Recreo_a_coevolutive_perspective_Interaction
- Carmona-Galindo, V. y Carmona, T. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14, 20-28.
https://www.researchgate.net/publication/260192894_La_diversidad_de_los_analisis_de_diversidad
- Carrasco Hinojosa, C. N. (2020). La forestería análoga como herramienta para la restauración ecológica en un bosque plantado de *Eucalyptus globulus* en la Hacienda el Paraíso, provincia de Imbabura [Universidad Estatal Amazónica].
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/807/1/T.AMB.B.UEA.3246.pdf>

- Chalcoff, V. R., Morales, C. L., Aizen, M. A., Sasal, Y., Rovere, A. E., Sabatino, M., Quintero, C. y Tadey, M. (2014). Interacciones planta-animal, la polinización. En E. Raffaele, M. de Torres Curth, C. L. Morales y T. Kitzberger (Eds.), *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Antigua* (1.^a ed., pp. 113-132). Fundación de historia natural Félix de Azara. https://www.researchgate.net/publication/277295406_Interacciones_planta-animal_la_polinizacion
- Cohen, J. E. (1978). *Food webs and niche space*. (Monographs in Population Biology (ed.); 11.^a ed.). Princeton University Press.
- Curtis, W. M. y Morris, D. I., 1975; *The Student's Flora of Tasmania. Part 1.*; University of Tasmania, Hobart.
- Dormann, C. F., Fruend, J. y Gruber, B. (2019). Visualising bipartite networks and calculating some (ecological) indices (2.13; p. 170). GitHub. <https://github.com/biometry/bipartite>
- Dormann, C. F. y Strauss, R. (2013). Detecting modules in quantitative bipartite networks: the QuaBiMo algorithm [University of Freiburg, Germany]. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12139>
- Dunne, J. A., Williams, R. J. y Martinez, N. D. (2002). Network structure and biodiversity loss in food webs: Robustness increases with connectance. En PJ Morin (Ed.), *Ecology Letters* (Vol. 5, Número 4). <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00354.x>
- Escudero, V. (2019). Relación entre la perturbación por aerogeneradores y las interacciones ave-planta en el lado occidental de la central eólica Villonaco en Loja, Ecuador [Universidad Nacional de Loja]. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22496/1/Vinicio Andrés Escudero Armijos.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22496/1/Vinicio%20Andr%C3%A9s%20Escudero%20Armijos.pdf)
- Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J. y Loreau, M. (2006). Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biology*,

4(1), 0129-0135. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040001>

Food and Agriculture Organization (FAO). (2008). Los polinizadores: su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura. En Tratado Internacional Sobre Los Recursos Fitogenéticos Para La Alimentación Y La Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-be104s.pdf>

Ford, H. A., Paton, D. C. y Forde, N., 1979; Birds as pollinators of Australian plants, New Zealand Journal of Botany 17,509-519.

García, D. (2016). Birds in ecological tetworks: insights from bird-plant mutualistic interactions. Spanish Society of Ornithology, 63(1), 151-180. <https://doi.org/10.13157/arla.63.1.2016.rp7>

Granda Bustán, F. R. y Pérez Bustán, S. M. (2012). Propuesta de fomento del aviturismo en el Parque Universitario de Educación Ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro de la ciudad de Loja [Universidad Nacional de Loja]. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/977/1/PROPUESTA DE FOMENTO DEL AVITURISMO EN EL PUEAR.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/977/1/PROPUESTA_DE_FOMENTO_DEL_AVITURISMO_EN_EL_PUEAR.pdf)

Gonzalez, O. y Loiselle, B. A. (2016). Species interactions in an Andean bird – flowering plant network: phenology is more important than abundance or morphology. PeerJ, 4(e2789), 1–22.

