



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Área temática: Biología evolutiva

TESIS:

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FLORALES EN LA ATRACCIÓN
DEL POLINIZADOR EFECTIVO DE *FUCHSIA PARVIFLORA*, UN ARBUSTO
DIOICO**

Que presenta:

Susan Jaqueline Tovar García

Como requisito para obtener el título de:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLOGICAS

Director de tesis: Dr. Eduardo Cuevas García

Co-Director de tesis: Dra. Yesenia Martínez Díaz

Morelia Michoacán, mayo del 2026



AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme y guiarme en cada paso y en cada meta, por acompañarme en cada etapa y en cada momento de mi vida. Gracias a mi esposo Héctor Pacheco Gutiérrez por apoyarme, entenderme, motivarme, y estar conmigo, gracias por tu amor incondicional, por ser un excelente esposo y por ser mi compañero de vida. A mis padres Raquel García Morales y Ángel Tovar Alba por formarme y hacer de mí una persona de bien y por apoyarme siempre, gracias a mis hermanos y a cada una de las personas que me apoyaron.

Gracias al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas por haberme brindado la oportunidad de formar parte de él, gracias a CONACYT por el financiamiento de mi trabajo de investigación.

Gracias al doctor Eduardo Cuevas García por abrirme las puertas de su laboratorio de Biología evolutiva, por su confianza, ayuda y por su asesoramiento en este proyecto, gracias a la Dra. Yesenia Martínez Díaz por todo su apoyo y por siempre tener disponibilidad para lo que necesitara, gracias a ambos por su apoyo en trabajo de campo y en el manuscrito.

A mi comité tutorial conformado por: Dra. Clementina González Zaragoza, Dra. Yesenia Martínez Díaz, Dr. Luis Fernando Rosas Pacheco, Dr. Víctor Rosas Guerrero y Dr. Eduardo Cuevas García, por sus valiosas aportaciones a mi proyecto y por su apoyo y disponibilidad siempre.

Mis agradecimientos al Dr. Francisco Javier Espinosa García y a la técnico Yolanda Magdalena García Rodríguez por el préstamo del cromatógrafo de gases-masas para el análisis de mis muestras y por su apoyo y disponibilidad. Y gracias a cada uno de las personas que me ayudaron en el trabajo en campo para poder realizar satisfactoriamente este proyecto de investigación.

CONTENIDO

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	4
HIPÓTESIS	9
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Especie de estudio.....	11
Sitios de estudio.....	12
Caracterización de los rasgos florales y recompensas en <i>Fuchsia parviflora</i>.....	13
<i>Tamaño de las flores.</i>	13
<i>Producción y concentración de néctar.</i>	13
Extracción y análisis de compuestos volátiles florales.	13
Visitantes florales.	14
Eficiencia en la polinización.....	15
Proporción sexual y limitación de polen	16
RESULTADOS	18
Comparación de rasgos florales y recompensas entre sexos en <i>Fuchsia parviflora</i>.....	18
Tamaño de las flores.....	18
Producción y concentración de néctar.	19
Riqueza y abundancia de compuestos volátiles florales.....	19
Visitantes florales de <i>Fuchsia parviflora</i>	21
Eficiencia en la polinización.....	23
Efectividad en la polinización	26
Proporción sexual y limitación de polen.....	27
DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIÓN.....	34
REFERENCIAS	35
APÉNDICE 1	43

RESUMEN

Fuchsia parviflora (Onagraceae) es un arbusto dioico, por lo que las flores unisexuales se encuentran en individuos independientes los cuales son sexualmente dimórficos. Las flores son rojas y tubulares, características que concuerdan con el síndrome ornitófilico con la excepción de que son muy pequeñas (~ 1cm). Se sabe que las flores de *F. parviflora* son visitadas por abejas, abejorros y colibríes, pero se desconoce su efectividad como polinizadores. La efectividad de un polinizador se puede estimar como la cantidad de polen transferido a una flor virgen después de una sola visita y su contribución a la formación de frutos y semillas. El objetivo del presente estudio fue determinar al polinizador más efectivo de *Fuchsia parviflora* y relacionarlo con las características florales como el tamaño, volumen, concentración de néctar y los compuestos volátiles presentes en ambos sexos. Las poblaciones de estudio se ubicaron en Pátzcuaro e Ichaqueo, donde se colocaron cámaras de video para conocer a los visitantes florales. Para determinar al polinizador más efectivo se realizaron experimentos de visita única, en los que después de la primera visita por parte de colibríes o abejas, se colectaron los estigmas y se contabilizó la deposición del polen. En otro experimento de visitas únicas, se registró la formación y maduración del fruto y el número de semillas. Se encontraron 10 especies de visitantes florales pertenecientes a abejas, colibríes, abejorros, moscas, avispas y mariposas, siendo las abejas, colibríes y abejorros los más frecuentes. Las flores estaminadas fueron significativamente más grandes, emitieron más volátiles y produjeron más volumen y concentración de néctar que las flores pistiladas. Ambos sexos recibieron un número de visitas similares, sin embargo, los colibríes depositaron 8 veces más granos de polen por visita (~119), que las abejas (~14 granos) ($P=0.0123$). De manera similar, las flores polinizadas por colibríes produjeron más semillas que las polinizadas por abejas. Por lo anterior, concluimos que los colibríes fueron los polinizadores más efectivos de *F. parviflora* en las poblaciones estudiadas, aunque las abejas también fueron polinizadores efectivos.

Palabras clave: efectividad, néctar, colibríes, abejorros.

ABSTRACT

Fuchsia parviflora (Onagraceae) is a dioecious shrub, meaning that the unisexual flowers are found on separate, sexually dimorphic individuals. The flowers are red and tubular, characteristics consistent with the ornithophilic syndrome, except that they are very small (~ 1cm). The flowers of *F. parviflora* are known to be visited by bees, bumblebees, and hummingbirds, but their effectiveness as pollinators is unknown. Pollinator effectiveness can be estimated as the amount of pollen transferred to a virgin flower after a single visit and its contribution to fruit and seed production. The objective of this study was to determine the most effective pollinator of *F. parviflora* and to relate this to floral characteristics such as size, volume, nectar concentration, and volatile compounds present in both sexes. The study populations were located in Pátzcuaro and Ichaqueo, where video cameras were set up to observe the floral visitors. To determine the most effective pollinator, single-visit experiments were conducted. After the first visit by hummingbirds or bees, stigmas were collected and pollen deposition was recorded. In another single-visit experiment, fruit formation and maturation, as well as the number of seeds, were recorded. Ten species of floral visitors were identified, including bees, hummingbirds, bumblebees, flies, wasps, and butterflies, with bees, hummingbirds, and bumblebees being the most frequent. Staminate flowers were significantly larger, emitted more volatiles, and produced a greater volume and concentration of nectar than pistillate flowers. Both sexes received a similar number of visits; however, hummingbirds deposited eight times more pollen grains per visit (~119) than bees (~14 grains) ($P = 0.0123$). Similarly, flowers pollinated by hummingbirds produced more seeds than those pollinated by bees. Therefore, we conclude that hummingbirds were the most effective pollinators of *F. parviflora* in the studied populations, although bees were also effective pollinators.

Keywords: effectiveness, nectar, hummingbirds, bumblebees.

INTRODUCCIÓN

Las interacciones planta-polinizador contribuyen al funcionamiento y diversidad de muchos ecosistemas y juegan un papel central en la evolución de la biodiversidad terrestre (Thompson y Fernández 2006).

La polinización biótica definida como la transferencia de granos de polen de las anteras al estigma de una flor conoespecífica por algún agente biótico, es crucial para la reproducción sexual de aproximadamente el 90% de las angiospermas. Debido a la importancia de la polinización biótica, se considera el principal impulsor de la diversificación floral y la diversidad genética (Michener, 2000). En esta interacción, generalmente ambos participantes se benefician: las plantas aseguran su reproducción y los polinizadores obtienen recompensas como polen, néctar o aceites (Diodato et al. 2008).

Las flores, estructuras indispensables en el proceso de la polinización, han dado lugar a la gran diversidad de sistemas sexuales de las angiospermas (Barrett, 2002). En un extremo, se encuentran las especies hermafroditas (~90%; Barrett y Hough, 2013) que presentan flores con órganos reproductivos masculinos y femeninos funcionales, mientras que, en el otro extremo, se encuentran las especies dioicas, donde los individuos presentan flores estaminadas o pistiladas (~6%; Renner, 2014). Sin embargo, entre ambos sistemas, se encuentran diversas variaciones y combinaciones de estos dos sistemas extremos, incluyendo especies subdioicas (coexisten individuos funcionales femeninos, masculinos y hermafroditas; Cuevas et al. 2014), ginodioicas (coexisten individuos femeninos y hermafroditas dentro de la misma población; Bawa, 1980), monoicas (un mismo individuo presenta flores masculinas y femeninas; Bawa, 1980) y androdioicas (coexisten individuos masculinos y hermafroditas dentro de la misma población; Bawa, 1980) (Thomson y Brunet, 1990; Freeman et al. 1997).

La dioecia ha evolucionado en numerosas ocasiones dentro de las plantas con flor (~100 veces; Charlesworth 2002; Revisado en González et al. 2018) y se ha sugerido que está relacionada con la reducción de los efectos nocivos provocados por la depresión endogámica (Vamosi et al. 2006) y la especialización

sexual. En esta última, la asignación de todos los recursos a una sola función podría resultar en una mayor adecuación masculina y femenina (Freeman et al. 1997).

Sin embargo, las especies dioicas con polinización biótica generalmente son vulnerables a la limitación de polen (baja cantidad o calidad de polen), generalmente relacionada con una baja abundancia de polinizadores, provocando una disminución en la producción de frutos y semillas (Hembourg y Bond, 2005; Ashman et al. 2009). Se ha planteado que las flores que desarrollan gran número de óvulos tienen una mayor probabilidad de limitación de polen (Knight et al. 2005). Burd (1994) encontró que de 9 especies dioicas estudiadas 7 de ellas mostraron limitación de polen (Revisado en Jong et al. 2005).

Otra limitación que enfrentan las especies de plantas dioicas, es que tanto las flores estaminadas (masculinas) como pistiladas (femeninas) deben atraer al mismo polinizador efectivo, lo cual es crucial para asegurar el éxito reproductivo de la planta. La efectividad en la polinización se puede estimar como la cantidad de polen compatible transferido a una flor virgen y su contribución a la formación de frutos y semillas (Ashman, 2009; Dötterl et al. 2014). Para asegurar la efectividad, las flores no solo emplean una gama diversa de señales para atraer a los polinizadores, tales como el color, la forma, el tamaño, y en algunos casos los aromas, sino que también ofrecen recompensas (Muhlemann et al. 2014). La gran diversidad de rasgos florales, incluidas las recompensas, puede agruparse en fenotipos florales particulares asociados con grupos funcionales de polinizadores específicos, lo que se conoce como síndromes de polinización o síndrome florales (*sensu* Faegri y Van der Pijl 1979; Fenster et al. 2004). Los síndromes florales sugieren que las flores se han adaptado al gremio de polinizador más eficiente (Ne'eman et al. 2010; Ashworth et al. 2015; Dellinger, 2020), aunque pueden recibir visitas de polinizadores secundarios menos eficientes (Stebbins, 1970; Rosas-Guerrero et al. 2014). Las características florales que disuaden a los polinizadores menos eficientes pueden verse favorecidas siempre que los beneficios de la especialización superen las pérdidas del polinizador secundario, incluso si se trata de un visitante frecuente.

