



UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**Influencia de la floración en una red de interacción planta-  
polinizador en un sistema agroforestal al sur del Ecuador**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Biólogo

**Autores:**

Adolfo Sebastián Verdugo Delgado

Juan Paúl Verdugo Delgado

**Director:**

Boris Adrián Tinoco, Ph. D.

**CUENCA – ECUADOR**

**2026**

## **Dedicatoria**

Dedicado a nuestros padres, Adolfo y Alicia, por todo el apoyo, el esfuerzo y el amor que nos han dado siempre.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Boris Tinoco y a Pedro Astudillo por el conocimiento e inspiración constante en estos años universitarios.

## **Resumen**

Se evaluaron los cambios en la estructura de redes planta-polinizador en un sistema agroforestal al sur del Ecuador, entre dos periodos definidos por la fenología de los frutales: floración y post-floración. Las interacciones fueron registradas mediante observaciones directas en campo con registros fotográficos para su identificación taxonómica. Las redes fueron construidas y analizadas utilizando métricas estructurales y beta diversidad. Los resultados mostraron una disminución significativa en la riqueza de plantas, la riqueza de interacciones y la frecuencia de interacciones durante el periodo de post-floración, mientras que la riqueza de familias de polinizadores no presentó cambios significativos. En contraste, la conectancia y la especialización a nivel de red aumentaron, debido a la reducción en el tamaño de la red. La beta diversidad estuvo dominada por el recambio de interacciones más que por el recambio de taxones, indicando una reorganización temporal de las asociaciones. Estos resultados sugieren que la dinámica de la red está determinada por la disponibilidad de recursos florales, y que la flexibilidad de las interacciones permite la persistencia de los taxones bajo condiciones cambiantes.

**Palabras clave:** Red planta-polinizador, agroforestería, diversidad beta, estructura de red, ecología.

## **Abstract**

Changes in the structure of plant–pollinator networks were evaluated in an agroforestry system in southern Ecuador across two periods defined by fruit tree phenology: flowering and post-flowering. Interactions were recorded using direct field observations, supported by photographic records for taxonomic identification. Networks were constructed and analyzed using structural metrics and beta diversity. Results showed a significant decrease in plant richness, interaction richness, and interaction frequency during the post-flowering period, while pollinator family richness did not show significant changes. In contrast, connectance and network-level specialization increased, likely due to the reduction in network size. Beta diversity was mainly driven by interaction turnover rather than taxon turnover, indicating a temporal reorganization of associations. These results suggest that network dynamics are determined by the availability of floral resources, and that interaction flexibility allows taxa to persist under changing conditions.

**Key words:** Plant–pollinator networks, agroforestry, beta diversity, network structure, ecology.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen .....	iii
Abstract.....	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de figuras .....	vi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
2.1 Área de estudio .....	3
2.2 Diseño del muestreo .....	3
2.3 Análisis estadístico .....	6
3. RESULTADOS .....	9
3.1 Riqueza y frecuencia .....	9
3.2 Red de interacción periodo floración .....	10
3.3 Red de interacción periodo post-floración .....	12
3.4 Métricas a nivel de especie .....	13
3.5 Beta diversidad .....	16
4. DISCUSIONES .....	17
5. CONCLUSIÓN .....	19
Referencias.....	21
Anexos .....	25
Anexo 1 .....	25
Anexo 2 .....	26

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Imagen satelital del área de estudio y ubicación nueve transectos para el monitoreo de insectos polinizadores en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador.....	4
<b>Figura 2:</b> Comparación de la disponibilidad diaria de recursos florales entre los periodos de floración (28 de septiembre de 2025 al 23 de noviembre de 2025) y post-floración (28 de diciembre de 2025 al 8 de febrero de 2026), utilizada para validar la delimitación temporal del muestreo.....	5
<b>Figura 3:</b> Media $\pm$ desviación estándar de la riqueza de polinizadores, plantas e interacciones y frecuencia de interacciones por transecto en los periodos de floración y post-floración. ...	10
<b>Figura 4:</b> Red de interacción planta-polinizador durante el periodo de floración. Los nodos de las especies de plantas están en el lado izquierdo, mientras que las familias de polinizadores se presentan en el lado derecho, el tamaño de cada nodo representa la frecuencia de interacciones. El grosor de las conexiones indica la intensidad de interacciones entre las especies. Las plantas nativas están señaladas con una estrella roja.....	11
<b>Figura 5:</b> Red planta-polinizador durante el periodo de post-floración. Los nodos de las especies de plantas están en el lado izquierdo, mientras que las familias de polinizadores se presentan en el lado derecho, el tamaño de cada nodo representa la frecuencia de interacciones. El grosor de las conexiones indica la intensidad de las interacciones entre los nodos. ....	13
<b>Figura 6:</b> Métricas de red especialización de red ( $d'$ ) (Top 26) a nivel de plantas en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador. Los colores representan los periodos de muestreo (floración en naranja, post-floración en azul).	14
<b>Figura 7:</b> Métricas de degree y degree normalizado a nivel de plantas en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador. Los colores representan los periodos de muestreo (floración en naranja, post-floración en azul).	15
<b>Figura 8:</b> Métricas de especialización ( $d'$ ), degree y degree normalizado a nivel de familia de insectos polinizadores en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador. Los colores indican los periodos de muestreo (floración en naranja y post-floración en azul). ....	16

## 1. INTRODUCCIÓN

Entender cómo la floración de los frutales modifica la estructura de las interacciones planta–polinizador es clave para mejorar la gestión y la conservación de los sistemas agroforestales (Klein et al., 2007). Estos sistemas constituyen una alternativa ecológica a los modelos de agricultura convencionales ya que, integra especies arbóreas, cultivos y vegetación no cultivada en un mismo espacio (Dagar & Tewari, 2018). El modelo agroforestal fomenta la conservación de la biodiversidad y ayuda con el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales para la productividad agrícola, como la regulación del microclima, el control biológico de plagas y la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales (Nair, 1993; Perfecto & Vandermeer, 2010; Beule & Karlovsky, 2021). En este contexto, la polinización se destaca como un proceso ecológico importante para la estabilidad y el funcionamiento de estos sistemas, asegurando la persistencia de las plantas cultivadas, silvestres, y sus polinizadores (Klein et al., 2007).

En los sistemas agroforestales, la disponibilidad de recursos florales para polinizadores varía en el tiempo en función de la fenología de las plantas cultivadas y no cultivadas, lo que genera cambios temporales en la estructura de las interacciones planta-polinizador (CaraDonna et al., 2017; Cortés-Flores et al., 2023). Durante los periodos de floración de las plantas cultivadas, la alta oferta de flores puede concentrar la actividad de los polinizadores, incrementando la frecuencia de visitas y modificando la distribución de interacciones dentro de la red (Pelayo et al., 2021). En contraste, en periodos posteriores a la floración de plantas cultivadas, la reducción de la oferta floral puede provocar cambios en la composición de polinizadores y en los patrones de interacción, afectando tanto la riqueza de especies como la conectividad del sistema (Poisot et al., 2012; Anderson et al., 2011). Por ello, evaluar distintos periodos fenológicos nos permite comprender cómo la disponibilidad temporal de recursos florales influye en la organización y en la dinámica de las redes de polinización (CaraDonna et al., 2017).

Adicionalmente, la presencia de especies introducidas, como *Medicago sativa*, *Petroselinum crispum* o *Hipochaeris cf. radicata*, pueden también influir dentro de la estructura y el funcionamiento de las redes de interacción planta-polinizador en sistemas agroforestales. Varias investigaciones han demostrado que los polinizadores generalistas introducidos pueden alterar la composición de la comunidad y modificar patrones de interacción mediante competencia por recursos florales, afectando la participación de especies nativas (Aizen et al., 2008; Garibaldi et al., 2021; Magrach et al., 2017). Estos efectos pueden manifestarse en cambios en la frecuencia de visitas, la conectividad de la red y la importancia relativa de ciertas especies dentro del sistema. (Bascompte & Jordano, 2007; Blüthgen et al., 2006; Dáttilo et al., 2013).

En este contexto, el impacto de especies introducidas debe entenderse como parte de procesos más amplios que modifican la organización de las interacciones ecológicas (Delmas et al., 2019; Pilosof et al., 2017).

El análisis de redes de interacción planta-polinizador permite analizar la distribución de las visitas florales y explorar la variación en la estructura de estas interacciones en respuesta a cambios ambientales o biológicos (Bascompte & Jordano, 2007). En adición, las métricas de centralidad permiten identificar especies estructuralmente relevantes que contribuyen a la cohesión de la red (Martín González et al., 2010; Dáttilo et al., 2013). En este sentido, estas propiedades pueden variar temporalmente en respuesta a cambios fenológicos y fluctuaciones en la abundancia o comportamiento de los polinizadores (CaraDonna et al., 2017), reflejando la dinámica del sistema ecológico.