Gutiérrez, A. (2005). Ecología de la interacción entre colibríes (aves: Trochilidae) y plantas que polinizan en el bosque altoandino de Torca. ResearchGate, 47. <https://www.researchgate.net/publication/266476430%0AECOLOGÍA>

Hódar, J. A., Obeso, J. R. y Zamora, R. (2009). Cambio climático y modificación de interacciones planta-animal. En R. Z. Rodrigo Medel, Marcelo A. Aizen (Ed.), Ecología y evolución de interacciones planta-animal (pp. 287-299). Bicentenario Charles Darwin, Editorial Universitaria.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). Anuario meteorológico № 53-2013. En J. Olmedo (Ed.), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (53.^a ed., Número 52). INAMHI. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- Janzen, D. A. (1975). Ecology of plants in the tropics (Edward Arnold (ed.); 58.^a ed.). Studies in Biology.
- Janzen, D. H. (1980). When is it coevolution? *Evolution*, 34(3), 611-612. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1980.tb04849.x>
- Jordano, P., Bascompte, J. y Olesen, J. M. (2006). The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. *ResearchGate*, January, 173-199. https://www.researchgate.net/publication/230881394_The_ecological_consequences_of_complex_topology_and_nested_structure_in_pollination_webs
- Jordano, P. (1987). Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. En *The American Naturalist* (Vols. 129, No. 5, pp. 657-677). <https://doi.org/https://doi.org/10.1086/284665>
- Jordano, P., Vázquez, D. P. y Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En R. Medel, M. A. Aizen y R. Zamora (Eds.), *Ecología e Evolución de Interacciones Planta-Animal* (Número January 2009, pp. 17-41). https://www.researchgate.net/publication/230881370_Redес_complejas_de_interacciones_planta-animal
- Jules, E. S. y Rathcke, B. J. (1993). Habitat fragmentation and pollinator interactions. En *Pollination biology in tropics* (Vol. 65, Número 3). Department of Biology. https://www.researchgate.net/publication/202000327_Habitat_fragmentation_and_pollinator_interactions

- Kearns, C. A., Inouye, D. W. y Waser, N. M. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1), 83-112. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A.-M., Regetz, J. y Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, 10(1), 299-314. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Lara-Rodríguez, N. Z., Díaz-Valenzuela, R., Martínez-García, V., Mauricio-López, E., Anaid-Díaz, S., Valle, O. I., Fisher-de León, A. D., Lara, C. y Ortiz-Pulido, R. (2012). Redes de interacción colibrí-planta del centro-este de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1), 569-577. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532012000200031
- León-Camargo, D. y Rangel-Churio, J. O. (2015). Interacción colibrí-flor en tres remanentes de bosque tropical seco (BsT) del municipio de Chimichagua (Cesar, Colombia). *Caldasia*, 37(1), 107-123. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50812>
- Levin D. y Anderson W. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. *The American Naturalist*, 104 (1970), pp. 455-467
- Lewinsohn, T. M., Inácio Prado, P., Jordano, P., Bascompte, J. y Olesen, J. M. (2006). Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos*, 113(1), 174-184. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14583.x>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement* (Croom Helm (ed.)). Princeton University Press.

- McMullan, M. y Navarrete, L. (2013). Fieldbook of the Birds of Ecuador: including the Galápagos islands (Fundación de Conservación Jocotoco (ed.)).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 1-232.
- Muñoz Chamba, L. F. (2015). Ordenamiento Territorial del Parque Universitario PUEAR mediante SIG, Loja Ecuador [Universidad de Salzburg].
http://utilidades.gatovolador.net/issuu/down.php?url=https%3A%2F%2Fissuu.com%2F unigis_latina%2Fdocs%2Fmu__oz&inicial=1&np=102&fbclid=IwAR0eYGEuuKxofIE Brbpi6aMOX4OCQk3jK2B5HjaPn81X_L1zL-AkHZPMFEE
- Nora, S., Albaladejo, R. G., Martínez González, S., Robledo-Asnuncio y Aparicio, A. (2011). Movimiento de genes (polen y semillas) en poblaciones fragmentadas de plantas. *Ecosistemas*, 20(2-3), 35-45. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54022121004>
- Olesen, J. M. (2000). Exactly how generalised are pollination interactions? *ResearchGate*, 39(September), 161-178.
https://www.researchgate.net/publication/228456908_Exactly_how_generalised_are_pollination_interactions
- Olesen, J. M., Bascompte, J., Dupont, Y. L., Elberling, H., Rasmussen, C. y Jordano, P. (2011). Missing and forbidden links in mutualistic networks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1706), 725-732. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1371>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2016). Línea Base del Servicio Ecosistémico.
- 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 [Universidad ICESI].
https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/76988/1/palacio_estruc

tura_red_2014.pdf

Parra-tabla, V., Téllez, L. A. P., Celaya, N., Salinas-Peba, L. y Alonso, C. (2017). Capítulo 6.

