



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Magíster en Ciencias mención Botánica

**COMPOSICIÓN Y OFERTA FLORAL EN COMUNIDADES EMERGENTES DEL
BOSQUE ESCLERÓFILO-TEMPLADO Y SU RELACIÓN CON EL ENSAMBLE
DE VISITANTES FLORALES**

POR PERLA TAMARA SUE QUIJADA FARÍAS

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas para optar al grado
académico de Magíster en Ciencias con mención Botánica

Dr. Alfredo Saldaña Mendoza – Profesor Guía

Septiembre 2024

Concepción, Chile

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al equipo y financiamiento que hizo posible el desarrollo de esta investigación Fondecyt regular n° 1181688 y ANID por la Beca de Magíster Nacional 202.

A la Dra. Vivian Jerez por su apoyo académico en laboratorio, y al (c) PhD. Rubén Garrido, MSc. Camila Arriagada y MSc. Julio Poblete-Ulloa por su colaboración en el muestreo y análisis de datos. Agradezco también al Dr. Rodrigo Barahona por su asesoría metodológica.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. El rol de las especies introducidas en la composición y oferta floral.....	5
1.3. Composición de especies de plantas en las Comunidades Emergentes de la zona Centro-Sur de Chile	6
1.4. Problema de Investigación.....	8
1.5. Hipótesis	10
1.6. Objetivo general	11
1.7. Objetivos específicos.....	11
METODOLOGÍA.....	12
2.1. Sitio de estudio y base de datos para la comparación Comunitaria.....	12
2.2. Clasificación de Rasgos florales.....	13
2.3. Vecindario Floral.....	14
2.4. Recolección e Identificación de Insectos visitantes florales	14
2.5. Análisis de datos.....	16
RESULTADOS	18
3.1. Morfotipos florales que conforman la oferta floral en Comunidades emergentes	18
3.2. Variabilidad de los rasgos florales entre especies de plantas de diferente origen geográfico en Comunidades emergentes	22
3.3. Composición y diversidad de familias de insectos en vecindarios florales adyacentes a fragmentos de bosque esclerófilo y templado	27
DISCUSIÓN.....	40
4.1. Rasgos florales que predominan en la oferta floral de comunidades emergentes de bosque peri-urbanas de Concepción metropolitano.....	40
4.2. Influencia del origen geográfico de plantas sobre la variabilidad de rasgos florales que conforman la oferta floral en comunidades emergentes	43
4.3. El rol de las plantas introducidas en la composición y diversidad de insectos que conforman el ensamble visitante en vecindarios florales	45
CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS.....	51

ANEXO I	65
ANEXO II	66

ÍNDICE DE TABLAS

3.1	-Tabla 1. Cantidad de especies de plantas con morfotipos florales, presentes en ambas comunidades emergentes de bosque templado y esclerófilo de Concepción metropolitano.....	19
3.1	-Tabla 2. Resultados del análisis PERMANOVA de dos vías para los rasgos florales (morfotipo, simetría y sexo floral) y el origen geográfico (nativo o introducido)	20
3.3	Tabla 3. Cantidad de especies de plantas nativas e introducidas y sus respectivas familias presentes en los vecindarios florales de comunidades emergentes de bosque templado y esclerófilo de Concepción.	27
3.3	-Tabla 4. Cantidad de Familias de insectos visitantes florales colectados en “Pam Traps” en comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado peri-urbanos de Concepción metropolitano.....	32
A.1	Tabla A1. Recuento de las familias de plantas que conforman las comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado, utilizadas en los análisis de composición y rasgos florales.	56
A.2	Tabla A2. Cargas de las tres variables con mayor contribución en los dos primeros componentes principales de los análisis PCA realizados para los rasgos florales, vecindarios florales y familias de insectos en comunidades emergentes de Concepción.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

3.1	Figura 1. Frecuencia absoluta de los morfotipos florales de las especies de plantas en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano.....	21
3.2	Figura 2. Abundancia de la simetría floral de las especies de plantas en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano.....	23
3.2	Figura 3: Abundancia del sexo floral de las especies de plantas en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano.....	24
3.2	Figura 4. Análisis de Componentes Principales (PCA) de Rasgos Florales en Especies Nativas e Introducidas en Bosques Esclerófilos y Templados.....	26
3.3	Figura 5. Frecuencia relativa de las familias de plantas presentes en vecindarios florales en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano.	28
3.3	Figura 6. Análisis de Componentes Principales (PCA) de vecindarios florales contrastantes. La distribución de los vecindarios florales en un espacio bidimensional, cada punto representa un vecindario floral.....	30
3.3	Figura 7. Ordenes de insectos visitantes florales presentes en comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado peri-urbanos de Concepción metropolitano, colectadas en “Pam Traps”.....	33

3.3	Figura 8. Familias de insectos visitantes florales presentes en comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado peri-urbanos de Concepción metropolitano, colectadas en “Pam Traps”	34
3.3	Figura 9. Análisis de Componentes Principales (PCA) de las Familias de Insectos según la Proporción de Especies Introducidas (PROP I) en Vecindarios Florales.....	36
3.3	Figura 10. Cantidad de familias de insectos visitantes florales en diferentes vecindarios florales caracterizados por la proporción de especies de plantas introducidas (PROP I).....	39
3.3	Figura 11. Índice de Diversidad de Shannon (H) de familias de insectos visitantes florales en diferentes vecindarios florales caracterizados por la proporción de especies de plantas introducidas (PROP I)	39

RESUMEN

En la zona centro-sur de Chile, las recurrentes perturbaciones antropogénicas, como la fragmentación del hábitat, incendios forestales y la introducción de especies exóticas, han moldeado un paisaje en el que surgen comunidades emergentes. Estas comunidades, compuestas por especies de plantas nativas e introducidas, generan nuevas ofertas florales que podrían alterar las redes de interacción entre plantas y el ensamble de insectos florícolas, lo que las convierte en un sistema novedoso de estudio en biología floral y ecología de interacciones. Este estudio se propuso analizar el impacto de las plantas introducidas sobre la diversidad funcional de los rasgos florales y la composición de insectos visitantes en comunidades emergentes en rodales de bosque esclerófilo costero y templado peri-urbanos de Concepción, Chile. Hipotetizamos que: i) debido a la presencia de especies de plantas introducidas, habrá ciertos morfotipos florales predominantes en estas comunidades; ii) la variación en la proporción de especies introducidas en los vecindarios florales determinaría tanto la composición de los rasgos florales (morfotipo, sexo y simetría floral) y a su vez, iii) la diversidad de familias de insectos visitantes. La metodología incluyó la caracterización de los rasgos florales de 78 familias de plantas y el análisis de la composición de insectos colectados mediante trampas "*Pam Traps*". Se aplicaron análisis multivariados como PERMANOVA de dos vías, PCA y modelos no lineales, para evaluar la relación entre la proporción de especies introducidas, la diversidad floral, y la composición de insectos. Los resultados revelaron la predominancia de flores con forma de plato y discretas, que

constituyen estrategias generalistas y de reproducción anemófila respectivamente, también diferencias significativas en la simetría y el sexo floral entre especies nativas e introducidas, sugiriendo que el origen geográfico influye en estos rasgos. Se observó que las especies introducidas mostraron una menor dispersión en la variabilidad de sus rasgos florales, mientras que las nativas presentaron una mayor variabilidad. Además, la familia *Apidae* se asoció preferentemente con vecindarios florales dominados por especies introducidas, mientras que otros insectos mostraron una distribución más equilibrada entre los diferentes vecindarios florales. Destacamos la importancia de las comunidades emergentes en la mantención de las interacciones planta-polinizador y en la estructura y diversidad de insectos en estas. Las especies de plantas introducidas podrían estar jugando un papel clave en la adaptabilidad y resiliencia de estas comunidades, lo que resalta la necesidad de futuras investigaciones que consideren también la influencia de factores abióticos sobre estos patrones y las interacciones específicas en estos ecosistemas fragmentados y perturbados. Este estudio aporta información significativa para el conocimiento sobre cómo las especies introducidas influyen en comunidades emergentes y las interacciones entre plantas e insectos, ofreciendo perspectivas novedosas para la formulación de estrategias de conservación y manejo de estos ecosistemas.

ABSTRACT

In central-southern Chile, recurring anthropogenic disturbances, such as habitat fragmentation, wildfires, and the introduction of exotic species, have shaped a landscape where emergent communities arise. These communities, composed of native and introduced plant species, create novel floral resources that can alter interaction networks between plants and floral-visiting insects, making them a new system for studying floral biology and interaction ecology. This study aimed to analyze the impact of introduced plants on the functional diversity of floral traits and the composition of floral-visiting insects in emergent communities within peri-urban coastal sclerophyllous and temperate forests in Concepción, Chile. We hypothesized that: i) due to the presence of introduced plant species, certain floral morphotypes would predominate in these communities; and ii) variation in the proportion of introduced species in floral neighborhoods would influence both the composition of floral traits (morphotype, sex, and floral symmetry) and iii) the diversity of visiting insect families. The methodology included the characterization of floral traits across 78 plant families and the analysis of insect composition collected using Pam Traps. Multivariate analyses, such as two-way PERMANOVA, PCA, and non-linear models, were applied to evaluate the relationship between the proportion of introduced species, floral diversity, and insect composition. The results revealed the predominance of bowl-shaped and inconspicuous flowers, which represent generalist and anemophilous reproductive strategies, respectively. Significant differences were found in floral symmetry and sex between native and introduced

species, suggesting that geographic origin influences these traits. Introduced species exhibited less variability in their floral traits, while native species showed greater variability. Additionally, the Apidae family was preferentially associated with floral neighborhoods dominated by introduced species, whereas other insects displayed a more balanced distribution across the various floral neighborhoods. This study underscores the importance of emergent communities in maintaining plant-pollinator interactions and the structure and diversity of insect communities. Introduced plant species may play a key role in the adaptability and resilience of these communities, highlighting the need for future research that also considers the influence of abiotic factors on these patterns and specific interactions in these fragmented and disturbed ecosystems. This study provides significant insights into how introduced species influence emergent communities and plant-insect interactions, offering novel perspectives for the formulation of conservation strategies and management of these ecosystems.

INTRODUCCIÓN

1.1. Rasgos Florales funcionales y su rol ecológico en las comunidades emergentes

Cada año, diferentes especies de plantas ofrecen una variedad de flores que atraen a visitantes florales, promoviendo interacciones mutualistas de polinización (Barrios & Ramírez, 2020; Lortie, et al 2021). La diversidad de plantas y sus rasgos florales en la comunidad son determinantes clave en la diversidad y topología de las interacciones entre plantas y el ensamble de visitantes florales que proveen servicios de polinización (Bascompte et al., 2003; Faegri & Van Pijl 1979). Rasgos como, por ejemplo, la forma de la corola o morfotipo floral (e.g. acampanada, tubular, rotácea, entre otras), tamaño y la simetría floral (actinomorfa, cigomorfa), ofrecen a los visitantes florales diversas formas de acceso a los recursos y recompensas alimentarias (como el néctar y polen) (Faegri & Van Pijl 1979; Fenster et al 2004; McCall & Irwin, 2006). También conjuntos de ciertos rasgos florales, como polimorfismos de pigmentación de la corola, guías de néctar, tamaño y disposición de los órganos sexuales (e.g. hercogamia, dicogamia), entre otras, se asocian a diferentes modos de polinización, conocidos como síndromes florales (Chalcoff et al., 2014; Fenster et al., 2004). En sistemas naturales (e. g. praderas, matorrales) estos síndromes florales son seleccionados por el ensamble de polinizadores visitantes (generalistas o especialistas, Aizen et al., 2002), y producto de sus interacciones dinámicas en el tiempo configuran y promueven la diversidad de plantas y animales en una comunidad (Fenster et al 2004; Rovere et al., 2006; Tadey & Aizen, 2001).

La diversidad de especies en las comunidades es una parte fundamental de los ecosistemas y se caracteriza por las relaciones entre sus componentes, por ejemplo, la composición de especies y los ensambles que la conforman, por rasgos funcionales predominantes en una comunidad (e.g. bosque laurifolio, esclerófilo, referente a características funcionales de la hoja, Luebert & Pliscoff 2006), y cómo estas relaciones influyen en la estructura y el funcionamiento de la comunidad en su conjunto (Jaksic 2001).

Con respecto con la biología floral de una comunidad vegetal, la predominancia de síndromes florales de polinización refleja hábitos y preferencias del ensamble visitante (Barrios & Ramírez 2020; Fenster et al 2004; Willmer 2011). Por esto, en la oferta floral (i.e, la variabilidad de rasgos florales utilizados por los visitantes florales). el predominio de un conjunto de caracteres florales (e.g, morfotipo o simetría floral), sugiere que existe un nivel alto de solapamiento en las interacciones planta-polinizador y el uso de polinizadores (Barrios & Ramírez 2020; Bascompte et al., 2003; Jordano et al., 2009). En comunidades naturales, en interacción de especies de plantas y de polinizadores, se presentan redes anidadas que presentan interacciones generalistas, cuyos patrones de interacción se superponen en gran medida; las especies generalistas interactúan entre ellas, pero a la vez lo hacen con especies más especializadas (Bascompte et al., 2003; Jordano et al., 2009; Medel et al., 2009).

