

Evaluación del impacto de plantas melíferas en la atracción de polinizadores en cultivo de fresa

Evaluation of the impact of melliferous plants on pollinator attraction in strawberry crops

Víctor Hernández Ramírez¹
Julio César Rosales Paredes²
Victoria Cruz Nolasco³

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, México

Fecha de recepción: 28-01-2025 Fecha de aceptación: 30-05-2025



Resumen

La polinización es crucial para la biodiversidad, la estabilidad de los ecosistemas y productividad agrícola; sin embargo, algunas prácticas agrícolas no favorecen el establecimiento y desarrollo de polinizadores. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de plantas melíferas sobre la atracción de polinizadores asociados a un cultivo de fresa. Se realizó un análisis estadístico de ocurrencia de eventos durante el proceso de floración de la fresa, y la visita de polinizadores (una observación semanal durante ocho semanas) en la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez - Xicotepec, Puebla, México. Para evaluar la efectividad, se registró la visita de polinizadores a plantas melíferas o plantas de fresa. Los datos se analizaron mediante la prueba LIFETEST de SAS. Los resultados muestran atracción de diversos tipos de polinizadores como abejas nativas, mariposas, avispas y hormigas; estadísticamente, los polinizadores presentan preferencia por flores de plantas melíferas y no por las plantas de fresa (Log-Rank, χ^2 :4.8, gl:1, $p=0.027$). La implementación de plantas melíferas en el sitio de cultivo, demostró ser una estrategia eficaz para aumentar la atracción de polinizadores comparado con el cultivo establecido, teniendo beneficios secundarios por efecto de la presencia de polinizadores en el sitio.

Palabras clave: Agronomía, biodiversidad, (Tesaurus); abejas, polinización, meliponas.

Abstract

Pollination is crucial for biodiversity, ecosystem stability, and agricultural productivity; however, certain agricultural practices do not favor the establishment and development of pollinators. The objective of this study was to evaluate the impact of melliferous plants on the attraction of pollinators associated with a strawberry crop. A statistical analysis of event occurrence during the strawberry flowering process was conducted, along with observations of pollinator visits (one observation per week over eight weeks) at the Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez in Xicotepec, Puebla, Mexico. To assess effectiveness, pollinator visits to melliferous plants and strawberry plants were recorded. The data were analyzed using the LIFETEST procedure in SAS. The results show the attraction of various types of pollinators, such as native bees, butterflies, wasps, and ants; statistically, pollinators showed a preference for flowers of melliferous plants rather than strawberry plants (Log-Rank, χ^2 : 4.8, df: 1, $p = 0.027$). The implementation of melliferous plants at the cultivation site proved to be an effective strategy for increasing pollinator attraction compared to the established crop, with additional secondary benefits resulting from the presence of pollinators at the site.

Keywords: Subsistence agriculture, agricultural biology, Poultry production, nutrition.

1. Maestro en Ciencias en Botánica - Profesor de tiempo completo del Área Agroindustrial Alimentaria; email: victor.hernandez707@utxicotepec.edu.mx; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2798-5316>
2. Doctor en Ciencias en Ciencias Agrarias - Profesor de tiempo completo del Área Agroindustrial Alimentaria; email: juliocesar.rosales@utxicotepec.edu.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5657-4319>.
3. Técnico Superior Universitario en Agricultura Sustentable y Protegida - Egresada; email: susan23mar98@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1032-2320>.

1. Introducción

La polinización, un proceso fundamental para la reproducción de la mayoría de las plantas con flores y esencial para la seguridad alimentaria global, la cual se encuentra en crisis debido a la disminución de las poblaciones de polinizadores; especialmente las abejas (Hymenoptera) (Potts *et al.*, 2010). Factores como el uso intensivo de agroquímicos, la pérdida y degradación de hábitats y el cambio climático han incrementado esta problemática (Van der Sluis *et al.*, 2019).

Diversos estudios han documentado la importancia de los polinizadores para la agricultura y los ecosistemas naturales (Martínez-Peralta, 2018; Mazzei, *et al.*, 2020; Rossi *et al.*, 2020; Vargas-Guarin y Polanco-Puerta, 2023); se estima que alrededor del 75 % de los cultivos alimentarios dependen en alguna medida de la polinización por animales (Aizen *et al.*, 2009). La disminución de polinizadores no solo afecta la producción agrícola, sino que también tiene implicaciones para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, como la regulación del clima y el control de plagas. Ante esta crisis, se han propuesto diversas estrategias para proteger y promover a los polinizadores, como la creación de hábitats favorables y la reducción del uso de pesticidas (del Coro *et al.*, 2021). Una de las estrategias con resultados más prometedores es la implementación de jardines con plantas melíferas en los agroecosistemas, ya que estas plantas proporcionan alimento y refugio a los polinizadores, favoreciendo su abundancia y diversidad (Cunningham *et al.*, 2013).

Derivado de estos aspectos, se plantea la problemática que radica en la disminución de la eficacia de la polinización en los cultivos,

especialmente en aquellos altamente dependientes de los polinizadores, como lo es el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier; Rosaceae), que actualmente representa un desafío creciente para la agricultura. Esta disminución, se debe principalmente a la reducción de las poblaciones de polinizadores causada por diversos factores antropogénicos, como la pérdida de hábitat, el uso de pesticidas y el cambio climático (Vargas-Guarin y Polanco-Puerta, 2023). La consecuencia directa de esta disminución es una reducción en la producción y calidad de los cultivos (Rossi *et al.*, 2020), lo que a su vez afecta la economía agrícola y la seguridad alimentaria. Esto representa una amenaza creciente para la producción agrícola sostenible. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto de los jardines con plantas melíferas sobre la atracción de polinizadores y como una herramienta para mejorar los servicios ecosistémicos de polinización en cultivos de fresa, que promuevan la conservación de polinizadores y la sostenibilidad de la producción agrícola.