En J. Ramos-Zapata, V. Parra-tabla, J. Leirana-Alcocer, A. González-Moreno y X. Chiappa-Carrara (Eds.), *Ecología funcional de la Reserva de la Biósfera* (pp. 105-121).

SIIES-UADY-UNAM.

[http://ebd06.ebd.csic.es/personal/cam/Parra-](http://ebd06.ebd.csic.es/personal/cam/Parra-Tabla_etal.2017.Capitulo6.pdf)

[Tabla_etal.2017.Capitulo6.pdf](http://ebd06.ebd.csic.es/personal/cam/Parra-Tabla_etal.2017.Capitulo6.pdf)

Pérez, E. (2009). Fragmentación de hábitats.

[http://revistaecosistemas.webs.uvigo.es/miniecosistemas/temas/fragmentacion_habitats.](http://revistaecosistemas.webs.uvigo.es/miniecosistemas/temas/fragmentacion_habitats.pdf)

pdf

Pimm, S. L. (2002). *Food webs*. The University of Chicago Press. [https://www.biom.uni-](https://www.biom.uni-freiburg.de/mitarbeiter/dormann/publications-dormann/dormann_pimm2002foreword15266351.pdf)

[freiburg.de/mitarbeiter/dormann/publications-](https://www.biom.uni-freiburg.de/mitarbeiter/dormann/publications-dormann/dormann_pimm2002foreword15266351.pdf)

[dormann/dormann_pimm2002foreword15266351.pdf](https://www.biom.uni-freiburg.de/mitarbeiter/dormann/publications-dormann/dormann_pimm2002foreword15266351.pdf)

Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *SciELO*,

31(8).

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008)

[18442006000800008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008)

QGIS Development Team, (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source

Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>.

R Core Team, (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R

Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2020. url: [https://www.R-](https://www.R-project.org/)

[project.org/](https://www.R-project.org/).

Ramírez Burbano, M. B. (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 [Universidad Nacional de Colombia]. En *Bdigital.Unal.Edu.Co*.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/11324/>

Ridgely, R. S. y Greenfield, P. J. (2001). *Aves del Ecuador* (Pub de Comstock (ed.)); Volume

I.). Press, Cornell University.

- Rivas-Arancibia, S. P., Bello-Cervantes, E., Carrillo-Ruiz, H., Andrés-Hernández, A. R., Figueroa-Castro, D. M. y Guzmán-Jiménez, S. (2015). Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(1), 178-187.
<https://doi.org/10.7550/rmb.44620>
- Rojas, P. (2012). Evaluación del manejo, cumplimiento de objetivos y actualización del plan de manejo del PUEAR [Universidad Nacional de Loja].
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5338>
- Rosado G., M. A. y Ormosa, C. (2013). Polinizadores y biodiversidad. En J. B. A. y C. I. de la B. Asociación española de entomología (Ed.), *Apolo*, observatorio de agentes polinizadores. Adapas.
- Santamarta Flórez, J. (2002). La crisis de la biodiversidad. *Mapping*, 78, 40-43.
<http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/HASH5d9177765ac8084a27f814/doc.pdf?sequence=3>
- Seguí Simarro, J. M. (2014). *Biología y biotecnología reproductiva de las plantas* (Editorial Universitat Politècnica de València (ed.); 1.ª ed.). Universitat Politècnica de València.
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72437/TOC_6014_01_01.pdf?sequence=5
- Taylor, R. (2003). ¿Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales? *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 117-123.
- Terra Andina Ecuador. (2016). CLIMA DE ECUADOR. Viajes a medida en Ecuador.
<http://www.ecuador-viaje.com/clima.html#:~:text=Hay principalmente dos temporadas%2C aunque,seca%2C con temperaturas más frescas.>
- Thébault, E. y Fontaine, C. (2010). Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. *Science*, 329(5993), 853-856.

