



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN  
NICOLÁS DE HIDALGO**

**Programa Institucional de Maestría en Ciencias  
Biológicas**



**Efecto de la urbanización en la  
comunidad de visitantes florales y tasa  
de visita de *Mirabilis jalapa* L.  
(Nyctaginaceae)**

**Tesis**

**que como requisito para obtener el título profesional de**

**Maestro en Ciencias Biológicas**

**Presenta**

**BIOL. LUIS GENARO ROMERO MORENO**

**Director de tesis**

**Dr. Eduardo Cuevas García**

**MORELIA MICH. MAYO 2026**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| ÍNDICE                                                          |    |
| RESUMEN .....                                                   | 1  |
| ABSTRACT .....                                                  | 2  |
| INTRODUCCIÓN.....                                               | 3  |
| HIPÓTESIS .....                                                 | 8  |
| OBJETIVOS .....                                                 | 9  |
| METODOLOGÍA.....                                                | 10 |
| <i>Especie de estudio</i> .....                                 | 10 |
| <i>Área de estudio</i> .....                                    | 11 |
| <i>Caracterización de sitios</i> .....                          | 16 |
| <i>Diversidad de visitantes florales y tasa de visita</i> ..... | 17 |
| <i>Nivel de hercogamia y tasa de autofecundación</i> .....      | 17 |
| <i>Análisis estadísticos</i> .....                              | 19 |
| RESULTADOS .....                                                | 20 |
| <i>Caracterización de sitios</i> .....                          | 20 |
| <i>Visitantes florales y tasa de visita</i> .....               | 24 |
| <i>Hercogamia y tasa de autofecundación</i> .....               | 30 |
| DISCUSIÓN .....                                                 | 34 |
| <i>Urbanización</i> .....                                       | 34 |
| <i>Diversidad de visitantes florales y tasa de visita</i> ..... | 35 |
| <i>Nivel de hercogamia y autofecundación</i> .....              | 36 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                               | 38 |

## RESUMEN

La urbanización modifica la estructura de los paisajes generando presiones ecológicas que alteran la disponibilidad de los recursos florales para los polinizadores, su actividad y el éxito reproductivo de las plantas. En el presente estudio se evaluó cómo las distintas condiciones dentro de un ambiente urbano afectan las tasas de visita de los polinizadores pertenecientes a la familia Sphingidae (Lepidoptera) y sus robadores de néctar pertenecientes a las familias Apidae en la reproducción de *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae), una especie nativa y que se encuentra ampliamente distribuida en los ambientes urbanos. Se seleccionaron cinco sitios de estudio, en los cuales se caracterizaron variables ambientales como las superficies impermeables y vegetal, cuerpos de agua y la iluminación artificial. Se realizaron cinco muestreos durante los años 2024 y 2025 en los cuales se registró la tasa de visita, la hercogamia (distancia entre anteras y estigma) y la tasa de autofecundación.

Los resultados mostraron una disminución en la actividad de los visitantes florales en los sitios altamente urbanizados, que estuvo asociada a áreas con mayor superficie impermeable y menor cobertura vegetal. La hercogamia se redujo en sitios más urbanizados y esta reducción se relacionó con el aumento de la tasa de autofecundación. Estos patrones sugieren que la urbanización puede afectar los mecanismos de reproducción en *M. jalapa*, alterando la actividad de sus visitantes florales y modificando rasgos florales que intervienen en su reproducción.

Este estudio aporta información sobre cómo la urbanización puede alterar las interacciones entre plantas y visitantes florales, y generar presiones sobre los rasgos reproductivos.

Palabras clave: Ciudad, Polinizadores, Robadores, Interacciones, Impermeable.

## ABSTRACT

Urbanization transforms landscape structure, generating ecological pressures that alters the availability of floral resources for pollinators, their activity patterns, and the reproductive success of plants. In this study, we evaluated how different urban environmental conditions influence the visitation rates of sphinx-moth (Lepidoptera) pollinators and nectar robbers from the family Apidae, and their effects on the reproductive biology of *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae), a Mexican native species widely distributed in urban landscapes. Five study sites were selected, in which environmental variables such as impermeable and vegetation soil cover, water bodies, and artificial lighting were characterized. Five sampling were conducted during 2024 and 2025. Each year we recorded floral visitors, nectar robbers, flower herkogamy, and selfing rates.

Our results showed a decline in floral visitor activity in highly urbanized sites, associated with greater impervious surface and reduced vegetation cover. Herkogamy decreases in more urbanized locations, and this reduction was linked to higher selfing rates. These patterns suggest that urbanization can affect reproductive mechanisms in *M. jalapa* by altering pollinator activity modifying floral traits involved in reproduction.