La interacción entre las plantas y los polinizadores es clave para el mantenimiento de la biodiversidad y la producción agrícola, desempeña un papel fundamental en la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, las poblaciones de polinizadores a nivel mundial están experimentando un declive alarmante debido a factores como la pérdida de hábitat y el uso de pesticidas (Potts *et al.*, 2010). Esta disminución tiene graves consecuencias para la agricultura, ya que un porcentaje importante de los cultivos alimentarios dependen de la polinización animal (Klein *et al.*, 2007a).

Esta función ecológica no solo garantiza la seguridad alimentaria global, sino que también influye directamente en la calidad y diversidad de los alimentos disponibles. De hecho, la estrecha relación evolutiva entre las plantas y los polinizadores, ha dado lugar a una coevolución, que ha moldeado la diversidad de formas, colores y aromas de las flores. Esta codependencia entre plantas y polinizadores, ha sido un motor fundamental en la creación y mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas terrestres (Waser *et al.*, 1996). Esto tiene implicaciones directas en la calidad y cantidad de los alimentos disponibles para el consumo humano y animal. Además, la actividad de los polinizadores y otros organismos afecta la diversidad biológica de los ecosistemas agrícolas al favorecer la reproducción de una amplia gama de plantas con flores (Potts *et al.*, 2010) al habitar en espacios diversificados en los cuales la vegetación les brinda alimento y protección (Castelán, 2022).

Los polinizadores, indispensables para la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad, se encuentran bajo una presión creciente debido a una combinación de factores antropogénicos. El uso indiscriminado de pesticidas, en particular los neonicotinoides, representa una grave amenaza para la salud de los polinizadores; estos compuestos neurotóxicos pueden causar una amplia gama de efectos subletales, como desorientación, pérdida de memoria y disminución de la capacidad reproductiva (Henry *et al.*, 2012). Además, la pérdida y fragmentación de hábitats, resultado de la expansión agrícola y la urbanización, limitan la disponibilidad de recursos florales y sitios de anidación, lo que reduce la capacidad de los polinizadores para

completar sus ciclos de vida (Goulson *et al.*, 2015). Estos factores actúan de forma sinérgica, exacerbando los efectos negativos sobre las poblaciones de polinizadores. La pérdida de diversidad de hábitats y la exposición a pesticidas debilitan el sistema inmunológico de los polinizadores, haciéndolos más susceptibles a enfermedades y parásitos (Van der Sluis *et al.*, 2013), además de que el propio sistema agrícola y los productores están percibiendo los efectos del cambio climático (Castelán y Rivera, 2023). Esta combinación de factores amenaza la salud de las poblaciones de polinizadores y compromete la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la polinización (Meléndez *et al.*, 2020).

El cambio climático intensifica las amenazas a los polinizadores al alterar los patrones fenológicos de las plantas y los ciclos de vida de los insectos. Las variaciones en la temperatura y las precipitaciones están desincronizando la floración de las plantas y la actividad de los polinizadores, lo que reduce la eficacia de la polinización y en consecuencia, los rendimientos agrícolas (Goulson *et al.*, 2015). Además, el cambio climático puede favorecer la propagación de patógenos y parásitos que afectan a los polinizadores, debilitando aún más sus poblaciones (Osti *et al.*, 2016).

Una estrategia para mitigar estos efectos es la creación de hábitats florales en los agroecosistemas contemplando los elementos del diseño regenerativo que, de acuerdo con Félix-Meza y Velázquez-Cigarroa (2022) trata de regenerar, revitalizar, y reconfigurar los recursos y la forma de alimentación. Los jardines de flores silvestres y las franjas de vegetación natural dentro de los cultivos pueden proporcionar refugio, alimento y si-

tios de anidación para los polinizadores, promoviendo la biodiversidad y aumentando la actividad polinizadora (Potts *et al.*, 2010). La selección de especies vegetales nativas y adaptadas a las condiciones locales, es fundamental para garantizar la disponibilidad de recursos florales a lo largo de la temporada de crecimiento; estas medidas no solo benefician a los polinizadores, sino que también pueden mejorar la salud del suelo, ser un reservorio de alimento para ganado (Olivera *et al.*, 2023) controlar plagas y enfermedades y aumentar la resistencia de los cultivos a los efectos del cambio climático (Tsvetkov *et al.*, 2019).

Las plantas ornamentales ofrecen una solución versátil para mitigar la disminución de polinizadores. Al florecer en diferentes épocas del año, estas plantas garantizan una fuente de alimento constante, esencialmente creando un "oasis" para los polinizadores durante los periodos de escasez de recursos en los agroecosistemas (Goulson *et al.*, 2015). Esta provisión continua de néctar y polen es crucial para mantener poblaciones saludables y activas de polinizadores, especialmente en paisajes agrícolas intensificados (del Coro *et al.*, 2021).

Además de su función como fuente de alimento, los jardines ornamentales pueden servir como corredores ecológicos, conectando diferentes parches de hábitat y facilitando la movilidad de los polinizadores y otros organismos entre ellos. Esta conectividad es fundamental para mantener poblaciones genéticamente diversas y resilientes (Kremen *et al.*, 2002). Estudios como el de Klein *et al.* (2007b), han demostrado que la presencia de jardines de plantas ornamentales en los

bordes de los cultivos puede aumentar significativamente la abundancia y diversidad de polinizadores, lo que a su vez se traduce en una mejora en la polinización.