Faegri y Van der Pijl (1979) propusieron una clasificación funcional de los morfotipos florales que, resulta útil para predecir las interacciones ecológicas entre plantas y sus visitantes florales. Esta clasificación se basa en las características morfológicas y de simetría de las flores y su influencia en la atracción y acceso de los polinizadores a las recompensas

alimentarias. Los morfotipos incluyen flores inconspicuas, que carecen de atracción óptica y suelen ser polinizadas abióticamente; flores en forma de plato o cuenco, con órganos reproductores centrados y simetría actinomorfa, polinizadas por escarabajos, avispa, moscas y murciélagos; flores en forma de campana o embudo, con corolas que funcionan como atractores visuales y órganos sexuales centrados, atrayendo a avispa, moscas, murciélagos y abejas. Las flores con gargantas tienen órganos sexuales en la parte superior de la flor y polen depositado en la espalda del polinizador, típicamente zygomórficas y polinizadas por abejas, polillas, mariposas y aves. Las flores con bandera poseen órganos sexuales en la parte inferior, depositando polen en el vientre del polinizador, atrayendo a abejas, mariposas y aves. Finalmente, las flores tubulares, con tubos largos y estrechos, son polinizadas por animales especializados, generalmente abejas, polillas, mariposas y aves. Este enfoque funcional de los rasgos florales permite comprender cómo la morfología floral influye en la estructura de las comunidades de polinizadores y facilita la predicción de las interacciones planta-polinizador (Barrios & Ramirez 2020; Faegri & Van der Pijl 1979; Vásquez, C. 2019). Un ejemplo de este escenario, son los bosques templados de Sudamérica austral (que se extienden entre los 37° y 55° S) (Cabrera & Willink 1980); en estos bosques se ha reportado que al menos el 85% de los géneros de plantas angiospermas leñosas, son visitadas y polinizadas por animales (Aizen et al. 2002). Y además que, en la oferta floral de este bioma, cerca del 20% de los géneros de plantas producen flores tubulares rojas (asociado al síndrome floral de ornitofilia), en las que predomina la polinización mediada por *Sephanoides sephaniodes* (Aizen et al., 2002; Armesto et al., 2006; Smith-Ramirez & Armesto 2003), la única especie de colibrí presente en estos bosques (Aizen et al. 2002; Chalcoff et al 2014). Sin embargo, la potencial predominancia de ciertos síndromes florales en la oferta floral y su relación con el tipo de visitantes florales ha sido muy poco estudiado hacia el límite norte de

la distribución del bosque templado sudamericano, donde además la perturbación entrópica y cambio de uso de suelo ha sido un fuerte modelador del paisaje en los últimos 50 años.

A partir de la interacción entre plantas y animales (e.g. insectos polinizadores) a través del tiempo, surgen mutualismos altamente especializados. Pero también, existen relaciones generalistas, donde flores son visitadas por diversas especies de insectos y a su vez, los insectos visitan variadas especies de plantas (Aizen et al 2009; Chalcoff et al 2014; Willmer, 2011). Estos patrones de redes de interacción son dinámicos, e implica el rol crucial que juegan los rasgos florales en las interacciones planta-polinizador de las comunidades (Jordano et al, 2009). Cuando estas comunidades son perturbadas, fragmentadas y afectadas con la pérdida de especies en la red comunitaria, y además con la introducción de nuevas especies, los patrones de polinización son alterados significativamente (Aizen et al 2009). Y por lo general, estos cambios en las redes de interacción afectan la selección por parte de los polinizadores y la reproducción de plantas con rasgos florales especializados (Bartomeus et al., 2013). En consecuencia y producto de las perturbaciones antrópicas reiteradas en el tiempo, la adaptación de las plantas a estos cambios puede incluir la evolución hacia estrategias reproductivas y rasgos florales más generalistas, permitiendo interacciones con una mayor variedad de polinizadores (Jordano, 2016).

Por lo tanto, a escala comunitaria, la diversidad de rasgos florales está directamente relacionada con la diversidad de polinizadores que visitan y pueden acceder a las recompensas florales, ya sea polen o néctar (Bartomeus et al., 2013), así también, a otros visitantes florales, como nectarívoros, florívoros o el desarrollo de larvas en flores (Solberg,

E. 2007). Estas visitas pueden resultar benéficas o no para las plantas; ya que no todos los visitantes florales son polinizadores efectivos (Chalcoff et al 2014; Willmer 2011).

1.2. El rol de las especies introducidas en la composición y oferta floral

Las especies de plantas o insectos introducidos en nuevos ambientes, y que lograron superar las barreras ambientales para su establecimiento (como barreras geográficas, variaciones climáticas, depredación y competencia interespecífica con especies nativas y no nativas, entre otras), pueden volverse altamente abundantes y dominantes, transformándose en invasoras, ocupando y desplazando a especies nativas de su hábitat natural (Fuentes et al., 2014; Traveset & Richardson, 2006).

De los rasgos y estrategias más comunes empleadas por las plantas invasoras, se asocian a rasgos funcionales que promueven la reproducción y expansión de sus poblaciones, como la autocompatibilidad, producción abundante de néctar y polen, y largos periodos de floración, producción de grandes cantidades de flores y bancos de semillas, aumentando sus probabilidades de éxito reproductivo y dispersión (Traveset & Richardson, 2006). Otras estrategias funcionales importantes, son, por ejemplo, la fenología de floración, que en plantas invasoras puede diferir significativamente de las nativas, evitando la competencia directa por polinizadores (Fahr, 2017; Pyšek & Richardson, 2007). También señalan que algunas invasoras florecen antes o después que las nativas, explotando los recursos de polinización en diferentes momentos.

Estas características no solo facilitan la reproducción y expansión de las especies de plantas invasoras, sino que también influyen en la estructura de las redes de interacción ecológica

entre plantas y visitantes florales (Barrios & Ramírez 2020). El crecimiento de poblaciones de especies invasoras puede llevar a la homogenización biológica y a la disminución de la diversidad funcional y taxonómica, afectando las interacciones planta-animal entre especies nativas (Morales & Traveset, 2009; Aizen et al., 2008; Buchholz et al., 2020). La competencia por polinizadores puede reducir el éxito reproductivo de las nativas y alterar el flujo génico del ecosistema (Morales & Traveset, 2009). En la zona centro-sur de Chile, la riqueza de plantas nativas e introducidas muestra una relación negativa a nivel comunitario, probablemente debido a la competencia en zonas perturbadas (Morales & Traveset, 2009).

La predominancia de plantas hermafroditas, que puede reflejar patrones de selección y reproducción comunes (Charlesworth, 2006), no necesariamente indica mayor especialización o generalización entre especies nativas e introducidas. La influencia de estos sistemas sexuales en la diversidad de morfotipos florales y sus interacciones con los polinizadores es crucial. La competencia por polinizadores puede disminuir la diversidad funcional y taxonómica, afectando tanto la composición de las comunidades vegetales como la de los insectos visitantes florales, especialmente en presencia de especies invasoras en comunidades peri-urbanas (Buchholz, et al., 2002).

1.3. Composición de especies de plantas en las Comunidades Emergentes de la zona Centro-Sur de Chile

Entre los principales motores de cambios en la biodiversidad y la estructura de los ecosistemas a nivel global, se encuentra, la invasión de especies exóticas, facilitada por la globalización, las actividades humanas y el cambio de uso de suelo (Ellis et al., 2015; Sala

et al., 2000; Mack et al., 2000). Estos eventos recurrentes en la historia de la humanidad han dado lugar a la formación de ecosistemas emergentes ("Novel Ecosystems"), caracterizados por combinaciones únicas de especies nativas e introducidas (en adelante, comunidades emergentes), promoviendo nuevas dinámicas e interacciones ecológicas, diferentes a los ecosistemas históricos prístinos (Hobbs et al., 2013).

Históricamente, la zona centro-sur de Chile ha sufrido una significativa sustitución del uso de suelo debido a plantaciones forestales, habilitación agropecuaria, incendios y otras intervenciones sin criterios silviculturales adecuados, resultando en tasas alarmantes de deforestación (Aizen et al., 2002; Arroyo et al., 2018; Fuentes et al., 2014). En la zona centro-sur de Chile, particularmente la Región del Biobío, es una zona de transición bioclimática mediterránea-templada, que comprende comunidades altamente diversas, compuestas por especies de plantas de bosques y matorrales esclerófilos costeros (vulnerables o en peligro crítico según la IUCN) y especies de bosques templados lluviosos (Luebert & Pliscoff, 2006). Estos bosques están experimentando transformaciones significativas debido al cambio global, incluyendo la alteración de la estructura de las comunidades vegetales y las interacciones ecológicas fundamentales (Arroyo et al., 2018). La transformación del paisaje, incluyendo la deforestación y la introducción de especies no nativas, ha llevado a una reducción drástica de la diversidad biológica y funcional de estos ecosistemas. También, el bosque templado ha sido particularmente afectado en su porción norte, costera, depresión intermedia y ambas cordilleras, áreas que constituyen la zona de transición bioclimática mediterránea-templada (Aizen et al., 2008; Armesto et al., 2006; Luebert & Pliscoff 2006). Esto ha llevado a la fragmentación y pérdida de hábitat, impactando negativamente la permanencia de especies vegetales y sus interacciones mutualistas y tróficas (Morales &

Aizen, 2002; Aizen et al 2008). En este contexto, destaca la necesidad de estudios que aborden cómo la invasión de especies exóticas está alterando las comunidades vegetales y sus interacciones ecológicas (Aizen et al 2008; Morales, C, & Aizen, M. 2006; Luebert & Plischoff, 2006).

1.4. Problema de Investigación

En comunidades emergentes, caracterizadas por la presencia de especies nativas e introducidas, las plantas invasoras han transformado tanto la composición como la diversidad floral, lo que ha modificado las interacciones ecológicas entre plantas y sus visitantes florales. Estas transformaciones afectan no solo la estructura de la comunidad vegetal, sino también la conformación de ensambles de insectos que visitan las flores, un aspecto que ha sido poco explorado en los ecosistemas fragmentados y periurbanos. Las comunidades emergentes de Concepción metropolitana, que combinan especies del bosque esclerófilo y templado con plantas introducidas, presentan una oportunidad única para estudiar cómo los cambios en la diversidad de rasgos florales influyen en la atracción y composición de los polinizadores. Específicamente, la presencia de especies introducidas en estos sistemas tiene el potencial de alterar las redes de interacción planta-polinizador al modificar los rasgos florales disponibles, tales como la simetría, el morfotipo y el sistema sexual. Estas modificaciones pueden influir en las tasas de polinización y en la diversidad de insectos que visitan las flores, como han señalado estudios previos sobre el impacto de especies invasoras en las interacciones tróficas mediadas por flores (Brown et al., 2016; Klein et al., 2007). En las áreas periurbanas de Concepción, la proporción de especies introducidas y las actividades humanas asociadas pueden generar nuevas interacciones ecológicas, modificando la estructura y función ecosistémica (Medel et al., 2024).

Por lo tanto, es esencial entender cómo la composición de especies nativas e introducidas influye en la oferta floral y cómo estos patrones afectan la estructura del ensamble de insectos visitantes. La variabilidad en los rasgos florales entre vecindarios florales, junto con la identificación de los insectos que los visitan, permitirá explorar de manera detallada las interacciones planta-polinizador y su respuesta a los cambios en la composición de la vegetación. Este estudio contribuirá a comprender la dinámica de la diversidad floral y de los insectos en comunidades emergentes adyacentes a fragmentos de bosque templado-esclerófilo.

Preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son los morfotipos funcionales que predominan y caracterizan la oferta floral en las comunidades emergentes adyacentes a fragmentos de bosque templado y esclerófilo costero?
2. ¿Cómo varía la composición y diversidad de rasgos florales (morfotipo, simetría y sexo floral) en comunidades emergentes adyacentes a fragmentos de bosque templado y esclerófilo entre el ensamble de especies nativas e introducidas?
3. ¿De qué manera la proporción de especies introducidas en los vecindarios florales influye en la composición y diversidad de insectos visitantes florales en estas comunidades emergentes? ¿Existen patrones específicos en la asociación entre la oferta floral y la diversidad de insectos?

1.5. Hipótesis

La composición y diversidad de rasgos florales en comunidades emergentes varía en función de la proporción de especies introducidas en cada vecindario floral adyacente a fragmentos de bosque esclerófilo y templado de Concepción, lo que a su vez determina la composición y diversidad de familias de insectos que conforman el ensamble de visitantes florales.

Predicciones:

1. Los morfotipos florales discretos (*i.e.* flores apétalas) y en forma de plato (*i.e.*, rotáceas) predominan en la oferta floral de comunidades emergentes, debido a la presencia y predominancia de plantas introducidas invasoras.
2. La diversidad de especies de plantas nativas e introducidas contribuirá de manera diferenciada, en términos de abundancia relativa, a la variabilidad de los rasgos florales, incluyendo simetría, morfotipo y sexo floral, en comunidades emergentes.
3. La proporción de especies de plantas introducidas en los vecindarios florales influye en la composición y diversidad de familias de insectos que conforman el ensamble de insectos visitantes florales, donde, en vecindarios con mayor proporción de plantas introducidas, disminuya la diversidad y número de familias de insectos.

1.6. Objetivo general

Distinguir patrones de composición y diversidad floral en comunidades emergentes adyacentes a bosques nativos (templados y esclerófilo costero) periurbanos de Concepción metropolitana, y su influencia sobre la composición y diversidad de familias de insectos visitantes florales.

1.7. Objetivos específicos

1. Caracterizar la composición de especies de plantas nativas e introducidas que conforman las comunidades emergentes de bosque en Concepción metropolitana.
2. Determinar la oferta floral, abundancia relativa y diversidad de rasgos florales (morfortipo, simetría y sexo floral) en las comunidades emergentes de bosque en Concepción metropolitana.
3. Contrastar los vecindarios florales en términos de proporción de especies introducidas presentes.
4. Identificar la composición y diversidad de familias que conforman el ensamble de insectos visitantes florales presentes en los vecindarios florales, evaluando patrones y relaciones entre la composición floral y la diversidad de insectos.

METODOLOGÍA

2.1. Sitio de estudio y base de datos para la comparación Comunitaria

Para la caracterización de la composición de especies en las comunidades nativas y emergentes en Concepción, se realizó entre 9 y 15 parcelas de 100 m² en dos sitios de estudio: Parque Metropolitano Cerro Caracol (PMCC) y Parque Pedro del Río Zañartu – Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (PPRZ). La elección de estos sitios se basó en su representatividad de bosques esclerófilos costeros y templados (Luebert & Pliscoff, 2006) periurbanos y la variación en las condiciones ambientales. Cada parcela se ubicó al azar dentro de los límites de cada sitio de estudio. Para caracterizar la composición de especies de plantas y su distribución en cada comunidad, en cada unidad muestral, se registró la abundancia relativa de especies utilizando la escala de Cobertura de Braun-Blanquet modificada (de 1 a 6).