This study provides evidence of how urban environments can reshape plant-pollinator interactions and impose pressures on reproductive traits.

## INTRODUCCIÓN

La urbanización es un fenómeno global producido por alteraciones antropogénicas sobre la superficie terrestre que trae consigo una cascada de efectos negativos en la biodiversidad (Fenoglio et al., 2020). Las ciudades, producto del desarrollo urbano, son consideradas como paisajes complejos y heterogéneos conformados por edificios, calles, parques, jardines y otras áreas verdes (Cadenasso et al., 2007) caracterizados por ser hábitats naturales fragmentados, aislados y degradados con altos niveles de contaminación, un aumento de la temperatura, suelos compactados y la aparición de especies exóticas e invasoras (Pickett et al., 2011).

La remoción de vegetación, la construcción de infraestructura urbana y el aumento de áreas impermeables provoca la pérdida de diversidad reduciendo la disponibilidad de lugares de anidación y de alimentación de insectos y otros animales (Riffell et al., 2014, Parris, 2016, Theodorou, 2022). Lo anterior ha propiciado la formación de nuevos ecosistemas que presentan características bióticas y abióticas que resultan en un reto para la biodiversidad local, favoreciendo sólo a aquellas especies que son capaces de tolerar los cambios radicales de la urbanización (McKinney, 2008; Theodorou, 2022).

La pérdida de especies que tienen un rol importante en el mantenimiento de los ecosistemas provoca que se vean afectados los diferentes niveles tróficos (Straka et al., 2021). Un ejemplo claro es el decremento de las poblaciones de insectos debido a la alteración y degradación del paisaje como resultado de la urbanización (Van Klink et al., 2020), así como por la intensificación de las actividades agrícolas y la contaminación (Montgomery et al., 2020), lo cual puede afectar a aquellos organismos que dependen de los insectos como recurso alimenticio, como, por ejemplo, aves, mamíferos e incluso otros insectos depredadores.

Los insectos son el grupo más abundante de organismos, con aproximadamente un millón de especies descritas y constituyen un grupo muy importante gracias a los servicios ecosistémicos que llevan

a cabo en el ciclo de nutrientes, el control de plagas, la dispersión de semillas y la polinización (Wilson, 1987, Garibaldi et al., 2016, Hall et al., 2017, Stork, 2018).

Fenoglio y colaboradores (2020) utilizando un metaanálisis corroboraron el efecto negativo que tiene la urbanización sobre la diversidad y abundancia de artrópodos terrestres. Además, encontraron que el grado de afectaciones en un gradiente urbano dependió del grupo taxonómico y la edad de las ciudades. Los autores concluyeron que Coleoptera y Lepidoptera son los órdenes que más han sido afectados por la urbanización. Además, encontraron que la riqueza de artrópodos disminuye conforme el nivel de urbanización aumenta ya que el reemplazo de la vegetación por áreas impermeables provoca la pérdida de hábitats para los animales, siendo esto una de las principales causas por las que la diversidad disminuye dentro de las ciudades. Adicionalmente, McKinney, 2008 menciona que la urbanización tiene un efecto directo sobre la diversidad de animales y plantas tanto en los ambientes urbanos como rurales.

Las interacciones entre polinizadores y plantas han sufrido alteraciones por el cambio de uso de suelo, siendo el rápido desarrollo urbano la principal causa de la pérdida de polinizadores y la reducción en la abundancia y riqueza de plantas nativas (Eckert et al., 2010; Geslin et al., 2013; Matteson et al., 2013). Lo que resulta en una baja disponibilidad de donadores de polen, que es la principal causa de que exista limitación de polen (reducción en la producción de semillas debido a que la cantidad de polen recibido no es suficiente) en los sistemas naturales (Harder y Aizen, 2010) favoreciendo a las plantas que poseen mecanismos de autofecundación para asegurar su reproducción.

Algunos estudios han concluido que las áreas verdes en ambientes urbanos como los hábitats remanentes, jardines con mantenimiento, sitios sin mantenimiento (malezas), parques y jardines caseros pueden tener un efecto positivo sobre los visitantes florales al ofrecer recursos que utilizan los insectos. Particularmente cuando las áreas verdes presentan una alta diversidad de plantas con flores y una disponibilidad constante de néctar y polen (Hernández et al., 2009). En contraste, áreas verdes bien

conservadas como aquellas que tienen corte de pasto frecuente y baja diversidad vegetal, pueden ofrecer recursos limitados para los polinizadores.