La combinación de plantas ornamentales nativas y silvestres, seleccionadas por su capacidad para atraer una amplia gama de polinizadores y por su adaptación a las condiciones locales, puede maximizar los beneficios de estos jardines. Es importante considerar la fenología de las plantas, es decir, el momento en que florecen, para asegurar una sucesión continua de flores a lo largo de la temporada de crecimiento (Tsvetkov *et al.*, 2019). Estos jardines no solo proporcionan recursos florales para los polinizadores, sino que también pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad y a la regulación de plagas, sin embargo, es importante destacar que la eficacia de estas medidas depende de factores como la selección de especies vegetales, la ubicación de los jardines y la gestión del paisaje agrícola en su conjunto (Goulson *et al.*, 2015).

La integración de prácticas agroecológicas, como la rotación y diversificación de cultivos, la reducción del uso de pesticidas y la creación de hábitats para los polinizadores, puede potenciar los beneficios de los jardines ornamentales y contribuir a la construcción de sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes (Tscharntke *et al.*, 2005). Plantas melíferas como albahaca (*Ocimum basilicum* L., Lamiaceae), verdolaga (*Portulaca oleracea* L., Portulacaceae), salvia (*Salvia officinalis* L., Lamiaceae), Trueno de venus (*Cuphea hyssopifolia* Kunth, Lythraceae) y Lavanda (*Lavandula latifolia* Medik., Lamiaceae), ofrecen una combinación de ca-

racterísticas que las convierten en excelentes atrayentes de polinizadores. Estas especies se destacan por su producción de néctar y polen, la duración de su floración y la diversidad de polinizadores que atraen.

La albahaca con sus flores ricas en néctar y su aroma característico, es bien conocida por su capacidad para atraer a una amplia gama de polinizadores, incluyendo abejas melíferas y especies silvestres (Mahdavi *et al.*, 2018; Torre *et al.*, 2021). Estudios han demostrado que la presencia de albahaca en los cultivos puede aumentar significativamente la actividad de polinización y la producción de frutos (Ollerton *et al.*, 2011).

La verdolaga es una planta suculenta que produce flores durante largos periodos, proporcionando una fuente de alimento constante para los polinizadores. Su alta producción de néctar y polen, la convierte en una especie muy atractiva para abejas y otros insectos benéficos (Goulson *et al.*, 2015).

La salvia es una planta aromática con flores tubulares que requieren polinizadores con lenguas largas para acceder al néctar. Esta característica la hace especialmente atractiva para abejorros y otras abejas especializadas, además, la salvia es conocida por su capacidad para soportar condiciones ambientales adversas, lo que la convierte en una opción robusta para jardines de polinizadores (Carvalho *et al.*, 2020).

El Trueno de venus es una planta ornamental popular por sus flores pequeñas y coloridas. Su producción continua de néctar la convierte en una fuente de alimento importante para una variedad de polinizadores, incluyendo abejas y mariposas (Pérez *et al.*, 2016).

La lavanda es una planta aromática ampliamente cultivada por sus propiedades medicinales y ornamentales. Su néctar y polen son altamente atractivos para las abejas melíferas y otras especies de abejas, y su aroma intenso puede orientar a los polinizadores hacia las flores (Lamborn *et al.*, 2017).

La producción de fresa de alta calidad depende en gran medida de una polinización eficiente. La implementación de jardines de plantas melíferas en los cultivos de fresa puede incrementar la abundancia y diversidad de polinizadores, lo que se traduce en un incremento significativo en la producción y la calidad de los frutos (Interiano-Zapata *et al.*, 2015). Las plantas melíferas ricas en néctar y polen atraen a una amplia gama de polinizadores, incluyendo abejas, mariposas y moscas (Arizmendi, 2009). Además, la presencia de éstas en los bordes de los cultivos crea un efecto borde que atrae a una mayor diversidad de polinizadores, mejorando así la salud del ecosistema y la resistencia de los cultivos a plagas y enfermedades. Numerosos estudios, han demostrado que esta práctica no solo beneficia a la producción de fresa, sino también, a otros cultivos dependientes de la polinización (Garibaldi *et al.*, 2011; Klein *et al.*, 2007b; Kremen *et al.*, 2002;). La combinación de técnicas de manejo adecuadas y la promoción de la biodiversidad, a través de jardines de plantas melíferas ofrece una solución sostenible y rentable para asegurar la producción de alimentos de alta calidad.

2. Materiales y Métodos

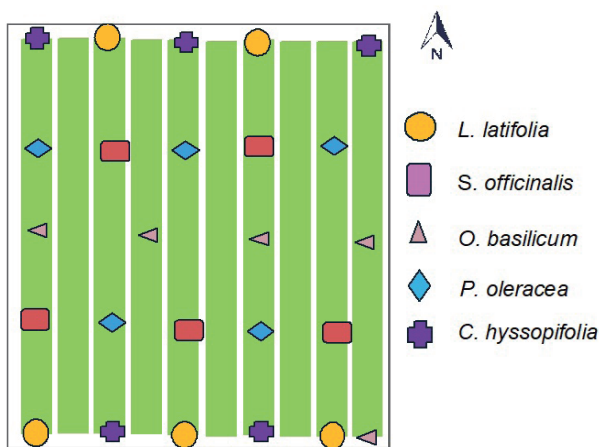
La investigación se llevó a cabo durante el año 2023 en el huerto experimental de fresa de la Universidad Tecnológica de Xicotepec

de Juárez, Xicotepec, Puebla. Este huerto (120 m²), ubicado en una superficie plana, consta de diez camas de cultivo, cada una con dimensiones de 0.5 m de ancho por 10 m de largo. Las plantas de fresa fueron trasplantadas al huerto en enero de 2023, tras haber permanecido durante un año en condiciones protegidas (invernadero) utilizando un sustrato inerte compuesto por turba (peat moss) y agrolita.

En cada una de las camas de cultivo, así como a lo largo del perímetro del huerto, se establecieron especies melíferas seleccionadas por su capacidad para atraer polinizadores, tal como se reporta en la literatura científica. Las especies utilizadas incluyeron *O. basilicum*, *P. oleracea*, *S. officinalis*, *C. hyssopifolia* y *L. latifolia*. En total, se plantaron 25 ejemplares, cinco de cada una de las especies mencionadas (Figura 1).