Además de los rasgos florales que funcionan como atrayentes, algunas especies pueden emitir aromas los cuales son un conjunto de compuestos orgánicos volátiles (COVs) que están involucrados en una gran variedad de funciones ecológicas y pueden ir desde uno hasta más de 100 compuestos diferentes en una sola especie de planta (Knudsen et al. 2006). Los aromas florales pueden intervenir tanto en la reproducción al atraer polinizadores, como en la defensa al repeler insectos, detener la colonización de bacterias y hongos fitopatógenos o para atraer enemigos naturales de herbívoros (Dudareva et al. 2004). En este sentido, tanto los polinizadores como los antagonistas pueden ejercer presiones de selección sobre los aromas florales (Whitehead y Peakall 2009; Schiestl, 2015). Si bien, el perfil químico del aroma floral (i.e., diversidad y abundancia relativa) de las especies, es en la mayoría de los casos un atrayente, no siempre es una señal honesta de la presencia de recompensas como el néctar y/o polen (Knudsen, 2006).

Se sabe que los polinizadores muestran preferencias por ciertas combinaciones de estos COVs (Dobson, 2006), que pueden estar correlacionadas con los patrones de visitas (Junker et al. 2010). Se ha documentado que las plantas polinizadas por insectos emiten una mayor diversidad y abundancia relativa de COVs en comparación con las flores que son polinizadas por aves (Knudsen et al. 2004). En este sentido, se ha propuesto que el sistema olfativo de los insectos esta más desarrollado que el de las aves (Pichersky, 2004).

En el caso particular de las especies dioicas, generalmente presentan dimorfismo en caracteres sexuales secundarios (i.e., rasgos no relacionados con los órganos sexuales (Barrett y Hough, 2013). El tamaño de las flores es probablemente el rasgo floral más variable en especies dioicas (Delph et al. 1996). Además, se ha propuesto que el aroma floral será más intenso en el sexo que esté más limitado por visitas (Ashman, 2009). En este sentido, se ha propuesto que las flores estaminadas requieren más visitas para dispersar la mayor cantidad de polen de las anteras, mientras que las flores pistiladas con una o pocas visitas recibirían suficiente polen para fecundar todos los óvulos. Por ejemplo, Waelti (2009) en

Silene latifolia encontró que las flores estaminadas emitieron mayor abundancia de volátiles que las flores pistiladas. Sin embargo, en *Catsetum arietinum*, las flores pistiladas emitieron mayor abundancia de volátiles florales que las flores estaminadas (Brandt et al. 2020).

Las recompensas que ofrecen las flores, tales como néctar, polen y aceites, son otra de las características florales que son clave para la atracción de los polinizadores. Estas recompensas son esenciales debido a que los azúcares, aminoácidos y lípidos en el polen y el néctar son indispensables en la nutrición de los visitantes florales (Hembourg et al. 2005).

De manera similar a lo reportado con los aromas florales, se ha planteado que las flores estaminadas de especies dioicas suelen ofrecer mayores recompensas que las flores pistiladas (Bawa, 1980; Willson y Ågren, 1989). En contraste, en *Randia itatiaiae* aunque las flores pistiladas produjeron mayor volumen de néctar, el de las flores estaminadas era más concentrado (Ávila y Freitas, 2011). En *Fuchsia obconica*, las flores estaminadas produjeron néctar más concentrado que las pistiladas (González et al. 2018). En *Fuchsia thymifolia* un arbusto ginodioico, contrario a lo esperado se encontró que únicamente las flores pistiladas producían néctar (Cervantes et al. 2018).

Fuchsia parviflora la especie de estudio es un arbusto dioico, endémico de México, con flores rojas tubulares cuyas plantas masculinas producen más flores que las femeninas (González et al. 2018). Aunque diversas características florales de *Fuchsia parviflora* coinciden con el síndrome de ornitofilia, el tamaño pequeño de las flores no corresponde con los atributos generales de flores polinizadas por aves (Pauw, 2022). A pesar de esto, tanto las abejas como los colibríes se han reportado como visitantes florales de esta especie (González et al. 2018) aunque se desconoce su efectividad como polinizadores. Por otro lado, en trabajos anteriores se ha evaluado las diferencias en algunas características florales entre sexos, sin embargo, no se han vinculado con el polinizador más efectivo. Aunque los colibríes pueden visitar una variedad de flores, independientemente de su

morfología, tamaño o color los cuales no siempre corresponden con el polinizador predicho (Pauw, 2022).

El objetivo del presente estudio fue determinar cuál es el polinizador más efectivo de *Fuchsia parviflora* y relacionarlo con las características florales tales como el tamaño, volumen, concentración de néctar y los compuestos volátiles presentes en ambos sexos. Cabe resaltar que este es de los primeros estudios que evalúa la efectividad de los polinizadores en especies dioicas, mediante experimentos de visita única y determina los COVs en el género *Fuchsia*. También por primera vez se analiza los volátiles florales en una especie con aparente síndrome ornitófilico del género *Fuchsia*. A lo largo de este trabajo se utilizarán los términos masculinos o femeninos para referirnos a los individuos y estaminadas y pistiladas para hacer referencia únicamente a las flores de dichos individuos.

HIPÓTESIS

1. Dado la forma tubular y el color rojo que presentan las flores de *Fuchsia parviflora*, los colibríes son los polinizadores más efectivos favoreciendo la dispersión de polen entre arbustos por ser polinizadores que se mueven constantemente.

Predicción: Se espera que los colibríes sean los polinizadores más efectivos debido a la forma tubular y al color rojo que presentan las flores.

2. Debido a la gran cantidad de granos de polen que producen las flores estaminadas, estas requieren más visitas para que su polen sea removido de las anteras, por lo que tienen características más atractivas para los polinizadores tales como mayor tamaño, una mayor emisión, diversidad y abundancia relativa de compuestos volátiles y mayores recompensas.

Predicción: Se espera que las flores estaminadas sean más atractivas y requieran más visitas de los polinizadores para asegurar que sus granos de polen lleguen al estigma de una flor.

OBJETIVO GENERAL

Identificar al polinizador efectivo de *Fuchsia parviflora* y evaluar si los rasgos florales, producción de néctar y los compuestos volátiles, difiere en las flores pistiladas y estaminadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar y comparar los rasgos florales en flores estaminadas y pistiladas de *F. parviflora*, incluyendo el tamaño de la flor, el volumen y concentración de néctar, así como la diversidad y abundancia relativa de compuestos volátiles.
2. Identificar a los visitantes florales de *Fuchsia parviflora* en ambos sexos, estimar su frecuencia de visita y evaluar su preferencia por flores pistiladas o estaminadas.
3. Determinar la eficiencia en la polinización de los visitantes florales.
4. Determinar la proporción sexual y estimar si existe limitación de polen en las poblaciones estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie de estudio

Fuchsia parviflora (Onagraceae) es un arbusto de 1.5 a 4 m de altura que se distribuye desde la Sierra Madre Occidental en Durango a través de la Faja Volcánica Transmexicana en Jalisco, Michoacán y Estado de México hasta la Sierra Madre del Sur en Guerrero (Berry et al. 2004).

Habita en climas fríos con alta humedad en tierras altas o bosques templados (Ewel et al. 1976): en altitudes entre 1 550 y 2 500 msnm. Presenta flores rojas tubulares con cuatro sépalos y cuatro pétalos formando un hipantio cilíndrico. Las flores estaminadas tienen ocho estambres con aproximadamente ~32,000 granos de polen por flor (Alvarado, 2012) y son más grandes que las flores pistiladas (8.5–11.2 vs 3.2–5.7 mm), las cuales tienen cuatro lóbulos estigmáticos y un ovario desarrollado con aproximadamente ~20 óvulos (Alvarado, 2012). Las plantas masculinas producen mayor número de flores, que las femeninas y ambas flores viven entre 3-4 días (González et al. 2018).

La temporada de floración es de junio a diciembre, con un pico en agosto (González et al. 2018), mientras que el período de fructificación es de agosto a diciembre. Los visitantes florales que se han observado en esta especie son; abejas, abejorros y colibríes (Cuevas et al. 2017; González et al. 2018).



Figura 1. A) Planta masculina y B) Planta femenina de *Fuchsia parviflora*.

Sitios de estudio

Se incluyeron dos poblaciones de estudio de *Fuchsia parviflora*, localizadas en el centro-norte de Michoacán dentro de la Faja Volcánica Transmexicana.

Una de las poblaciones se localizó sobre la carretera Pátzcuaro-Uruapan, a 50 km al suroeste de la ciudad de Morelia, ($19^{\circ} 30' 50''$ y $101^{\circ} 41' 53''$), y a 2 170 msnm, dentro de una cuenca lacustre que le proporciona un clima templado húmedo con lluvias en verano y temperatura promedio anual de 16°C . En este sitio predominan los bosques de coníferas, de encino y mixtos (Rzedowski et al. 2014).

La segunda población, se localizó al sureste del municipio de Morelia cerca de la comunidad de Ichaqueo aproximadamente a 23 km de la ciudad ($19^{\circ} 55' 35''$ y $101^{\circ} 02' 56''$). La vegetación predominante del sitio es el bosque de pino-encino con bosque mesófilo de montaña (Rosas y Cornejo-Tenorio, 2022).

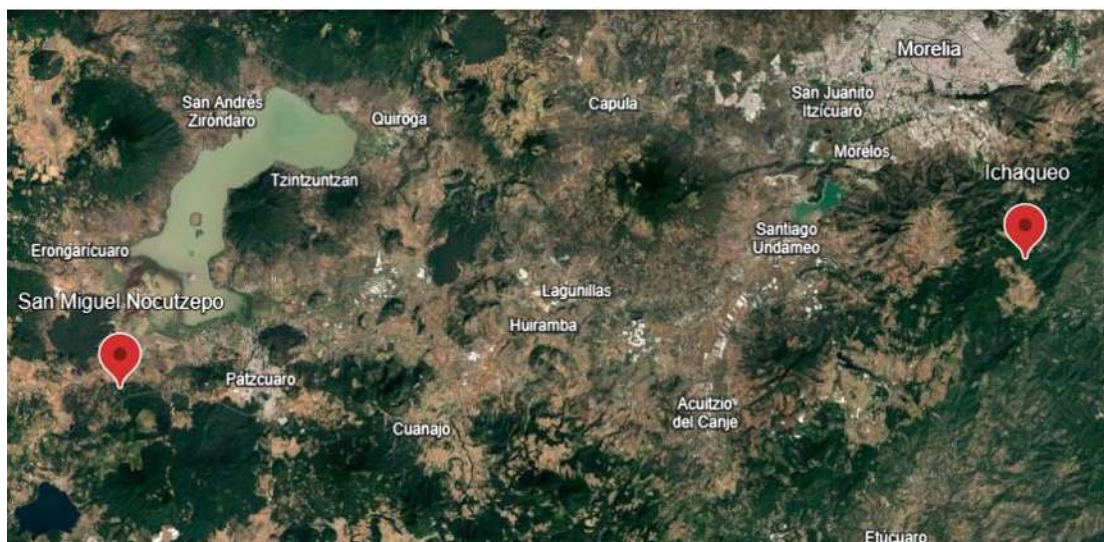


Figura 2. Localización de sitios de estudio en Michoacán, México.