Por otro lado, algunos otros han evaluado los efectos negativos que tiene el impacto del entorno urbano, como por ejemplo el impacto de los edificios sobre los insectos (Matteson et al., 2013). Por ejemplo, las áreas más desarrolladas se caracterizan por tener edificios altos que pueden restringir su movimiento e incrementa la mortalidad de algunas especies (Snep et al., 2006); o bien, alteran la composición floral (Marco et al., 2008).

No obstante, en ambientes urbanos, existe poca información acerca de las interacciones entre polinizadores y plantas y los cambios morfológicos de los rasgos reproductivos de las plantas ocasionados por la limitación de polen en poblaciones que se encuentran en áreas urbanas (Ushimaru et al. 2014). Cheptou et al. (2006) encontraron que la tasa de autofecundación de las poblaciones urbanas de *Crepis sancta* se incrementa en ausencia de polinizadores. Por otro lado, Verboven et al., 2012 no observaron cambios en la producción de frutos en las poblaciones de *Digitalis purpurea* a pesar de la baja disponibilidad de polinizadores en las áreas urbanas de Bélgica.

La mayoría de los estudios de polinización se han enfocado principalmente en insectos diurnos, por lo que las interacciones entre los polinizadores nocturnos y las plantas resulta un campo poco explorado (Macgregor et al., 2015). Los polinizadores nocturnos, al igual que los diurnos, enfrentan los mismos problemas ecológicos como la fragmentación del hábitat, el cambio climático y el uso de agroquímicos (Fox et al., 2014). Sin embargo, los polinizadores nocturnos también son afectados por la contaminación lumínica (Hölker et al., 2010).

En un contexto ecológico, Owens y Lewis (2018) definen la contaminación lumínica como la infiltración de la luz artificial nocturna a los hábitats terrestres que afecta negativamente a las especies locales. Se conoce poco de los efectos de la contaminación lumínica en las dinámicas poblacionales de los

polinizadores nocturnos (Macgregor et al., 2015) y su contribución a la polinización. Por ejemplo, la luz artificial nocturna de las ciudades atrae a los insectos nocturnos alterando las tasas de visita, como sucede en muchas especies de polillas (Rich y Longcore, 2013). Macgregor et al. (2017) reportaron que la luz artificial tiene un efecto en el comportamiento de las polillas nocturnas, atrayéndolas hacia las luces y reduciendo el tiempo que estas interactúan con las plantas, reduciendo la probabilidad de transportar polen y afectando la producción de frutos (Knop et al. 2017).

Es un hecho que el desarrollo urbano provoca un aumento de la luz artificial que se emite en las ciudades por las noches (Cinzano et al., 2001), lo que afecta el comportamiento, la fisiología y la sobrevivencia de los polinizadores nocturnos, sus interacciones y tiene un efecto negativo en la reproducción de las plantas (Gaston et al., 2013; Giavi et al., 2021).

Se estima que alrededor del 87% de las angiospermas dependen de vectores bióticos para el transporte de polen (Ollerton et al., 2011) siendo la flor la estructura sexual fundamental de la reproducción, que, gracias a su gran diversidad morfológica y funcional, aumentan su éxito reproductivo (Schoonhoven et al., 2005). La biología floral está estrechamente ligada con el tiempo de apertura floral (antesis), la longevidad floral, la separación temporal en la maduración del estigma y las anteras (dicogamia), la distancia entre las anteras y estigma (hercogamia) y, a su vez, estos factores afectan la reproducción y los mecanismos de polinización (Tandon et al. 2020).

El desarrollo urbano puede afectar la acción de la selección natural y, en consecuencia, la evolución de los rasgos morfológicos de las plantas que les permiten adaptarse a distintos ambientes (Johnson et al., 2015). También puede afectar la adaptación al reducir el flujo génico por efecto de la endogamia (Donihue y Lambert, 2015; Johnson et al., 2015). Por ejemplo, Cheptou et al., 2008 aportó evidencia de la rápida adaptación en la dispersión de semillas en *Crepis sancta* de poblaciones urbanas en comparación con poblaciones rurales.



Ushimaru et al., en el 2014 compararon la tasa de visita de polinizadores, el éxito reproductivo y el tamaño de los rasgos florales de 12 poblaciones de *Commelina communis* en un gradiente urbano-rural alrededor del área metropolitana de Osaka-Kobe. Encontraron que la disponibilidad de polinizadores fue menor en las poblaciones con mayor desarrollo urbano, además, las flores de áreas urbanas presentaron estigmas más cortos, menor nivel de hercogamia, mayor producción de frutos y mayor tasa de autofecundación, sugiriendo que la urbanización puede tener un gran efecto en la variación fenotípica de los rasgos florales. De igual manera Irwin (2003) encontró que además de la polinización, en las zonas urbanizadas las flores con tubos florales largos, interactúan más frecuentemente con robadores de néctar quienes pueden tener un efecto negativo destruyendo las estructuras florales, dañando los nectarios y los óvulos reduciendo el atractivo de las flores. Además, pueden tener un efecto negativo en el comportamiento normal de los visitantes florales y perturbar el proceso de la polinización reduciendo la remoción y deposición de polen.