Figura 1

Distribución de las plantas melíferas en el huerto de fresa



La metodología adoptada fue de naturaleza cuantitativa, orientada a la investigación descriptiva. Durante el período de observación, que se extendió del 27 de junio al 8 de agosto de 2023, se llevaron a cabo observaciones sistemáticas semanales de cinco minutos en las plantas de fresa y melíferas. Estas observaciones tenían como objetivo registrar la presencia de polinizadores (Abeja melipona, abeja melífera, mariposas, abejorros (*Bombus* sp.), hormigas, entre otros), así como la frecuencia de visitas. Se llevó a cabo la identificación y el registro detallado de los insectos polinizadores que interactuaron con las flores de la fresa y de las plantas melíferas estratégicamente seleccionadas para potenciar la actividad de polinización.

Las plantas de fresa se seleccionaron aleatoriamente en cada sesión de observación y todas las plantas se encontraban en estado de floración durante el estudio. Las observaciones se realizaron diariamente entre las 9:00 a.m. y la 1:00 p.m., registrando además las condiciones meteorológicas del día (soleado o nublado).

Los datos recopilados fueron analizados mediante un análisis estadístico, utilizando la prueba LIFETEST del software SAS (SAS, 2012), que estima las probabilidades de supervivencia y riesgo de no ser visitado por polinizadores. En este contexto, se consideró como "evento" la visita del polinizador y como "riesgo", la no ocurrencia de dicha visita. El análisis se realiza con los límites de los intervalos (frecuencias semanales de las observaciones) y el número de visitas en cada intervalo, lo que facilitó la comparación de pares de curvas de supervivencia u ocurrencia de eventos de las plantas de fresa y

las plantas melíferas. Para probar la hipótesis nula, de que las funciones de supervivencia o de ocurrencia de visitas de los polinizadores eran idénticas entre los pares de curvas, se utilizó la prueba de Mantel-Haenszel, conocida como Log-Rank (SAS, 2012), siguiendo las directrices de Allison (2010).

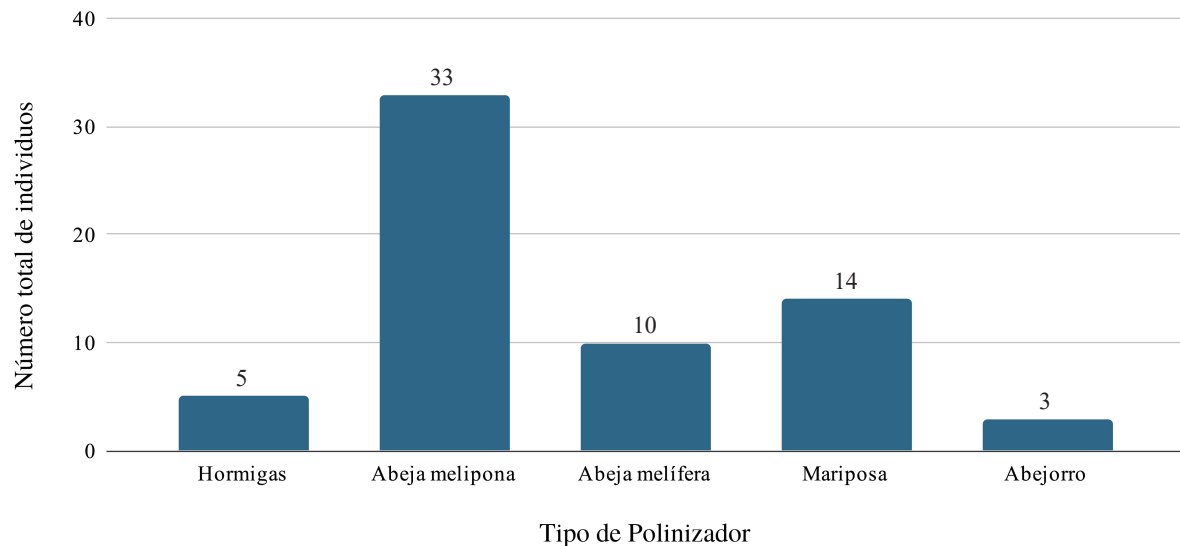
Este enfoque metodológico permitió evaluar de manera rigurosa la influencia de las plantas melíferas en la atracción de polinizadores y su impacto en la polinización de las fresas en un huerto abierto.

3. Resultados y Discusión

Los datos recopilados mediante observaciones sistemáticas y cuantitativas indican que se registraron un total de 65 polinizadores durante el periodo de estudio. De este total de polinizadores, las abejas meliponas, se establecieron como el polinizador principal en el área de estudio (Figura 2). Se registraron un total de 33 avistamientos de meliponas, tanto en las flores de la fresa como en las plantas melíferas, lo cual sugiere una marcada afinidad por estas especies vegetales y una posible relación positiva con la eficiencia en la polinización en el huerto experimental.