Además, se categorizaron los rasgos florales, como morfotipo, sexo floral y simetría, mediante la revisión de literatura especializada, análisis de fotografías disponibles en plataformas de botánica estándar y la comparación con el libro de terminología botánica "*Plant Identification Terminology*" (Harris & Harris, 2001). Para esto, se consideraron los siguientes rasgos: simetría floral, morfotipo floral (fenotipo floral) y sexo floral.

Luego, se utilizó el criterio de Faegri y Van der Pijl (1979) para la clasificación de morfotipos funcionales asociados a la interacción biótica con visitantes florales. Esta clasificación de morfotipos florales funcionales, que incluye: flores inconspicuas o discretas; flores en forma de plato o cuenco; flores en forma de campana o embudo; flores con gargantas; flores tipo

bandera y finalmente, flores tubulares, quevconsidera aspectos de organización de los verticilos florales y estrategias de movilidad de los visitantes que confiere una polinización efectiva. Esto permitió construir una matriz donde las filas representan las unidades muestrales (parcelas) y las columnas representan diferentes rasgos florales.

2.2. Clasificación de Rasgos florales

Para evaluar la diversidad funcional de los rasgos florales en las comunidades emergentes, los rasgos florales fueron categorizados en función de su relevancia funcional y su influencia en las interacciones bióticas con insectos (Faegri & Van der Pijl, 1979). Los principales rasgos considerados en este estudio incluyen el morfotipo y simetría floral, y el sistema sexual. Se clasificaron mediante una revisión de la literatura, análisis fotográfico y comparación con terminología botánica estándar (Harris & Harris, 2001).

La simetría floral se clasificó en actinomorfa y cigomorfa, dado su papel en la restricción de los visitantes florales en función del tamaño corporal o la longitud de la probóscide (Medel et al., 2003; Joly et al., 2018) Los morfotipos florales se categorizaron utilizando el criterio de Faegri & Van der Pijl (1979), que distingue entre morfotipos funcionales como flores inconspicuas o discretas, flores en forma de plato o cuenco, flores en forma de campana o embudo, flores con gargantas, flores tipo bandera y flores tubulares. Estas clasificaciones consideran la disposición de los órganos florales y las estrategias de los visitantes que facilitan una polinización efectiva. Además, los sistemas sexuales de las flores “monoclinas, monoicas, dioicas, policlina monoica, policlina dioica”, se clasificaron mediante una revisión de la literatura (Lemus-Barrios, et al., 2022). Estos esfuerzos culminaron en la construcción

de una matriz donde las filas representaban las unidades de muestreo (parcelas) y las columnas representaban los diferentes rasgos florales.

2.3. Vecindario Floral

Para términos prácticos de investigación, entenderemos como "vecindario floral" una parcela de estudio de 100 m². Este concepto permite caracterizar la oferta floral en términos de diversidad de morfotipos florales en cada comunidad emergente. La caracterización del vecindario floral se realizó cuantificando la abundancia relativa de especies de plantas representativas de vecindarios florales en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado. Cada especie se categorizó como nativa o introducida. Los vecindarios florales se clasificaron según un índice de proporción de especies introducidas en cada uno.

2.4. Recolección e Identificación de Insectos visitantes florales

Para caracterizar el ensamble de insectos visitantes florales en los diferentes vecindarios florales de las comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado en los sitios de estudio, se empleó el método de pan traps o trampas de platos de colores. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada y validada en estudios de ecología de polinización debido a su eficiencia, simplicidad y bajo costo (Leong & Thorp, 1999; Droege et al., 2009; Berglund, 2016; Wang et al., 2017). Los platos trampa, que simulan el color de las flores y actúan como atractivos para diversos insectos antófilos, fueron colocados sobre estacas de madera de 1 metro de altura en seis sitios de muestreo, estandarizando su instalación en bordes y claros de bosque.

Cada trampa contenía una mezcla de agua y jabón líquido sin olor para romper la tensión superficial y facilitar la captura de los insectos. Las trampas se revisaron periódicamente

durante la primavera y el verano, entre octubre de 2023 y febrero de 2024, para recolectar insectos pertenecientes a diferentes órdenes, como Hymenoptera, Diptera, Coleoptera y Lepidoptera (Vrdoljak & Samways, 2012; Saunders & Luck, 2013). Los insectos colectados fueron cuidadosamente extraídos con pinzas de punta plana y depositados en tubos etiquetados con la información correspondiente (sitio de muestreo, color del plato, y fecha de colecta).

Las muestras fueron preservadas en alcohol al 70% y trasladadas al laboratorio de Entomología del Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción, donde se realizó la identificación taxonómica con la ayuda de lupas estereoscópicas, claves taxonómicas y asesoramiento especializado de la Dra. Vivian Jeréz. Posteriormente, la clasificación funcional del ensamble de insectos con hábitos florales se realizó a través de una revisión exhaustiva de la bibliografía y material de apoyo proporcionado por la especialista, para la construcción de una base de datos completa y precisa.



Imágenes. Trampas instaladas en Vecindarios florales colindantes a la Estación Biológica Terrestre en predio del Parque Pedro del Río Zañartu

2.5. Análisis de datos

Para evaluar las diferencias en los rasgos florales y su relación con el origen geográfico de las especies, se realizó un análisis PERMANOVA de dos vías para los tres rasgos florales (morfotipo, simetría y sexo floral) y el origen geográfico (nativo o introducido). Se utilizó este análisis, dado que la distribución de los datos de abundancias relativa de cada rasgo no fue normal. Para analizar la variabilidad de los rasgos florales entre especies nativas e introducidas en ambas comunidades de bosque esclerófilo y templado, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA), considerando tres rasgos florales principales: sexo floral, simetría floral y morfotipo floral. Las observaciones se agruparon según el origen geográfico de las especies (nativas e introducidas). Los resultados se graficaron en un biplot (ordenamiento bidimensional) que muestra las dos primeras componentes principales (Dim1 y Dim2).

Se realizó un PCA para diferenciar los vecindarios florales en función de la proporción de especies introducidas presentes en cada sitio de muestreo. Permitiendo identificar la composición de especies introducidas en los diferentes vecindarios florales, destacando la predominancia de ciertos morfotipos florales en relación con la proporción de especies introducidas. Luego se realizó un análisis PCA para identificar patrones de segregación en la composición y diversidad de insectos entre los vecindarios florales, basándose en la abundancia relativa de las familias de insectos en los distintos sitios muestreados. Posteriormente, se utilizó el índice de Shannon-Weiner para cuantificar la diversidad de familias de insectos, dada su capacidad para describir adecuadamente la complejidad de la diversidad en comunidades ecológicas (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Finalmente, se aplicó una regresión polinomial cúbica para modelar la relación no lineal entre la proporción

de especies introducidas (PROP I) y la cantidad de familias de insectos, así como el índice de diversidad de Shannon (H), captando posibles umbrales en la composición del ensamble de insectos (Hortal & Lobo, 2002). Todos los análisis y representaciones gráficas se realizaron utilizando los softwares PAST4, SigmaPlot, R Studio y Python.

RESULTADOS

3.1. Morfotipos florales que conforman la oferta floral en Comunidades emergentes

En el análisis de rasgos florales a escala de paisaje en dos comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano, se identificaron diversas familias de plantas nativas e introducidas. Este estudio identificó un total de 76 familias de plantas en los análisis de rasgos florales, reflejando una amplia biodiversidad que incluye plantas leñosas, herbáceas y bulbosas, demostrando la complejidad y riqueza florística de las comunidades estudiadas (Anexo I, Tabla A1).

La caracterización de los rasgos florales reveló la presencia de seis morfotipos florales según los definidos por Faegri & Van Der Pijl (1979), donde se incluyen flores del tipo: plato o pocillo (e.g. *Luma apiculata*, *Aristotelia chilensis*, *Prunus domestica*), discretas o inconspicuas (*Salix babylonoca*, *Cissus striata*, *Rhamnus diffusus*), campana (*Bomearea salcilla*, *Echium vulgare*, *Convolvulus arvensis*), tubular (*Lapageria rosea* *Greigia sphacelata*, *Fuchsia magellanica*), garganta (*Bartsia trixago*, *Jovellana violácea*, *Teucrium bicolor*) y bandera (*Lotus subpinnatus*, *Galega officinallis*, *Teline monspessulana*) (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de especies de plantas con morfotipos florales, presentes en ambas comunidades emergentes de bosque templado y esclerófilo de Concepción metropolitano.

Morfotipo floral	Nº especies (plantas)
Plato o cuenco	140
Campanulada	28
Discreta o Inconspicua	27
Bandera	25
Garganta	19
Tubular	16
Total	255

Los resultados de los análisis PERMANOVA de dos vías, se resumen en la Tabla 2, revelando una diferencia significativa en las abundancias relativas de los morfotipos florales ($F = 0.913$, $p = 0.016$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para el factor de origen geográfico de las especies ($F = 0.883$, $p = 0.102$), tampoco en la interacción entre factores como el morfotipo y origen ($F = -22.083$, $p = 0.184$). Luego, la Figura 1 muestra la frecuencia relativa de los morfotipos florales de las especies de plantas nativas e introducidas que conforman las comunidades emergentes en fragmentos del bosque esclerófilo y templado de Concepción. En la cual, destaca la predominancia de los morfotipos florales tipo plato y discretos, en ambos ensambles de plantas de origen nativas e introducidas. A su vez, la frecuencia relativa para el morfotipo bandera, presenta mayor abundancia (en términos de frecuencia relativa) en especies introducidas, a diferencia de las especies de plantas nativas, en contraste a los morfotipos tubulares, que no se identificó en especies introducidas en este muestreo.

Tabla 2. Resultados del análisis PERMANOVA de dos vías para los rasgos florales (morfotipo, simetría y sexo floral) y el origen geográfico (nativo o introducido). La tabla muestra la variación explicada por cada factor: Suma de los cuadrados, grados de libertad (df), el valor medio de los cuadrados (Mean square), el valor F (F) y el valor de p (p). Los valores de la Interacción entre factores son representados con una X.

PERMANOVA dos vías para Rasgos Florales y ensamble de origen geográfico					
Variación	Sum qr	df	Mean square	F	p
Morfotipo	0.842	5	0.168	0.913	0.016*
origen	0.163	1	0.163	0.883	0.102
M X O	-20.370	5	-4.074	-22.083	0.184
Variación	Sum qr	df	Mean square	F	p
Simetría	0.031	1	0.031	0.328	0.525
Origen	0.220	1	0.220	23.707	0.057*
Sim X O	-45.664	1	-45.664	-49.156	0.034*
Variación	Sum qr	df	Mean square	F	p
Sexo	0.057	4	0.014	0.091	0.899
origen	0.297	1	0.297	18.861	0.014*
Sex X O	-18.589	4	-46.472	-29.486	0.032*

La significancia estadística denotada con un asterisco (*) en los valores de p.

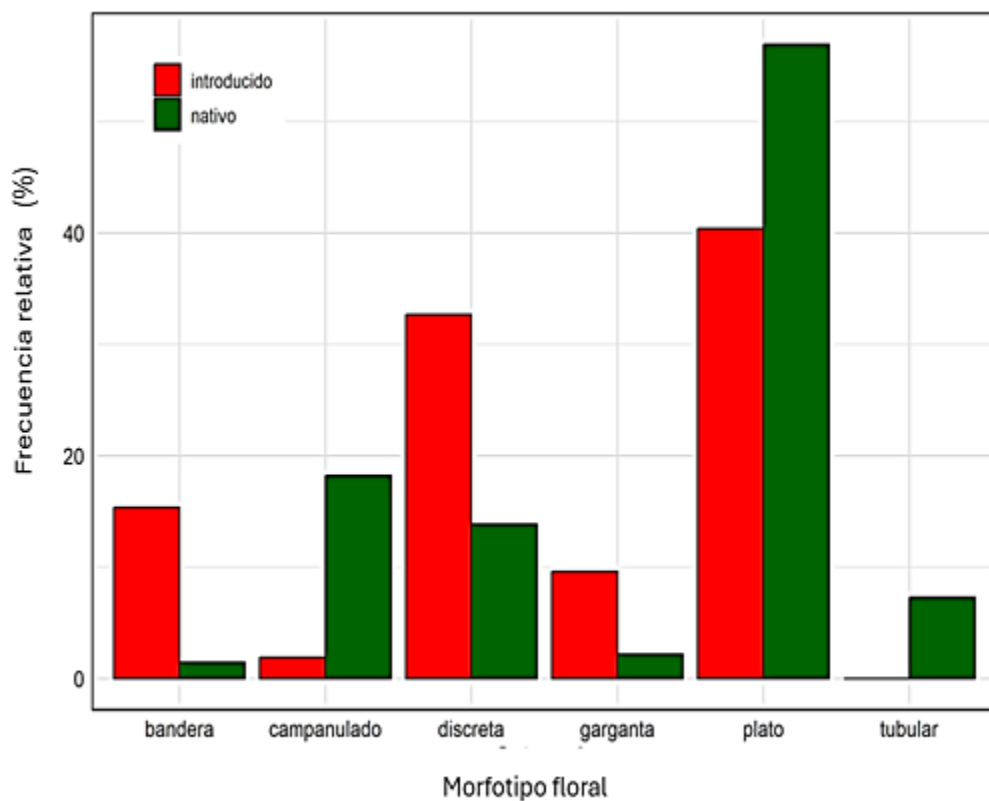


Figura 1. Frecuencia absoluta de los morfotipos florales de las especies de plantas en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano. Frecuencia de los morfotipos florales diferenciada por el origen de las especies de plantas, con las especies introducidas en rojo y las nativas en verde.