Debido a que pocos estudios han evaluado el efecto de la urbanización en las interacciones nocturnas planta-polinizador, *Mirabilis jalapa* L., 1753 es una especie de interés por su alta abundancia en zonas urbanas de regiones tropicales para evaluar el efecto que tiene el grado de urbanización sobre la morfología, fenología, la composición de sus visitantes florales y su tasa de visita.

## HIPÓTESIS

El aumento en la urbanización ha mostrado efectos negativos para la adecuación de las plantas, como son la disminución en la tasa de visitas y la composición de la comunidad de visitantes florales nocturnos disminuyendo los polinizadores y aumentando la de robadores de néctar. En consecuencia, resultado de estas presiones selectivas esperaríamos resultaran en cambios en la morfología floral favoreciendo los niveles de autogamia conforme aumenta el nivel de urbanización.

## OBJETIVOS

- Estimar la diversidad de visitantes florales y robadores de néctar y su tasa de visitas en *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae) en áreas con distinto desarrollo urbano de la ciudad de Morelia.
- Evaluar la relación entre el nivel de hercogamia y la tasa autofecundación en sitios con distinto desarrollo urbano.
- Evaluar la relación entre la estructura del paisaje de los sitios con distinto desarrollo urbano y su relación con la tasa de visita de los visitantes florales.

## PREDICCIONES

Se espera que la diversidad de visitantes florales y su tasa de visita disminuya en áreas con mayor desarrollo urbano.

Se espera que en las poblaciones más urbanizadas haya una menor hercogamia y, por lo tanto, una mayor tasa de autofecundación.

Esperamos que los sitios que se encuentran más alejados de la ciudad de Morelia presenten características con un menor nivel de desarrollo urbano.

## METODOLOGÍA

### *Especie de estudio*

*Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae) es una planta perenne herbácea o subarborescente de hasta 1 m de alto. Produce flores y frutos principalmente en época de lluvias durante los meses de julio a noviembre. Presenta hojas distribuidas hacia la parte distal del tallo, glabras en hojas inferiores y pubescentes en las superiores. Las inflorescencias son terminales o axilares y no se ramifican, por lo general terminan en glomérulos compactos con involucros y brácteas numerosas. Flores actinomorfas, tubulares de 3.5-7 cm de largo de colores rosado, magenta, morado-rojizo, amarillo, blanco, raras veces anaranjado o variegado, glabro; androceo con cinco estambres exsertos (Hernández-Ledesma y Flores-Olvera, 2023). El ovario es unicarpelar con un estigma alargado (3-4 cm) y como fruto produce aquenios redondos y negros con una semilla por fruto (Berardi et al., 2013).

Las flores de *M. jalapa* son aromáticas (Cruden, 1973; Raguso et al., 2003) y abren al atardecer 16:30-17:00 horas y cierran a la mañana siguiente. La producción de néctar de *M. jalapa* es vespertina y nocturna (Martínez del Río, 1984). El conjunto de características morfológicas y fenológicas de *M. Jalapa* corresponden con el síndrome de polinización por polillas nocturnas (esfingofilia), coincidiendo con lo observado por Martínez del Río (1984). El género *Mirabilis* está representado por 31 especies, de las cuales 14 son endémicas a México, posicionándolo como el país que posee la mayor diversidad de especies del género. Un rasgo que comparten la mayoría de las especies del género *Mirabilis* es la antesis que ocurre al atardecer, lo que le da su nombre común a la familia en inglés de “four o’clock” (Hernández-Ledesma y Flores-Olvera, 2023). *M. jalapa*, comúnmente conocida como “maravilla”, es la especie más representativa del género con el mayor rango de distribución en el territorio mexicano, abundante en zonas urbanas (Hernández-Ledesma y Flores-Olvera, 2023).

### *Área de estudio*

El estudio se llevó a cabo en el estado de Michoacán (Figura 1) en cinco sitios dentro de la ciudad de Morelia (Tabla, 1; Figura 2). Los sitios fueron seleccionados considerando un gradiente de urbanización con base en la proporción de superficie impermeable y de áreas verdes en cada sitio. Además, se seleccionaron parches de plantas donde la cantidad de flores totales por noche fuera superior a 130, con la finalidad de asegurar suficiente disponibilidad floral para llevar a cabo los muestreos.