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la estructura y composición de las redes de interacción planta-polinizador en distintos periodos de floración dentro de un sistema agroforestal del sur del Ecuador. Específicamente, a nivel de red, se evaluó la riqueza de polinizadores, la conectividad y los cambios en la beta diversidad de las interacciones entre periodos. A nivel de especie, se comparó la frecuencia de visitas de los polinizadores y se analizaron cambios en la centralidad de las especies dentro de la red a lo largo del tiempo. Para ello se empleó redes bipartitas, junto con métricas a nivel de red y de especie, como la conectividad, la diversidad de interacciones, la centralidad, y los índices de especialización  $H_2'$  y  $d'$  (Bascompte & Jordano, 2007; Dáttilo et al., 2013). La evaluación de estos cambios contribuye a comprender cómo la variación temporal en la disponibilidad de recursos florales influye en la dinámica de las interacciones ecológicas, aportando información relevante para el manejo sostenible de sistemas agroforestales y la conservación de los polinizadores en los Andes del sur del Ecuador.

## 2. METODOLOGÍA

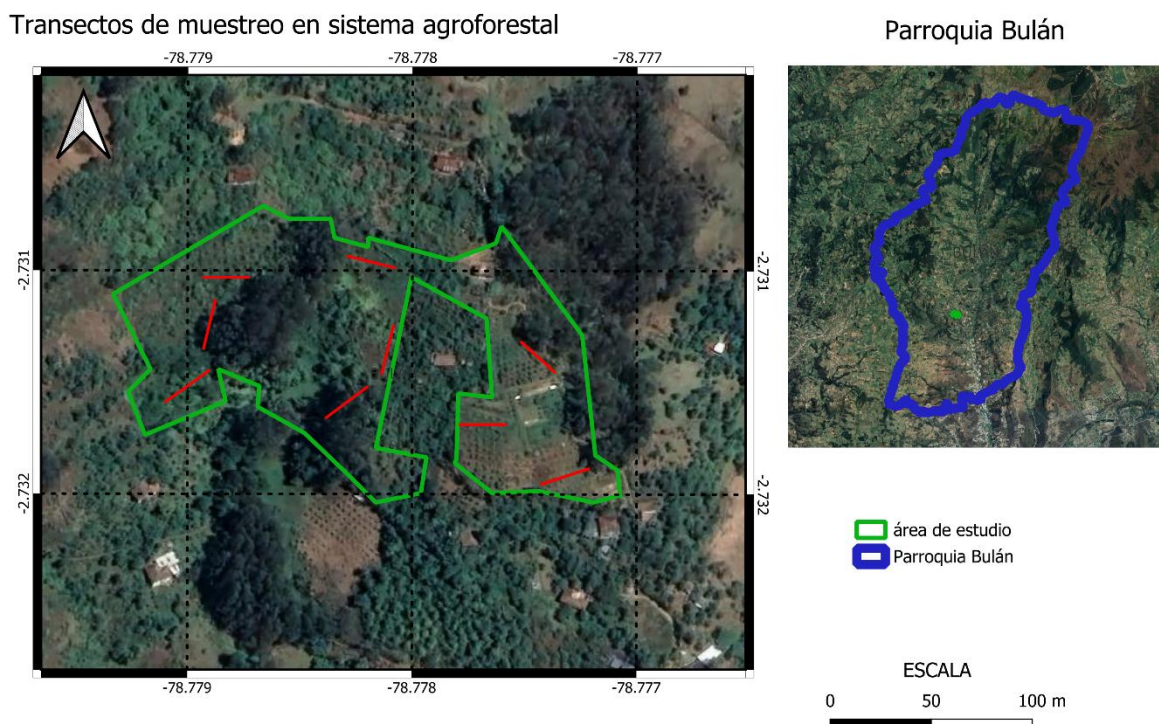
### 2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en un huerto agroforestal (~2 ha) ubicado en la provincia del Azuay, cantón Paute, parroquia Bulán (-2.731694°, -78.777726°, 2600 m s.n.m.). El área corresponde a un valle interandino con clima templado húmedo; esta es una condición climática observada durante el periodo de estudio y fue consistente con los patrones descritos para valles interandinos del sur del Ecuador (Pourrut & Pouyaud, 1995; Fig. 1). En general, la precipitación está caracterizada por un régimen bimodal, con dos periodos lluviosos principales intercalados por una estación con lluvias mínimas. La temperatura media anual varía aproximadamente entre 14 y 16 °C en las zonas altoandinas de la cuenca del Paute, con una variabilidad térmica relativamente baja a lo largo del año (Celleri et al., 2007).

El sistema agroforestal integra especies frutales cultivadas, destacan individuos de *Pyrus communis* (pera), *Malus domestica* (manzana), *Prunus domestica* (reina Claudia) y *Prunus persica* (durazno). Estas especies están asociadas en un mosaico con vegetación no cultivada compuesta por herbáceas, arbustos y árboles nativos. Este tipo de matriz agrícola genera una oferta floral estacional que favorece la presencia de insectos visitantes florales y polinizadores, cuya actividad resulta fundamental para la producción frutícola (Klein et al., 2007). Los periodos de floración varían a lo largo del año, concentrándose principalmente entre los meses de septiembre y enero, cuando la mayoría de especies frutales presentes en el sistema agroforestal se encuentran en fase reproductiva.

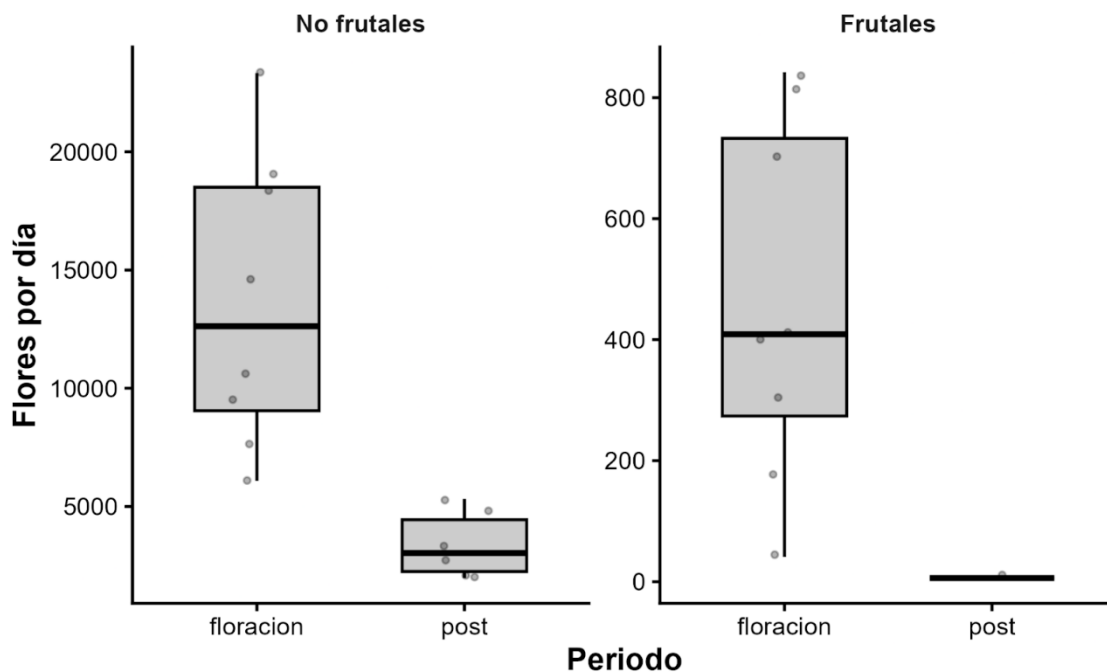
### 2.2 Diseño del muestreo

En del área de estudio se delimitaron nueve transectos de 25×2 m, cubriendo el mosaico de la vegetación para asegurar una representación de la heterogeneidad del hábitat en el sistema agroforestal (Fig. 1).



**Figura 1:** Imagen satelital del área de estudio y ubicación nueve transectos para el monitoreo de insectos polinizadores en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador.

Previamente, se realizaron tres salidas exploratorias destinadas a la elaboración de un inventario de especies de plantas e insectos, basado en observaciones directas y registros fotográficos. Posteriormente, el muestreo se dividió en dos periodos definidos en función de la fenología de los frutales del sistema agroforestal. En el área de estudio, especies frutales como *Pyrus communis* (pera), *Malus domestica* (manzana), *Prunus domestica* subsp. *italica* (reina Claudia) y *Prunus persica* (durazno) presentan un periodo de floración concentrado principalmente entre finales de septiembre y noviembre, durante el cual se observa una alta disponibilidad de flores dentro del sistema agroforestal. Entre el 28 de septiembre de 2025 y el 23 de noviembre de 2025 se realizó el muestreo para la fase de floración, en donde los cultivos frutales tienen una mayor oferta de recursos florales. Entre el 28 de diciembre de 2025 y el 8 de febrero de 2026 se realizó el muestreo para la fase post-floración, caracterizada por una reducción en la oferta floral en los cultivos frutales (Fig. 2). Estos intervalos de tiempo permitieron comparar la estructura y composición de las redes de interacción planta–polinizador, controlando la disponibilidad de recursos dentro del sistema agroforestal.



**Figura 2:** Comparación de la disponibilidad diaria de recursos florales entre los periodos de floración (28 de septiembre de 2025 al 23 de noviembre de 2025) y post-floración (28 de diciembre de 2025 al 8 de febrero de 2026), utilizada para validar la delimitación temporal del muestreo.