Figura 2

Polinizadores registrados en el área de estudio

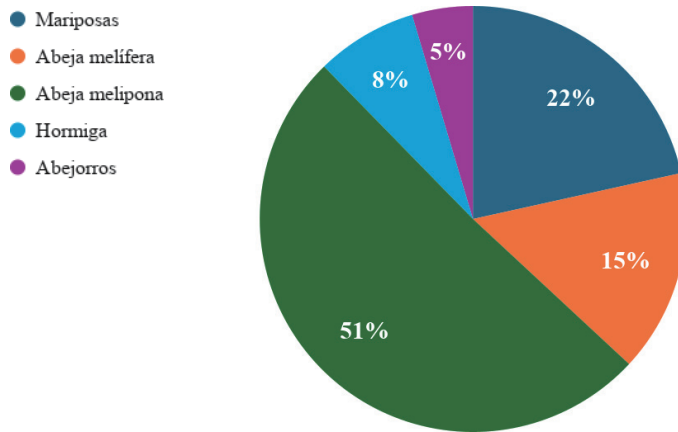


Del total de polinizadores registrados, se analizó el porcentaje de contribución de cada grupo para determinar su impacto en la polinización dentro del huerto de fresas diversificado con plantas melíferas (Figura 3). El segundo grupo con mayor participación en el estudio fueron las mariposas, que representa-

ron el 22% de la actividad polinizadora observada, seguidas por las abejas melíferas (*A. mellifera*), que contribuyeron con un 15%. En conjunto, las hormigas y los abejorros aportaron un 12%, constituyendo el cuarto y último grupo con actividad polinizadora registrada en el huerto de fresas.

Figura 3

Porcentaje de polinizadores según los registros totales

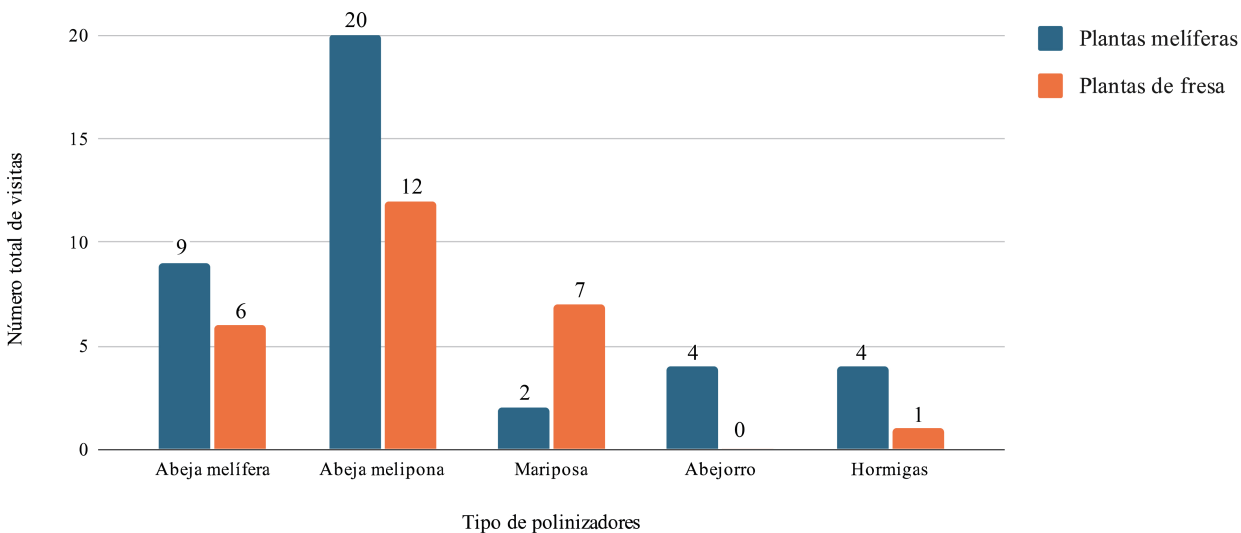


La figura 4 muestra el número total de visitas de distintos tipos de polinizadores a dos grupos de plantas: melíferas y de fresa. Se observa que las abejas meliponas realizaron la mayor cantidad de visitas a ambos tipos de plantas, con más de 20 visitas a las plantas melíferas y alrededor de 15 visitas a las plantas de fresa. Las mariposas también destacan, con un número considerable de visitas a las plantas de fresa, mientras que en las plantas melíferas su participación es menor. Las abejas melíferas tuvieron más visitas a

las plantas de fresa en comparación con las melíferas. Los abejorros y las hormigas, aunque con menos visitas en general, también muestran un patrón de mayor preferencia por las plantas de fresa en el caso de los abejorros, y una distribución equilibrada para las hormigas. Estos datos sugieren que las abejas meliponas son los principales polinizadores en ambos tipos de plantas, mientras que otros tipos de polinizadores, como las mariposas y las abejas melíferas, juegan un papel más relevante en las plantas de fresa.

Figura 4

Visitas de diferentes tipos de polinizadores a plantas melíferas y plantas de fresa



La abeja melipona (Figura 5), tuvo el mayor número total de visitas entre todos los polinizadores analizados, destacándose significativamente tanto en las plantas melíferas como en las de fresa. No obstante, se observa una preferencia más marcada por las plantas melíferas. Este patrón sugiere que las plantas melíferas no solo atraen a las meliponas, sino que también podrían estar mejorando la polinización de las plantas de fresa debido a la alta frecuencia de visitas. La preferencia de meliponas por las plantas melíferas, podría deberse a factores como la disponibilidad constante de recursos y las características florales específicas que favorecen la recolección eficiente de néctar (Pinell-Tórrez *et al.*, 2022).

Figura 5

Abeja melipona sobre flor de plantas asociadas al cultivo de fresa



Las abejas melíferas (Figura 6) mostraron una mayor afinidad por las plantas melíferas, con un número total de visitas ligeramente superior al registrado en las plantas de fresa. Esto indica que las plantas melíferas son efectivas en atraer a abejas melíferas, lo que

podría estar relacionado con la disponibilidad de recursos florales específicos, como néctar y polen, que estas abejas prefieren (Pinell-Tórrez *et al.*, 2022).

Figura 6

A. mellifera sobre flor de plantas asociadas al cultivo de fresa



Las mariposas (Figura 7), mostraron una mayor frecuencia de visitas a las plantas de fresa en comparación con las plantas melíferas. Esto podría estar relacionado con la morfología floral de las fresas o con la disponibilidad de recursos florales que son más accesibles o atractivos para las mariposas en estas plantas. La menor frecuencia de visitas a las plantas melíferas indica que, aunque estas plantas son eficientes en atraer polinizadores, no son tan preferidas por las mariposas como las flores de fresa.