Para la elección de los parches, se consultaron las observaciones registradas de *Mirabilis jalapa* L. contenidas en la base de datos de Naturalista (año de consulta 2024). En junio de 2024 dos personas visitaron los puntos de observación para confirmar la presencia de *M. jalapa* y se realizaron recorridos de 100 m alrededor de los puntos de observación zonas para registrar la presencia de más plantas que no hayan sido reportadas en la plataforma de Naturalista. Las visitas se realizaron en automóvil para agilizar el proceso y por cuestiones de seguridad, se habló con los vecinos para informarles acerca del proyecto y solicitarles acceso a los sitios.





Figura 1. Ubicación del estado de Michoacán dentro de México.



Figura 2. Mapa de la ciudad de Morelia con las ubicaciones de los cinco sitios de muestreo. Se muestran los puntos de muestreo: Eduardo Ruíz, Río, Cosmos, San José del Cerrito y CEM y se señala el centro de la ciudad de Morelia.

Una vez definidos los sitios, se realizó la caracterización de la estructura del paisaje de cada uno a fin de poder establecer el nivel de desarrollo urbano. El sitio Río se encuentra ubicado sobre el parque lineal “Río chiquito”. Como el sitio se encuentra sobre una de las principales avenidas de la ciudad de Morelia, presenta alumbrado público nocturno y la actividad peatonal y vehicular es muy alta. Este sitio está representado por tres estratos: i) arbóreo representado en su mayoría por *Salix bonplandiana*, *Casuarina equisetifolia*, *Ficus* sp., plantas parásitas como *Psittacanthus calyculatus*; ii) el estrato arbustivo representado por *Bougainvillea* sp. y *M. jalapa*; y iii) el herbáceo representado por *Plantago* sp., *Taraxacum officinale* e *Ipomoea purpurea*. Durante el periodo de estudio no se encontraron cambios significativos en la estructura del sitio entre 2024 y 2025.

El sitio Cosmos se encuentra al suroeste de la ciudad de Morelia, en la colonia homónima del sitio, dentro de un terreno baldío cercado ubicado entre dos casas y con la presencia de un río a 200 m del sitio. El sitio cuenta con alumbrado público nocturno y baja actividad peatonal y vehicular. El sitio presenta únicamente el estrato de vegetación arbustivo representado por *Mirabilis jalapa* en asociación con *Ricinus communis*.

Para el 2025, el sitio muestreado en 2024, fue modificado completamente y se buscó el sitio más cercano para continuar con el muestreo, dicho sitio se encontraba a menos de 100 metros del sitio anterior y en él se mantuvo una actividad peatonal baja y alumbrado público nocturno y con la presencia de un río a menos de 200m. Se encontraban tres estratos de vegetación: el estrato arbóreo está representado por *Psidium guajava*, *Ipomoea murucoides*, *Fraxinus uhdei*, *Hesperalbizia occidentalis*, *Psittacanthus calyculatus*, *Pseudobombax ellipticum*, *Coffea arabica*; el estrato arbustivo está representado por *Mirabilis jalapa*, *Opuntia ficus-indica*, *Ricinus communis*, *Leonotis nepetifolia*; y el estrato herbáceo representado por *Nicandra physalodes*, *Thunbergia alata*, *Lantana cámara*, *Sorghum halepense*, *Setaria adhaerens* y *Taraxacum officinale*.

El sitio CEM. se encuentra en el sur Morelia a espaldas del Centro Educativo de Morelia (CEM) dentro de un terreno baldío con una actividad peatonal baja y cuenta con alumbrado público nocturno y con la presencia de un río a menos de 100 m. El sitio está representado principalmente por dos estratos, el arbustivo en el que predomina *M. jalapa* en asociación con *Ricinus communis*, *Leonotis nepetifolia*, *Nicotiana glauca* y en el estrato herbáceo *Salvia longispicata*, *Senna* sp., *Argemone ochroleuca* y *Datura* sp.

En 2025 el sitio CEM se modificó drásticamente, observándose una reducción en la cantidad de flores de *M. jalapa* con respecto a 2024. Aunque se realizaron recorridos en las zonas aledañas, no se encontraron parches que cumplieran con el criterio mínimo de flores que se estableció para llevar a cabo el muestreo.

El sitio San José del Cerrito (SJC) se encuentra al suroeste de la ciudad de Morelia, a las orillas de un río y está representado por tres estratos: arbóreo representado principalmente por *Fraxinus uhdei*, arbustivo en el que se encuentra *M. jalapa* asociado con *Ricinus communis*, y herbáceo representado por *Ipomoea purpurea*, *Montanoa leucantha*, *Lythrum vulneraria*, *Senna septemtrionalis*, *Thunbergia alata*, *Sagittaria latifolia*, *Salvia longispicata*. En el 2024, el sitio se encontraba bajo construcción de un nuevo fraccionamiento; para ese momento, los manchones no se encontraban expuestos a luz artificial nocturna. En 2025 la zona residencial que se encontraba en construcción había avanzado y la zona ya contaba con alumbrado público. Además, los parches de *Mirabilis jalapa* que se encontraban cerca del río y frente al fraccionamiento fueron cortados, por lo que se buscaron plantas cercanas con suficientes flores a lo largo del río.