Caracterización de los rasgos florales y recompensas en *Fuchsia parviflora*

Tamaño de las flores.

Para comparar el tamaño de las flores de *F. parviflora* entre flores estaminadas y pistiladas, se realizaron mediciones del largo del tubo floral y el diámetro de la corola de 30 flores pistiladas y 30 estaminadas con un calibrador digital. Aunque el tamaño de *F. parviflora* ya se había evaluado en el 2017-2018 en Ajuno y Zirahuén (Cuevas et al. 2017; González et al. 2018) estos datos se obtuvieron nuevamente debido a que los sitios de estudio son distintos y puede existir variación temporal y espacial. La comparación de las medidas florales entre sexos se realizó mediante una prueba de Mann-Whitney en JMP versión 9.0. Para realizar las gráficas se usó el software sigma plot.

Producción y concentración de néctar.

Para evaluar la producción y concentración de néctar, se cubrieron con bolsas de tul cinco botones florales en 10 plantas de ambos sexos de *F. parviflora*. El volumen de néctar se extrajo con una micropipeta graduada (5 µl) obteniendo el néctar acumulado de la flor por día. La concentración de néctar se estimó con un refractómetro manual, (Master-53M Brix 0~53%). Ambas mediciones fueron realizadas de 9:00 a 11:30 y se realizaron durante los 4 días de vida de la flor. El volumen y concentración de néctar entre flores estaminadas y pistiladas se comparó mediante una prueba de Mann-Whitney en JMP y la gráfica se realizó en el programa Sigma plot.

Extracción y análisis de compuestos volátiles florales.

Para la extracción de los compuestos volátiles (COVs) se seleccionaron 8 plantas de cada sexo en ambas poblaciones y de cada individuo se colectaron 40 flores, que fueron colocadas en un frasco de vidrio sellado con una placa de teflón. En uno de los extremos del frasco se colocó el cartucho para capturar volátiles (Porapak Q, Supelco, USA) y se conectó a una bomba de vacío con una manguera de silicón

extrayendo el aire del interior de los frascos a un flujo de 200 ml/min durante 4 horas. En el otro extremo del frasco se insertó un cartucho de carbón activado para purificar el aire entrante. Como control, se hicieron 2 extracciones en las mismas condiciones utilizando frascos vacíos para descartar posibles contaminantes. Después de la extracción, se realizó la desorción química de los cartuchos con 2 mL de hexano usando como estándar interno tetradecano a una concentración de 0.062 mg/mL. Cada una de las muestras se agitó en el vórtex por tres minutos, extrayendo el sobrenadante con una micropipeta y transfiriéndolo a otro vial. La solución extraída de cada una de las muestras fue concentrada a un volumen final de 100 µL bajo una corriente de nitrógeno gaseoso.

Las muestras fueron analizadas en un cromatógrafo de gases (Agilent 6890) acoplado a un detector selectivo de masas (Agilent 5973). Cuatro microlitros de cada una de las muestras fueron inyectados en modo splitless a 240°C en una columna HP5 usando helio como gas acarreador a un flujo de 1mL/min. La temperatura inicial del horno fue de 40°C durante 3 min, seguida por un gradiente de temperatura de 10°C a 250°C durante 5 min (Kantsa et al. 2017). Para identificar los compuestos volátiles se usó la biblioteca espectral de masas del Instituto Nacional de Estándar y Tecnología (NIST 11), asociada al software MSD ChemStation (Agilent Technologies, 2008). La abundancia relativa de los compuestos se calculó usando el área bajo la curva del pico de cada compuesto y la suma de las áreas de todos los picos de cada muestra se consideró como el 100%.

Visitantes florales.

Para identificar a los visitantes de *F. parviflora* y determinar cuál de los dos sexos recibe más visitas, se realizaron tanto observaciones directas como registros utilizando cámaras de video. Para los registros en video se enfocaron de 10 a 50 flores en 10 plantas de ambos sexos. Mientras que para las observaciones directas también se realizó en 10 plantas de cada sexo observan registrando el número de flores que visitaba el polinizador por acercamiento. Ambos tipos de observaciones se realizaron de agosto a diciembre del 2024 y 2025 de 08:00 a 14:00 h. Se registró

la identidad del visitante, el sexo de la flor, el número de flores visitadas, la duración y hora de visita. Para la identificación de los visitantes florales a nivel de especie, los insectos se colectaron de manera directa con la ayuda de una bolsa pequeña de tul mientras visitaban las flores. Posteriormente, se identificaron mediante claves taxonómicas y con la ayuda de especialistas. Los colibríes se identificaron con ayuda de binoculares y guías de campo, sin embargo, la identificación de algunas especies fue corroborada mediante su captura con redes de niebla. La frecuencia de visita de abejas y colibríes se estimó como el porcentaje de aproximaciones (visitas) a las flores con respecto al número total de aproximaciones para cada población.

Eficiencia en la polinización

Para determinar el número de granos de polen depositados en el estigma de la flor receptora, después de la primera visita de flores embolsadas, se colectó y preservó el estigma en viales con alcohol al 70% para posteriormente contabilizar los granos de polen con un microscopio de fluorescencia.

Para determinar el grado de eficiencia de polinización por parte de los visitantes florales, se realizaron experimentos de visita única. En cada población se seleccionaron 10 plantas femeninas y en cada una se embolsó la mayor cantidad de botones florales posibles. Cuando las flores abrieron se les retiró la bolsa y después de que la flor recibió una sola visita, se registró el tipo de visitante, se cubrió nuevamente y se le colocó una etiqueta. Una semana después se retiró la bolsa y se cuantificó la formación de frutos y semillas una vez maduras.

Posteriormente se calculó un índice de efectividad considerando la frecuencia de visita, número promedio de granos depositados en el estigma, número promedio de frutos formados y número promedio de semillas por fruto. Cada una de las variables fue normalización de 0 a 1 donde 0 indica nula efectividad y 1 la máxima efectividad. Para ello se tomó el promedio observado para cada gremio polinizadores (i.e colibríes y abejas), y se dividió entre el valor máximo registrado utilizando la fórmula $x = \frac{X}{X_{max}}$ donde X= es el valor del gremio (abejas o colibríes) y

Xmax es= el valor más alto entre los gremios para cada variable. Para calcular la efectividad final por gremio se utilizó la media geométrica debido a que es menos sensible a valores extremos, garantizando que el índice refleje una efectividad real y se usó la fórmula $IE = (X1 * X2 * X3 * X4)^{1/4}$ donde x es el valor obtenido de cada variable analizada y para cada gremio. Cabe mencionar que el índice de efectividad se calculó únicamente para la población de Ichaqueo debido a que en la población de Pátzcuaro no fue posible obtener los datos de la deposición de granos de polen en el estigma.

Para comparar el número y peso de las semillas producidas por visita única entre abejas y colibríes en la población de Pátzcuaro se utilizó una prueba de Mann-Whitney y para Ichaqueo se usaron pruebas de Kruskal-Wallis. Para comparar las diferencias de los granos depositados en el estigma posterior a una sola visita realizamos una prueba de t. Ambos análisis se realizaron en JMP.

Proporción sexual y limitación de polen

Para determinar la proporción sexual de plantas masculinas y femeninas en cada sitio de estudio, se realizó un conteo de las plantas existentes de ambos sexos. Para evaluar la limitación de polen se cubrieron con bolsas de tul 10 botones florales de 10 plantas femeninas. Una vez que los botones abrieron, se les retiró la bolsa y se polinizaron manualmente con polen proveniente de plantas masculinas alejadas al menos 10 m. El polen depositado en los estigmas se recolectó de 3 flores de diferentes plantas masculinas. También se seleccionaron al azar 10 flores control por planta para seguir su desarrollo hasta la producción de frutos, y conocer la tasa de fructificación natural. Se comparó la tasa de fructificación de las flores de polinización abierta con las de polinización manual. Se considera que existe limitación de polen cuando las flores polinizadas manualmente producen un mayor número de frutos que las flores de polinización abierta. También se embolsaron 10 botones florales de 5 plantas femeninas para determinar si existía apomixis.

Para comparar la producción de frutos polinizados manual y naturalmente se realizó una prueba de Mann-Whitney en JMP, y las gráficas se realizaron usando el programa Sigma plot SPW 14.

RESULTADOS

Comparación de rasgos florales y recompensas entre sexos en *Fuchsia parviflora*

Tamaño de las flores.

El diámetro de la corola (estaminadas, $0.71 \text{ cm} \pm 0.02 \text{ EE}$; pistiladas, 0.43 ± 0.01) y la longitud del tubo floral (estaminadas, 1.25 ± 0.02 ; pistiladas, 0.79 ± 0.01) fueron significativamente mayores en flores estaminadas que en las flores pistiladas (diámetro, $Z = 9.00$, $P < 0.0001$; longitud, $Z = 9.07$, $P < 0.0001$; Fig. 3). En las flores estaminadas, el diámetro de la corola fue 40% más grande y el tubo floral 37% más grande que en flores pistiladas (Fig.4).

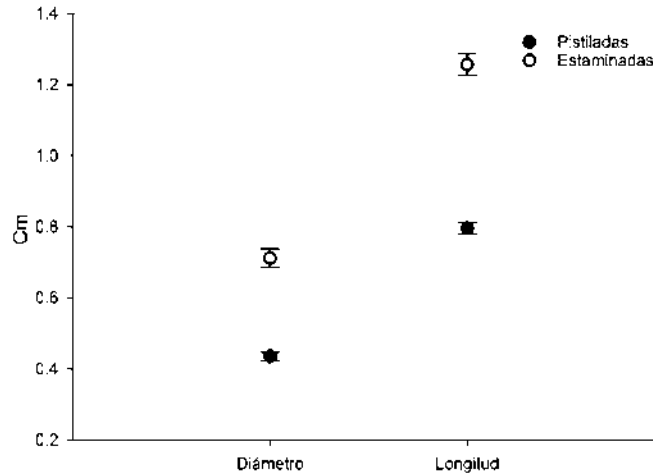


Figura 3. Promedio en ambas poblaciones de la longitud del tubo floral y diámetro de flores pistiladas (círculos negros) y estaminadas (círculos blancos) las líneas verticales sobre los círculos indica el error estándar.



Figura 4. Comparación en el tamaño de las flores de *Fuchsia parviflora*. A) Flor estaminada B) flor pistilada C) diferencia de tamaños entre flor pistilada y estaminada.

Producción y concentración de néctar.

El volumen de néctar (estaminadas $8.60 \mu\text{l} \pm 0.73$; pistiladas, $6.56 \mu\text{l} \pm 0.66$) y la concentración (estaminadas $18.46\% \pm 0.73$; pistiladas, $11.60\% \pm 0.75$) fueron significativamente mayores en flores estaminadas que en las pistiladas (volumen, $Z = 2.8328$, concentración, $P = 0.0046$, $Z = 10.3009$, $P = 0.0001$). Las flores estaminadas produjeron 17% más néctar que las flores pistiladas (Fig.5).