Figura 7

Ejemplar de mariposa sobre flor de plantas asociadas al cultivo de fresa



Los abejorros (Figura 8) presentaron un patrón de visitas relativamente equilibrado entre las plantas melíferas y las de fresa, aunque con una ligera preferencia por las plantas melíferas. Esto sugiere que los abejorros encuentran recursos valiosos en ambos tipos de plantas, lo que refleja su comportamiento generalista en la recolección de néctar y polen. Sin embargo, la menor cantidad de visitas totales en comparación con otros polinizadores, podría indicar una menor densidad de población de abejorros en el área de estudio o una competencia más fuerte con otros polinizadores.

Figura 8

Individuo de abejorro sobre flor de plantas asociadas al cultivo de fresa



Las hormigas (Figura 9), aunque se registraron como polinizadores, mostraron una frecuencia de visitas bajas en general, con una ligera preferencia por las plantas melíferas. Este grupo de insectos, a pesar de no ser un polinizador eficiente en comparación con otros, puede desempeñar un papel en la polinización pasiva o en la protección de las plantas al disuadir a herbívoros o al competir con otros insectos por los recursos florales.

Figura 9

Flor de fresa con hormigas actuando como polinizadores

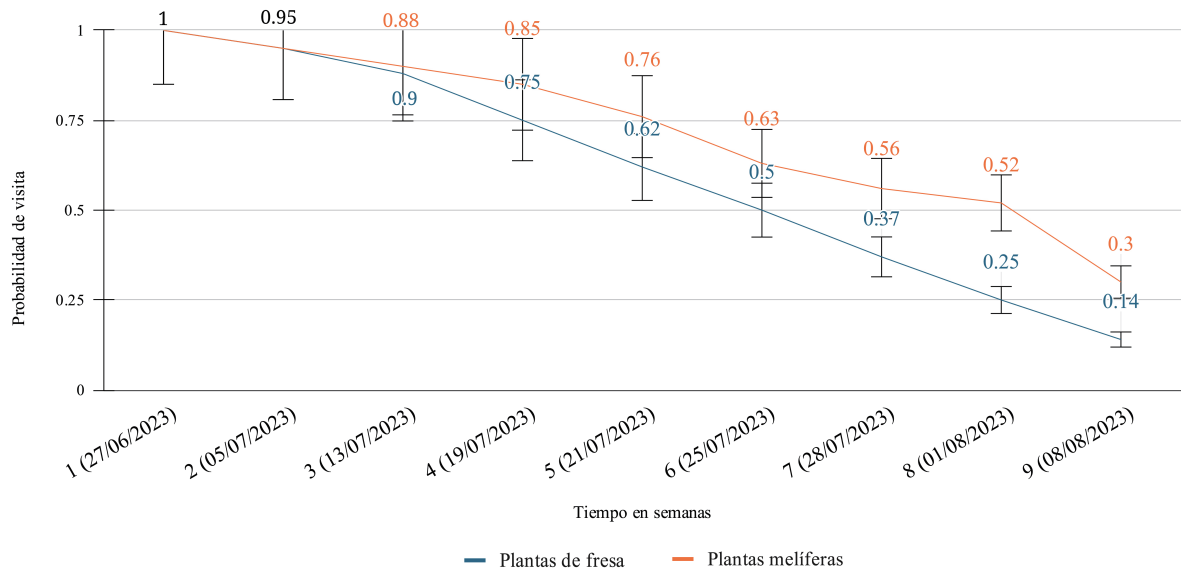


El análisis estadístico indica que los polinizadores presentan preferencia por flores de plantas melíferas y no por las de fresa (Log-Rank, $\chi^2:4.8$, $gl:1$, $p=0.027$). Lo que quiere decir que las flores de plantas melíferas poseen mayor probabilidad de atraer polinizadores y de que ocurra el evento de visita. Esta

situación se mantuvo durante las nueve semanas de observación, aunque con disminución de número de polinizadores, la tendencia de preferencia sobre las flores de plantas melíferas se mantuvo (Figura 10).

Figura 10

Probabilidad de visita por polinizadores en cada uno de los grupos de plantas



Estos resultados no solo destacan el papel crucial de las abejas nativas en la polinización de cultivos agrícolas, sino que también evidencian la eficacia de las plantas melíferas en la promoción de la biodiversidad y la optimización de los servicios ecosistémicos, aspectos fundamentales para el avance hacia una producción agrícola más sostenible y resiliente.

Esta presencia de polinizadores sugiere que la incorporación de plantas atrayentes, aunque en cantidades limitadas, puede ser un enfoque eficaz para mejorar la polinización en los cultivos, promoviendo una mayor diversidad de insectos benéficos y potenciando la productividad agrícola mediante la mejora de los servicios ecosistémicos.

Con base en los resultados y su análisis, se destaca la importancia de las abejas meliponas como polinizadores claves en el sistema

agrícola estudiado, así como la eficacia de las plantas melíferas para atraer y mantener una diversidad de polinizadores.

El predominio de las abejas meliponas como polinizadores principales en este estudio, concuerda con numerosos trabajos previos que han destacado su papel en la polinización de diversos cultivos (Barbiéri & Francoy, 2020; Martínez-Peralta, 2018; Mazzei *et al.*, 2020; Rossi *et al.*, 2020; Vargas-Guarin & Polanco-Puerta, 2023). Su alta frecuencia de visitas a las flores de fresa y a las plantas melíferas, sugiere una adaptación a los recursos florales locales y una eficiencia en la recolección de néctar y polen. Además de su importancia en la polinización, las meliponas contribuyen a la conservación de la biodiversidad y a la provisión de otros servicios ecosistémicos como la producción de miel y cera (Barbiéri & Francoy, 2020).