En cada transecto se realizaron censos de las interacciones planta-polinizador una vez por semana, entre las 08:00 y 16:00 h, periodo en donde se observó (desde las salidas exploratorias) la mayor actividad de los insectos polinizadores. El orden los censos fueron alternados entre los transectos de manera aleatoria. Dos observadores condujeron los censos para asegurar una mayor detección y evitar doble conteo. Una vez contabilizadas las visitas se procedió al conteo del número de flores disponibles (abiertas) por cada especie vegetal, estimando así la oferta de recursos florales. El muestreo completo de todos los transectos tuvo una duración aproximada de 4 horas por jornada.

Las visitas florales efectivas fueron consideradas como aquellas en donde un insecto polinizador hizo contacto con una estructura floral reproductiva. Para cada evento de observación se registró el número de visitas realizadas sobre las flores disponibles dentro del área muestreada. Con el fin de estandarizar el esfuerzo de muestreo, las observaciones dentro de los transectos se subdividieron en unidades de 1 x 2 m, donde, en cada unidad se efectuaron observaciones durante intervalos de 1 minuto, registrando el número total de visitas a las flores disponibles, considerando solo visitas efectivas. Usando esta metodología, un muestreo en un

transecto duraba 25 min. La frecuencia de visitas se expresó como el número de visitas por unidad de tiempo en un área de observación estandarizada (cada transecto). En adición, se realizaron fotografías de las visitas como así también de las flores (Anexo 1), con el fin de apoyar la identificación taxonómica. No se realizaron colectas de especímenes.

En el caso de los insectos, la identificación taxonómica se realizó a nivel de familia, con el fin de asegurar consistencia taxonómica y reducir sesgos asociados a la identificación a niveles más específicos. La determinación taxonómica se realizó a partir de registros fotográficos apoyándonos con claves taxonómicas y literatura especializada. Adicionalmente, se emplearon plataformas digitales como *BioWeb*, *iNaturalist* y *GBIF* como herramientas de referencia. Posteriormente las identificaciones fueron corroboradas a nivel de familia mediante la comparación con material de referencia en el Museo de Entomología de la Universidad del Azuay. En el caso de las plantas, se procuró alcanzar el nivel de especie siempre que fue posible.

Para los fines de este estudio, la construcción y análisis de las redes de interacción se basaron en unidades taxonómicas consistentes, sin requerir la identificación a nivel de especie para todos los organismos. En este sentido, la estructura y dinámica de las redes de interacción pueden evaluarse a partir de matrices de frecuencia, siempre que las unidades biológicas sean consistentes y comparables (Bascompte & Jordano, 2007; Blüthgen et al., 2006; Dormann et al., 2009).

## **2.3 Análisis estadístico**

Las interacciones planta–polinizador se representaron en matrices, las filas correspondieron a las especies vegetales y las columnas a las especies de insectos con visitas efectivas (Anexo 2). Las celdas de la matriz indicaran la frecuencia de interacción entre cada planta–polinizador. A partir de estas matrices se realizó una descripción de la frecuencia relativa de visitas entre polinizadores y plantas, calculando la proporción de interacciones que representa cada especie dentro del total de visitas registradas en cada periodo fenológico. Con esta información, se realizaron comparaciones entre los distintos periodos de floración.

### **2.3.1 Riqueza, frecuencia y Diversidad beta**

La riqueza de interacciones se definió como el número de pares únicos planta–polinizador registrados en cada unidad de muestreo, independientemente de la frecuencia de visitas, lo que refleja la diversidad de enlaces presentes en la red. Para las comparaciones entre periodos, los datos de interacciones fueron agregados a nivel de transecto y periodo (floración y post-floración), a partir de lo cual se calcularon métricas resumen para cada combinación: riqueza

de polinizadores (número de familias), riqueza de plantas (número de especies), riqueza de interacciones (pares únicos planta–polinizador) y frecuencia de interacciones (número total de registros).

Para calcular las diferencias entre los periodos de floración y post-floración, se evaluaron como variables de respuesta la riqueza de polinizadores (número de familias), riqueza de plantas (número de especies), riqueza de interacciones (pares únicos planta–polinizador) y frecuencia de interacciones (número total de registros). Estas métricas fueron analizadas mediante modelos lineales generalizados mixtos (GLMM), incorporando el transecto como efecto aleatorio para controlar la variabilidad espacial. Se utilizó una distribución Poisson con función de enlace logarítmica, adecuada para variables de conteo (Delmas et al., 2019).

La diversidad beta de las interacciones planta-polinizador se realizó considerando cada par específico de interacción como unidad de estudio, siguiendo enfoques que reconocen a las interacciones como componentes fundamentales de la diversidad ecológica (Dáttilo et al., 2013; CaraDonna et al., 2017; Delmas et al., 2019). Para ello, las matrices bipartitas cuantitativas fueron transformadas a matrices de presencia–ausencia de interacciones. La beta diversidad se analizó mediante la función *betalinkr* del paquete *bipartite* en R (Dormann et al., 2009) la cual ayuda a descomponer la disimilitud entre redes en diferentes componentes. En particular, se calcularon: (i) la diversidad beta total de interacciones ( $\beta_{WN}$ ), que muestra el recambio total de enlaces entre redes; (ii) el componente de recambio de interacciones o rewiring ( $\beta_{OS}$ ), que refleja los cambios en las interacciones entre especies compartidas; y (iii) el componente asociado al recambio de especies ( $\beta_S$ ), que captura los cambios en la composición de especies entre periodos (Poisot et al., 2012; Dáttilo et al., 2013; CaraDonna et al., 2017).

Con esto identificamos si las diferencias entre redes se deben principalmente a la sustitución de especies, a la reorganización de interacciones entre especies persistentes, o a una combinación de ambos procesos.

### **2.3.2 Estructura de la red de interacción planta-polinizador**

Desde las matrices de interacción se construyeron redes bipartitas para cada periodo de muestreo (floración y post-floración), cuya estructura se caracterizó mediante métricas de red. En particular, se calculó la conectancia y grado de especialización a nivel de red (H2) (Blüthgen et al., 2006; Cortés-Flores et al., 2023). Estas métricas permitieron evaluar la organización de la comunidad y la resiliencia del sistema frente a perturbaciones externas (Bastolla et al., 2009).

Adicionalmente, se calcularon métricas a nivel de especie para cada periodo de muestreo (floración y post-floración), con el fin de evaluar la contribución de cada taxón a la estructura de la red. En particular, se calculó el grado (degree) y el grado normalizado, los cuales permiten cuantificar el número de interacciones de cada taxon y su nivel relativo de generalización dentro de la red. Estas métricas son fundamentales para identificar especies que actúan como nodos altamente conectados, contribuyendo a la cohesión y estabilidad del sistema (Martín González et al., 2010; Delmas et al., 2019). Estas métricas han sido ampliamente utilizadas en estudios recientes de redes ecológicas para identificar nodos clave y evaluar su importancia dentro de comunidades de redes mutualistas (Pilosof et al., 2017; Vizentin-Bugoni et al., 2014). Asimismo, se calculó el índice de especialización a nivel de especie ( $d'$ ), el cual mide la desviación en el uso de los recursos a una interacción aleatoria, permitiendo identificar especies con patrones de interacción más selectivos o especializados (Blüthgen et al., 2006). Este índice es particularmente relevante para detectar especies con roles ecológicos únicos dentro de la red, cuya pérdida podría generar cambios desproporcionados en la estructura de las interacciones (Poisot et al., 2012).

La incorporación de estas métricas a nivel de especie nos permite una comprensión más detallada de la organización funcional de la red, al identificar tanto las especies generalistas que sostienen la conectividad como especies especializadas que aportan singularidad funcional dentro del sistema agroforestal. En estos sistemas, esta diferenciación es clave, ya que la estabilidad de los servicios ecosistémicos, como la polinización, depende tanto de la redundancia funcional como la presencia de especies con roles complementarios. (Klein et al., 2007; Garibaldi et al., 2021; Perfecto & Vandermeer, 2010).