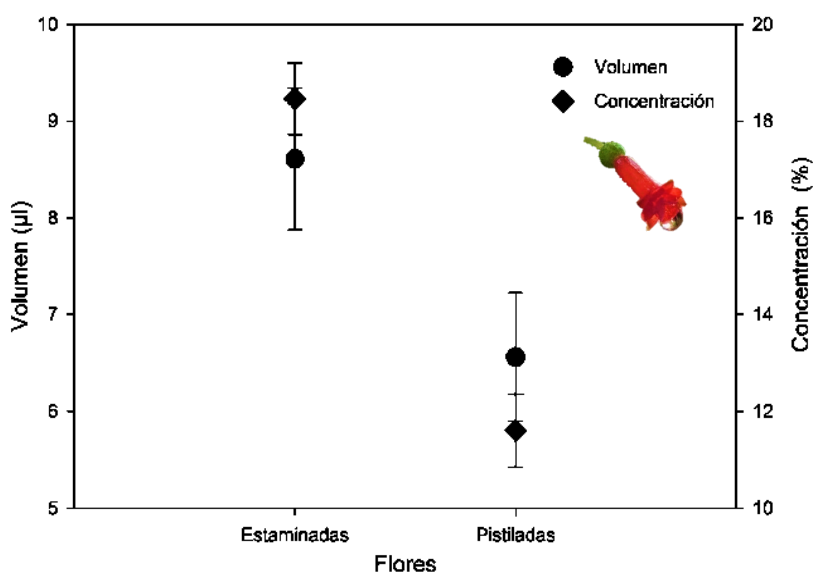


Figura 5. Volumen y concentración promedio de néctar en flores estaminadas y pistiladas de *Fuchsia parviflora*.

Riqueza y abundancia de compuestos volátiles florales.

Se encontraron 24 compuestos volátiles florales en ambas poblaciones. Los COVs encontrados en las flores estaminadas fueron diversos (21 COVs) y abundantes respecto a las flores pistiladas (16 COVs). El compuesto floral más abundante en flores pistiladas y estaminadas fue el 1,4-dietilbenceno, con una abundancia de 47.36% para flores estaminadas y 44.36% en las flores pistiladas (Fig. 6).

En la población de Pátzcuaro se encontraron 8 compuestos exclusivos para las flores estaminadas: 1-etil-2-metil-benceno, decano, nonanal, azuleno, benceno, 2-metil-1-butenil, dodecano, ceteno, y 3 para las flores pistiladas (p-cimeno, 1-etenil-4-etil-benceno y benceno 1-metil-4-(1-metilpropil). Los compuestos octacosano, dodecano y 1-etenil-4-etil-benceno no se encontraron en la población de Ichaqueo.

En Ichaqueo se encontraron 9 compuestos exclusivos para las flores estaminadas; 3-hexanona, 2-hexanona, 1-etil-2-metil-benceno, decano, 1-etenil-3-etil-benceno, nonanal, benceno, 2-metil-1-butenil, azuleno y ceteno. En flores pistiladas se encontraron 3 compuestos únicos; p-cimeno, benceno 1-metil-4 (1-metilpropil) y el pentadecano.

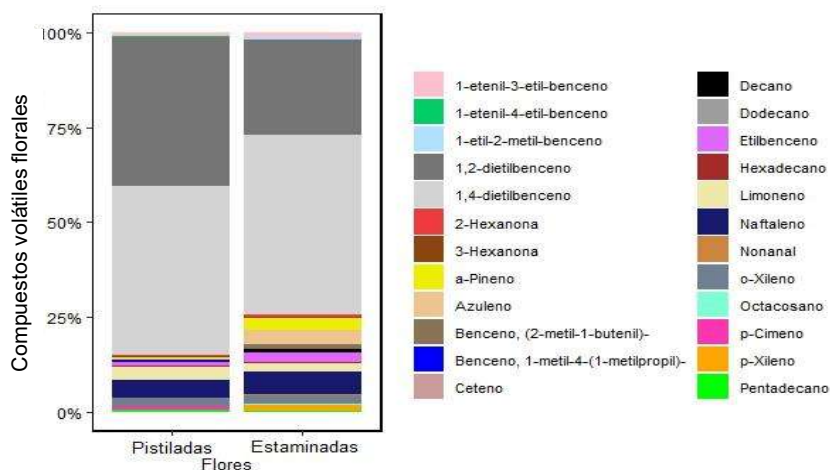


Figura 6. Compuestos volátiles florales de *Fuchsia parviflora* en ambas poblaciones.

Visitantes florales de *Fuchsia parviflora*

Se registraron 10 visitantes florales en *Fuchsia parviflora* en ambos sitios de estudio (Fig.7).

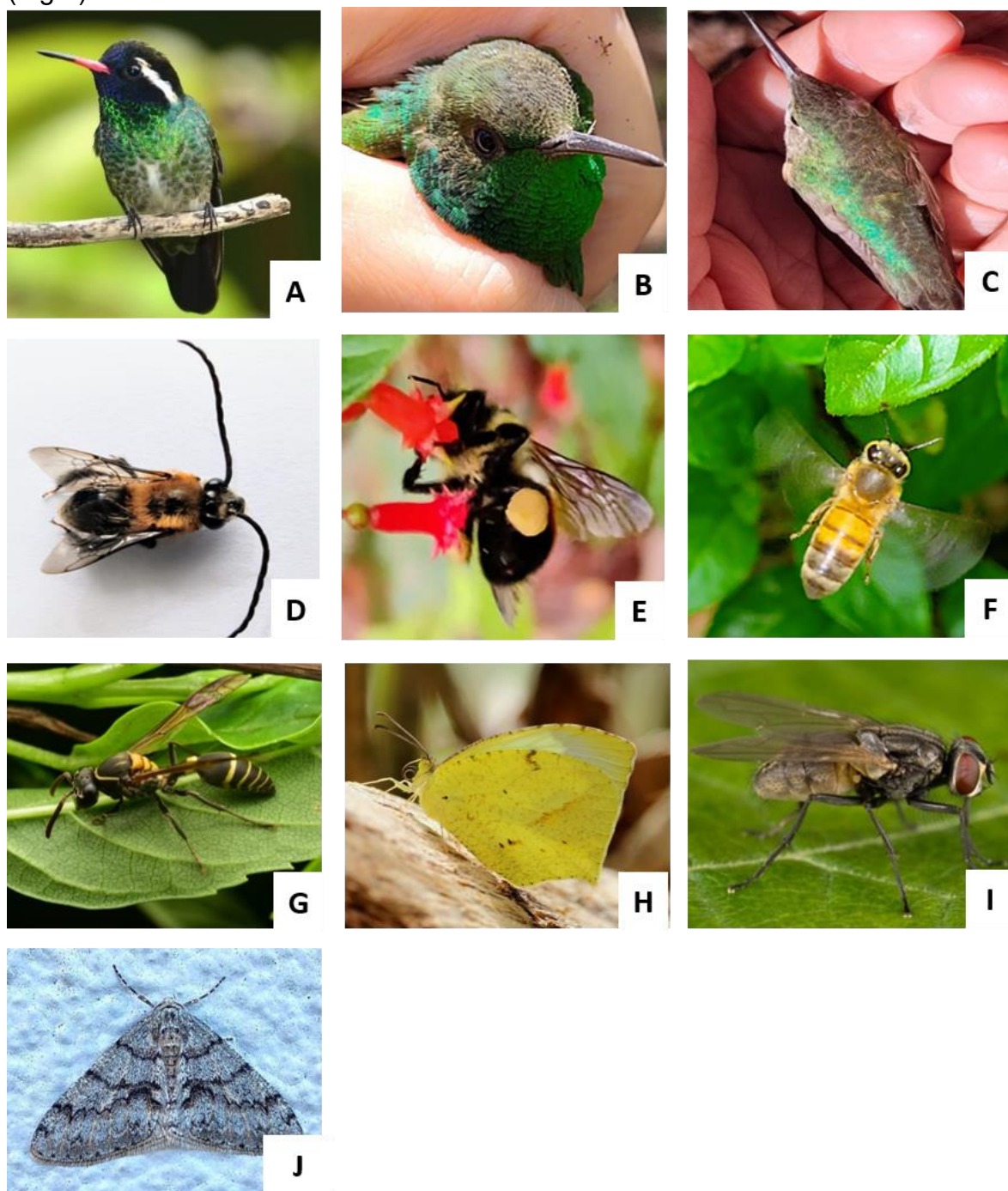


Figura 7. Diversidad de visitantes florales de *Fuchsia parviflora* en ambas poblaciones de estudio. **A.** *Basilinna leucotis* (Eisermann et al. 2013). **B.** *Saucerottia*

beryllina. **C.** *Selasphorus platycercus*. **D.** *Thygater* sp. **E.** *Bombus ephippiatus*. **F.** *Apis mellifera*. **G.** *Polybia occidentalis*. **H.** *Abaeis mexicana*. **I.** *Musca domestica* (Nikolai Vladimirov). **J.** Polilla gris.

En la población de Pátzcuaro, en 23 horas de observación en plantas femeninas se registraron 356 visitas de dos visitantes: el colibrí *Basilinna leucotis* y la abeja europea *Apis mellifera*, siendo este último el visitante más frecuente con 355 visitas (99.7%) mientras que solo se registró una visita por *B. leucotis* (0.3%). En las plantas masculinas, en 9 horas de observación se registraron 118 visitas de seis visitantes: los colibríes *Saucerottia beryllina* y *B. leucotis*, dos abejas; *A. mellifera* y *Thygater* sp., una mosca y una polilla. La abeja *A. mellifera* fue el visitante más frecuente (41%), seguido por la abeja *Thygater* sp., (40%), Polilla gris (7%), *B. leucotis* (6%), *S. beryllina* (3.4%) y *Musca domestica* (0.8%) (Fig. 8). En Pátzcuaro, las flores pistiladas recibieron más visitas (29.33 ± 5.72) que las estaminadas (19.33 ± 8.09) ($Z=-0.79$, $P= 0.3279$; Fig. 8A). El esfuerzo de muestreo fue mayor para las flores pistiladas con la finalidad de observar si estas eran visitadas por los colibríes, sin embargo, este sesgo de observación a plantas femeninas pudo influir en que encontráramos que las flores pistiladas recibieran más visitas que las estaminadas.

En la población de Ichaqueo durante el año 2024-2025 con 53 horas de observación en plantas femeninas y 60 horas en plantas masculinas.

En las plantas femeninas se registraron 123 aproximaciones de seis visitantes florales; *Selasphorus platycercus*, *A. mellifera*, *Polybia occidentalis*, *S. beryllina*, *B. leucotis*, y *Bombus ephippiatus*. La abeja *A. mellifera* fue el visitante floral más frecuente en las flores pistiladas (56%), seguido por *P. occidentalis* (12%), *B. ephippiatus* (12%), *B. leucotis* (9%), *S. beryllina* (7%) y *S. platycercus* (2%). En las plantas masculinas se registraron 136 aproximaciones realizadas por cinco visitantes siendo *B. ephippiatus* el más frecuente (39%), seguido por *A. mellifera* (26%), *B. leucotis* (21%), *S. beryllina* (12%) y *Abaeis mexicana* (1%) (Fig. 8B). Al analizar si existía una preferencia de los visitantes hacia el sexo masculino (12.36 ± 5.33) o femenino (11.18 ± 5.33) no se encontraron diferencias significativas ($Z = 0.35$, $P = 0.8721$).