3.2. Variabilidad de los rasgos florales entre especies de plantas de diferente origen geográfico en Comunidades emergentes

A partir de los resultados obtenidos del análisis no paramétrico PERMANOVA de dos vías (Tabla 2), sobre la variabilidad de los rasgos florales de las 78 familias de plantas que conforman esta muestra, se destaca lo siguiente: Para las abundancias relativas de los morfotipos florales, no se encontraron diferencias significativas para el factor de origen geográfico de las especies ($p = 0.102$), tampoco en la interacción entre factores como el morfotipo y origen ($p = 0.184$), mencionado anteriormente. No obstante, se demuestran diferencias significativas en la simetría floral para las abundancias relativas entre especies nativas e introducidas ($p = 0.057$). como también para la interacción entre los factores simetría floral y origen geográfico ($p = 0.034$), sugiriendo que la simetría floral puede estar influenciada por el origen geográfico en combinación con otros factores. Paralelamente, el Sexo floral mostró diferencias significativas en la abundancia relativa del sexo floral entre las especies nativas e introducidas ($p = 0.014$). Asimismo, se encontraron diferencias significativas en la interacción entre los factores sexo floral y el origen geográfico ($p = 0.032$), indicando una posible influencia combinada de estos factores en la variabilidad observada.

La figura 2, muestra la frecuencia relativa de la simetría floral actinomorfa y cigomorfa de las especies de plantas nativas e introducidas que conforman las comunidades emergentes en fragmentos del bosque esclerófilo y templado de Concepción. En la figura, la simetría actinomorfa presenta mayor abundancia, particularmente entre especies de origen nativo,

seguido de las flores cigomorfas, las cuales especies introducidas presentan mayor abundancia en termino de frecuencia relativa.

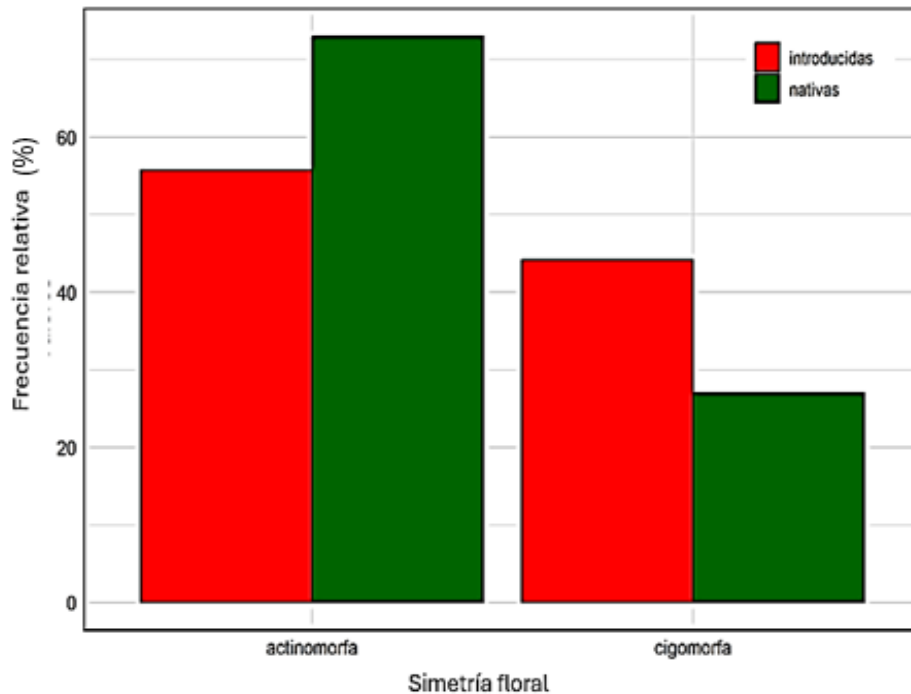


Figura 2. Abundancia de la simetría floral de las especies de plantas en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano. La frecuencia relativa diferenciada por el origen de las especies (introducidas en rojo, nativas en verde).

Con respecto a el sexo floral (Figura 3), se demuestra que el sistema de reproducción sexual monoicino o hermafrodita predomina en ambos ensambles de especies de origen geográfico en términos de frecuencia relativa. También las especies nativas muestran la mayor abundancia en sistemas dioicos y monoicos, por sobre las especies introducidas en estos rasgos sexuales. Por último, y en orden decreciente, tanto para especies nativas e introducidas muestran escasa representación de los sistemas sexuales polígamos monoicos o polígamo dioico.

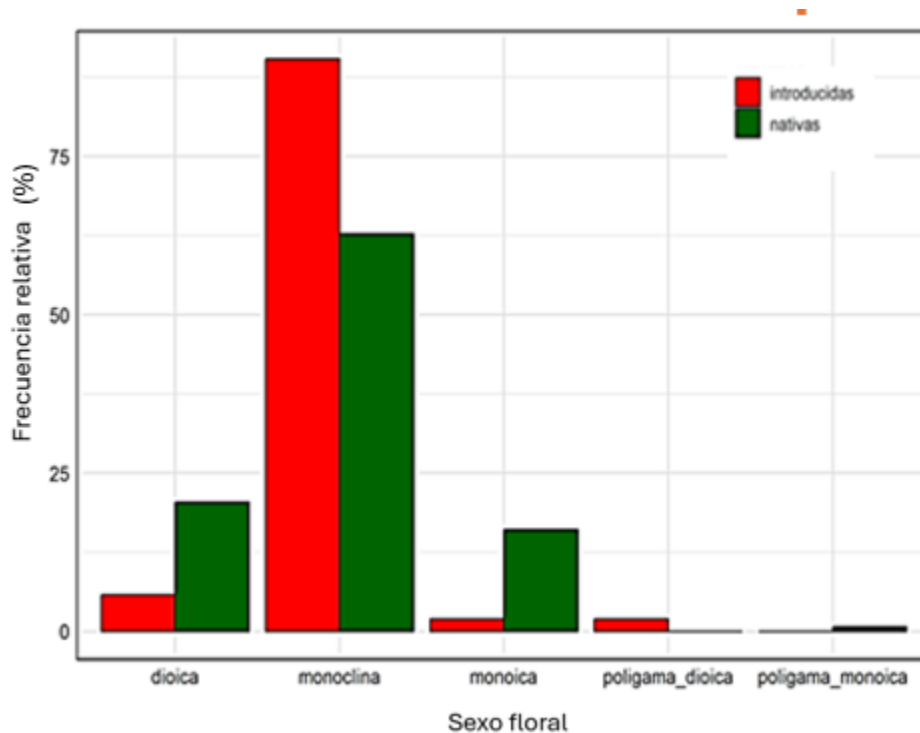


Figura 3: Abundancia del sexo floral de las especies de plantas en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano. La frecuencia relativa diferenciada por el origen de las especies (introducidas en rojo, nativas en verde).

Posteriormente a partir del análisis PCA (Figura 4), en la comparación de la variabilidad diferenciada entre los rasgos florales y su relación con el origen geográfico de las especies, reveló claras diferenciaciones en los rasgos florales entre las especies nativas e introducidas en los dos tipos de bosque estudiados. Las especies introducidas (representadas por puntos azules) tienden a agruparse en diferentes regiones del biplot en comparación con las especies nativas (puntos verdes), lo que sugiere diferencias en la variabilidad de sus rasgos florales.

La primera componente principal (Dim1), que explica el 14.2% de la varianza, parece estar influenciada principalmente por la presencia de rasgos florales específicos, entre ellos destaca la forma de plato o pocillo (MPL), simetría actinomorfa (acti) y sistema de reproducción monoclina y flores hermafroditas (monocl), mientras que la segunda componente (Dim2), que explica el 12% de la varianza, está asociada con la diferenciación entre los sistemas de reproducción dioicos (dioico) y monoclinales (monocl), en direcciones y función opuestas. Las especies introducidas muestran una mayor dispersión en el espacio del PCA, lo que podría indicar una mayor diversidad en sus rasgos florales. Las especies nativas, por otro lado, parecen agruparse más estrechamente, sugiriendo una menor variabilidad en los rasgos florales dentro de cada comunidad. En el Anexo II, se presentan las contribuciones de las tres variables con mayor carga en los dos primeros componentes principales de cada PCA (Tabla A2).

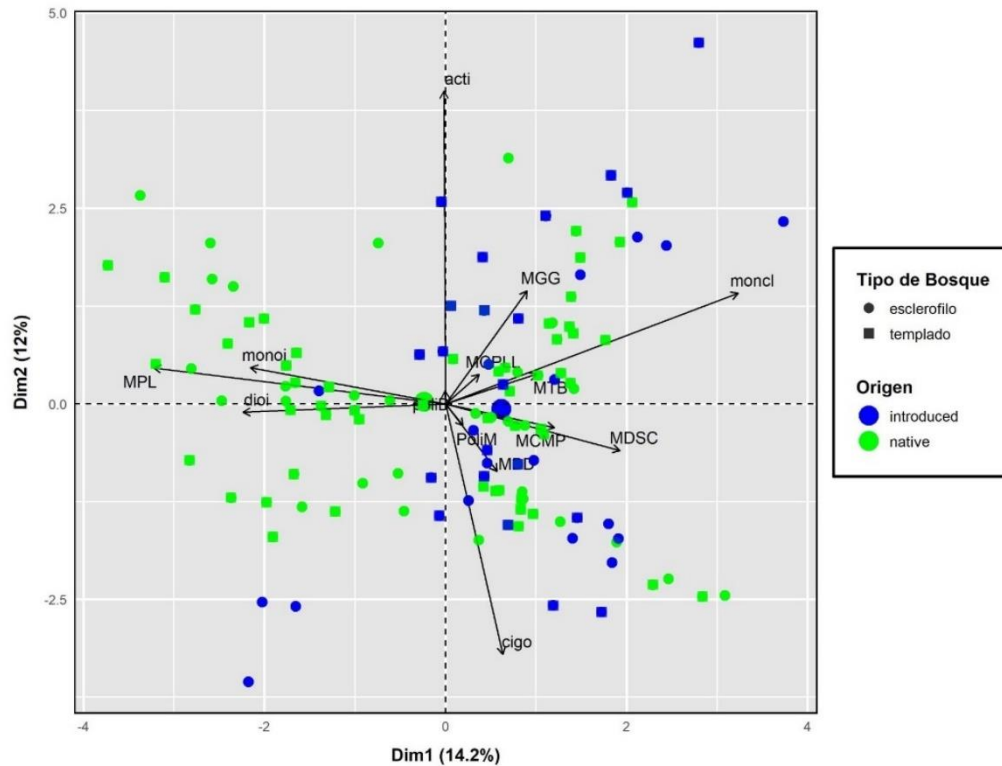


Figura 4. Análisis de Componentes Principales (PCA) de Rasgos Florales en Especies Nativas e Introducidas en Bosques Esclerófilos y Templados. El gráfico muestra la distribución de especies según los primeros dos componentes principales (Dim1 y Dim2), que explican un 14.2% y un 12% de la varianza total, respectivamente. Las especies se agrupan por tipo de bosque (esclerófilo, representado por círculos; templado, representado por cuadrados) y origen (nativas, en verde; introducidas, en azul). Los vectores representan los rasgos florales: “MPL” (morfotipo floral en forma de plato o pocillo), “moncl” (sexo floral monoclino), “monoi” (sexo floral monoico), “dioi” (sexo floral dioico), “acti” (simetría actinomorfa), entre otros.

3.3. Composición y diversidad de familias de insectos en vecindarios florales adyacentes a fragmentos de bosque esclerófilo y templado

Primeramente, se identificaron un total de 59 especies de plantas distribuidas en 30 familias diferentes, en un total de 117 individuos muestreados en los vecindarios florales. Entre las especies, 31 son de origen nativo, mientras que 28 corresponden a especies introducidas (Tabla 3). Las familias que aportaron con mayor frecuencia a la composición y oferta floral entre los vecindarios florales son Asteraceae, Fabaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Elaeocarpaceae, Lardizabalaceae, Lauraceae, Alstroemeriaceae y Monimiaceae (en orden decreciente), con frecuencias que van desde aproximadamente 0.145 hasta 0.035 (**Figura 5**). Las 29 familias restantes presentan frecuencias más bajas y contribuyen menos a la composición general.

Tabla 3. Cantidad de especies de plantas nativas e introducidas y sus respectivas familias presentes en los vecindarios florales de comunidades emergentes de bosque templado y esclerófilo de Concepción.