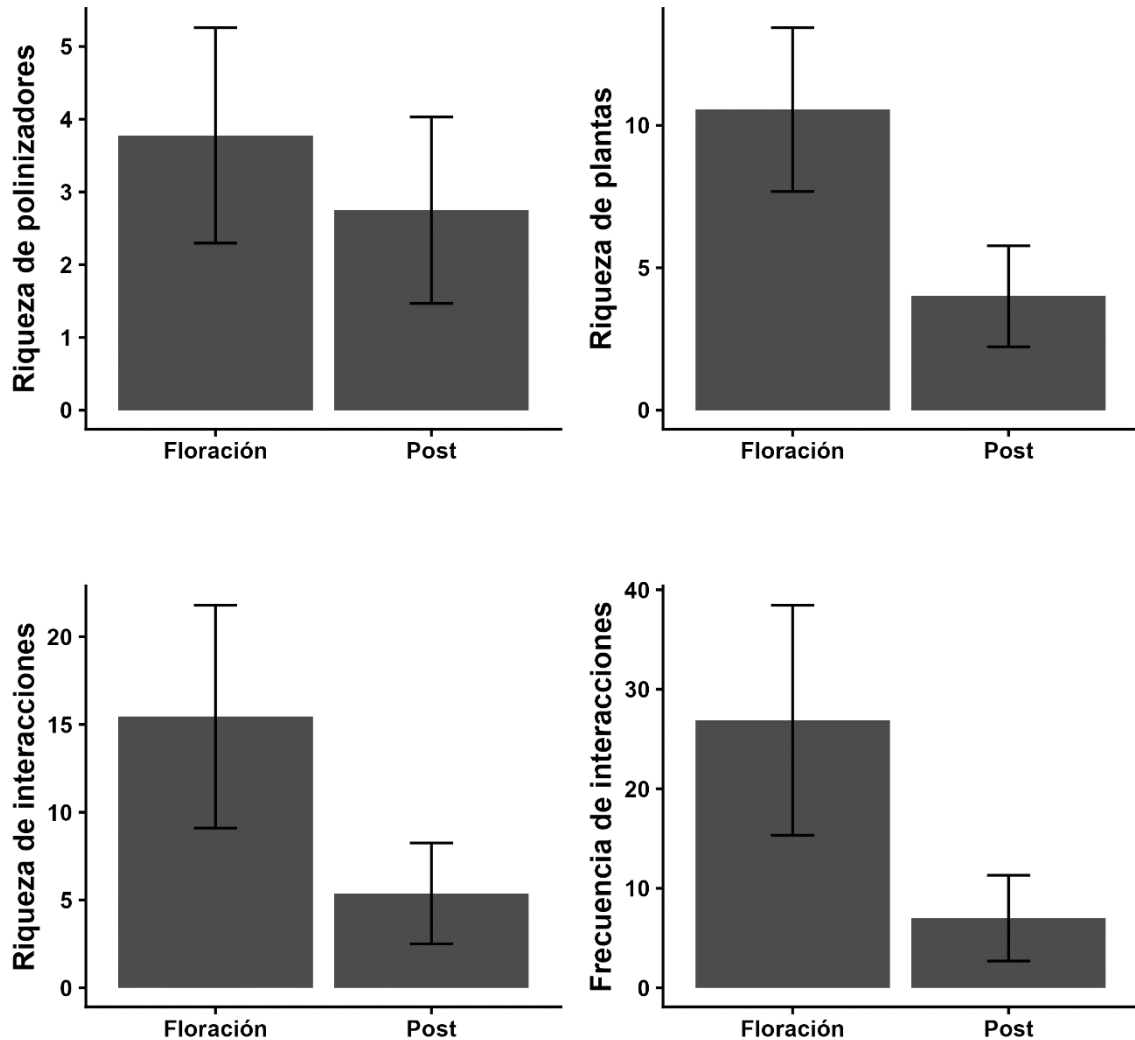
### 3. RESULTADOS

Entre ambos períodos se registraron un total de 44 especies de plantas, de las cuales 20 son nativas y 24 no nativas. Durante el periodo de floración se observó una mayor riqueza de especies de plantas, con 41 especies, incluyendo 18 especies nativas, mientras que en post-floración la riqueza disminuyó a 19 especies, de las cuales 8 son nativas, evidenciando una reducción notable en la diversidad vegetal, particularmente de especies nativas. En cuanto a polinizadores, la riqueza total fue de 9 familias, con una ligera disminución entre periodos: 8 durante la floración y 6 en post-floración. Se registró una familia que solo aparece en post-floración (Lycaenidae), 3 que desaparecen (Colletidae, Erebidae y Halictidae), y 5 que permanecen en ambos periodos (Hesperiidae, Apidae, Syrphidae, Nymphalidae y Megachilidae). En riqueza de interacciones únicas se registraron en total 95 en todo el estudio. Durante el periodo de floración se registró 82 interacciones, mientras que en el periodo de post-floración se registró 31 y en ambos periodos se repitieron 18 interacciones.

#### 3.1 Riqueza y frecuencia

La riqueza de especies de plantas fue menor en el periodo de post-floración en comparación con el de floración (GLMM;  $\beta = -0.970$ ,  $SE = 0.204$ ,  $z = -4.748$ ,  $p = 2.06 \times 10^{-6}$ ). Por el contrario, la riqueza de familias de polinizadores no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos periodos (GLMM;  $\beta = -0.318$ ,  $SE = 0.274$ ,  $z = -1.161$ ,  $p = 0.246$ ). En cuanto a la riqueza de interacciones únicas planta–polinizador, esta disminuyó en el periodo

post-floración (GLMM;  $\beta = -1.087$ , SE = 0.175,  $z = -6.218$ ,  $p = 5.03 \times 10^{-10}$ ), al igual que la frecuencia de interacciones (GLMM;  $\beta = -1.392$ , SE = 0.148,  $z = -9.380$ ,  $p < 2 \times 10^{-16}$ ) (Fig. 3).

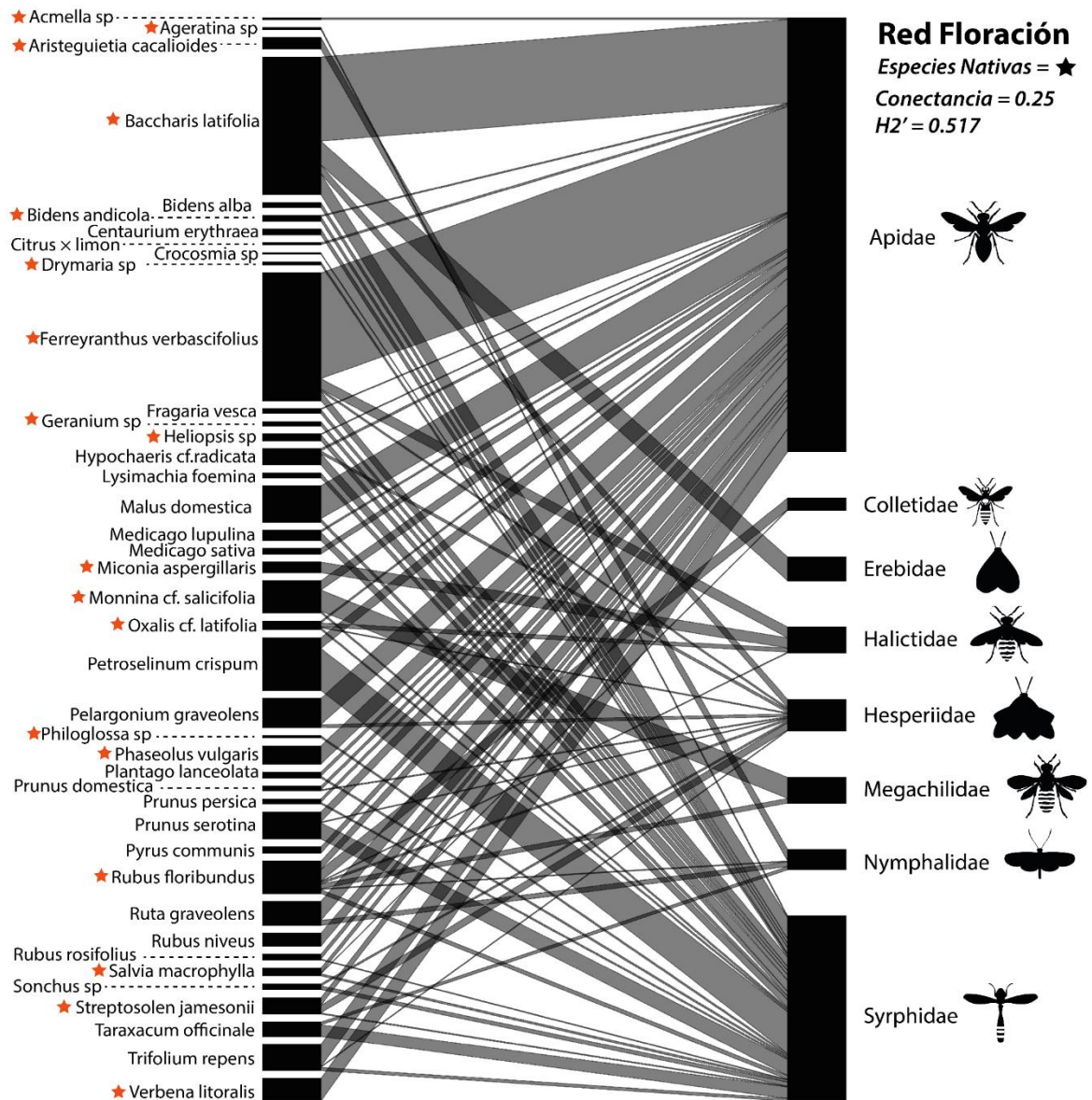


**Figura 3:** Media  $\pm$  desviación estándar de la riqueza de polinizadores, plantas e interacciones y frecuencia de interacciones por transecto en los periodos de floración y post-floración.

### 3.2 Red de interacción periodo floración

El índice de conectancia muestra un 0.25, lo que indica que una proporción moderada de las interacciones potenciales se encuentra realizada. Se observa una marcada participación de familias de polinizadores como Apidae y Syrphidae, las cuales concentran la mayoría de las interacciones, actuando como nodos altamente conectados dentro de la red. Por su parte, el índice de especialización a nivel de red ( $H2' = 0.517$ ) nos sugiere un nivel intermedio de especialización, indicando que, aunque existen taxones con tendencias generalistas, también se

presentan ciertas preferencias en las interacciones planta-polinizador. Además, tanto especies nativas como no nativas participan activamente en la red, sin una segregación clara en sus interacciones, lo cual sugiere que las especies introducidas están integradas funcionalmente dentro del sistema. (Fig. 4).