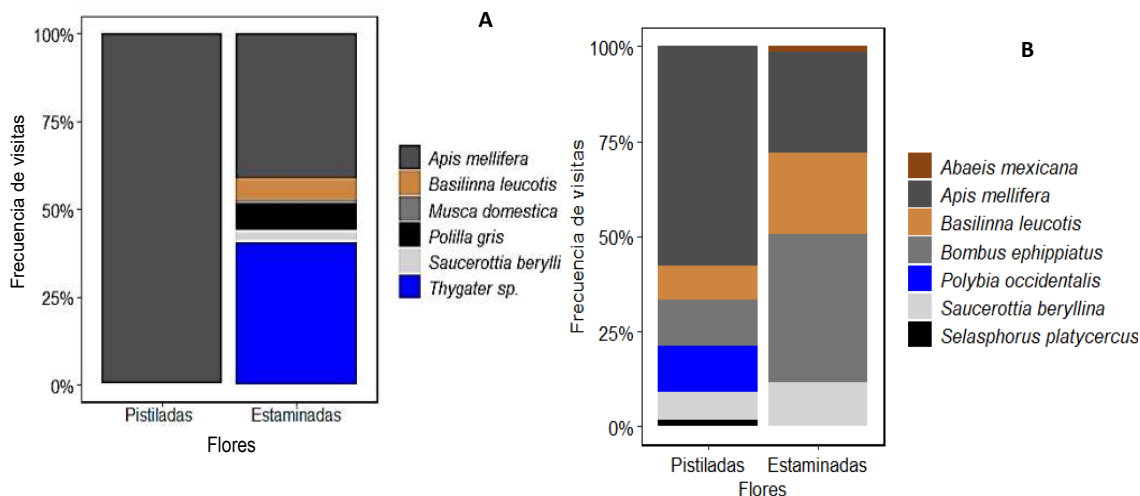


Figura 8. A) Frecuencia de visitas florales en *Fuchsia parviflora* en la población de Pátzcuaro durante el año 2024 e B) lchaqueo durante el periodo 2024-2025.

Eficiencia en la polinización

En la población de lchaqueo se obtuvieron datos de 34 flores de visita única por colibríes y 9 por abejas. Los colibríes depositaron más granos de polen en el estigma (119 ± 20.33) que las abejas (14 ± 6.39) ($gl = 38.30$, $t = -4.91$, $P=0.0123$; Fig. 9).

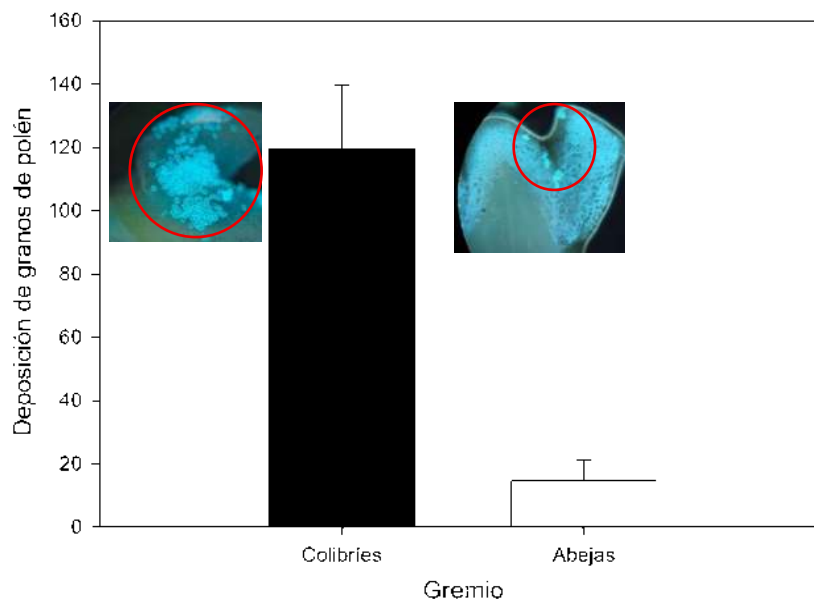


Figura 9. Deposición de granos de polen en el estigma por visita única. En las imágenes se muestran los estigmas con polen, observados mediante microscopio

de fluorescencia y los círculos rojos encierran las diferencias de granos de polen depositados por cada gremio.

En la población de Pátzcuaro durante 2024 de un total de 23 flores visitadas por *A. mellifera* el 48% formaron fruto maduro, mientras que el 100% de las visitadas por *B. leucotis* formaron frutos (Fig. 10A). En la población de Ichaqueo durante el año 2024 el 39% de las flores pistiladas que recibieron una sola visita por *A. mellifera* produjeron fruto y el 100% de las visitadas por *S. platycercus* formaron fruto. En 2025, el 50% de las flores pistiladas que recibieron una sola visita por *B. ephippiatus* formaron fruto, mientras que el 100% de las visitadas por *B. leucotis* y el 39% de los visitados por *A. Mellifera* formaron fruto (Fig. 10B). Debido a que los frutos de Ichaqueo 2024 se perdieron porque cortaron algunas ramas de las plantas de estudio, no fue posible pesar y contar el número de semillas producidas por cada fruto. Sin embargo, en 2025 se obtuvieron 50 visitas únicas realizadas por *B. ephippiatus* de las cuales 25 formaron frutos (50%), mientras que *B. leucotis* visitó 24 flores y todas formaron fruto (100%).

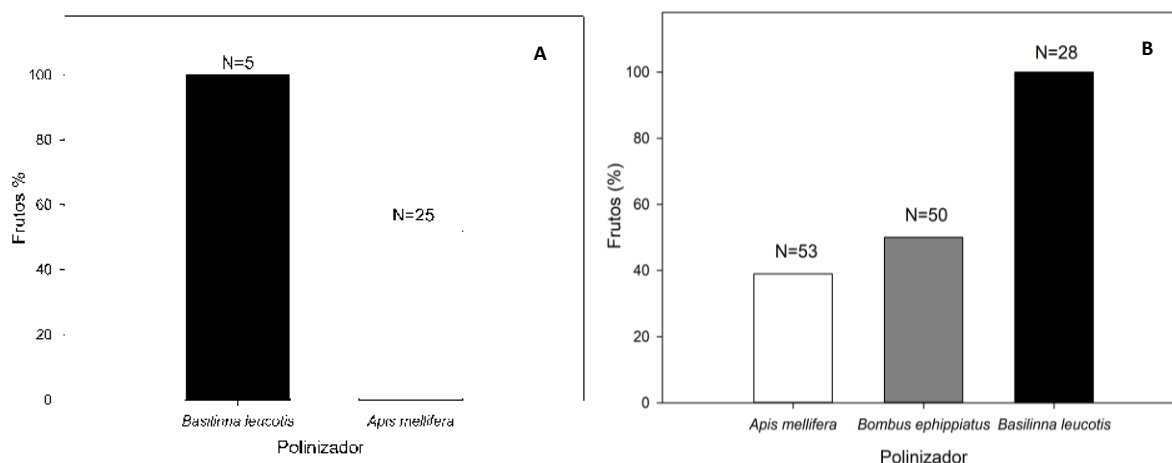


Figura 10. A) Porcentaje de frutos maduros de visitas únicas en la población de Pátzcuaro 2024 e B) Ichaqueo 2024-2025 formados a partir de visitas únicas de abejas y colibríes. El número arriba de la barra indica el tamaño de muestra.

En la población de Pátzcuaro durante 2024 el número promedio de semillas por fruto de flores polinizadas por *A. mellifera* y *B. leucotis* fue similar de $(12.33 \pm 1.11$

y 13.80 ± 1.24 : $Z = 0.58$, $P=0.4549$), respectivamente (Fig. 11A). El peso de las semillas producidas por *A. mellifera* fue mayor ($0.001804 \text{ mg} \pm 0.00015$) que el de las de *B. leucotis* ($0.001316 \text{ mg} \pm 0.00016$), aunque no de manera significativa ($Z = -0.58$, $P=0.3895$).

En la población de Ichaqueo durante el año 2024-2025 el número promedio de semillas por fruto de flores polinizadas por *A. mellifera* fue de (9.19 ± 1.11), *B. ephippiatus* (10.28 ± 1.02), y *B. leucotis* (20.43 ± 0.82), siendo significativas las diferencias ($X^2= 37.97$, $gl= 2$, $P=0.0001$) (Fig. 11B).

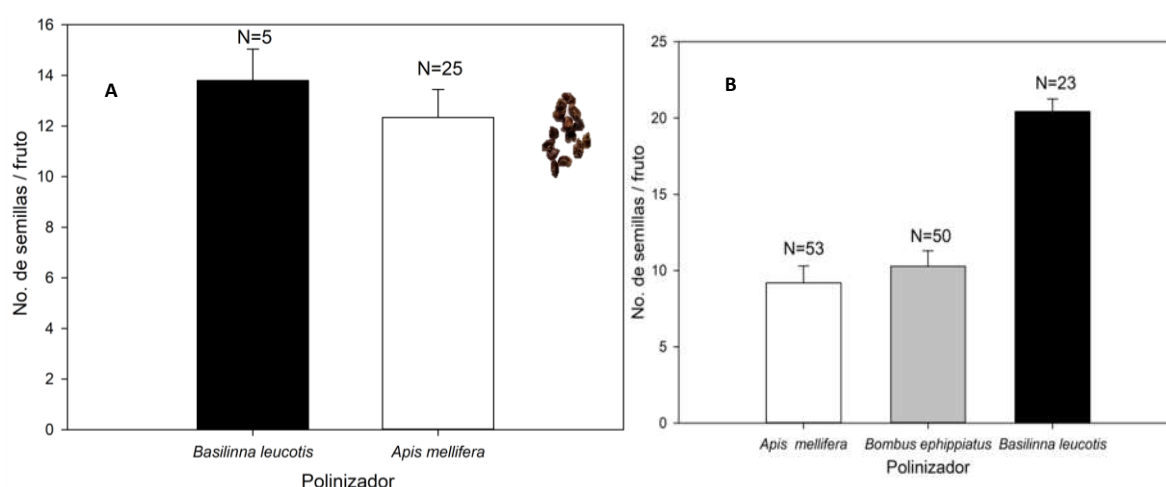


Figura 11. A) Número de semillas de flores polinizadas por visita única en la población de Pátzcuaro e B) Ichaqueo

Existieron diferencias significativas ($X^2= 37.97$, $gl= 2$, $P=0.0008$) en el peso de las semillas de los frutos polinizados por *A. mellifera* ($0.001894 \text{ mg} \pm 0.00012$), *B. ephippiatus* ($0.001800 \text{ mg} \pm 0.00222$) y *B. leucotis* ($0.001363 \text{ mg} \pm 0.000047$) (Fig. 12).

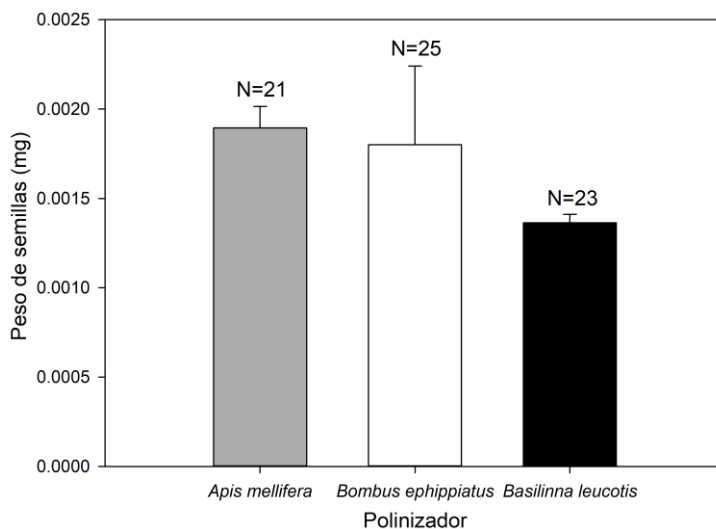


Figura 12. Peso promedio de las semillas provenientes de cada fruto de flores polinizadas por visita única en la población de Ichaqueo. La N indica el número de frutos analizados para cada especie.