Tabla Resumen de Composición floral en Vecindarios Florales	
Total especies de plantas	59
Especies nativas	31
Especies introducidas	28
Total familias de plantas	30

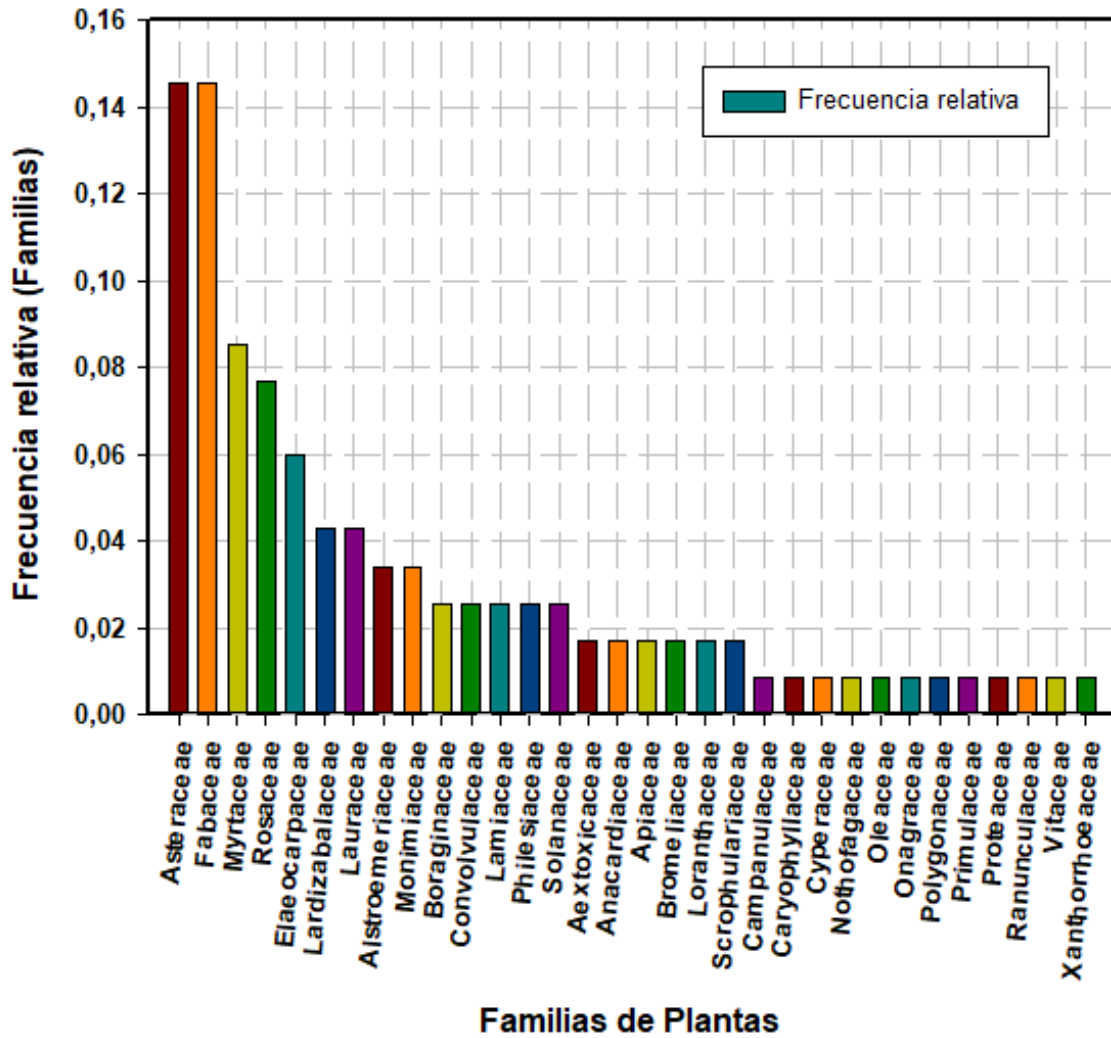


Figura 5. Frecuencia relativa de las familias de plantas presentes en vecindarios florales en comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano.

El análisis de Componentes Principales (PCA) que caracteriza los vecindarios florales con respecto a la presencia de especies introducidas de plantas en la figura 5, utilizó la abundancia relativa de las especies de plantas nativas e introducidas y sus respectivos orígenes geográficos en los diferentes vecindarios florales. La cual muestra la distribución y segregación de los vecindarios florales en un espacio bidimensional conforme a la proporción de especies de plantas introducidas presente en cada vecindario (PROP I). En la figura, los puntos representan los vecindarios florales, con formas geométricas diferentes para distinguir entre los sitios muestreados de bosque esclerófilo costero (cuadrados) y bosque templado (triángulos). El gradiente de color indica la proporción de especies introducidas en cada vecindario. Las flechas rojas muestran la dirección y magnitud vectorial de las variables abundancia relativa de morfotipos florales predominantes en cada vecindario y que caracterizan la oferta floral. En el Anexo II, se presentan las contribuciones de las tres variables con mayor carga en los dos primeros componentes principales de cada PCA (Tabla A2).

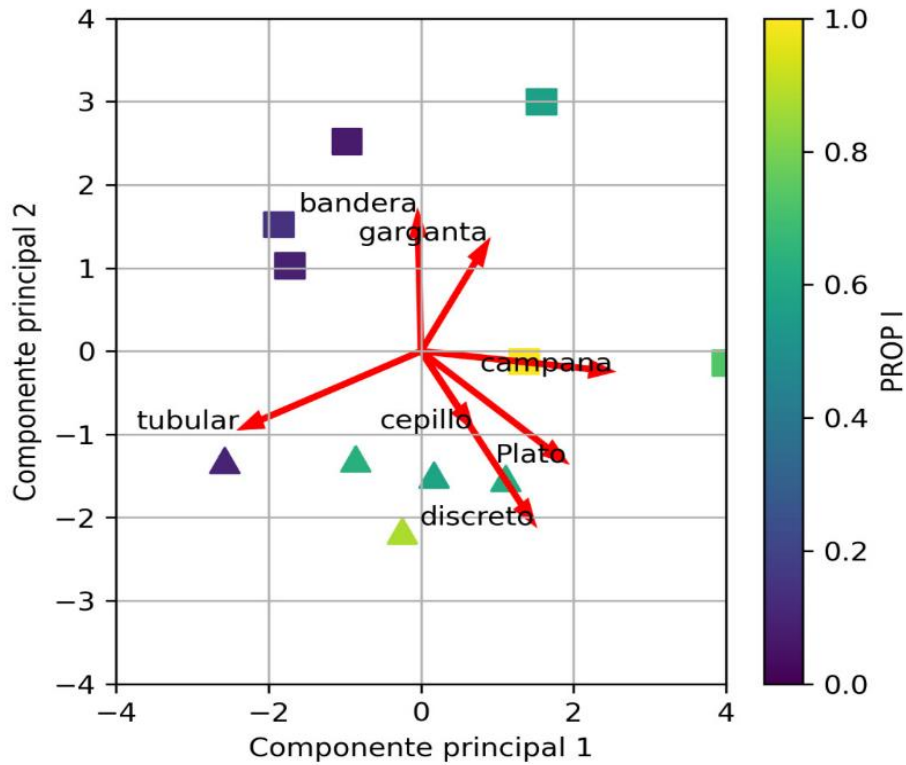


Figura 6. Análisis de Componentes Principales (PCA) de vecindarios florales contrastantes. La distribución de los vecindarios florales en un espacio bidimensional, cada punto representa un vecindario floral. El gradiente de color (PROP I) representa el índice de proporción de especies introducidas, donde el valor 1 representa mayor proporción de especies de plantas introducidas en cada sitio, y las formas representan diferentes tipos de bosque: templado (BT) y esclerófilo costero (BEC). La posición de cada punto refleja la similitud entre los vecindarios en términos de proporciones de especies introducidas y la dirección de las flechas indica la abundancia relativa de morfotipos florales predominantes en cada sitio (100m²).

Luego y a partir de la recolección de insectos colectados en “Pam Traps” en los vecindarios florales de las comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado periurbanos de Concepción, fue posible identificar el grupo funcional de hábitos florales que conforman el ensamble de visitantes florales. La tabla 3, muestra la cantidad de insectos y sus respectivas familias colectadas entre primavera y verano, donde el número total de individuos de cada familia colectados. Se identificaron un total de 169 insectos distribuidos en 26 familias y 6 órdenes (Figura 6), donde predominan los órdenes Hymenoptera y Diptera. La familia Apidae fue la más abundante, con 43 individuos, seguida de Syrphidae con 24 individuos y Muscidae con 18 individuos. Otras familias presentes incluyeron Lepidoptera (9 individuos), Blattidae (8 individuos), y Megachilidae (8 individuos). Se encontraron familias menos representadas como Acroceridae, Chrysopidae, Elateridae, Ephydriidae, y otros con solo 1 individuo cada una (Figura 7).

Tabla 4. Cantidad de Familias de insectos visitantes florales colectados en “Pam Traps” en comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado peri-urbanos de Concepción metropolitana. Las cantidades corresponden al número total de individuos de cada familia colectados entre los meses de noviembre hasta febrero.

Familia	N° de Familias (Insectos)
Apidae	43
Syrphidae	24
Muscidae	18
Melyridae	12
Lepidoptera	9
Blattidae	8
megachilidae	8
Buprestidae	5
sapygidae	5
Thyphiidae	5
Formicidae	4
Ptinidae	4
Colletidae	3
Drosophilidae	3
Halictidae	3
Vespidae	3
Coccinellidae	3
Acroceridae	1
Chrysopidae	1
Elateridae	1
Ephydriidae	1
meloidae	1
Thynnidae	1
Melandryidae	1
Tephritiidae	1
Trichoptera	1
Total de Insectos colectados	169
Total de Familias identificadas	26

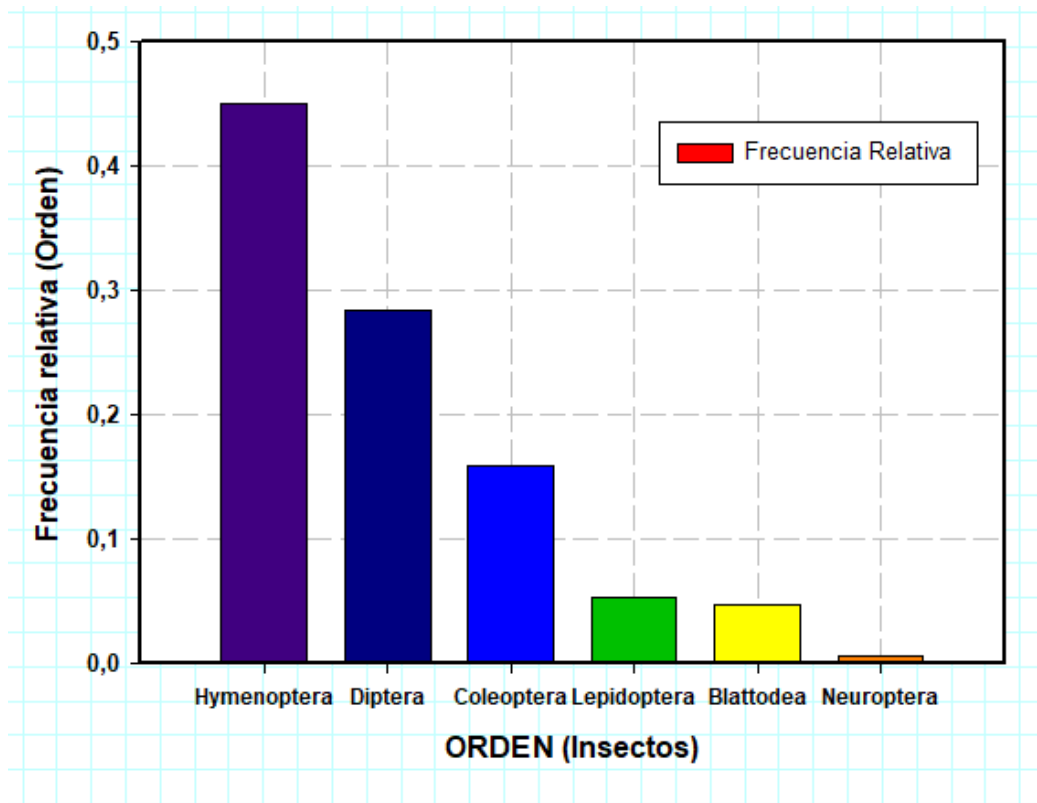


Figura 7. Ordenes de insectos visitantes florales presentes en comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado peri-urbanos de Concepción metropolitana, colectadas en “Pam Traps”. El eje Y representa la frecuencia relativa de insectos representantes por cada orden.

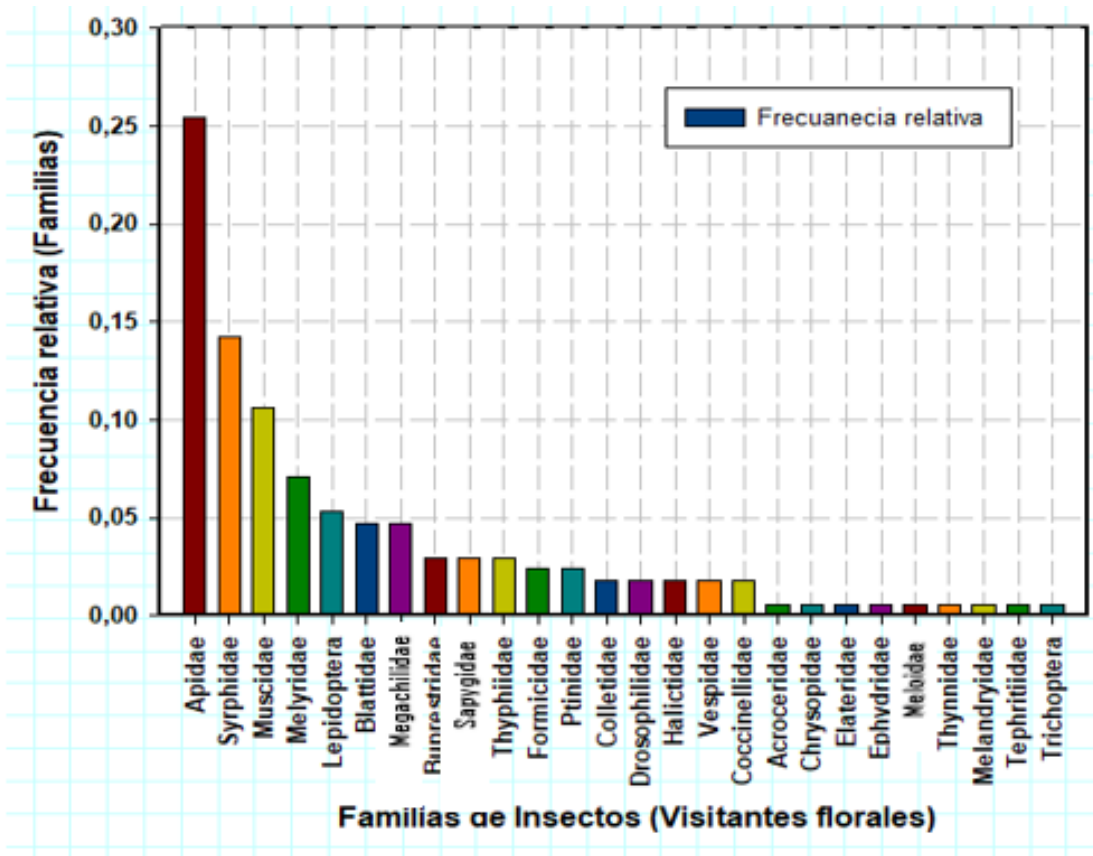


Figura 8. Familias de insectos visitantes florales presentes en comunidades emergentes de Bosque Esclerófilo-costero y Templado peri-urbanos de Concepción metropolitana, colectadas en “Pam Traps”. El eje Y, representa la frecuencia relativa de insectos representantes de cada familia.