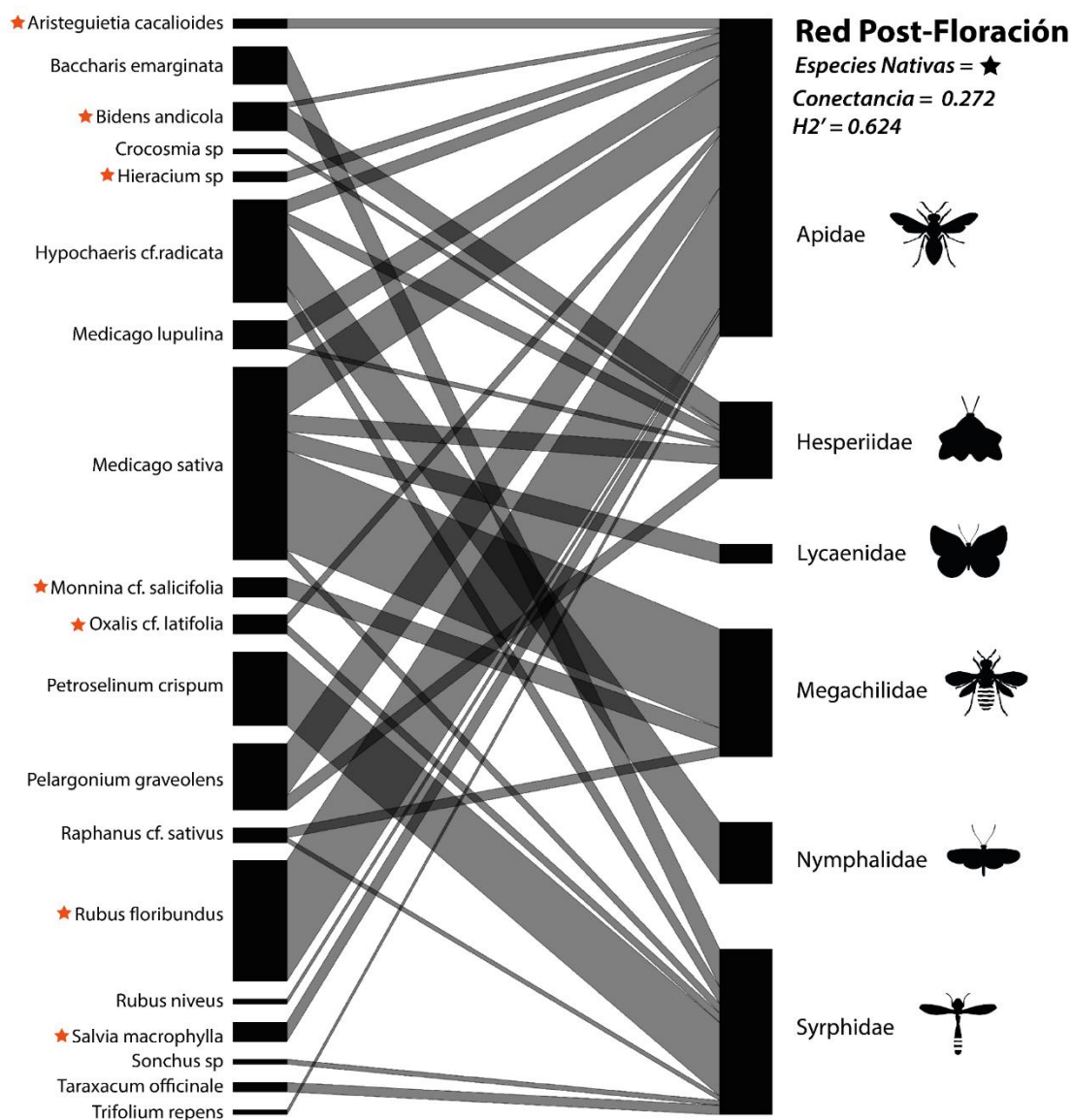


**Figura 4:** Red de interacción planta-polinizador durante el periodo de floración. Los nodos de las especies de plantas están en el lado izquierdo, mientras que las familias de polinizadores se presentan en el lado derecho, el tamaño de cada nodo representa la frecuencia de interacciones. El grosor de las conexiones indica la intensidad de interacciones entre las especies. Las plantas nativas están señaladas con una estrella roja.

### 3.3 Red de interacción periodo post-floración

Durante el periodo de post-floración, la red presenta una reducción en el número total de especies e interacciones. No obstante, la conectancia aumentó ligeramente a 0.272, lo que indica una mayor proporción de interacciones realizadas en relación con las posibles. Sin embargo, se observa una menor densidad de enlaces y una concentración de interacciones en menos especies (Fig. 5).

La estructura sigue siendo generalista, pero con una mayor dependencia de ciertos grupos de polinizadores, Apidae y Syrphidae particularmente son aquellos que mantienen varias conexiones pese a la reducción de recursos. Esto puede reflejar un proceso de reorganización de la red, donde solo algunas especies logran sostener múltiples interacciones. Asimismo, se evidencia una menor participación de especies vegetales en comparación con el periodo de floración, por ejemplo, especies nativas como *Ferreyranthus verbascifolius*, o frutales como *Malus domestica* lo que sugiere una pérdida de nodos activos en la red, afectando la estabilidad del sistema, haciéndolo más vulnerable a perturbaciones. El índice de especialización ( $H2' = 0.624$ ) fue mayor en comparación con el periodo de floración, lo que demuestra un incremento en la especialización de la red, esto indica que las interacciones fueron más selectivas (Fig. 5).



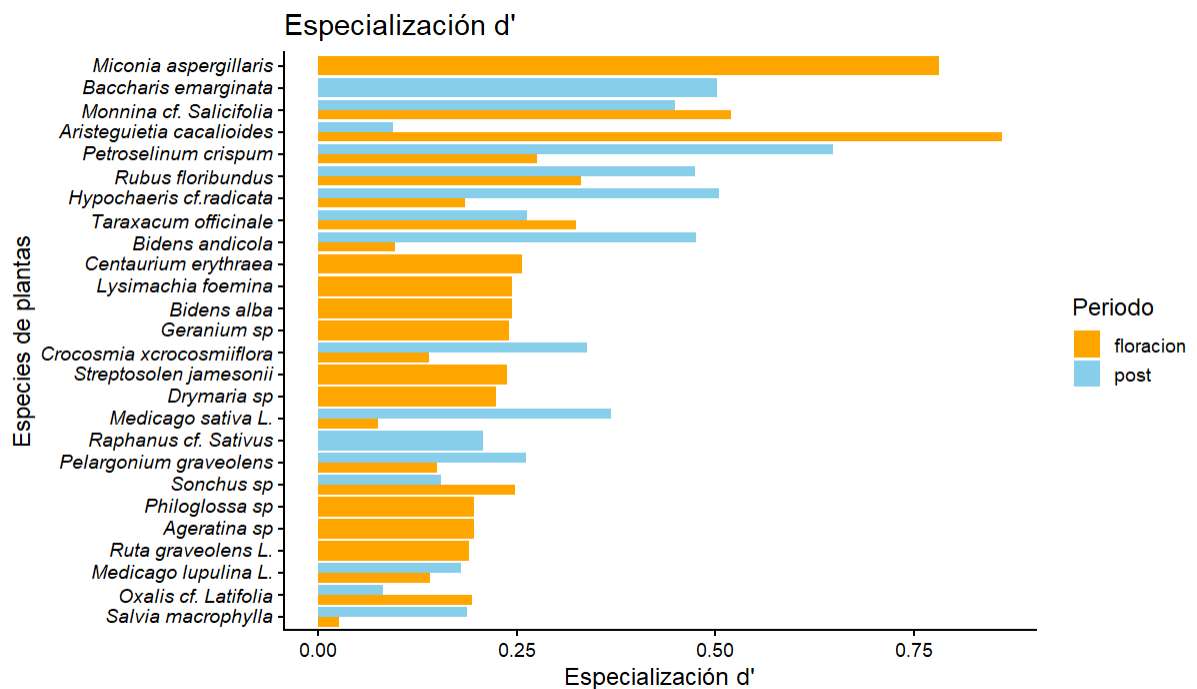
**Figura 5:** Red planta-polinizador durante el periodo de post-floración. Los nodos de las especies de plantas están en el lado izquierdo, mientras que las familias de polinizadores se presentan en el lado derecho, el tamaño de cada nodo representa la frecuencia de interacciones. El grosor de las conexiones indica la intensidad de las interacciones entre los nodos.