Efectividad en la polinización

El índice de efectividad muestra que en la población de Ichaqueo los colibríes (67.5%) son polinizadores más efectivos que las abejas (32.5%), por depositar más granos de polen en estigmas, producir más frutos y un mayor número de semillas por fruto (Tabla 1).

Tabla 1. Índice de efectividad por gremios en Ichaqueo

Índice de efectividad	Ichaqueo	
	Abejas	Colibríes
Frecuencia de visita	1	0.38
Promedio de granos en estigma	0.12	1
Promedio de frutos formados	0.39	1
Promedio de semillas por fruto	0.45	1
Efectividad por gremio	0.38	0.79
Efectividad (%) entre gremios	32.5%	67.5%

Proporción sexual y limitación de polen

En la población de Pátzcuaro se contabilizaron 73 plantas masculinas y 37 femeninas encontrando una proporción sexual de 2:1, mientras que en Ichaqueo se registraron 63 plantas masculinas y 64 femeninas con proporción 1:1.

En cuanto a la limitación de polen en la población de Pátzcuaro el 65% de las flores polinizadas manualmente y el 68% de polinización abierta formaron fruto ($P = 0.512$). En Ichaqueo durante el año 2024, el 48% de las flores polinizadas manualmente y el 49% de polinización abierta formaron fruto ($P = 0.9208$), mientras que para el 2025, el 75% y el 71% respectivamente formaron fruto ($P = 0.2758$). En cuanto a los 50 botones florales evaluados para determinar apomixis ninguno produjo fruto.

DISCUSIÓN

De acuerdo con lo esperado se encontró que los colibríes fueron polinizadores más eficientes que los insectos, ya que depositaron más granos de polen en los estigmas y formaron un mayor número de frutos, y con más semillas. Las flores estaminadas fueron más grandes, emitieron mayor número y abundancia de COVs y ofrecieron más recompensas. Sin embargo, contrario a lo esperado las flores estaminadas no recibieron más visitas. Estos resultados en general apoyan las hipótesis y la mayoría de las predicciones planteadas inicialmente en este estudio.

Se encontró que las flores estaminadas son significativamente más grandes que las pistiladas, como ya se había reportado en *F. parviflora* (González et al. 2018). Este patrón es común en especies dioicas y generalmente se relaciona con la asignación de recursos a la formación de frutos y semillas de las plantas femeninas, costo que no realizan las masculinas invirtiéndolo en ser más atractivas (Ashman, 2009).

Cabe resaltar que el tubo floral de las flores estaminadas estudiadas fueron 10% más largo, pero 16.5% más estrecho en diámetro, mientras que el tubo floral de las flores pistiladas fue 28% más largo y 25% más estrecho en diámetro que las reportadas por González et al. (2018). Estas diferencias pueden deberse a que los sitios de estudio son distintos por tanto los factores bióticos y abióticos pueden influir en el patrón de los tamaños florales. La reducción del ancho de la corola encontrada en las flores podría restringir la visita de abejas de gran tamaño y al mismo tiempo, mejorar el ajuste morfológico con colibríes, y permitir mayor precisión y adherencia de polen en el pico (Pellmyr, 2002).

Aunado a esto, se encontró que las flores estaminadas produjeron significativamente más néctar y más concentrado que las flores pistiladas. Este patrón es común en especies dioicas y generalmente se relaciona con la teoría de la selección sexual, la cual postula que las plantas masculinas invierten más en la atracción de polinizadores (tamaño, recompensa) que las plantas femeninas, dado que están más limitadas en la exportación de su polen (Ashman, 2009; Dötterl et al. 2014). Si ambos sexos estuvieran limitados de manera similar por el acceso a las parejas, se predice que ambos sexos deberían ser igualmente atractivos (Ashman,

2009). Las diferencias en el volumen y concentración de néctar entre sexos también pueden estar influenciadas por factores ambientales como la temperatura, la radiación solar, la presión de vapor y la humedad del suelo (Nicolson, 1995). En *Cyathodes divaricata* y *Myracrodruon urundeuva*, las flores estaminadas produjeron significativamente más néctar que las pistiladas (Higham y McQuillan, 2000; Calaça et al. 2022). En *Salix caprea*, *Cytinus sanguineus* y *Fuchsia obconica*, no se encontraron diferencias en el volumen y concentración de néctar entre ambos sexos (Dötterl et al. 2014; Hobbhahn y Johnson, 2015; González et al. 2018). En contraste, en *Silene latifolia* las flores pistiladas produjeron mayor volumen de néctar que las estaminadas (Gehring et al. 2006), mientras que en *Aechmea mariae-reginae* las flores pistiladas produjeron mayor concentración de néctar que las flores estaminadas (Cascante-Marín, 2020).

Las abundancias relativas de los COVs encontrados fueron muy bajas comparadas con las reportadas en plantas polinizadas por insectos (Klatt et al. 2013; Benelli et al. 2017; Martínez-Díaz et al. 2024). Estas bajas abundancias coinciden con la idea de que especies polinizadas por aves emiten baja abundancia de volátiles florales (Ômura et al. 2000; Knudsen et al. 2004). Se encontró que la mayoría de los volátiles que emiten las flores de *F. parviflora* tienen la función de atraer a diversos polinizadores (abejas, mariposas, abejorros, avispas, mamíferos) como el limoneno, pineno, xileno azuleno, dodecano, octacosano, 1,4 dietilbenceno, 1,2 dietilbenceno, ocimeno (Andersson et al. 2002; Cahlíková et al. 2004; Knudsen et al. 2004; Mena et al. 2005; Stökl et al. 2009; Benelli et al. 2017; You et al. 2024). Otros compuestos se han reportado que pueden tener un papel en la defensa contra herbívoros (naftaleno, pentadecano, octacosano) y de comunicación química entre plantas (pineno, limoneno, ocimeno, xileno; Farre et al. 2017; Brosset y Blande, 2021; Apéndice 1).

Nuestros resultados concuerdan con lo reportado en *Salix caprea*, *Drypetes natalensis*, *Catsetum uncatun* y *C. arientum* polinizadas por insectos donde las flores estaminadas emiten mayor cantidad de volátiles florales (Johnson, 2009; Dötterl et al. 2014; Milet-Pinheiro et al. 2015; Brandt et al. 2020), pero contrastan

con los de Flamini et al. (2002) en *Laurus nobilis* donde las flores pistiladas emiten mayor diversidad de volátiles florales. Aunque los COVs encontrados en este estudio se relacionan principalmente con la atracción de insectos, hasta el momento solo hay un estudio que ha reportado que la tasa de visita del colibrí *B. leucotis* se correlaciona con 4 compuestos volátiles (1,2-dimetilbenceno, 1,4-dimetilbenceno, α -pineno y 1-etenil-3-etilbenceno; Martínez-Díaz et al. 2024) de los cuales α -pineno y 1-etenil-3-etilbenceno también se encontraron en *F. parviflora*. Sin embargo, no hay estudios descriptivos ni experimentales que demuestren que los colibríes responden a compuestos florales específicos. Esto resalta la importancia de este trabajo al analizar los COVs emitidos en una especie dioica con aparente síndrome ornitófilico, abriendo pauta a considerar que los colibríes podrían responder olfativamente ante algunos o a la mayoría de los compuestos encontrados en nuestra especie de estudio, dado que estos fueron los polinizadores más efectivos. Sin embargo, para probar esta hipótesis se requiere realizar experimentos más detallados.

El haber encontrado que las flores estaminadas emitieron un mayor número de COVs y en mayor abundancia junto con el mayor tamaño de sus flores y con mayores recompensas ofrecidas a los polinizadores, apoya la hipótesis que plantea que las flores estaminadas requieren más visitas para que la totalidad del polen sea removido. Sin embargo, las flores estaminadas al ser más llamativas y con más COVs pueden ser preferidas por florívoros y herbívoros (Baldwin et al. 1997) por lo que los COVs además de atrayentes también pueden fungir como repelentes de estos.

En cuanto a los visitantes florales, en Pátzcuaro, *A. mellifera* fue el principal visitante en flores pistiladas y estaminadas, probablemente debido a que existen huertas de aguacate con cajones de abejas cercanas a nuestro sitio de estudio. A pesar del sesgo de horas de observación a plantas femeninas, no se observaron visitas de colibríes en estas plantas. Mientras que en la población de Ichaqueo los visitantes que realizaron más aproximaciones fueron el abejorro *Bombus ephippiatus* a las flores estaminadas y *A. mellifera* a las pistiladas, sin que se

encontrarán diferencias significativas entre sexos. Al igual que otros estudios (e.g., Avila y Freitas, 2011; Rollin et al. 2016), los resultados también indican que los visitantes más frecuentes no fueron los más eficaces, ya que, aunque los insectos fueron los visitantes que realizan más aproximaciones a *F. parviflora* en ambas poblaciones, los colibríes fueron los polinizadores más eficientes, como se pudo observar en el índice de efectividad de lchaqueo donde los colibríes fueron notablemente más efectivos (abejas 32.5% vs. colibríes 67.5%). Sin embargo, dado que estos resultados son basados principalmente en visita única, las abejas también pueden jugar un papel muy importante como polinizadores debido a que la formación de frutos y semillas no depende de una sola visita y es muy probable que una flor tenga múltiples visitas durante su periodo receptivo y si un polinizador con menor eficiencia es mucho más común que uno con mayor eficiencia en estas circunstancias la eficacia de visita única puede ser igualada o incluso superada por numerosas visitas (Abrahamczyk et al. 2025). En este estudio se observó que en la población de Pátzcuaro las abejas realizaron más aproximaciones a las flores pistiladas que a las estaminadas, aunque este resultado pudo deberse a que se realizaron más horas de observación a plantas femeninas, sin embargo, no hubo un patrón claro en ninguna de las dos poblaciones.

Nuestros resultados coinciden con otros estudios que han demostrado que los colibríes son polinizadores más eficientes que las abejas, las cuales se acicalan con frecuencia, almacenan el polen y este se vuelve rápidamente inaccesible para la transferencia a los estigmas, a diferencia de los colibríes (Castellanos y Thomson, 2003). A pesar de que los colibríes también se acicalan y pueden remover el polen de sus picos principalmente (no tanto de la cabeza), sus visitas son más rápidas y hay mayor probabilidad de que el polen llegue a las flores pistiladas. Además, se ha documentado que los colibríes remueven y depositan más granos de polen que las abejas por cada visita que realizan (Wilson et al. 2006), teniendo una mayor formación de frutos. Cascante-Marin (2020) encontró que los colibríes fueron los principales polinizadores de la bromelia dioca *Aechmea mariae-reginae* de manera similar a lo que nosotros encontramos en *F. parviflora*.

Otro factor importante es que *F. parviflora* no presenta limitación de polen, ya que las flores de polinización manual y abierta produjeron un número similar de frutos, lo que indica que la producción de frutos no estuvo limitada por la disponibilidad de polen ni la efectividad de los polinizadores. Posiblemente también influyó que las flores pistiladas tienen pocos óvulos (~20) y el polen depositado probablemente fue suficiente para la producción de frutos. Además, las plantas femeninas generalmente suelen encontrarse cerca de las masculinas, favoreciendo que los polinizadores que visitan a las plantas masculinas especialmente los colibríes, también visiten a las femeninas.