Los resultados obtenidos evidencian el papel fundamental de las plantas melíferas en la atracción de una diversidad de polinizadores. La mayor frecuencia de visitas de las meliponas a estas plantas sugiere que ofrecen recursos florales de alta calidad y en abundancia. Este hallazgo coincide con estudios previos que han demostrado que la diversidad floral puede aumentar la abundancia y diversidad de polinizadores (Kremen, 1994; Garibaldi *et al.*, 2013).

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis de que las plantas melíferas, actúan como recursos florales de alta calidad, atrayendo a una amplia gama de polinizadores. La preferencia de las meliponas por estas plantas sugiere una adaptación a los recursos florales locales y una eficiente recolección de néctar y polen. Este hallazgo concuerda con otros estudios que han demostrado que la composición floral de un agroecosistema puede influir en la estructura y función de las comunidades de polinizadores (Coutinho *et al.*, 2021).

La presencia de múltiples polinizadores en el sistema estudiado, sugiere una sinergia positiva entre estos grupos, lo que puede aumentar la eficiencia de la polinización y la producción de frutos. La coexistencia de diferentes especies de polinizadores puede reducir el riesgo de fracaso de la polinización, debido a factores como las condiciones climáticas adversas o la presencia de enfermedades (Garibaldi *et al.*, 2013, Klein *et al.*, 2007b).

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones para la agricultura sostenible. La incorporación de plantas melíferas en los sistemas agrícolas, puede ser una estrategia efectiva para aumentar la biodiversidad de polinizadores, ya que la presencia de diversas plantas florales atrae a una mayor variedad de polinizadores, lo que puede au-

mentar la resiliencia del sistema ante perturbaciones ambientales (Prado *et al.*, 2018). La presencia de polinizadores contribuye a otros servicios ecosistémicos como la regulación de plagas y la dispersión de semillas (Sosenski y Domínguez, 2018).

Es importante reconocer las limitaciones del presente estudio, el cual se llevó a cabo en un área específica y durante un período de tiempo limitado, lo que limita la generalización de los resultados a otros sistemas agrícolas. Además, no se cuantificó el impacto directo de los polinizadores en la producción de frutos. Futuras investigaciones, podrían abordar estas limitaciones mediante la realización de experimentos de exclusión de polinizadores y el análisis de la producción de frutos en parcelas con y sin plantas melíferas.

4. Conclusiones

Los datos reflejan que las plantas melíferas son eficaces en la atracción de una variedad de polinizadores, especialmente abejas melíferas y meliponas, lo que subraya su importancia en la diversificación de la fauna polinizadora en un entorno agrícola. La preferencia de diferentes polinizadores por ciertos tipos de plantas destaca la necesidad de seleccionar una combinación adecuada de especies melíferas que complementen las características florales del cultivo principal, en este caso, la fresa, para maximizar los beneficios de la polinización cruzada y mejorar la productividad agrícola de manera sostenible. Además, la baja presencia de polinizadores como los abejorros y las hormigas podría sugerir la necesidad de estrategias adicionales para promover la atracción de estos grupos y así aumentar la diversidad y eficacia de la polinización en el huerto.

5. Referencias

- Aizen, M. A.; Garibaldi, L. A.; Cunningham, S. A. & Klein, A. M. (2009). How much have we learned about the drivers of pollinator extinction? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(7), 356-364.
- Allison, P. (2010). *Survival analysis using the SAS® System: A practical guide*. USA, Cary, North Carolina: SAS Publishing. ISBN 978-1-59994-640-5
- Arizmendi, C. (2009). La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, 85 (1), 1-5.
- Barbiéri, C. & Francoy, T. M. (2020). Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: Meliponiculture as an activity that promotes sustainability. *Ambiente & Sociedade*, 23 (1), e00202.
- Carvalho, C. M. B.; Gonçalves, L. S. & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2020). Plant-pollinator interactions in urban areas: A review. *Journal of Pollination Ecology*, 26(1), 1-16.
- Castelán, L. M. (2022). Coffee from the Sierra Otomí-Tepohua and its relevance for the biodiversity protection. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 1(2), e20220203. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsat.2022.02.03>
- Castelán, L. M. & Rivera, R., J. M. (2023). III Percepción del cambio climático en Santa Rita del Mar, Oaxaca y su impacto en la agricultura. En Castro, M. O. R., Velázquez, C. E., Fontalvo, B, J. C. (Coordinadores). *Agricultura, huertos educativos y transformaciones socioecológicas: Experiencias significativas en México*. (pp. 53-67). Red Mexicana de Formadores Ambientales para el Desarrollo Sostenible (REMEFADS AC).
- Coutinho, J. G.; Hipólito, J.; Santos, R. L.; Moreira, E. F.; Boscolo, D. & Viana, B. F. (2021). Landscape structure is a major driver of bee functional diversity in crops. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 624835.
- Cunningham, S. A.; Memmott, J. & Potts, S. G. (2013). Planting a future for pollinators: enhancing pollinator biodiversity in agricultural landscapes. *Conservation Biology*, 27(1), 21-34.
- del Coro Arizmendi, M.; Mella-Méndez, I.; Flores-Peredo, R.; Bolívar-Cimé, B.; MacSwiney, C.; Almazán-Núñez, R. C. & García, J. H. U. (2021). *Manejo y conservación de fauna en ambientes antropizados*. Fondo Editorial Universidad Autónoma de Querétaro.