### 3.4 Métricas a nivel de especie

#### 3.4.1 Plantas

A nivel de especies de plantas, se observaron diferencias en los valores de especialización ( $d'$ ), degree y degree normalizado entre los periodos de floración y post-floración. En general, durante el periodo de floración se registraron valores más altos de especialización en varias especies, destacándose *Aristeguetia cacalioides*, *Miconia aspergillararis* y *Monnina cf.*

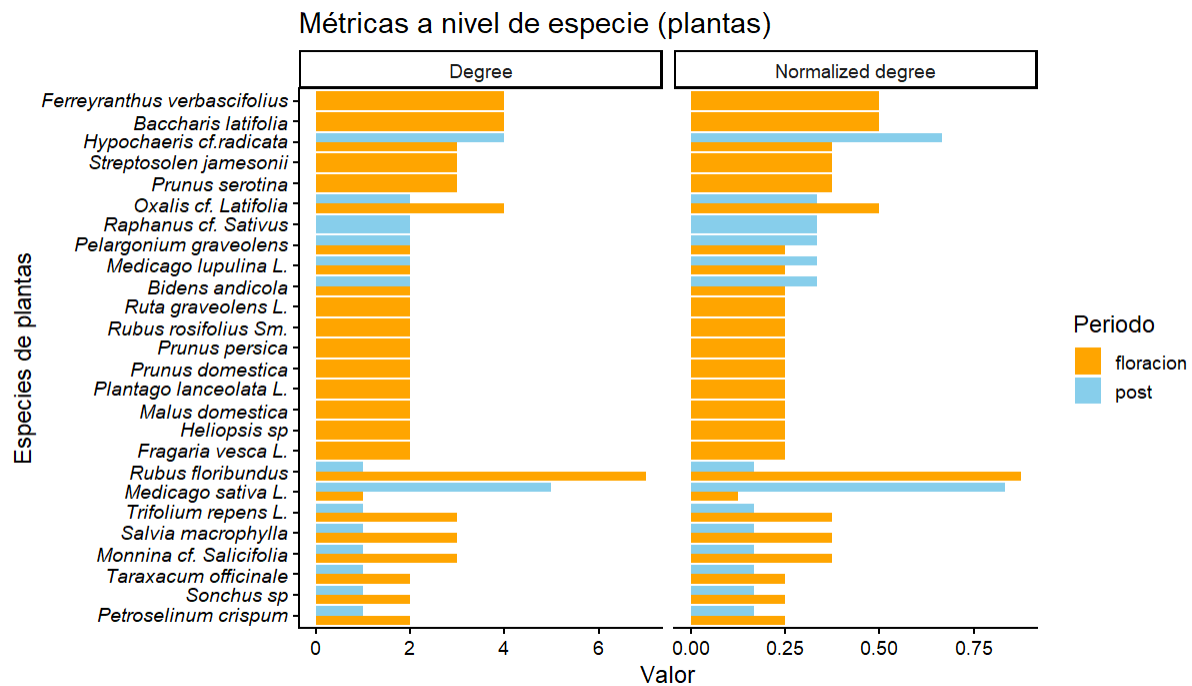
*salicifolia*, dado que tiene interacciones más limitadas con los polinizadores. Mientras que, durante el periodo de post-floración, algunas de estas especies mostraron una reducción en sus valores de especialización, incluso desaparecen de la red, sugiriendo una tendencia hacia interacciones menos especializadas, lo que indica que las plantas remanentes interactúan de forma más generalista. Aunque también aparecen nuevas especies como *Baccharis emarginata* (Fig. 6).



**Figura 6:** Métricas de red especialización de red (d') (Top 26) a nivel de plantas en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador. Los colores representan los periodos de muestreo (floración en naranja, post-floración en azul).

En cuanto al *degree*, se evidenció que especies como *Ferreyanthus verbascifolius*, *Baccharis latifolia* y *Rubus floribundus* presentaron un mayor número de interacciones en el periodo de floración. (Fig. 7). Estas especies actúan como nodos altamente conectados dentro de la red. Sin embargo, en el periodo de post-floración se puede observar una reducción general del número de interacciones. (Fig. 7). Algunas especies con muchas interacciones en el periodo de floración desaparecen en post-floración, ej. *Ferreyanthus verbascifolius* y *Baccharis latifolia*, otras especies mantienen o incluso aumentan ligeramente sus conexiones, ej. *Medicago sativa* y *Hypochaeris cf. radicata*, y se mantienen como especies persistentes en ambos periodos. Las especies del periodo post-floración muestra menor conectividad, reflejando la disminución en la oferta floral y en la actividad de los polinizadores. El *degree* normalizado mostró tendencias

similares en el periodo de floración, confirmando que estas especies interactúan con una alta proporción de los polinizadores disponibles. (Fig. 7). Sin embargo, en el periodo de post-floración se observa una disminución general en estos valores, y un aumento en algunas especies como *Medicago sativa* y *Hypochaeris cf. radicata*. (Fig. 7).



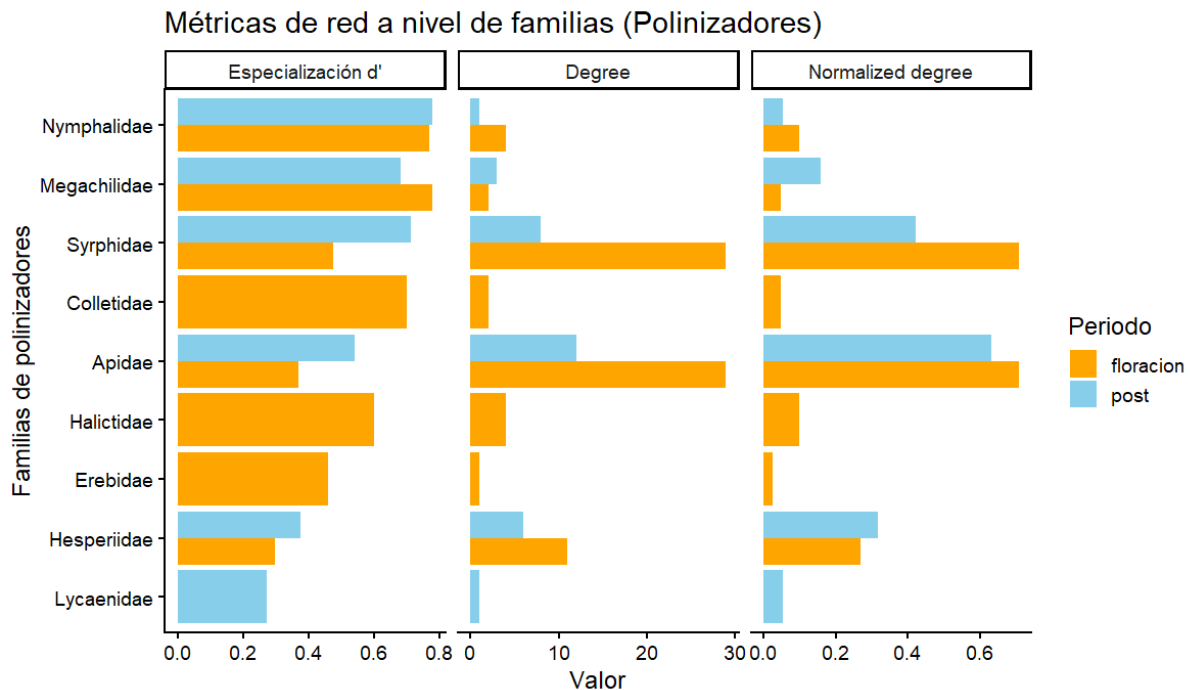
**Figura 7:** Métricas de degree y degree normalizado a nivel de plantas en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador. Los colores representan los periodos de muestreo (floración en naranja, post-floración en azul)

### 3.4.2 Polinizadores

A nivel de familias de polinizadores, se observaron patrones de dominancia de grupos generalistas, especialmente durante el periodo de floración (Fig. 8). Las familias Apidae y Syrphidae presentaron los valores más altos de *degree* y *degree* normalizado, indicando la interacción con una gran proporción de las especies vegetales disponibles lo cual demuestra un rol central dentro de la red. Durante el periodo de post-floración, aunque estas familias continúan siendo relevantes, existe una reducción general del *degree* y *degree* normalizado, lo que se evidencia con una disminución en su número de interacciones (Fig. 8), lo que refleja una menor actividad o disponibilidad de recursos.

En términos de especialización ( $d'$ ), familias como Nymphalidae y Megachilidae presentaron valores relativamente altos en ambos periodos, indicando interacciones más selectivas (Fig. 8). Por el contrario, familias como Apidae mostraron valores un poco más bajos de especialización

$d'$ , que resulta de un comportamiento generalista. Asimismo, algunas familias como Lycaenidae y Erebidae presentaron valores bajos de conectividad y especialización, lo que sugiere un rol más marginal dentro de la red. (Fig. 8)



**Figura 8:** Métricas de especialización ( $d'$ ), degree y degree normalizado a nivel de familia de insectos polinizadores en un sistema agroforestal, valle interandino (parroquia Bulán) de la provincia del Azuay, sur de Ecuador. Los colores indican los periodos de muestreo (floración en naranja y post-floración en azul).

### 3.5 Beta diversidad

La diversidad beta entre las redes de interacción de los periodos de floración y post-floración evidenció una alta disimilitud, con un valor de beta de diversidad total ( $\beta_{WN}$ ) de 0.725. Al descomponer esta disimilitud, se observó que el componente asociado al recambio de interacciones entre especies compartidas ( $\beta_{OS} = 0.625$ ) fue considerablemente mayor que el componente asociado al recambio de especies ( $\beta_S = 0.077$ ). Esto nos indica que, la mayor parte de las diferencias entre periodos no se debe a la pérdida o ganancia de especies, sino a cambios en las interacciones entre las especies presentes en ambos periodos. Es decir, las especies tienden a persistir en la red, pero modifican sus patrones de interacción (variación entre nodos).