Al no encontrar limitación de polen y al ser las flores estaminadas más grandes, con mayor volumen y concentración de néctar y con una mayor abundancia relativa de COVs respecto a flores pistiladas, se apoya la hipótesis de que las flores estaminadas requieren de más visitas para que su polen llegue a un estigma. Considerando que las flores estaminadas de *F. parviflora* tienen ~32 000 granos de polen y las flores pistiladas con pocas visitas logran fecundar sus ~20 óvulos, una mayor asignación a estructuras atractivas debería beneficiar más a la función masculina que la femenina (Knudsen, 2004). Nuestros resultados concuerdan con las hipótesis planteadas por Knuth que menciona que las corolas de las flores estaminadas son más grandes que las pistiladas y al ser más visibles para los polinizadores, son visitadas primero. En nuestro estudio se observó que los colibríes suelen visitar primero a las plantas masculinas y posteriormente a las femeninas.

Bell (1985) propuso que la asignación a la atracción podría ser más importante para la función masculina que para la femenina, ya que es más probable que la función femenina se vea limitada por los recursos que por las oportunidades de apareamiento debido a los requisitos para la maduración de frutos y semillas (Arnold, 1994). Los resultados encontrados a lo largo de este estudio aportan información valiosa sobre la importancia que desempeñan cada uno de los visitantes florales en la reproducción de plantas dioicas. También aportan información relevante acerca de las características morfológicas y químicas (COVs) que utilizan estas plantas para ser atractivas y de esta manera asegurar su

polinización, expandiendo nuestro conocimiento y comprensión sobre las interacciones en especies con sexos separados.

CONCLUSIÓN

Los colibríes son los polinizadores más eficientes de *Fuchsia parviflora* debido a que las flores visitadas por éstos reciben un mayor número de granos de polen en los estigmas derivados de los experimentos de visita única, desarrollan más frutos y producen un mayor número de semillas que las visitadas por abejas. Sin embargo, las abejas y los abejorros son más frecuentes que los colibríes y también contribuyen a la polinización de *Fuchsia parviflora* por lo tanto, esta especie presenta una polinización mixta en donde ambas polinizadoras contribuyen de manera importante al desarrollo y reproducción de esta especie.

Además de las características morfológicas de las flores y las recompensas ofrecidas a los polinizadores los volátiles florales encontrados en esta especie pueden ser importantes en la atracción de sus polinizadores secundarios. Sin embargo, es posible que estos compuestos también participen en la atracción de los colibríes, pero se requieren más estudios para corroborar esta hipótesis.

Este es el primer estudio que evalúa la eficiencia de polinización en el género *Fuchsia*, además, es uno de los primeros en evaluar la eficiencia de polinización por colibríes a través de experimentos de visita única y deposición de granos de polen en estigmas de especies dioicas, resaltando la importancia que juegan los colibríes y abejas en especies que dependen completamente de la polinización cruzada.

REFERENCIAS

- Asikainen, E., & Mutikainen, P. (2005). Pollen and resource limitation in a gynodioecious species. *American Journal of Botany*, 92(3), 487-494.
- Abrahamczyk, S., Dürr, R., Brenes, E., & Maglianesi, M. A. (2025). Pollination efficiency of hummingbirds and flower-piercers at the flowers of *Lobelia laxiflora* (Campanulaceae): morphological fit matters. *Oecologia*, 207(5), 74.
- Agilent Technologies. (2008). MSD Productivity ChemStation Software Specifications
- Andersson, S., Nilsson, L. A., Groth, I., & Bergström, G. (2002). Floral scents in butterfly-pollinated plants: possible convergence in chemical composition. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 140(2), 129-153.
- Ashman, T. L. (2009). Sniffing out patterns of sexual dimorphism in floral scent. *Functional Ecology*, 23(5), 852-862.
- Ashworth, L., Aguilar, R., Martén-Rodríguez, S., Lopezaraiza-Mikel, M., Avila-Sakar, G., Rosas-Guerrero, V., & Quesada, M. (2015). Pollination syndromes: a global pattern of convergent evolution driven by the most effective pollinator. In: P Pontarotti, ed. *Evolutionary biology: biodiversification from genotype to phenotype*. Cham, Suiza: Springer, 203-224
- Barrett, S. C. (2002). The evolution of plant sexual diversity. *Nature reviews genetics*, 3(4), 274-284.
- Barrett, S. C., & Hough, J. (2013). Sexual dimorphism in flowering plants. *Journal of experimental botany*, 64(1), 67-82.
- Baldwin IT, Preston C, Euler M, Gorham D (1997). Patterns and consequences of benzyl acetone floral emissions from *Nicotiana attenuata* plants. *J Chem Ecol* 23:2327–2343. doi:10.1023/ B:JOEC.0000006677.56380.cd

- Bawa, K. S. (1980). Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:15-39.
- Brandt, K., Machado, I. C., Navarro, D. M. D. A. F., Dötterl, S., Ayasse, M., & Milet-Pinheiro, P. (2020). Sexual dimorphism in floral scents of the neotropical orchid *Catasetum arietinum* and its possible ecological and evolutionary significance. *AoB Plants*, 12(4), plaa030.
- Berry, P. E. (1982). The systematics and evolution of *Fuchsia* sect. *Fuchsia* (Onagraceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1-198.
- Benelli, G., Canale, A., Romano, D., Flamini, G., Tavarini, S., Martini, A., & Angelini, L. G. (2017). Flower scent bouquet variation and bee pollinator visits in *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae), a source of natural sweeteners. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(3), 381-388.
- Brosset, A., & Blande, J. D. (2022). Volatile-mediated plant–plant interactions: volatile organic compounds as modulators of receiver plant defence, growth, and reproduction. *Journal of experimental botany*, 73(2), 511-528.
- Burkle, L. A., & Runyon, J. B. (2019). Floral volatiles structure plant–pollinator interactions in a diverse community across the growing season. *Functional Ecology*, 33(11), 2116-2129.
- Calaça, P., de Freitas, L. D., & Schlindwein, C. (2022). Strongly unbalanced gender attractiveness in a dioecious mass flowering tropical tree pollinated by stingless bees. *Plant Biology*, 24(3), 473-481.
- Cascante-Marín, A., Trejos, C., Madrigal, R., & Fuchs, E. J. (2020). Genetic diversity and reproductive biology of the dioecious and epiphytic bromeliad *Aechmea mariae-reginae* (Bromeliaceae) in Costa Rica: implications for its conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 192(4), 773-786.
- Cahlíková, L.; Hovorka, O.; Ptáček, V.; Valterová, I. (2004). Exocrine gland secretions of virgin queens of five bumblebee species (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Z. Für Naturforsch.* 59, 582–589

- Castellanos, M. C., Wilson, P., & Thomson, J. D. (2003). Pollen transfer by hummingbirds and bumblebees, and the divergence of pollination modes in *Penstemon*. *Evolution*, 57(12), 2742-2752.
- Cervantes, C., Alvarez, A., & Cuevas, E. (2018). Small but attractive: female-biased nectar production and floral visitors in a dimorphic shrub. *Plant Biology*, 20(1), 160-164.
- Cuevas, E., Jiménez, R., & Lopezaraiza-Mikel, M. (2014). Sex-specific reproductive components and pollination ecology in the subdioecious shrub *Fuchsia microphylla*. *Plant Biology*, 16(6), 1096-1103.
- Cuevas, E., Pérez, M. Á., & Sevillano, L. (2017). Population size, sex-ratio and sexual dimorphism in *Fuchsia parviflora* (Onagraceae) an endemic dioecious shrub. *Botanical Sciences*, 95(3), 401-408.
- Dellinger, A. S. (2020). Pollination syndromes in the 21st century: where do we stand and where may we go? *New Phytologist*, 228(4)
- Delph, L. F., Galloway, L. F., & Stanton, M. L. (1996). Sexual dimorphism in flower size. *The American Naturalist*, 148(2), 299-320.
- Diodato, L., Fuster, A., & Maldonado, M. (2008). Valor y beneficios de las abejas nativas, (Hymenoptera: Apoidea), en los bosques del Chaco Semiárido, Argentina. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, (15), 15-20.
- Dobson, H. E. (2006). Relationship between floral fragrance composition and type of pollinator. In N. Dudareva & E. Pichersky (Eds.), *Biology of floral scent*. (pp. 150–202). Boca Raton, FL: CRC press.
- Dötterl, S., Glück, U., Jürgens, A., Woodring, J., & Aas, G. (2014). Floral reward, advertisement and attractiveness to honey bees in dioecious. *Salix caprea*. *PloS one*, 9(3), e93421.

- Dudareva, N., Pichersky, E., & Gershenzon, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant physiology*, 135(4), 1893-1902.
- Eisermann, K., C. Avendaño & P. Tanimoto (2013). Birds of the Cerro El Amay Important Bird Area, Quiché, Guatemala. *Cotinga* 35: 81-93.
- Ewel, J.J., A. Madriz y J.A. Tosi. (1976). Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ed.2. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela
- Farré-Armengol, G., Filella, I., Llusà, J., & Peñuelas, J. (2017). β -Ocimene, a key floral and foliar volatile involved in multiple interactions between plants and other organisms. *Molecules*, 22(7), 1148.
- Faegri, K. y van der Pijl, L. (1979). Principios de la ecología de la polinización. Prensa de Pérgamo, Oxford.
- Flamini, G., Cioni, P. L., & Morelli, I. (2002). Differences in the fragrances of pollen and different floral parts of male and female flowers of *Laurus nobilis*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(16), 4647-4652.
- Freeman, D. C., J. L. Doust, A. El-Keblawy, K. J. Miglia, and E. D. McArthur. (1997). Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *Botanical Review* 63: 65 – 92.
- Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35(1), 375-403.
- Gehring, J. L., & Delph, L. F. (2006). Effects of reduced source-sink ratio on the cost of reproduction in females of *Silene latifolia*. *International Journal of Plant Sciences*, 167(4), 843-851.
- González, C., Alvarez-Baños, A., y Cuevas, E. (2018). Floral biology and pollination mechanisms of four Mexico-endemic *fuchsia* species with contrasting reproductive systems. *Journal of Plant Ecology*, 11(1), 123-135.