<https://doi.org/10.1126/science.1188321>

Thompson, J. D. (2001). How do visitation patterns vary among pollinators in relation to floral display and floral design in a generalist pollination system? *Oecologia*, 126(3), 386-394.

<https://doi.org/10.1007/s004420000531>

Thompson, J. N. (2006). Mutualistic webs of species. *Science*, 312, 372.

<http://userwww.sfsu.edu/parker/bio840/pdfs/dispersal/Thompson06.pdf>

Thompson John N. (2003). El proceso coevolutivo (Fondo De Cultura Económica (ed.)).

Van der Hammen, T. (2005). La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana. En Facultad de ciencias humanas.

Vázquez, D.P., W.F. MORRIS y P. Jordano. (2005). Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecology Letters* 8: 1088- 1094.

Villarpando, D., Villarpando, P. y Villalobos, J. (2011). Fichas Botánicas de Especies Agroforestales Nativas Aptas para Tierras Altoandinas. Fichas Botánicas De Especies Agroforestales Nativas Y Naturalizadas Aptas Para Tierras Altoandinas, 1-59.

[http://www.ecosaf.org/altiplano/Fichas botanicas CARE.pdf](http://www.ecosaf.org/altiplano/Fichas_botanicas_CARE.pdf)

Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M. y Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77(4), 1043-1060.

<https://doi.org/10.2307/2265575>

Waser, N. M. y Forrest, J. R. (2014). Pollination by Animals. *eLS*, 2007, 1-7.

<https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0003163.pub3>

Williams, G. y Adam, P. (1994). A review of rainforest pollination and plant-pollinator interactions with particular reference to Australian subtropical rainforests. *Australian Zoologist*, 29(3-4), 177-212. <https://doi.org/10.7882/AZ.1994.006>

Williams, K. J. y Potts, B. M., 1996; The natural distribution of *Eucalyptus* species in Tasmania, *Tasforests* 8, 39-165.

Wunderle Jr, J. M. (1994). Métodos para contar aves terrestres del Caribe. Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna, 377.

9. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación Geográfica de transectos y puntos de observación en el PUEAR.

Fuente: Elaboración propia.