Posteriormente, la Figura 8 muestra el análisis de componentes principales (PCA) de la abundancia relativa de diferentes familias de insectos en vecindarios florales antes mencionados, caracterizados por la proporción de especies introducidas (PROP I). A partir del ordenamiento bidimensional es posible observar como la familia Apidae se ubica en el cuadrante superior izquierdo, asociándose claramente con vecindarios florales con alta proporción de especies introducidas (PROP I cercanos a 1), lo que sugiere una preferencia o mejor adaptación de esta familia a los sitios muestreado con estas condiciones. Por otra parte, Syrphidae, se posiciona en el cuadrante derecho, particularmente hacia la zona media, lo que indica su mayor presencia en vecindarios con proporciones intermedias de especies introducidas. Por último, en los cuadrantes inferiores, se observa una fuerte cohesión de diversas familias como Drosophilidae, Colletidae, Meloidae, Chrysopidae, y Elateridae, representantes de diferentes órdenes. Estas familias no muestran una clara preferencia por vecindarios con alta proporción de especies introducidas, sugiriendo que la distribución de estas familias se comparte entre los diferentes vecindarios florales en los diferentes sitios de muestreo. En el Anexo II, se presentan las contribuciones de las tres variables con mayor carga en los dos primeros componentes principales de cada PCA (Tabla A2).

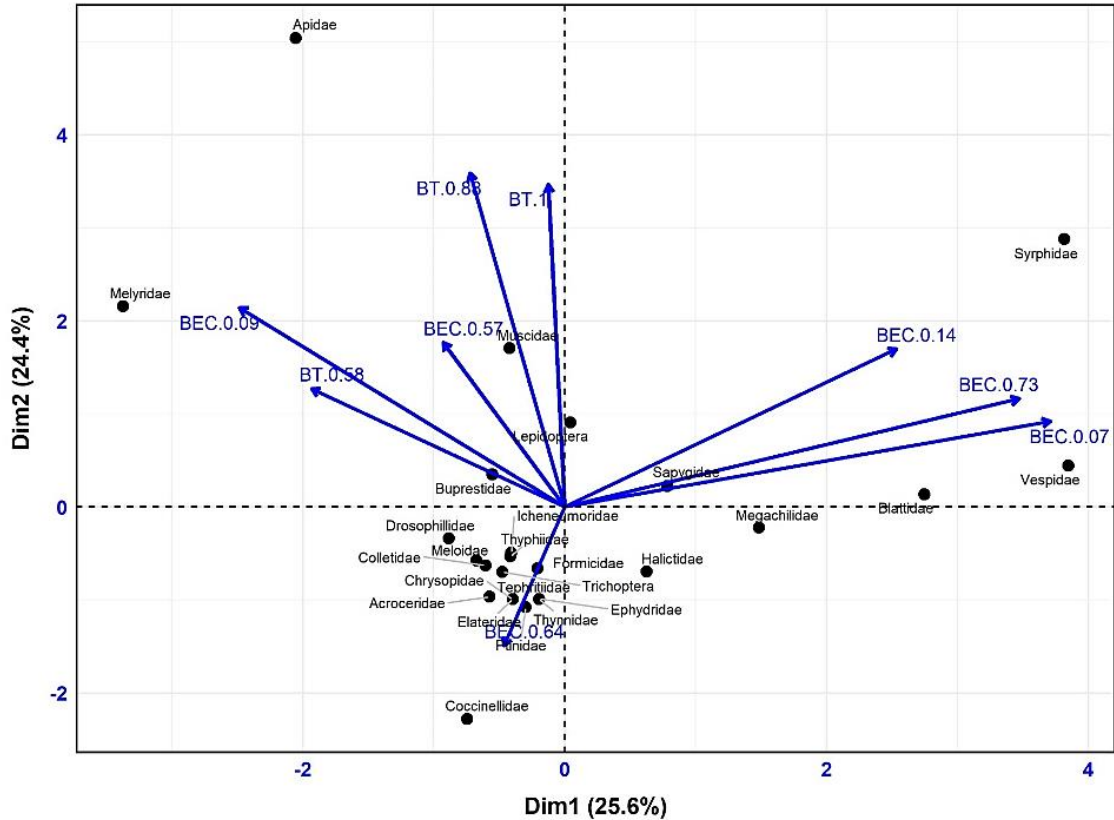


Figura 9. Análisis de Componentes Principales (PCA) de las Familias de Insectos según la Proporción de Especies Introducidas (PROP I) en Vecindarios Florales. Los puntos representan los vecindarios florales, y las líneas vectoriales indican la relación de cada familia de insectos con los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2).

En relación con la composición y diversidad de familias de insectos visitantes florales, el análisis de regresión no lineal cúbica (Figura 9) realizado para evaluar la relación entre la proporción de especies introducidas (PROP I) y la cantidad de familias de insectos reveló una notoria tendencia en fluctuaciones observadas en los datos, especialmente en la separación de los diferentes vecindarios florales según sus valores de PROP I. El modelo cúbico mostró un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) de 0.4269, lo cual indica que una proporción considerable de la variabilidad en la cantidad de familias de

insectos es explicada por este modelo. Aunque los coeficientes individuales del modelo no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$), el ajuste cúbico captura de manera más precisa las fluctuaciones observadas en los datos, especialmente en la separación de los diferentes vecindarios florales según sus valores de PROP I.

De manera similar, la regresión no lineal cúbica aplicada para analizar la relación entre PROP I y el índice de diversidad de Shannon (H) de las familias de insectos (Figura 10), mostró un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) de 0.2931. Aunque los coeficientes del modelo no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$), la tendencia cúbica proporciona una mejor representación visual y estadística de los datos comparado con el modelo cuadrático. La representación gráfica para la cantidad de familias e índice de diversidad de Shannon en los vecindarios florales evidencia que, el ensamble de insectos visitantes florales, alcanzan sus valores máximos tanto en los niveles intermedios como en los extremos altos de PROP I. Este patrón de distribución sugiere una dinámica compleja en la composición de las familias de insectos en respuesta a la proporción de especie

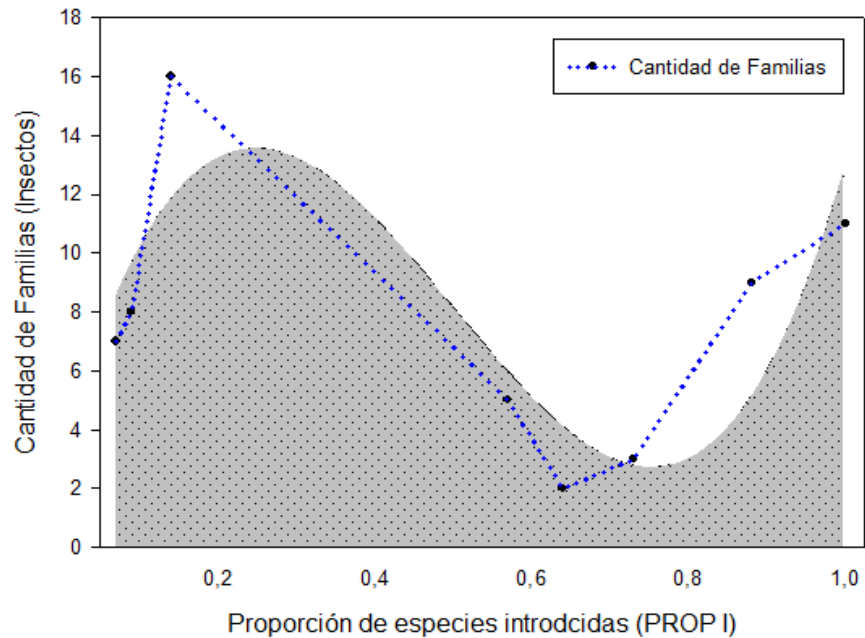


Figura 10. Cantidad de familias de insectos visitantes florales en diferentes vecindarios florales caracterizados por la proporción de especies de plantas introducidas (PROP I). Cada punto representa la cantidad de familias de insectos observada en cada vecindario floral. Representación de la regresión no lineal cúbica entre la proporción de especies introducidas (PROP I) y la cantidad de familias de insectos.

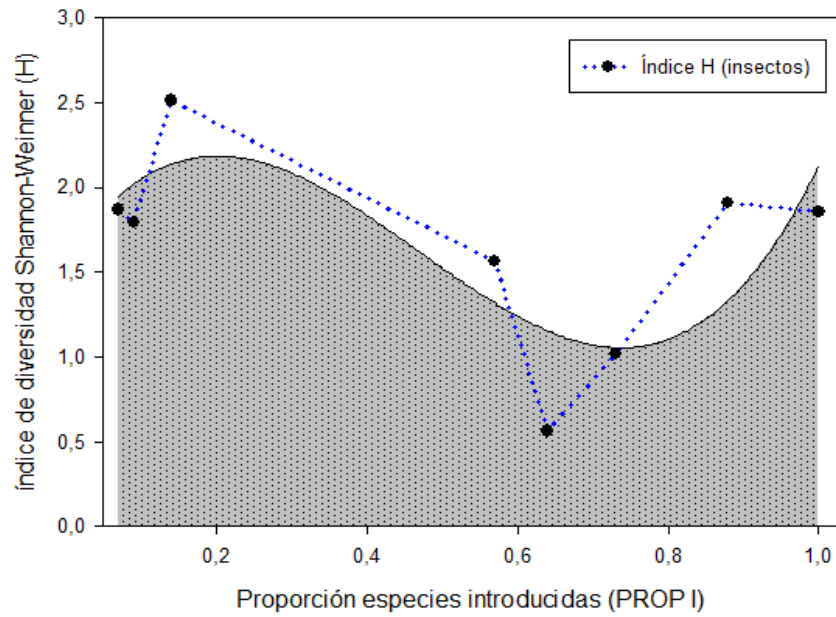


Figura 11. Índice de Diversidad de Shannon (H) de familias de insectos visitantes florales en diferentes vecindarios florales caracterizados por la proporción de especies de plantas introducidas (PROP I). Cada punto representa el índice de diversidad de Shannon para cada vecindario floral. Representación de la regresión no lineal cúbica entre la proporción de especies introducidas (PROP I) y el índice de diversidad de Shannon (H) de las familias de insectos.

DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de esta investigación, se buscó identificar patrones de composición y diversidad floral en comunidades emergentes adyacentes a bosques nativos (templados y esclerófilo costero) periurbanos de Concepción. El objetivo fue analizar cómo la oferta floral de especies nativas e introducidas de plantas influye en la composición y diversidad de insectos visitantes florales que interactúan con estas comunidades. Específicamente, se evaluó cómo la composición y diversidad de rasgos florales en estas comunidades emergentes varía según la proporción de especies introducidas presentes en cada vecindario floral, además, de cómo estas variaciones determinan a su vez, la composición y diversidad de familias de insectos visitantes florales. Las predicciones propuestas en esta investigación permiten proporcionar información acerca de las dinámicas ecológicas en estas comunidades.

4.1. Rasgos florales que predominan en la oferta floral de comunidades emergentes de bosque peri-urbanas de Concepción metropolitano

El análisis PERMANOVA de la oferta floral en comunidades emergentes de bosque templado y esclerófilo-costero en Concepción, reveló la predominancia significativa de los morfotipos “plato” y “flores inconspicuas o discretas”, a través de una diferencia significativa en las abundancias relativas de los morfotipos florales (Tabla 2) y mayor frecuencia relativa para ambos morfotipos (Figura 1). Estos resultados se alinean con la hipótesis propuesta. Sin embargo, es importante destacar que para ese análisis el factor de origen geográfico y su interacción con el morfotipo no mostró significancia estadística. Esto sugiere que la abundancia de ciertos morfotipos no está directamente vinculada a si las especies de plantas

son de origen nativo o introducido, por tanto, se confirma parcialmente nuestra hipótesis y primera predicción. Estos hallazgos de predominancia de morfotipos en la oferta floral, coinciden con estudios previos que indican que, la estructura y composición de la oferta floral a nivel comunitario están fuertemente influenciadas por la dinámica de visitas florales del ensamble de polinizadores (Fenster et al., 2004; Bascompte et al., 2003). La predominancia de ciertos morfotipos o síndromes florales en estos sistemas se atribuye a la selección convergente de ciertos conjuntos de rasgos florales por grupos funcionales de polinizadores y en correspondencia con la teoría de los síndromes de polinización frecuentes a diferentes escalas (Barrios & Ramírez 2020; (Lemus-Barrios, et al., 2022; Faegri & Van der Pijl 1979; Bascompte et al., 2003).

Por otra parte, la covariación entre caracteres florales y grupos de polinizadores específicos puede reflejar una adaptación estabilizadora a largo plazo en la estructura anidada de redes de interacciones planta-polinizador bajo el enfoque de redes complejas (Bascompte et al., 2003; Jordano et al., 2009), donde las especies de plantas perfeccionan a través del tiempo sus rasgos florales para maximizar una polinización eficiente acorde a los visitantes florales (Faegri & Van der Pijl 1979; Fenster et al., 2004; Jordano et al., 2009; Medel et al., 2009). La predominancia de los morfotipos “plato” e “inconspicua o discreta” observada en Concepción, coincide con patrones observados en diversas comunidades tropicales (Barrios & Ramírez 2020; Fenster et al., 2004; Gómez et al., 2021), donde la morfología y síndrome floral desempeña un rol crucial en la atracción e interacción planta-polinizador. En estas investigaciones, los autores atribuyen que flores de tipo “plato” son particularmente efectivas en atraer una amplia gama de polinizadores generalistas, debido a la accesibilidad de los recursos florales (Barrios & Ramírez 2020; Gómez et al., 2021), permitiendo una

polinización eficiente en ambientes con alta competencia por recursos florales (Ramírez et al., 2019).