- Hansen DM, Olesen JM, Jones CG (2002). Trees, birds and bees in Mauritius: exploitative competition between introduced honey bees and endemic nectarivorous birds? *Journal of Bio geography* 29: 721-734.
- Hembourg, A. M. & Bond, W.J. (2005) Different rewards in female and male flowers can explain the evolution of sexual dimorphisms in plants. *Biological Journal of the Linnaean Society*, 85, 97–109.
- Higham, R. K., & McQuillan, P. B. (2000). *Cyathodes divaricata* (Epacridaceae)—the first record of a bird-pollinated dioecious plant in the Australian flora. *Australian Journal of Botany*, 48(1), 93-99.
- Hobbhahn, N., & Johnson, S. D. (2015). Sunbird pollination of the dioecious root parasite *Cytinus sanguineus* (Cytinaceae). *South African Journal of Botany*, 99, 138-143.
- Jong, T. J., Batenburg, J. C., & Klinkhamer, P. G. (2005). Distance-dependent pollen limitation of seed set in some insect-pollinated dioecious plants. *Acta Oecologica*, 28(3), 331-335.
- Junker, R. R., Hocherl, N., & Bluthgen, N. (2010). Responses to olfactory signals reflect network structure of flower-visitor interactions. *Journal of Animal Ecology*, 79(4), 818–823.
- Klatt, B. K., Burmeister, C., Westphal, C., Tschardt, T., & von Fragstein, M. (2013). Flower volatiles, crop varieties and bee responses. *PLoS One*, 8(8), e72724.
- Knudsen, J. T., Tollsten, L., Groth, I., Bergström, G., & Raguso, R. A. (2004). Trends in floral scent chemistry in pollination syndromes: floral scent composition in hummingbird-pollinated taxa. *Botanical journal of the Linnean Society*, 146(2), 191-199.
- Knight, T. M., Steets, J. A., Vamosi, J. C., Mazer, S. J., Burd, M., Campbell, D. R., y Ashman, T. L. (2005). Pollen limitation of plant reproduction: pattern and process. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36(1), 467-497

- Knudsen, J. T., & Gershenzon, J. (2006). The chemical diversity of floral scent. In: N. Dudareva & E. Pichersky (Eds.), *Biology of Floral Scent*. pp. 27–45. Boca Raton: Taylor & Francis Group
- Martínez-Díaz, Y., Espinosa-García, F. J., Martén-Rodríguez, S., García-Rodríguez, Y. M., & Cuevas, E. (2024). Floral attractants in an alpine environment: linking floral volatiles, flower size and pollinators. *Alpine Botany*, 134(1), 101-114.
- Mena Granero, A., Egea Gonzalez, F. J., Guerra Sanz, J. M., & Martínez Vidal, J. L. (2005). Analysis of Biogenic Volatile Organic Compounds in Zucchini Flowers: Identification of Scent Sources: Mena Granero et al. *Journal of chemical ecology*, 31(10), 2309-2322.
- Michener, C. D. (2000). The bees of the world.
- Milet-Pinheiro, P., Pinto, C. E., Navarro, D. M., Silva, J. B., Brandt, K., & Ayasse, M. (2022). Floral scent chemistry and pollinators of a sexually dimorphic neotropical orchid. *Plants*, 12(1), 17.
- Muhlemann, J. K., Klempien, A., & Dudareva, N. (2014). Floral volatiles: from biosynthesis to function. *Plant, cell & environment*, 37(8), 1936-1949.
- Ne'eman, G., Jürgens, A., Newstrom-Lloyd, L., Potts, S. G., & Dafni, A. (2010). A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biological Reviews*, 85(3), 435-451.
- Nicolson, S.W. 1995. Direct demonstration of nectar reabsorption in the flowers of *Grevillea robusta* (Protaceae). *Functional Ecol.* 9: 584–588
- Ômura, H., Honda, K., & Hayashi, N. (2000). Floral scent of *Osmanthus fragrans* discourages foraging behavior of cabbage butterfly, *Pieris rapae*. *Journal of Chemical Ecology*, 26(3), 655-666.
- Pauw, A. (2022). Pollination syndrome accurately predicts pollination by tangle-veined flies (Nemestrinidae: Prosoeca ss) across multiple plant families. *Plant Biology*, 24(6), 1010-1021.

- Pichersky, E. (2004). Plant Scents. *American Scientist* 92:514-521
- Pellmyr, O. 2002. Pollination by animals. In: *Plant–animal Interactions. An Evolutionary Approach* (C. M. Herrera & O. Pellmyr, eds), pp. 157–184. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Renner, S. S. (2014). The relative and absolute frequencies of angiosperm sexual systems: dioecy, monoecy, gynodioecy, and an updated online database. *American Journal of botany*, 101(10), 1588-1596.
- Rzedowski, J., S. Zamudio, G. Calderón y A. Paizanni. (2014). “El bosque tropical caducifolio en la cuenca Lacustre de Pátzcuaro (Michoacán, México)”, en *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo Complementario del Instituto de Ecología A. C., N° 29*, pp. 1-18.
- Rollin O, Benelli G, Benvenuti S, Decourtye A, Wratten SD, Canale A, Desneux N (2016) Weed-insect pollinator networks as bioindicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agron Sust Dev* 36:8. doi:10.1007/s13593-015-0342-x
- Rosas-Guerrero, V., Aguilar, R., Martén-Rodríguez, S., Ashworth, L., Lopezaraiza-Mikel, M., Bastida, J. M., & Quesada, M. (2014). A quantitative review of pollination syndromes: do floral traits predict effective pollinators? *Ecology letters*, 17(3), 388-400.
- Rosas Rangel, M., y Cornejo-Tenorio, G. (2022). *Flora arbórea del sendero cascadas de Ichaqueo*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Samuel de Avila, R., & Freitas, L. (2011). Frequency of visits and efficiency of pollination by diurnal and nocturnal lepidopterans for the dioecious tree *Randia itatiaiae* (Rubiaceae). *Australian Journal of Botany*, 59(2), 176-184.
- Schiestl, F. P. (2015). Ecology and evolution of floral volatile-mediated information transfer in plants. *New Phytologist*, 206(2), 571-577.

- Stebbins, G. L. (1970). Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms, I: pollination mechanisms. *Annual review of ecology and systematics*, 307-326
- Stökl, J., Schlüter, P. M., Stuessy, T. F., Paulus, H. F., Frabberger, R., Erdmann, D., ... & Ayasse, M. (2009). Speciation in sexually deceptive orchids: pollinator-driven selection maintains discrete odour phenotypes in hybridizing species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98(2), 439-451.
- Thomson, J. D., & Brunet, J. (1990). Hypotheses for the evolution of dioecy in seed plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(1), 11-16.
- Thompson, J. N., & Fernandez, C. C. (2006). Temporal dynamics of antagonism and mutualism in a geographically variable plant–insect interaction. *Ecology*, 87(1), 103-112.
- Vamosi, J. C., Knight, T. M., Steets, J. A., Mazer, S. J., Burd, M., & Ashman, T. L. (2006). Pollination decays in biodiversity hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(4), 956-961.
- Waelti, M. O., Page, P. A., Widmer, A., & Schiestl, F. P. (2009). How to be an attractive male: floral dimorphism and attractiveness to pollinators in a dioecious plant. *BMC Evolutionary Biology*, 9(1), 190.
- Whitehead, M. R., & Peakall, R. (2009). Integrating floral scent, pollination ecology and population genetics. *Functional Ecology*, 23(5), 863-874.
- Willson, M. F., & Ågren, J. (1989). Differential floral rewards and pollination by deceit in unisexual flowers. *Oikos*, 23-29.
- Wilson, P., Castellanos, M. C., Wolfe, A. D., & Thomson, J. D. (2006). Shifts between bee and bird pollination in Penstemons. *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. Chicago, IL: University of Chicago, 47-68.
- You, S., You, M., & Niu, D. (2024). Identification of floral volatiles from *Fagopyrum esculentum* that attract *Cotesia vestalis* with potentially better biocontrol efficacy against *Plutella xylostella*. *Pest Management Science*, 80(2), 763-77

APÉNDICE 1

Composición de volátiles florales de *Fuchsia parviflora* de flores estaminadas y pistiladas. Los compuestos de atracción de abejas se encuentran marcados en color amarillo, mariposas color azul, abejorros color gris oscuro, colibríes color verde, ratones y murciélagos morado, avispas gris claro, los compuestos marcados en color rosa atraente de varios grupos de insectos y los marcados en color blanco se han reportado que participan en la defensa de las plantas.

COMPUESTO FLORAL	Flores estaminadas	Flores pistiladas
	Promedio (%) $\pm$ EE	Promedio (%) $\pm$ EE
3-Hexanona	0.41 $\pm$ 0.17	0.32 $\pm$ 0.62
2-Hexanona	0.61 $\pm$ 0.28	0.34 $\pm$ 0.66
Etilbenceno	2.31 $\pm$ 1.19	1.21 $\pm$ 1.23
o-Xileno	2.10 $\pm$ 1.40	2.00 $\pm$ 2.06
p-Xileno	1.71 $\pm$ 0.80	0.33 $\pm$ 0.31
a-Pineno	3.10 $\pm$ 2.12	0.78 $\pm$ 1.15
p-Cimeno	0	0.91 $\pm$ 1.26
1-etil-2-metil-benceno	0.64 $\pm$ 0.24	0
Decano	0.79 $\pm$ 0.52	0
Limoneno	2.08 $\pm$ 0.47	3.49 $\pm$ 2.34
1,2-dietilbenceno	24.93 $\pm$ 5.84	39.17 $\pm$ 7.66
1,4-dietilbenceno	47.36 $\pm$ 5.84	44.36 $\pm$ 6.00
1-etenil-3-etil-benceno	1.28 $\pm$ 1.05	1.01 $\pm$ 1.54
1-etenil-4-etil-benceno	0	0.38 $\pm$ 0.93
Nonanal	0.22 $\pm$ 0.15	0
Benceno, 1-metil-4-(1-metilpropil)-	0	0.33 $\pm$ 0.31
Benceno, (2-metil-1-butenil)-	1.17 $\pm$ 0.67	0
Naftaleno	6.09 $\pm$ 2.87	4.69 $\pm$ 1.33
Azuleno	3.65 $\pm$ 2.29	0
Dodecano	0.21 $\pm$ 0.14	0
Ceteno	0.21 $\pm$ 0.14	0
Pentadecano	0.20 $\pm$ 0.14	0.53 $\pm$ 0.55
Hexadecano	0.51 $\pm$ 0.15	0.14 $\pm$ 0.18
Octacosano	0.31 $\pm$ 0.22	0

Susan Jaqueline Tovar García

EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS FLORALES EN LA ATRACCIÓN DEL POLINIZADOR EFECTIVO DE FUCHSIA PAR...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:588120776

Fecha de entrega

8 may 2026, 3:05 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

8 may 2026, 3:08 p.m. GMT-6

Nombre del archivo

EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS FLORALES EN LA ATRACCIÓN DEL POLINIZADOR EFECTIV....pdf

Tamaño del archivo

1.3 MB

45 páginas

10.811 palabras

61.540 caracteres

23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)
- Methods and Materials

Fuentes principales

- 22%  Fuentes de Internet
- 16%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
9 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas	
Título del trabajo	Evaluación de las características florales en la atracción del polinizador efectivo de <i>Fuchsia parviflora</i> , un arbusto dioico	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Susan Jaqueline Tovar Garcia	1719981c@umich.mx
Director	Eduardo Cuevas García	eduardocuevas@umich.mx
Codirector	Yesenia Martínez Diaz	yesenia.diaz@umich.mx
Coordinador del programa	Luis Felipe Mendoza Cuenca	lfmendoza@umich.mx

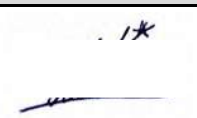
Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	No	Ninguna

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	Ninguna
Traducción a otra lengua	No	Ninguna
Revisión y corrección de estilo	No	Ninguna
Análisis de datos	No	Ninguna
Búsqueda y organización de información	No	Ninguna
Formateo de las referencias bibliográficas	No	Ninguna
Generación de contenido multimedia	No	Ninguna
Otro	No	Ninguna

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Susan Jaqueline Tovar Garcia 
Lugar y fecha	Morelia Michoacán a 27 de abril del 2026