Cobertura Vegetal/ Transectos	Puntos de observación	Coordenas Geográficas	
		latitud	longitud
Plantaciones			
A		4° 1' 57,861" S	79° 11' 45,967" W
	1	4° 2' 11,036" S	79° 11' 52,593" W
	2	4° 2' 7,851" S	79° 11' 53,128" W
	3	4° 2' 5,262" S	79° 11' 51,169" W
	4	4° 2' 2,163" S	79° 11' 52,105" W
	5	4° 1' 59,910" S	79° 11' 54,433" W
B		4° 2' 5,262" S	79° 11' 51,169" W
	1	4° 1' 58,737" S	79° 11' 49,090" W
	2	4° 1' 57,861" S	79° 11' 45,967" W
	3	4° 1' 58,429" S	79° 11' 42,781" W
	4	4° 1' 57,894" S	79° 11' 39,587" W
	5	4° 1' 57,761" S	79° 11' 36,629" W
Matorral			
A		4° 2' 6,191" S	79° 11' 44,198" W
	1	4° 2' 9,507" S	79° 11' 49,697" W
	2	4° 2' 7,180" S	79° 11' 47,434" W
	3	4° 2' 4,517" S	79° 11' 45,559" W
	4	4° 2' 7,102" S	79° 11' 43,618" W
	5	4° 2' 10,268" S	79° 11' 42,852" W
B		4° 2' 6,309" S	79° 11' 24,100" W
	1	4° 2' 2,771" S	79° 11' 32,400" W
	2	4° 2' 2,345" S	79° 11' 29,183" W
	3	4° 2' 3,984" S	79° 11' 26,377" W
	4	4° 2' 6,309" S	79° 11' 24,100" W
	5	4° 2' 7,876" S	79° 11' 21,243" W
Bosque Natural			
A		4° 2' 16,134" S	79° 11' 36,137" W
	1	4° 2' 14,989" S	79° 11' 41,842" W
	2	4° 2' 16,995" S	79° 11' 39,275" W
	3	4° 2' 16,134" S	79° 11' 36,137" W
	4	4° 2' 14,264" S	79° 11' 33,499" W
	5	4° 2' 13,602" S	79° 11' 30,312" W
B		4° 2' 13,078" S	79° 11' 23,663" W
	1	4° 2' 17,784" S	79° 11' 33,414" W
	2	4° 2' 17,784" S	79° 11' 30,162" W
	3	4° 2' 18,574" S	79° 11' 27,018" W
	4	4° 2' 15,629" S	79° 11' 25,670" W
	5	4° 2' 13,078" S	79° 11' 23,663" W
Páramo Antrópico			
A		4° 2' 8,404" S	79° 11' 15,116" W
	1	4° 2' 1,937" S	79° 11' 15,416" W
	2	4° 2' 5,161" S	79° 11' 15,031" W
	3	4° 2' 8,404" S	79° 11' 15,116" W
	4	4° 2' 11,627" S	79° 11' 15,459" W
	5	4° 2' 14,828" S	79° 11' 14,967" W
B		4° 2' 21,208" S	79° 11' 19,820" W
	1	4° 2' 19,266" S	79° 11' 17,234" W
	2	4° 2' 21,656" S	79° 11' 15,052" W
	3	4° 2' 23,597" S	79° 11' 17,630" W
	4	4° 2' 21,208" S	79° 11' 19,820" W
	5	4° 2' 22,840" S	79° 11' 22,620" W

Anexo 2. Hoja de registro de interacción durante cuatro meses en las coberturas vegetales del PUEAR.

Fuente: Elaboración propia.

día	/ mes	/ año	Hora Inicio	Hora Fin	Tipo de cob.	Observador	Transecto	Punto de observación	Especie de ave	Nro. de individuos	Especie de planta	Manipulación	Cantidad	Observaciones
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	A	5	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	5	6:15
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	B	6	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Monochaetum lineatum</i>	TN	3	6:18
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	B	7	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	3	6:23
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
3	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC, DP	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	1	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	2	6:14
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	1	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	3	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	2	6:19
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	1	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	2	6:20
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	1	<i>Heliangelus micraster</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	5	6:20
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	1	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	3	6:21
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	1	<i>Heliangelus viola</i>	3	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	3	6:24
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	B	7	<i>Thraupis cyanocephala</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	NV	4	9:30

4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	B	8	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	6	9:38
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC, DP	B	10	<i>Metallura tyrianthina</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	5	9:57
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	10	2019	6	10	PA	CE, VE, DC, DP	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
6	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, DP	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	A	2	<i>Adelomyia melanogenys</i>	1	<i>Gaiadendron punctatum</i>	TN	5	6:35
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn

29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	B	6	<i>Coeligena iris</i>	1	<i>Centropogon erythraeus</i>	TN	14	7:37
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	B	8	<i>Coeligena iris</i>	1	<i>Tillandsia tovarensis</i>	TN	6	8:11
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	10	2019	6	10	BN	CE, VE, DC, PC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	A	2	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	5	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	4	9:32
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	A	5	<i>Helianthus viola</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	2	9:06
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	B	9	<i>Colibri thalassinus</i>	3	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	3	6:10
30	10	2019	6	10	PL	CE, VE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	6	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	5	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	1	8:31
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	6	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	1	8:33
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	6	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	11	8:40
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
31	10	2019	6	10	MA	CE, VE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn

1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	PA	CE, VE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	A	4	<i>Heliangelus micraster</i>	1	<i>Inga fendleriana</i>	TN	4	7:03
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	6	<i>Lesbia nuna</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	4	7:55
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	6	<i>Lesbia nuna</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	5	7:56
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	7	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	11	8:18
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	7	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	4	8:22
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	7	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	4	8:27
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	7	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	4	8:20
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	8	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	7	8:49
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	8	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	3	8:52
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	9	<i>Coeligena iris</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	2	9:03
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	9	<i>Thraupis palmarum</i>	3	<i>Pitcairnia pungens</i>	TN	2	9:05
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	9	<i>Thraupis palmarum</i>	3	<i>Macleania salapa</i>	TN	5	9:06
29	11	2019	6	10	PL	CE, DC, DP	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn

1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
1	11	2019	6	10	BN	CE, DC, DP	B	10	<i>Adelomyia melanogenys</i>	1	<i>Morus alba</i>	TN	3	9:18
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	1	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	8	6:46
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	5	<i>Coeligena iris</i>	1	<i>Cavendishia bracteata</i>	TN	4	7:40
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
4	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	A	2	<i>Adelomyia melanogenys</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	9	7:05
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	B	6	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	4	8:05
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	B	7	<i>Lesbia nuna</i>	1	<i>Cavendishia bracteata</i>	TN	4	8:16
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
5	12	2019	6	10	MA	CE, DC, DP	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn

23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	2	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	2	6:40
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	2	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	1	6:40
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	2	<i>Adelomyia melanogenys</i>	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	TN	4	6:41
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	6	<i>Metallura tyrianthina</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	1	7:44
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	6	<i>Metallura tyrianthina</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	7	7:48
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	7	<i>Diglossa cyanea</i>	1	<i>Pappobolus acuminatus</i>	TN	1	8:02
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	8	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	2	8:24
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	8	<i>Lesbia nuna</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	8	8:30
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
23	12	2019	6	10	MA	CE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	A	5	<i>Adelomyia melanogenys</i>	1	<i>Pappobolus acuminatus</i>	TN	3	8:36
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	B	8	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
24	12	2019	6	10	BN	CE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	A	5	sn	sn	sn	sn	sn	sn

26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	7	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	13	8:46
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	7	<i>Lesbia nuna</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	7	8:55
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	8	<i>Metallura tyrianthina</i>	1	<i>Gaultheria erecta</i>	TN	7	8:26
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
26	12	2019	6	10	PA	CE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	A	1	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	A	2	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	A	3	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	A	4	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	A	5	<i>Colibri thalassinus</i>	1	<i>Macleania salapa</i>	TN	3	7:53
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	B	6	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	B	7	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	B	8	<i>Heliangelus micraster</i>	1	<i>Thunbergia alata</i>	TN	3	8:23
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	B	9	sn	sn	sn	sn	sn	sn
27	12	2019	6	10	PL	CE, DC	B	10	sn	sn	sn	sn	sn	sn

Observador: CE = Carlos Espinosa, DC = Darelly Cabrera, DP = Diego Poma y VE = Vinicio Escudero

Nro. de individuos: el número de aves polinizadoras que visitan la planta

Manipulación: TN=Toma néctar (Cuando toma el néctar sin dañar la flor), PN= Picotea para tomar el néctar (Cuando picotea la flor), NV=No se ve (Cuando no se pueda observar la manipulación de la flor)

Tipo de cobertura: MA= Matorral, PA= Páramo Antrópico. BN= Bosque Natural, PL= Plantaciones Forestales

Cantidad: Cantidad de flores visitadas por las especies de aves polinizadoras y plantas de acuerdo a manipulación.

Comportamiento: V= En vuelo (Cuando el ave esté volando a la hora de atrapar el recurso), P= Perchado (Cuando el ave esté perchada a la hora de atrapar el recurso)

Observaciones: Aquí se pone siempre la hora a la que se ve la interacción y si hay cualquier otra observación.

Sn: datos que durante el periodo de muestreo no se lograron registrar.

NOTA: Si un grupo de aves conespecíficas visitó el árbol y no se pudo observar el comportamiento individual simultáneamente, nos enfocaremos en el individuo que era mejor visible. Si el comportamiento de individuos de diferentes especies no se pudo observar simultáneamente, nos enfocaremos en la especie cuyas observaciones son más raras.