Si bien estos biomas de referencia distan en composición a las comunidades emergentes de Concepción, entre los visitantes florales reportados, destacan en similitud la presencia de familias de avispas, moscas y colibríes, los cuales desempeñan un papel importante en la relación con las características florales, particularmente en morfotipos como el "plato" o "tazón". Este fenómeno también podría estar presente en nuestras comunidades de estudio, donde la alta frecuencia de morfotipos discretos y en forma de plato podría estar facilitando la interacción con una gama diversa de polinizadores generalistas (Bascompte et al., 2003; Faegri & Van der Pijl 1979; Jordano et al., 2009). Por último, si bien la forma de la flor o los síndromes de polinización son útiles para predecir la atracción de visitantes florales que brinden servicios de polinización, la complejidad de las interacciones puede llevar a patrones de polinización que no siempre coinciden con las predicciones basadas en características florales (Fenster et al., 2004). No obstante, el patrón de composición de morfotipos florales descrito para las comunidades emergentes, constituyen un aporte al conocimiento de la oferta floral, con respecto a la disponibilidad de recursos alimentarios para los visitantes florales y las estrategias reproductivas frecuentes de las plantas nativas e introducidas.

4.2. Influencia del origen geográfico de plantas sobre la variabilidad de rasgos florales que conforman la oferta floral en comunidades emergentes

Los análisis sobre rasgos florales indicaron que tanto la simetría floral como el sistema sexual muestran diferencias significativas en las abundancias relativas entre especies nativas e introducidas (Tabla 2), respaldando la hipótesis inicial. Específicamente, el análisis de componentes principales (PCA) mostró que las especies de plantas introducidas exhiben una menor diversidad en estos rasgos florales en comparación con las especies de plantas nativas. Este patrón que podría estar relacionado con estrategias reproductivas que facilitan el éxito invasivo en comunidades emergentes. De modo que las plantas introducidas emplean mecanismos generalistas en sus rasgos florales, permitiéndoles atraer una amplia gama de polinizadores y con ello, facilitando su establecimiento en nuevos entornos (Pyšek & Richardson, 2007; Cadotte et al., 2017).

Mientras que la predominancia de simetría actinomorfa observada en la oferta floral (Figura 2) y también en especies introducidas puede estar relacionada con su capacidad para atraer a una amplia gama de polinizadores generalistas. En sistemas fragmentados, como los de Chile, las especies que presentan rasgos más accesibles para un rango diverso de polinizadores suelen ser más exitosas en establecerse (Arroyo, et al., 2018). Este patrón lo afirma Ramírez (2003), con que las flores actinomorfas, que incluyen morfotipos como el de plato, son polinizadas por una variedad de insectos como abejas, moscas y avispas. Estas características, junto con la menor variabilidad de los rasgos observados en las especies introducidas, podrían ser reflejo de una estrategia generalista que optimiza la polinización en hábitats que han sido perturbados, donde los polinizadores especializados son menos comunes (Fenster et al.,

2004; Medel et al., 2009). Paralelamente, la simetría cigomorfa abundante en plantas introducidas podría estar influenciada por la presencia de especies de plantas invasoras de la familia Fabaceae en la oferta floral de estas comunidades.

Por otra parte, el sistema sexual monoclino o hermafroditismo que predomina en la oferta floral (Figura 3), y particularmente en las especies de plantas introducidas, podría representar una ventaja reproductiva en ambientes donde la probabilidad de interacciones con polinizadores sea incierta, como es el caso en comunidades emergentes. Este sistema sexual permite la autofertilización y aumenta la eficiencia en la polinización cruzada, lo que puede ser clave para la supervivencia y éxito invasivo en comunidades fragmentadas (Arroyo et al., 2018; Renner 2014). En estudios en Chile, se ha observado que las especies hermafroditas son más comunes en áreas perturbadas, sugiriendo un mecanismo favorable a estas condiciones (Aizen & Feinsinger, 1994; Aizen et al 2008; Renner 2014).

La dispersión observada en los análisis de PCA (Figura 5) puede estar relacionada con una mayor plasticidad fenotípica en especies nativas, que incluye variaciones en la simetría floral, sistema sexual y otros rasgos morfológicos que permiten a las especies nativas mantener su competitividad frente a la invasión de especies exóticas (Morales & Traveset, 2009; Fuentes et al 2014). De manera que, la menor variabilidad observada para los rasgos florales de las especies introducidas, en lugar de ser una desventaja, podría ser una adaptación que optimiza la capacidad de estas especies para competir en entornos fragmentados. Esta homogeneización de rasgos podría estar facilitando la invasión y establecimiento de otras especies exóticas, creando un efecto de facilitación en cascada que contribuye a su dominancia en estos sistemas (Lortie, et al., 2021; Mack et al., 2000).

Además, como sugieren los análisis de Ramírez (2003), las flores actinomorfas y en forma de plato, comunes en plantas introducidas (e.g. de la familia Asteraceae), son altamente eficientes en la producción de frutos, lo que refuerza la capacidad invasora de estas especies en comunidades emergentes. En contraste, las especies nativas muestran una mayor variabilidad en sus rasgos florales, posiblemente debido a la historia evolutiva de coadaptación con una gama diversa de polinizadores en sus hábitats nativos. Esta variabilidad permite a las especies nativas adaptarse a un mosaico de condiciones microambientales y responder a diferentes presiones selectivas, lo que es clave para su persistencia en un entorno cambiante (Medel et al., 2009; Medel et al., 2024).

4.3. El rol de las plantas introducidas en la composición y diversidad de insectos que conforman el ensamble visitante en vecindarios florales

Nuestros análisis muestran que la proporción de especies de plantas introducidas en los vecindarios florales influye en la composición y diversidad de insectos que constituyen el ensamble de visitantes florales. El análisis PCA (Figura 6) reveló patrones claros de segregación de grupos de insectos de visitantes florales de diferente composición, particularmente en vecindarios florales con diferentes proporciones de especies de plantas introducidas. Este patrón de segregación se ve respaldado por el análisis PCA de la composición de Insectos (Figura 9), que indica una variación notable en la composición del ensamble de insectos en función de la proporción de especies introducidas presentes, destacando el distanciamiento espacial de familias mayormente abundantes.

Además, la aplicación del modelo de regresión polinomial cúbica refuerza esta observación. El ajuste del modelo a los datos indica que la distribución de la abundancia (Figura 9) y la diversidad (Figura 11) de las familias de insectos no sigue una relación simple o lineal con la proporción de especies de plantas introducidas (e.g., menor diversidad de insectos a mayor proporción de especies de plantas introducidas). En cambio, los resultados sugieren la existencia de umbrales o puntos de inflexión en los cuales la composición y diversidad de ciertas familias de insectos se ven afectadas, como producto de la dinámica de interacciones entre los ensamblajes de plantas e insectos en estos vecindarios florales (Hortal & Lobo, 2002). Esto ratifica parcialmente nuestra hipótesis sobre cómo la proporción de especies introducidas influye en la composición y diversidad de insectos visitantes florales. Aunque la proporción de plantas introducidas tiene una influencia importante, esta no es lineal como inicialmente se había predicho, sino que sigue un patrón bimodal. Este patrón indica que tanto en niveles bajos como altos de PROP I se presentan mayores valores de diversidad de insectos, posiblemente reflejando la coexistencia de dos ensamblajes diferentes: uno asociado a la flora nativa y otro a la introducida.

Aunque es importante destacar que, aunque no se observaron efectos significativos en el modelo no lineal de la composición y diversidad de insectos en relación con las especies introducidas de plantas en los vecindarios florales; también, las especies exóticas y nativas pueden integrarse en las comunidades y redes de polinización sin alterar significativamente su estructura, según lo descrito por Parra-Tabla et al. (2019). En su estudio, se concluye que las especies introducidas en ciertas comunidades, al compartir una alta similitud en los rasgos florales y en la comunidad, los polinizadores que las visitan, desempeñan un papel funcionalmente equivalente al de las especies nativas en las redes de interacción planta-

polinizador (Parra-Tabla et al. 2019). Esto refuerza la idea de que la integración de especies exóticas en las comunidades emergentes puede no perturbar significativamente la estructura de la red o la composición y diversidad del ensamble de insectos visitantes, sino que, por el contrario, pueden estabilizarla al ocupar nichos similares a los de las especies nativas.

Otra posible explicación a este patrón observado se relaciona con la Hipótesis de Perturbación Intermedia descrita por Rabinowitz (1986), (por ejemplo, resultados similares de patrones de composición y diversidad en Bosques se hallaron en Caranqui, J. 2015), la cual propone que la diversidad de especies alcanza su máximo cuando las perturbaciones ocurren a frecuencias e intensidades “intermedias”. Esto sugiere que las comunidades, la cantidad y diversidad de familias de insectos visitantes entre los diferentes vecindarios florales podrían estar siendo afectados por diferentes perturbaciones que promuevan, tanto una coexistencia equilibrada de especies nativas e introducidas, favoreciendo la diversificación del ensamble de insectos visitantes en estas condiciones, cómo también, el declive de la diversidad de este ensamble.

Finalmente, los patrones de composición y diversidad de los insectos florales influenciados por la proporción de especies introducidas entre los vecindarios florales podrían estar modulados por factores adicionales, como la disponibilidad de recursos, interacciones bióticas específicas, y condiciones microambientales no capturadas completamente en nuestro diseño experimental (Medel et al., 2009; Bastolla et al., 2009).

Factores como la exposición a la radiación, la temperatura (Willmer 2011), el grado de perturbación y fragmentación (Rabinowitz 1986; Medel et al., 2024), y la severidad de la invasión (Daehler, 2005; Pauchard et al., 2013), podrían estar influenciando la estructura del ensamble visitante. Por lo tanto, aunque la proporción de especies introducidas afecta la

diversidad y composición de las familias de insectos, esta influencia no sigue un patrón simple ni lineal. Más bien, parece ser el resultado de una interacción compleja entre múltiples factores ecológicos y evolutivos que varían según el contexto local, lo que resalta la necesidad de un análisis más detallado en estudios futuros para comprender plenamente estos procesos en comunidades emergentes. Un aspecto clave que debe ser abordado en futuras investigaciones es la identificación precisa de las especies de insectos, lo que permitiría determinar si son nativos o introducidos, al igual que se ha hecho con el ensamble de plantas. Esto facilitaría una evaluación más exhaustiva de las relaciones de asociación entre vecindarios florales con una mayor proporción de especies introducidas y la diversidad de insectos que prefieren estos hábitats. Además, sería importante considerar la fenología de floración, ya que las diferencias en los periodos de floración entre especies nativas e introducidas podrían influir en la composición y diversidad de insectos a lo largo del tiempo, afectando la dinámica de interacción planta-insecto de manera estacional.

CONCLUSIONES

Este estudio se propuso evaluar la influencia de las especies de plantas introducidas en la composición y diversidad de insectos visitantes florales en comunidades emergentes en fragmentos de bosques esclerófilo y templado de Concepción peri-urbano. Se identificaron 78 familias de plantas, destacando la predominancia de morfotipos florales tipo plato y discretos o inconspicuos, los cuales reflejan la riqueza florística de estas comunidades.

En cuanto a la variabilidad de los rasgos florales, se observó una diferenciación en la simetría y sexo floral entre especies nativas e introducidas, sugiriendo una influencia del origen geográfico en combinación con otros factores ecológicos. Además, el análisis PCA mostró una mayor dispersión de las especies introducidas en comparación con las nativas, indicando posibles diferencias en la variabilidad de sus rasgos florales.

El análisis de la composición y diversidad de insectos visitantes florales reveló una clara asociación de la familia Apidae con vecindarios dominados por especies introducidas, mientras que otras familias, como Syrphidae, presentaron una distribución más uniforme. El modelo de regresión cúbica capturó las fluctuaciones observadas, sugiriendo que niveles intermedios y altos de especies introducidas pueden favorecer la diversidad de insectos en estas comunidades.

Estos resultados acentúan la importancia de incrementar estudios sobre las interacciones planta-polinizador en la configuración del ensamble y diversidad de insectos en comunidades emergentes. La variabilidad de rasgos funcionales florales de las especies de plantas

introducidas constituya estrategias reproductivas eficientes en diversas condiciones ambientales, lo que podría tener implicaciones para la resiliencia y estabilización de redes en comunidades emergentes periurbanas.

Además, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en la potencial influencia de factores abióticos locales, como el microclima, la severidad de invasión y perturbaciones antropogénicas, en las interacciones específicas entre algunos rasgos florales, para comprender mejor los mecanismos que moldean la diversidad floral y composición de insectos visitantes florales que conforman estas comunidades emergentes.