#### 4. DISCUSIONES

Los resultados evidenciaron que entre los periodos de floración y post-floración la red sufre una reconfiguración, en donde la riqueza de especies de plantas disminuye, al igual que el número y frecuencia de interacciones. Por otro lado, la riqueza de familias de polinizadores no mostró cambios significativos a través de los periodos. Esta divergencia sugiere que la dinámica de la red está modulada principalmente por la fluctuación del recurso floral, antes que por los cambios que hay en la composición de las familias de polinizadores. Evidencia respaldada también en la diversidad beta, en donde hay un mayor peso en el recambio de interacciones en lugar de las especies que interactúan. En sistemas agroforestales la fenología floral puede variar en escalas temporales cortas, esto debido a la coexistencia de especies nativas e introducidas, vinculando fuertemente la estructura de la red al manejo antrópico. En este contexto, cambios en la disponibilidad de recursos promueven procesos de reorganización de interacciones (“rewiring”), tal como ha sido reportado en otras redes ecológicas (CaraDonna et al., 2017; Cortés-Flores et al., 2023).

El aumento de la conectancia y de la especialización ( $H_2'$ ) durante el periodo de post-floración debe interpretarse en función de cambios estructurales en la red más que como un incremento en la selectividad ecológica (Blüthgen et al., 2006; Poisot et al., 2012; Delmas et al., 2019). La reducción en la riqueza de plantas, interacciones únicas y frecuencia de visitas restringe el número de asociaciones posibles, incrementando proporcionalmente la conectancia y los valores de especialización (Dormann et al., 2009). En este escenario, la red representa un sistema más limitado, donde las interacciones se concentran en un subconjunto reducido de especies determinado por la menor disponibilidad de recursos. A pesar de ello, los valores de especialización se mantienen dentro de rangos intermedios reportados para redes mutualistas (Blüthgen et al., 2006; Bascompte & Jordano, 2007; Dormann et al., 2009), lo que indica la coexistencia de especies generalistas altamente conectadas con interacciones más restringidas. Esta combinación, ampliamente documentada en redes de polinización, contribuye a la estabilidad del sistema al integrar redundancia funcional con ciertas particiones de nicho (Blüthgen et al., 2006; Bascompte & Jordano, 2007).

A nivel de especie, la red muestra una redistribución de roles asociada a la fenología del sistema. Especies nativas como *Ferreyranthus verbascifolius* y *Baccharis latifolia*, actúan como nodos centrales durante la floración; sin embargo, desaparecen en el periodo de post-floración y son funcionalmente reemplazadas por otras que mantienen o aumentan la oferta del recurso, como *Petroselinum crispum* y *Medicago sativa*, ambas especies introducidas. La sustitución funcional

de especies nativas por especies introducidas durante periodos de baja disponibilidad floral refleja la capacidad del sistema para sostener las interacciones mediante recursos alternativos, un mecanismo asociado a la estabilidad temporal de las redes (Fantinato et al., 2019).

La reducción de especies nativas en el periodo de post-floración, junto con la mayor participación de especies introducidas, sugiere que estas últimas cumplen un rol clave durante periodos de escasez, tal como se ha documentado en otros sistemas donde plantas cultivadas mantienen las interacciones de polinización (Aizen et al., 2008; Magrach et al., 2017). Este patrón implica que el manejo del agroecosistema influye directamente en la persistencia de interacciones, particularmente para polinizadores que, ante la disminución de recursos preferenciales, amplían su espectro de forrajeo hacia plantas disponibles (Müller & Kuhlmann, 2008).

La alta beta diversidad registrada ( $\beta_{WN} = 0.725$ ) estuvo dominada por el recambio de interacciones entre los taxones presentes en la red ( $\beta_{OS} = 0.625$ ), más que por el recambio de las especies de plantas y las familias de polinizadores ( $\beta_S = 0.077$ ). Este patrón indica que los taxones tienden a persistir, pero modifican sus asociaciones a lo largo del tiempo (CaraDonna et al., 2017; Fantinato et al., 2019). Este resultado es consistente con lo encontrado en otros estudios de redes mutualistas, en los cuales, la beta diversidad de la red está principalmente determinada por procesos de “rewiring”, donde los polinizadores ajustan sus asociaciones en función de la variación y la oferta de los recursos disponibles (Fantinato et al., 2019). En particular, en sistemas donde la dinámica temporal regula la disponibilidad de recursos (Fantinato et al., 2019). En el contexto de este sistema agroforestal, esta capacidad de reorganización contribuye a la estabilidad del sistema al permitir la persistencia de funciones a través de recambio en los nodos que interactúan (Bascompte & Jordano, 2007; Delmas et al., 2019).

La dominancia y alta conectividad que mantienen, entre periodos, familias como Apidae y Syrphidae puede explicarse por su carácter generalista, ampliamente documentado en la literatura sobre su historia natural. Esta condición les permite explotar una amplia gama de recursos florales y sostener múltiples interacciones incluso bajo condiciones de menor disponibilidad (Ballantyne et al., 2017; Doyle et al., 2020). En este sentido, como reporta Fantinato et al. (2019), las especies generalistas cumplen un rol fundamental en la estabilidad de la red al mantener interacciones a lo largo de distintas fases temporales. Por otro lado, familias como Megachilidae y algunos lepidópteros presentan mayores niveles de

especialización, lo que restringe su rango de interacciones y resalta la importancia de la diversidad funcional en la estructura de la red, particularmente donde cambios drásticos en la disponibilidad de recursos podrían afectar a los grupos más especializados (Müller & Kuhlmann, 2008; Blüthgen et al., 2006; Poisot et al., 2012).

A nivel de plantas, especies como *Medicago sativa* y *Hypochaeris cf. radicata* incrementan su importancia relativa durante el periodo de post-floración, lo cual se evidencia en sus mayores valores de conectividad. Esto sugiere que actúan como recursos clave, probablemente debido a su disponibilidad temporal y a la accesibilidad de sus estructuras florales (Olsen, 1996; Wiesenborn, 2024). En conjunto, estos patrones indican que la red se estructura a partir de la interacción entre especies generalistas, que sostienen la conectividad, y especies más especializadas, que aportan diferenciación ecológica, una característica central de las redes mutualistas (Bascompte & Jordano, 2007; Delmas et al., 2019).

Los resultados de este estudio deben interpretarse considerando que la agrupación de polinizadores a nivel de familia puede subestimar los niveles reales de especialización y enmascarar variaciones en los patrones de interacción a nivel de especie (Blüthgen et al., 2006; Poisot et al., 2012). Asimismo, la exclusión de visitantes florales no considerados polinizadores estrictos podría limitar la representación completa de la red, particularmente en términos de conectividad, y subestimar el aporte de grupos con abundantes interacciones, como Tachinidae. Finalmente, la escala espacial y temporal del estudio restringe la generalización de los resultados a otros sistemas. No obstante, dado que estas limitaciones se mantienen constantes entre periodos, los cambios relativos observados reflejan de manera robusta la dinámica temporal de la red.

## 5. CONCLUSIÓN

Los resultados colocan a las fluctuaciones del recurso floral en el tiempo como el principal modulador de la dinámica y estructura de las redes de polinización en este sistema agroforestal. Esto ocasiona cambios significativos en la configuración de las interacciones, pero no así de intensos en la composición de los taxones que participan de estas. También se evidenció que un subconjunto de especies sostiene la mayor parte de las interacciones durante el periodo de escasez al generar o mantener el recurso floral en el tiempo. En escenarios con mayor estacionalidad o menor diversidad floral, estas dinámicas podrían intensificarse, aumentando la

dependencia de especies clave para mantener la conectividad del sistema. Esto podría favorecer estrategias de forrajeo generalistas y generar procesos de homogenización funcional en la red.

De esta forma, el manejo antrópico de la diversidad vegetal en los sistemas agroforestales se convierte en un mecanismo central para sostener la continuidad de las interacciones ecológicas a lo largo del tiempo. Los resultados resaltan la importancia de la coexistencia de especies nativas e introducidas por permitir mantener la disponibilidad de recursos. En contextos donde se restrinjan las especies introducidas se podrían reducir recursos clave, mientras que priorizarlas exclusivamente podría llevar a la pérdida de interacciones especializadas. Por otro lado, incrementar la diversidad de especies nativas que sostienen una floración heterogénea a lo largo del tiempo podría fortalecer la continuidad de los recursos y, con ello, disminuir la dependencia de especies introducidas.

Finalmente, el enfoque temporal de este estudio permitió hacer evidentes patrones que pueden pasar desapercibidos en análisis estáticos. Se destaca la importancia de incorporar la dimensión temporal en el estudio de interacciones de polinización, sobre todo en aquellos sistemas donde el manejo antrópico hace que la disponibilidad floral sea dinámica. Ampliar el análisis a un ciclo fenológico completo permitiría comprender mejor cómo los pulsos de floración influyen en las comunidades de polinizadores y en la estructura de la red.