El sitio Eduardo Ruíz se encuentra al noroeste de la ciudad de Morelia dentro de un parque recreativo con alta actividad peatonal. No presenta cuerpos de agua cercanos y cuenta con alumbrado público nocturno. La vegetación está representada por dos estratos: el arbóreo que está representado



principalmente por *Gravillea robusta*, *Jacaranda mimosifolia* y *Fraxinus udhei* y el estrato arbustivo, que se encuentra representado por *M. jalapa*, *Opuntia* sp. y *Agave* sp. Durante el periodo de estudio no se registraron cambios significativos en la estructura del sitio entre 2024 y 2025.

**Tabla 1. Ubicación de los sitios de estudio y distancias respecto a la fuente de luz más cercana y al centro de la ciudad de Morelia.**

| Sitio   | Coordenadas              | Distancia fuente de luz (m) | Distancia al centro de la ciudad |
|---------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Cosmos  | 19.0829013, -101.2211280 | 20                          | 3.7 km                           |
| CEM     | 19.6729032, -101.1994997 | 25                          | 3.3 km                           |
| Río     | 19.6859975, -101.1723105 | 10                          | 2.7 km                           |
| SJC     | 19.6631691, -101.2117289 | 0                           | 4.5 km                           |
| E. Ruíz | 19.7221344, -101.2234921 | 10                          | 3.8 km                           |

### *Caracterización de sitios*

La caracterización de cada sitio se realizó con base en la metodología propuesta por Zink et al. (2024), la cual evalúa el grado de urbanización a partir de variables espaciales. En el presente estudio, el nivel de urbanización se definió como un gradiente urbano determinado por la proporción de superficie impermeable, áreas verdes y cuerpos de agua en cada sitio.

Con ayuda del software Google Earth Pro se delimito un buffer de 500 metros de radios alrededor de cada sitio. Dentro de cada buffer se cuantificaron las variables abióticas como la superficie impermeable (calles y edificios), cuerpos de agua y áreas verdes (parques y jardines), mediante la digitalización de polígonos para obtener el área total de cada categoría. Adicionalmente, se obtuvo la luminosidad de cada sitio utilizando la plataforma “light pollution map” (Stare, Light Pollution Map), una aplicación que permite integrar datos satelitales de iluminación nocturna provenientes del sensor “Visible Infrared Imaging Radiometer Suite” (VIIRS). Con base a esta plataforma, se estimó el brillo artificial nocturno como indicador complementario del grado de urbanización en cada sitio, considerando que los valores más altos reflejan una intensidad de iluminación mayor y que a su vez se encuentra asociada a las actividades urbanas.

### *Diversidad de visitantes florales y tasa de visita*

Dado que *Mirabilis jalapa* L. es una planta crepuscular, durante el 2024 y 2025 se realizaron observaciones directas con la finalidad de registrar a los visitantes florales y a los robadores de néctar desde las 16:00 h (una hora antes de la apertura total de las flores, hora aproximada de visita de los robadores de néctar), hasta las 20:30 h, tres veces por sitio por mes durante los meses de julio a septiembre en tardes y noches despejadas de nubes.

En cada sitio se registró el número de flores totales del parche, el número de flores con las que interactuaron los visitantes, la hora en la que se registró el visitante y su identidad.

En ambos años se utilizó una red entomológica para la captura de visitantes florales. Posteriormente, los ejemplares capturados se fijaron mediante las técnicas de colecta y preservación de insectos de acuerdo a Márquez Luna (2005), en frascos con alcohol ( $C_2H_6O$ ) al 75% a excepción de los organismos pertenecientes al orden Lepidoptera, a quienes primero se desarticulaban las alas presionando los músculos alares y después se colocaron en triángulos de papel encerado. Finalmente, se montaron en alfileres entomológicos y se almacenaron en una caja entomológica para su preservación e identificación taxonómica.

### *Nivel de hercogamia y tasa de autofecundación*

Para evaluar si existe relación entre el nivel de hercogamia y la tasa de autofecundación, durante 2024 y 2025 con un vernier digital se midió la separación en milímetros que había entre las anteras y el estigma (hercogamia) (Figura 3) de 30 flores tomadas al azar en cada sitio. Posteriormente, para determinar su tasa de autofecundación, se marcaron las flores anteriormente medidas y se embolsaron con la finalidad de excluir a los polinizadores. Finalmente, se les dio seguimiento a las flores marcadas cada dos días para observar el proceso del desarrollo del fruto y contabilizar cuantas de las flores marcadas desarrollaron un fruto mediante autofecundación.