Finalmente, este estudio resalta la importancia de las comunidades emergentes en la sustentabilidad de las redes de interacciones planta-polinizador. Estas comunidades, al combinar especies nativas e introducidas, juegan un papel crucial en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la productividad de miel, la conservación de especies nativas y la formación de corredores biológicos. La diversidad floral y la estructura de las redes de polinización también tienen implicaciones directas en la producción de cultivos agrícolas y la seguridad alimentaria, dado el rol de los polinizadores en estos sistemas. Mantener la funcionalidad y la diversidad de las comunidades emergentes es esencial para asegurar la estabilidad y la resiliencia de estos servicios ecosistémicos a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aizen, M. A., & Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology*, 75(2), 330-351.
- Aizen, M. A., Vázquez, Diego P., & Smith-Ramírez, C. 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Revista chilena de historia natural*, 75(1), 79-97. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000100008>
- Aizen, M. A., Morales, C. L., & Morales, J. M. 2009. Invasive mutualisms: Generalist vs. specialist plant-pollinator interactions. *Ecology*, 89(5), 1195-1207.
- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., & Parra, O. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82 (3), 361-374.
- Armesto, J. J., Arroyo, M. T. K., & Villagrán, C. 2006. Plant reproductive ecology in the ecotones of the southern Chilean temperate rain forests. *Journal of Ecology*, 94(2), 253-261.
- Arroyo, M. T. K., Armesto, J. J., & Villagrán, C. 2018. Global change impacts on biodiversity in the Chilean temperate forest. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 98.
- Bartomeus, I., Park M., Gibbs J., Danforth B., Lakso A. & Winfree R. 2013. Biodiversity ensure plant-pollinator phenological synchrony against Climate change. *Ecology Letters*. 16,1331-1338.
- Barrios, Y. & Ramírez, N. 2020. Biología floral y solapamiento fenológico de las angiospermas de un bosque inundable, cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. *Acta botánica mexicana*, (127), e1704. Publicación electrónica 07 de octubre de 2020. <https://doi.org/10.21829/abm/127.2020.1704>
- Bascompte, J., Jordano, P., & Olesen, J. M. 2003. The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(16), 9383-9387.
- 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), 1018-1020.
- Buchholz, S., Gathof, A., Grossmann, A., Kowarik, I., Fischer, L. 2020. Wild bees in urban grasslands: Urbanisation, functional diversity and species traits, *Landscape and Urban Planning*, Volume 196.
- Brown, M., Dicks, L., Paxton, R., Baldock, K., Barron, A., Chauzat, M., Freitas, B., Goulson, D., Jepsen, S., Kremen, C., Li, J., Neumann, P., Pattenmore, D., Potts, S., Schweiger, O., Seymour, C., Stout, J. 2016. Un análisis del horizonte de las amenazas y

oportunidades futuras para los polinizadores y la polinización. *PeerJ* 4 : e2249 <https://doi.org/10.7717/peerj.2249>

- Buchholz, S., et al. 2020. Ecological consequences of invasive plants on pollination networks. *Functional Ecology*, 34(5), 1045-1056.
- Cabrera, Á. & Willink, A. 1980. Biogeografía de América Latina. 2a edición corregida. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC.
- Cadotte, M. W., et al. 2017. Phylogenetic diversity promotes ecosystem stability. *Ecology Letters*, 20(7), 892-901.
- Caranqui, J. 2015. Composición y diversidad de especies arbóreas en transectos de localidades del bosque siempreverde de tierras bajas del Ecuador. *Enfoque UTE*, 6(3), 96-105.
- Chalcoff, V. R., Morales, C. L., Aizen, M. A., Sasal, Y., Rovere, A. E., Sabatino, M., ... & Tadey, M. 2014. Interacciones plantas-animal, la polinización. *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Andina. Un cuarto de siglo de investigación en biogeografía, ecología y conservación* (ed. Raffaele, E., Torres Curth, M., Morales, CL, & Kitzberger, T), 113-132.
- Charlesworth, D. 2006. Evolution of plant breeding systems. *Current Biology*, 16(17), R736-R745.
- Daehler, C. 2005. Invasive species. In D. Mueller-Dombois, K.W. Bridges & C. Daehler (Eds.), *Biodiversity assessment of tropical island ecosystems* (pp. 197-208). Honolulu, Hawaii: PABITRA manual for interactive ecology and management.
- Ellis, E. C. 2015. Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs*, 85(3), 287-331.
- Faegri, K., y Pijl, L. 1979. Los principios de la ecología de la polinización.
- Fahr, F. 2017. The influence of flowering, exotic plant species on the biodiversity of pollinator-communities in a National Park in South-Central Chile. Master's Thesis in Ecology, Evolution and Conservation. Universität Potsdam.
- Fenster, C, Armbruster, W, Wilson, P, Dudash, M, y Thomson, J. 2004. Síndromes de polinización y especialización floral. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* , 35 (1), 375-403.
- Fuentes N., Sanchez P., Pauchard A., Urrutia J., Cavieres L. & Marticorena A. 2014. Plantas invasoras del centro-sur de Chile: una guía de campo. Laboratorio de invasiones biológicas (LIB). Concepción. Chile.
- Fuentes, N., Pauchard, A., & Cavieres, L. 2020. Plant invasions: Resistance, adaptation, and disruption in novel ecosystems. *Biological Invasions*, 22(3), 951-965.
- Gómez, J. M., et al. 2019. A quantitative review of the effects of plant traits on pollinator visitation. *Ecology Letters*, 22(9), 1484-1492.

- Harris, J. & Harris, M. 2001. Terminología de identificación de plantas: un glosario ilustrado (p. 198). Spring Lake, Utah: Spring Lake Publishing.
- Hobbs, R. J., Higgs, E., & Hall, C. M. 2013. Novel ecosystems: Intervening in the new ecological world order. John Wiley & Sons.
- Hortal, J., & Lobo, J. M. 2002. Una metodología para predecir la distribución espacial de la diversidad biológica. *Ecología*, 16, 405-432.
- Jaksic, F. 2001. Ecología de comunidades. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Joly, S., Lambert, F., Alexandre, H., Clavel, J., Léveillé-Bourret, É., & Clark, J. L. 2018. Greater pollination generalization is not associated with reduced constraints on corolla shape in Antillean plants. *Evolution*, 72(2), 244-260.
- Jordano P., Vásquez D. & Bascompte J. 2009. Redes complejas de interacciones mutualista Planta-Animal. En *Ecología y evolución de las interacciones planta-animal: conceptos y aplicaciones* Editorial: Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Jordano, P. 2016. Redes de muestreo de interacciones ecológicas. *Ecología funcional*, 30 (12), 1883-1893.
- 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. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Lemus-Barrios, H., Barrios, D., & García-Beltrán, J. A. 2022. Sistemas sexuales y rasgos morfoecológicos de las angiospermas en el bosque seco al noreste de la desembocadura del río Yaguanabo, Cienfuegos, Cuba. *Revista Jardín Botánico Nacional Universidad de La Habana*, 43, 69-83.
- Lortie, CJ, Filazzola, A., Brown, C., Lucero, J., Zuliani, M., Ghazian, N., ... & Westphal, M. 2021. La facilitación promueve invasiones de plantas e interacciones negativas indirectas. *Oikos*, 130 (7), 1056-1061.
- Luebert, F., & Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial universitaria.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M., & Bazzaz, F. A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10(3), 689-710.
- Magurran, A. 1988. Diversity and its measurement. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0_2.
- Medel, R., Botto-Mahan, C., & Kalin-Arroyo, M. 2003. Pollinator-mediated selection on the nectar guide phenotype in the Andean monkey flower, *Mimulus luteus*. *Ecology*, 84(7), 1721-1732.
- Medel R., Aizen M., Zamora R. 2009. Ecología y evolución de interacciones planta-animal. Universitaria. Santiago de Chile.

- Medel R., Traveset A. & Navarro L. 2024. Más allá de la pérdida de especies: Interacciones ecológicas en el antropoceno. Fremen SpA. Santiago de Chile.
- Morales, C, & Aizen, M. 2006. Mutualismos invasivos y la estructura de las interacciones planta-polinizador en los bosques templados del noroeste de la Patagonia, Argentina. *Journal of Ecology* , 94 (1), 171-180.
- Morales, C. & Traveset, A. 2009. Un meta-análisis de los impactos de las plantas exóticas vs. nativas en la visita de polinizadores y el éxito reproductivo de plantas nativas co-florecientes. *Ecology letters* , 12 (7), 716-728.
- Parra-Tabla, V., Angulo-Pérez, D., Albor, C., Campos-Navarrete, M., Tun-Garrido, J., & Arceo-Gómez, G. 2019. The role of alien species on plant-floral visitor network structure in invaded communities. *PLOS ONE*, 14(11), e0218227. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218227>.
- Pauchard, A., Cavieres, L. A., Bustamante, R. O., Becerra, P., & Rapoport, E. H. 2004. Increasing the understanding of plant invasions in southern South America: First symposium on alien plant invasions in Chile. *Biological Invasions*, 6(1), 123-127.
- Pauchard, A., Fuentes, N., Jiménez, A., Bustamante, R., & Marticorena, A. 2013. Alien plants homogenize protected areas: Evidence from the landscape and regional scales in south-central Chile. In L. C. Foxcroft, P. Pyšek, D. M. Richardson, & P. Genovesi (Eds.), *Plant invasions in protected areas: Patterns, problems, and challenges* (pp. 191-208). Springer.
- Pyšek, P., & Richardson, D. M. 2007. Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? *Biological Invasions*, 8(3), 567-593.
- Rabinowitz, D. 1986. *Biological aspects of rare plant conservation*. John Wiley & Sons.
- Ramírez, N. 2003. Especialización floral y polinización: un análisis cuantitativo y comparación de los sistemas de clasificación de Leppik y Faegri y van der Pijl. *Taxon*, 52, 687-700. <https://doi.org/10.2307/4135542>.
- Renner, S. S. 2014. Frecuencias relativas y absolutas de los sistemas sexuales de las angiospermas: dioica, monoica, ginodioica y una base de datos en línea actualizada. *American Journal of Botany*, 101, 1588-1596. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400196>.
- Rovere, A. E., Smith Ramírez, C., Armesto, J. J., & Premoli, A. C. 2006. Breeding system of *Embothrium coccineum* (Proteaceae) in two populations on different slopes of the Andes.
- Sala O., Stuart Chapin F., Armesto J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L., Jackson R., Kinzig A, Leemans R. 2000 Escenarios de biodiversidad global para el año 2100. *Ciencia*. 287 (5459): 1770-4.
- Solberg, E. 2006. Parasitismo dependiente de la densidad en *Centropogon solanifolius* (Campanulaceae) y cambios en la longevidad de la fase floral y sexual después de la infestación.

- Smith-Ramirez, C. & Armesto, J. 2003. Foraging behaviour of bird pollinators on *Embothrium coccineum* (Proteaceae) trees in forest fragments and pastures in southern Chile. *Austral Ecology*, 28(1), 53-60.
- Tadey, M., & Aizen, M. A. 2001. Why do flowers of a hummingbird-pollinated mistletoe face down?. *Functional Ecology*, 15(6), 782-790.
- Tepedino, V. J. 1979. La importancia de las abejas y otros insectos polinizadores en el mantenimiento de la composición de las especies florales. Memorias de un naturalista de la Gran Cuenca, 3, 139-150.
- Traveset, A., & Richardson, D. M. 2006. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(4), 208-216.
- Vásquez, C. 2019. Diversidad de recursos florales como predictores de la diversidad de insectos polinizadores en un ecosistema altoandino en el sur del ecuador. Trabajo de graduación. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Willmer, P. 2011.. Pollination and floral ecology. In *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.

ANEXO I

Tabla A1. Recuento de las familias de plantas que conforman las comunidades emergentes de bosque esclerófilo y templado, utilizadas en los análisis de composición y rasgos florales.

Clase	Familia
Commelinidae	Cyperaceae
Liliopsida	Alstroemeriaceae Amaryllidaceae Asparagaceae Corsiaceae Dioscoreaceae Hemerocallidaceae Iridaceae Luzuriagaceae Orchidaceae Tecophilaeaceae
Magnoliopsida	Acanthaceae Aextoxicaceae Anacardiaceae Apiaceae Apocynaceae Araceae Araliaceae Asteraceae Boraginaceae Brassicaceae Bromeliaceae Calceolariaceae Campanulaceae Cardiopteridaceae Caryophyllaceae Celastraceae Convolvulaceae Cunoniaceae Dipsacaceae Elaeocarpaceae Ericaceae Escalloniaceae Fabaceae Francoaceae Geraniaceae Gomortegaceae Griselinaceae Grossulariaceae Hypericaceae
Clase	Familia

Magnoliopsida	Juncaceae
	Lamiaceae
	Lardizabalaceae
	Lauraceae
	Linaceae
	Loasaceae
	Loranthaceae
	Lythraceae
	Malvaceae
	Monimiaceae
	Myrtaceae
	Onagraceae
	Orobanchaceae
	Oxalidaceae
	Papaveraceae
	Philesaciae
	Phytolaccaceae
	Plantaginaceae
	Polygonaceae
	Primulaceae
	Proteaceae
	Ranunculaceae
	Rhamnaceae
	Rosaceae
	Rubiaceae
	Rutaceae
	Salicaceae
	Sapindaceae
	Schoepfiaceae
	Scrophulariaceae
	Solanaceae
	Tropaeolaceae
	Verbenaceae
	Violaceae
	Vitaceae
	Winteraceae
Total de Familias (Plantas)	76 (Familias)

ANEXO II

Tabla A2. Cargas de las tres variables con mayor contribución en los dos primeros componentes principales de los análisis PCA realizados para los rasgos florales, vecindarios florales y familias de insectos en comunidades emergentes de Concepción. Los valores están ordenados de forma descendente por el valor de carga de cada componente.

Variable	Sigla	CA 1	CA 2
1. PCA Rasgos florales			
Simetría Actinomorfa	acti	-	0.910
Sexo flor Monoclina (Hermafrodita)	Monocl	0.736	-
Morfotipo Plato	MPL	0.733	-
Simetría Cigomorfa	cigo	-	0.729
Sexo floral Dioico	dioi	-0.510	-
Morfotipo Garganta	MGG	-	0.329
2. PCA Vecindario Floral			
Morfotipo Garganta	garganta	0.503	-
Morfotipo discreto (Inconspicua)	discreta	0.475	-
Morfotipo Bandera	bandera	0.298	0.418
Morfotipo Plato	Plato	-	0.335
Morfotipo Tubular	tubular	-	0.266
3. PCA Familias de Insectos			
Apidae	Apidae	2.053	5.039
Coccinellidae	Coccinellidae	0.743	2.28
Chrysopidae	Chrysopidae	-	0.993
Drosophilidae	Drosophilidae	0.885	-
(CA)* Componente principal. Valor neto de la carga de variables			