Anexo 3. Aves polinizadoras en las redes de interacción del PUEAR.

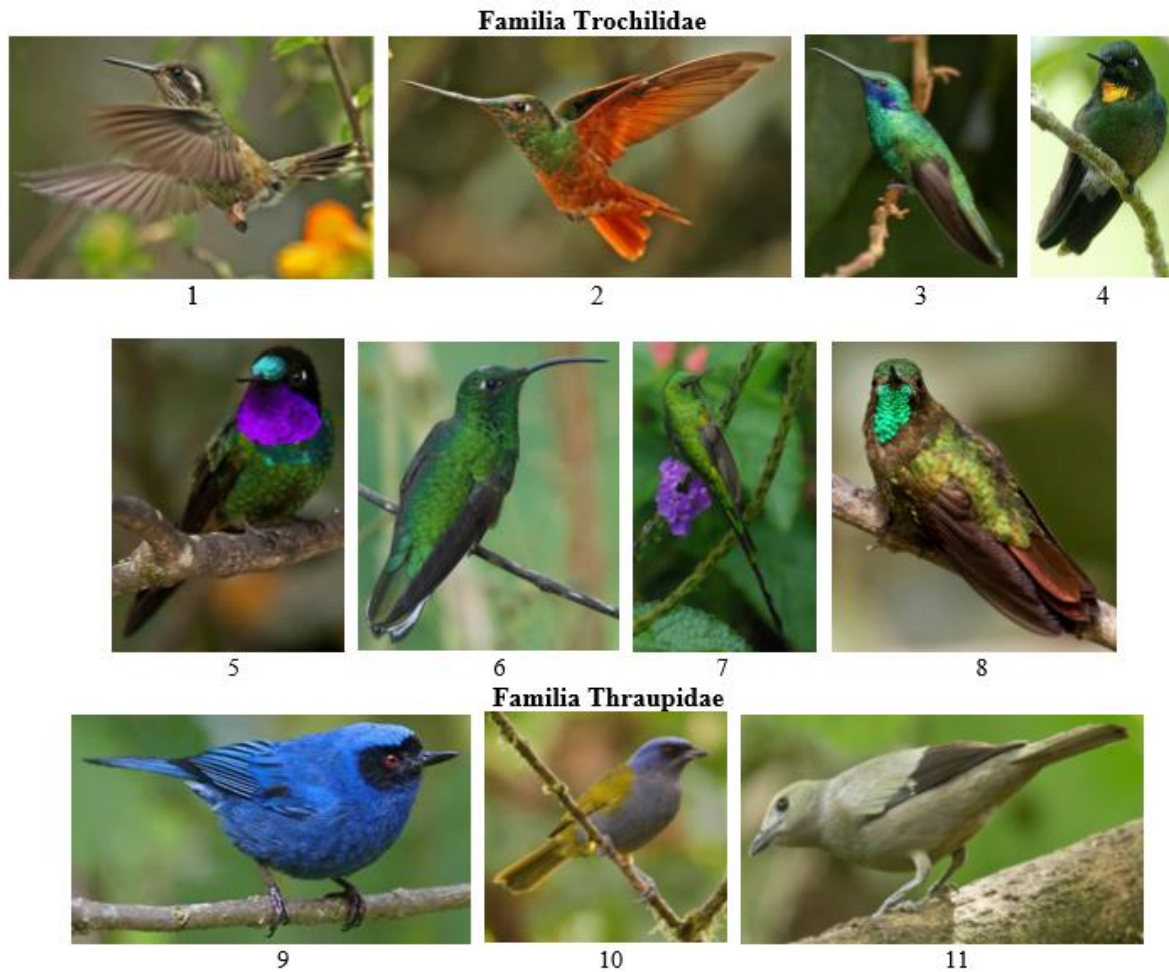


Figura 11. Aves polinizadoras en el PUEAR. Familia Trochilidae: *Adelomyia melanogenys* (1), *Coeligena iris* (2), *Colibri thalassinus* (3), *Heliangelus micraster* (4), *Heliangelus viola* (5), *Lafresnaya lafresnayi* (6), *Lesbia nuna* (7) y *Metallura tyrianthina* (8). Familia Thraupidae: *Diglossa cyanea* (9), *Thraupis cyanocephala* (10) y *Thraupis palmarum* (11).