Figura 3. Fotografía de una flor de *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae) en la que se muestra la distancia entre las anteras y el estigma. Se aprecian también los granos de polen en las anteras.

### *Análisis estadísticos*

Con la finalidad de comparar las variables abióticas entre sitios, (superficie de áreas verdes ( $\text{m}^2$ ), superficie impermeable ( $\text{m}^2$ ), brillo artificial nocturno ( $\mu\text{cd}/\text{m}^2$ ), cercanía al centro de la ciudad (km) y superficie de cuerpos de agua ( $\text{m}^2$ ) se realizó un análisis de componentes principales (PCA).

Por otra parte, para determinar si la tasa de visita de visitantes y de robadores de néctar son diferentes entre sitios, se realizó un ANOVA, en donde el sitio se definió como factor fijo, y como variable de respuesta, la tasa de visita. Además, se realizó este mismo análisis para hacer una comparación entre años. Se realizó una regresión lineal con la tasa de visita de robadores de néctar y la tasa de visita de visitantes florales para observar si existe alguna relación entre la tasa de visita de estos dos grupos. De manera similar, se comparó la proporción de frutos producidos mediante la autofecundación, y los valores promedios de hercogamia por sitio para 2024 y 2025.

Se realizaron GLM's con la finalidad de observar si existen cambios entre la tasa de visita y las características de los sitios. Para ello, se utilizó como variable de respuesta la tasa de visita y como variable explicativa, el porcentaje de superficie impermeable.

Los análisis estadísticos se realizaron en el paquete estadístico de JMP (ver. 9.0.1) y R studio.

## RESULTADOS

### *Caracterización de sitios*

Respecto a la caracterización de los sitios, contrastan especialmente dos sitios: Eduardo Ruíz donde el área de superficie impermeable corresponde al 91% del área total del buffer de 500 m y solo el 9% corresponde a la superficie de áreas verdes sin cuerpos de agua cercanos al sitio de estudio. Por otro lado, en San José del Cerrito (SJC), donde predominan las áreas verdes con un 73% y la superficie impermeable representa 28% y, en un porcentaje muy bajo 0.13% correspondiente a los cuerpos de agua cercanos. Cabe mencionar que estos dos sitios se encuentran en extremos separados de la ciudad. E. Ruíz que se encuentra a 3.8 km del centro de la ciudad hacia el noroeste y SJC a 4.5 km desde el centro de la ciudad hacia el suroeste.

Los sitios CEM y Río tienen porcentajes similares de superficie de áreas verdes (16% y 19%) y superficies impermeables (82% y 81%). En los dos sitios hay cuerpos de agua cercanos siendo CEM el sitio que mayor superficie de cuerpos de agua presenta con 1%. Cosmos, por otro lado, presentó un 65% de área de superficie impermeable y 35% de área de superficies verdes (Figura 4).

Es importante mencionar que la superficie de áreas verdes de Eduardo Ruíz fue representada principalmente por jardines y terrenos baldíos, los cuales estaban compuestos en su mayoría por vegetación ornamental y especies ruderales, por esta razón, las áreas verdes no se encontraban unidas entre sí. En contraste, en otros sitios como SJC y Río las áreas verdes presentaban una continuidad espacial ya que correspondían a parques lineales con vegetación más homogénea.