- Félix-Meza, X. & Velázquez-Cigarroa, E. (2022). El diseño regenerativo como modelo sustentable para la revitalización del hábitat. *Revista Investigium IRE Ciencias Sociales Y Humanas*, 13(1), 30-44. <https://doi.org/10.15658/INVESTIGIUMIRE.221301.03>
- Garibaldi, L. A.; Steffan-Dewenter, I.; Szentgyörgyi, H.; Westrich, P. & Bommarco, R. (2011). Wild pollinators enhance fruit set of crop plants and wild plants. *Science*, 333(6039), 1608-1611.
- Garibaldi, L. A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M. A.; Bommarco, R.; Carvalheiro, L. G. & Potts, S. G. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.
- Goulson, D.; Nicholls, E.; Botías, C. & Rotheray, E. L. (2015). Benefits of wildflower areas for bees and other insects on farms. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 951-961.
- Henry, M.; Beguin, M.; Requier, F.; Rollin, O.; Odoux, J. F.; Aupinel, P., ... & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in bumblebees. *Science*, 336(6081), 348-350.
- Interiano-Zapata, I.; Bucio-Villalobos, C. M.; Salas-Araiza, M. D.; Salazar-Solís, E.; Martínez-Jaime, O. A. & Wallace Jones, R. (2015). Efecto de la polinización de la fresa por *Apis mellifera* L. y *Chrysoperla carnea* S. sobre la calidad de los frutos. *Nova scientia*, 7(13), 85-100.
- Klein, A. M.; Vaissière, B.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007b). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Klein, A.M.; Vaissière, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007a). Global patterns of plant pollination by over 1000 animal species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(27), 11829-11834.
- Kremen, C. (1994). Biodiversity and the stability of ecosystem functions: the case of pollination. *Ecology*, 75(1), 242-252.
- Kremen, C.; Williams, N. M.; Bugg, R. L. & Fay, J. P. (2002). Urban landscapes as biodiversity conservation tools: effects of residential gardening on native bee communities. *Conservation Biology*, 16(4), 1246-1255.
- Lamborn, E.; Morandin, L. A. & Kremen, C. (2017). Plant species richness within farms enhances wild bee communities and crop pollination services. *Nature Communications*, 8(1), 1-8.

- Mahdavi, A.; Mozafari, M. & Kheirouri, M. (2018). Effect of basil (*Ocimum basilicum* L.) on diversity and abundance of pollinators in agricultural landscape. *Journal of Entomological Society of Iran*, 38(1), 1-10.
- Martínez-Peralta, C. (2018). Diversidad e importancia de las abejas silvestres: mucho más que miel y abejorros. *Agro Productividad*, 11(12), 103-107. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i12.1315>
- Mazzei, M. P.; Vesprini, J. L. & Galetto, L. (2020). Visitantes florales no polinizadores en plantas del género Cucurbita y su relación con la presencia de abejas polinizadoras. *Acta Agronómica*, 69(4), 256-265.
- Meléndez, V.; Santos, J. B. C. & Salas, C. I. S. (2020). Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrocencias*, 13(2), 109-119.
- Olivera-Castro, Y.; Núñez-García, N.; Ramírez-Suárez, W. & Hernández-Hernández, M. (2023). Implementation of agroecological practices for the transformation of “La Palma” cattle farm into a diversified farm. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(2). doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2022.03.08>
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Osti, M. A.; Schluter, D. & Potts, S. G. (2016). Climate change and pathogens: the hidden killers of pollinators. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(1), 43-54.
- Pérez, M. A.; González-Teuber, M. & Quesada, M. (2016). Plant-pollinator networks in fragmented landscapes: the role of native plants. *Ecological Entomology*, 41(6), 948-957.
- Pinell-Tórrez, J.; Martínez-Centeno, A.; Huerta-Sobavarro, K. & Salinas-Hernández, B. (2022). Caracterización de plantas melíferas en la producción y conservación de las abejas. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 8(15), 1833–1854. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14307>
- Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, patterns, and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(3), 345-353.
- Prado, M. M.; García, D. G. & Sastre, R. M. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90

- Rossi, E.M; Melgarejo, L; Mendonça-Oliveira-de-Souza, M; Ferrer, G; Talga, D. O; De-Oliveira-Barcelos, R. & Cabaleiro, F. (2020). Abejas & Agrotóxicos: Recopilación sobre las evidencias científicas de los impactos de los agrotóxicos en las Abejas – Petición ante la Relatoría DESCAs de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (En Español). Disponible en: https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/abejas__agrotoxicos.pdf
- SAS. 2012. Statistical Analysis System. V.9.0 ed. SAS. Institute. Inc. N.C. USA: Cary.
- Sosenski, P. & Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 961-970.
- Torre, L.; Imperatriz-Fonseca, V. L. & Freitas, B. M. (2021). Pollination services in urban areas: The role of native plants. *Apidologie*, 52(2), 189-203.
- Tscharntke, T.; Klein, A.-M.; Kruess, A.; Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service relationships. *Ecology Letters*, 8(8), 857-874.
- Tsvetkov, N.; Rundqvist, S.; Bommarco, R. & Öckinger, E. (2019). Habitat heterogeneity and plant diversity enhance pollinator communities in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 56(2), 482-491.
- Van der Sluis, I.; ten Houte de Lange, T. & Settele, J. (2013). Effects of neonicotinoids and fipronil on bees and wasps. *Environmental Science & Pollution Research*, 20(11), 8181-8216.
- Van der Sluis, M.; Dormann, C. F.; Garibaldi, L. A.; Potts, S. G. & Settele, J. (2019). The role of wild pollinators in supporting crop pollination and yield. *Biological Reviews*, 94(4), 1217-1234.
- Vargas-Guarin, A. & Polanco-Puerta, M. F. (2023). Acciones antropogénicas y su incidencia sobre el declive de poblaciones de polinizadores (abejas nativas) en agroecosistemas cafeteros. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), e3042. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3042
- Waser, N. M.; Chittka, L.; Price, M. V.; Williams, N. M. & Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems and coevolutionary patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27(1), 439-460.