## Referencias

- Aizen, M. A., Morales, C. L., & Morales, J. M. (2008). Invasive mutualists erode native pollination webs. *PLoS Biology*, *6*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060031>
- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., Sanders, N. J., Cornell, H. V., Comita, L. S., Davies, K. F., Harrison, S. P., Kraft, N. J. B., Stegen, J. C., & Swenson, N. G. (2011). Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: A roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, *14*(1). <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- Ballantyne, G., Baldock, K. C. R., Rendell, L., & Willmer, P. G. (2017). Pollinator importance networks illustrate the crucial value of bees in a highly speciose plant community. *Scientific Reports*, *7*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08798-x>
- Bascompte, J., & Jordano, P. (2007). Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. In *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818>
- Bastolla, U., Fortuna, M. A., Pascual-García, A., Ferrera, A., Luque, B., & Bascompte, J. (2009). The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature*, *458*(7241). <https://doi.org/10.1038/nature07950>
- Beule, L., & Karlovsky, P. (2021). Tree rows in temperate agroforestry croplands alter the composition of soil bacterial communities. *PLoS ONE*, *16*(2 February). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246919>
- Blüthgen, N., Menzel, F., & Blüthgen, N. (2006). Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, *6*. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>
- CaraDonna, P. J., Petry, W. K., Brennan, R. M., Cunningham, J. L., Bronstein, J. L., Waser, N. M., & Sanders, N. J. (2017). Interaction rewiring and the rapid turnover of plant–pollinator networks. In *Ecology Letters* (Vol. 20, Number 3). <https://doi.org/10.1111/ele.12740>
- Celleri, R., Willems, P., Buytaert, W., & Feyen, J. (2007). Space-time rainfall variability in the Paute basin, Ecuadorian Andes. *Hydrological Processes*, *21*(24). <https://doi.org/10.1002/hyp.6575>

- Cortés-Flores, J., Lopezaraiza-Mikel, M., de Santiago-Hernández, M. H., Martén-Rodríguez, S., Cristóbal-Pérez, E. J., Aguilar-Aguilar, M. J., Balvino-Olvera, F. J., Delgado-Carrillo, O., Sayago, R., Fuchs, E. J., Sanchez-Montoya, G., & Quesada, M. (2023). Successional and phenological effects on plant-floral visitor interaction networks of a tropical dry forest. *Journal of Ecology*, *111*(4). <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14072>
- Dagar, J. C., & Tewari, V. P. (2018). Agroforestry: Anecdotal to modern science. In *Agroforestry: Anecdotal to Modern Science*. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7650-3>
- Dáttilo, W., Guimarães, P. R., & Izzo, T. J. (2013). Spatial structure of ant-plant mutualistic networks. *Oikos*, *122*(11). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00562.x>
- Delmas, E., Besson, M., Brice, M. H., Burkle, L. A., Dalla Riva, G. V., Fortin, M. J., Gravel, D., Guimarães, P. R., Hembry, D. H., Newman, E. A., Olesen, J. M., Pires, M. M., Yeakel, J. D., & Poisot, T. (2019). Analysing ecological networks of species interactions. *Biological Reviews*, *94*(1). <https://doi.org/10.1111/brv.12433>
- Dormann, C. F., Frund, J., Bluthgen, N., & Gruber, B. (2009). Indices, Graphs and Null Models: Analyzing Bipartite Ecological Networks. *The Open Ecology Journal*, *2*(1). <https://doi.org/10.2174/1874213000902010007>
- Doyle, T., Hawkes, W. L. S., Massy, R., Powney, G. D., Menz, M. H. M., & Wotton, K. R. (2020). Pollination by hoverflies in the Anthropocene: Pollination by Hoverflies. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 287, Number 1927). <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0508>
- Fantinato, E., Del Vecchio, S., Gaetan, C., & Buffa, G. (2019). The resilience of pollination interactions: Importance of temporal phases. *Journal of Plant Ecology*, *12*(1). <https://doi.org/10.1093/jpe/rty005>
- Garibaldi, L. A., Pérez-Méndez, N., Cordeiro, G. D., Hughes, A., Orr, M., Alves-dos-Santos, I., Freitas, B. M., Freitas de Oliveira, F., LeBuhn, G., Bartomeus, I., Aizen, M. A., Andrade, P. B., Blochtein, B., Boscolo, D., Drumond, P. M., Gaglianone, M. C., Gemmill-Herren, B., Halinski, R., Krug, C., ... Viana, B. F. (2021). Negative impacts of dominance on bee communities: Does the influence of invasive honey bees differ from native bees? *Ecology*, *102*(12). <https://doi.org/10.1002/ecy.3526>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world

- crops. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 274, Number 1608). <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Magrach, A., González-Varo, J. P., Boiffier, M., Vilà, M., & Bartomeus, I. (2017). Honeybee spillover reshuffles pollinator diets and affects plant reproductive success. *Nature Ecology and Evolution*, 1(9). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0249-9>
- Martín González, A. M., Dalsgaard, B., & Olesen, J. M. (2010). Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. *Ecological Complexity*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.03.008>
- Müller, A., & Kuhlmann, M. (2008). Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus *Colletes* (Hymenoptera: Colletidae): The Asteraceae paradox. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95(4). <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.01113.x>
- Nair, P. K. R. . (1993). *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Centre for Research in Agroforestry.
- Olsen, K. M. (1996). Pollination effectiveness and pollinator importance in a population of *Heterotheca subaxillaris* (Asteraceae). *Oecologia*, 109(1). <https://doi.org/10.1007/pl00008811>
- Pelayo, R. C., Llambí, L. D., Gámez, L. E., Barrios, Y. C., Ramirez, L. A., Torres, J. E., & Cuesta, F. (2021). Plant Phenology Dynamics and Pollination Networks in Summits of the High Tropical Andes: A Baseline for Monitoring Climate Change Impacts. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.679045>
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(13). <https://doi.org/10.1073/pnas.0905455107>
- Pilosof, S., Porter, M. A., Pascual, M., & Kéfi, S. (2017). The multilayer nature of ecological networks. In *Nature Ecology and Evolution* (Vol. 1, Number 4). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0101>
- Poisot, T., Canard, E., Mouquet, N., & Hochberg, M. E. (2012). A comparative study of ecological specialization estimators. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3). <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00174.x>

- Pourrut, P., & Pouyaud, B. (1995). El agua en el Ecuador: Clima, precipitaciones, escorrentía. In *Corporación Editora Nacional*.
- Vizentin-Bugoni, J., Maruyama, P. K., & Sazima, M. (2014). Processes entangling interactions in communities: Forbidden links are more important than abundance in a hummingbird-plant network. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1780). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2397>
- Wiesenborn, W. D. (2024). Pollen transport by insects visiting *Baccharis sergiloides* (Asteraceae) female florets in southern Nevada. *Madroño*, 71(2). <https://doi.org/10.3120/0024-9637-71.2.64>

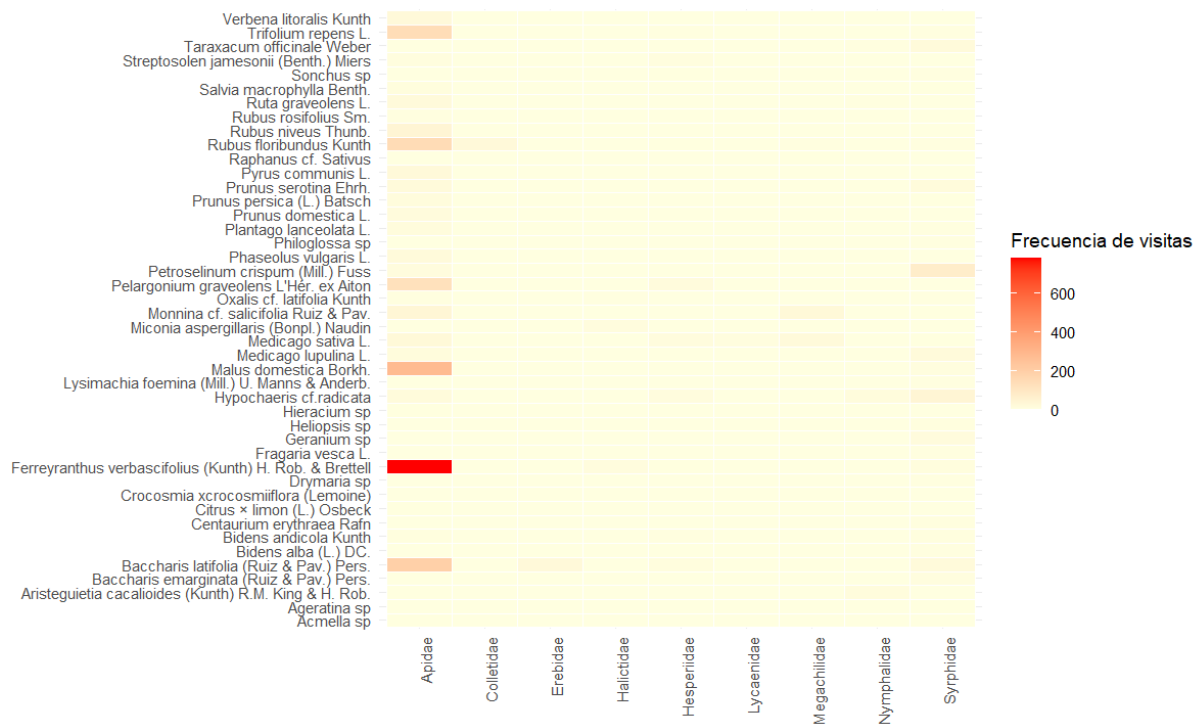
## Anexos

### Anexo 1



**Anexo 1:** Ejemplo de visita floral efectiva registrada durante el muestreo de interacciones planta–polinizador.

## Anexo 2



**Anexo 2:** La matriz muestra la frecuencia de interacciones entre plantas (filas) y polinizadores (columnas), donde la intensidad del color refleja el número de visitas registradas.