Fuente: Dušan M. Brinkhuizen y Roger Ahlman, bioweb.bio. Imágenes disponibles bajo licencia Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

Anexo 4. Base de datos de R, para la obtención de índices de interacción.**Fuente:** Elaboración propia.

Lenguaje informático en R, para la obtención de los índices de interacción	PUEAR		
	<code>> puear<read_excel("matorral.xlsx")</code>		Leer la tabla presencia-ausencia de la cobertura de Matorral.
	<code>> networklevel(matorral)</code>		Cálculo de los índices de conectancia, anidamiento, robustez, asimetría y diversidad de interacciones medido con Shannon.
	Resultados	Connectance	0.19
		Nestedness	0.78
		Robustness	0.69
		web asymmetry	0.08
		Shannon diversity	3.30
	<code>> NOS(matorral,keep.Nij=FALSE, keep.diag=FALSE)</code>		Cálculo del índice de modularidad
	Resultado	\$mod	[1] 0.85
	MATORRAL		
	<code>> matorral<read_excel("matorral.xlsx")</code>		Leer la tabla presencia-ausencia de la cobertura de Matorral.
	<code>> networklevel(matorral)</code>		Cálculo de los índices de conectancia, anidamiento, robustez, asimetría y diversidad de interacciones medido con Shannon.
	Resultados	Connectance	0.36
		Nestedness	0.70
		Robustness	0.61
		web asymmetry	-0.58
		Shannon diversity	2.57
	<code>> NOS(matorral,keep.Nij=FALSE, keep.diag=FALSE)</code>		Cálculo del índice de modularidad
	Resultado	\$mod	[1] 0.61
BOSQUE NATURAL			
<code>> bosque<-read_excel("bosque.xlsx")</code>		Leer la tabla presencia-ausencia de la cobertura de Bosque Natural.	
<code>> networklevel(bosque)</code>		Cálculo de los índices de conectancia, anidamiento, robustez, asimetría y diversidad de interacciones medido con Shannon.	
Resultados	Connectance	0.50	
	Nestedness	0.39	
	Robustness	0.74	
	web asymmetry	0.43	
	Shannon diversity	1.61	
<code>> NOS(bosque,keep.Nij=FALSE, keep.diag=FALSE)</code>		Cálculo del índice de modularidad	
Resultado	\$mod	[1] NA	

PÁRAMO ANTRÓPICO		
<code>> paramo <- read_excel("paramo.xlsx")</code>		Leer la tabla presencia-ausencia de la cobertura de Páramo Antrópico.
<code>> networklevel(paramo)</code>		Cálculo de los índices de conectancia, anidamiento, robustez, asimetría y diversidad de interacciones medido con Shannon.
<code>> NOS(paramo)</code>		Cálculo del índice de modularidad
Resultados	Connectance	0.33
	Nestedness	0.55
	Robustness	0.51
	Web asymmetry	-0.25
	Shannon diversity	1.61
<code>> NOS(paramo, keep.Nij=FALSE, keep.diag=FALSE)</code>		Cálculo del índice de modularidad
Resultado	\$mod	[1] 0.58
PLANTACIONES FORESTALES		
<code>> plantaciones <- read_excel("plantaciones.xlsx")</code>		Leer la tabla presencia-ausencia de la cobertura de Plantaciones Forestales.
<code>> networklevel(plantaciones)</code>		Cálculo de los índices de conectancia, anidamiento, robustez, asimetría y diversidad de interacciones medido con Shannon.
Resultados	Connectance	0.29
	Nestedness	0.71
	Robustness	0.67
	web asymmetry	-0.08
	Shannon diversity	2.48
<code>> NOS(plantaciones)</code>		Cálculo del índice de modularidad
Resultado	\$mod	[1] 0.69