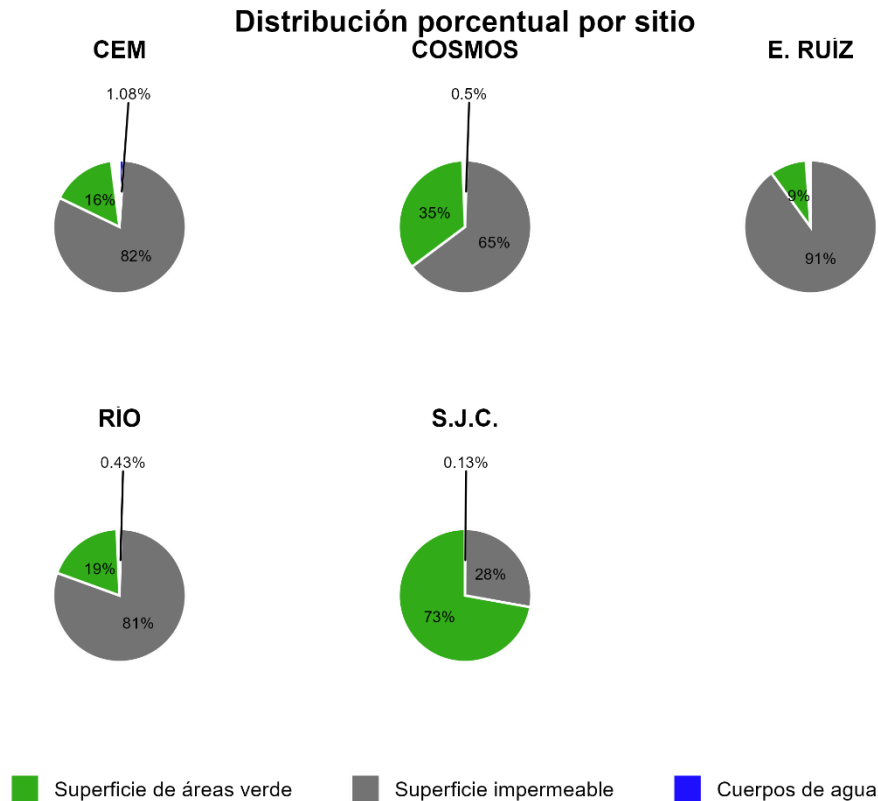


Figura 4. Distribución porcentual del área total de cada sitio de la superficie de áreas verdes, superficie impermeable y cuerpos de agua de cada sitio de muestreo. Los valores señalados con la línea negra indican el porcentaje de la superficie relacionada a los cuerpos de agua.

El análisis de componentes principales muestra la relación entre las variables bióticas y abióticas y los sitios de muestreo (Figura 5, Tabla 2). El primer componente explica el 66.7% de la variación y el segundo el 17.5% (Tabla 3). De esta manera fue posible observar cómo los sitios están asociados con alguna característica abiótica urbana. Por ejemplo, CEM y Río fueron los sitios en los que se encontró una mayor área de cuerpos de agua; San José del Cerrito se encontró asociado principalmente por una mayor cobertura vegetal; Cosmos se encontró asociado principalmente a la cantidad de luz artificial nocturna y con una mayor superficie de área impermeable respecto a los tres sitios mencionados anteriormente. Finalmente, Eduardo Ruíz fue un sitio que se encontró asociado principalmente a una mayor superficie impermeable, menor cercanía al centro de la ciudad y a la luz artificial nocturna.

De acuerdo a la clasificación propuesta por de McKinney 2002, todos los sitios que tienen >50%

de superficie impermeable, son considerados parte del núcleo urbano y entre 20% y 50% de superficie impermeable los considera como suburbanos. Por lo tanto, nuestros sitios pueden ser clasificados como núcleo urbano siendo CEM, Cosmos, Eduardo Ruíz y Río y suburbano como San José del Cerrito (SJC).

**Tabla 2. Valores promedio de las variables utilizadas en la caracterización de sitios en el análisis de componentes principales.**

| Sitio   | Superficie de áreas verde (km <sup>2</sup> ) | Superficie impermeable (km <sup>2</sup> ) | Brillo artificial $\mu\text{cd}/\text{m}^2$ | Cercanía al centro de la ciudad (m) | Superficie de Cuerpos de agua (km <sup>2</sup> ) |
|---------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| COSMOS  | 0.130361                                     | 0.652449                                  | 1160                                        | 3744.27                             | 0.003909                                         |
| CEM     | 0.124148                                     | 0.648828                                  | 1060                                        | 3392.32                             | 0.008498                                         |
| RÍO     | 0.150189                                     | 0.635687                                  | 1030                                        | 2804.28                             | 0.003401                                         |
| E. RUÍZ | 0.067935                                     | 0.71404                                   | 1040                                        | 3894.42                             | 0                                                |
| SJC     | 0.569571                                     | 0.217273                                  | 947                                         | 4568.7                              | 0.001003                                         |
|         |                                              |                                           |                                             |                                     |                                                  |
| Sitio   | N° de especies. Robadoras                    | N° de especies Visitantes                 | N° de interacciones Visitantes              | N° de interacciones Robadores       | N° flores promedio.                              |
| COSMOS  | 4                                            | 3                                         | 102                                         | 535                                 | 429.25                                           |
| CEM     | 2                                            | 3                                         | 1386                                        | 63                                  | 357.666667                                       |
| RÍO     | 2                                            | 4                                         | 1258                                        | 284                                 | 232.857143                                       |
| E. RUÍZ | 0                                            | 0                                         | 0                                           | 0                                   | 144.25                                           |
| SJC     | 3                                            | 3                                         | 680                                         | 347                                 | 182.4                                            |



### Análisis de componentes principales para las variables abióticas

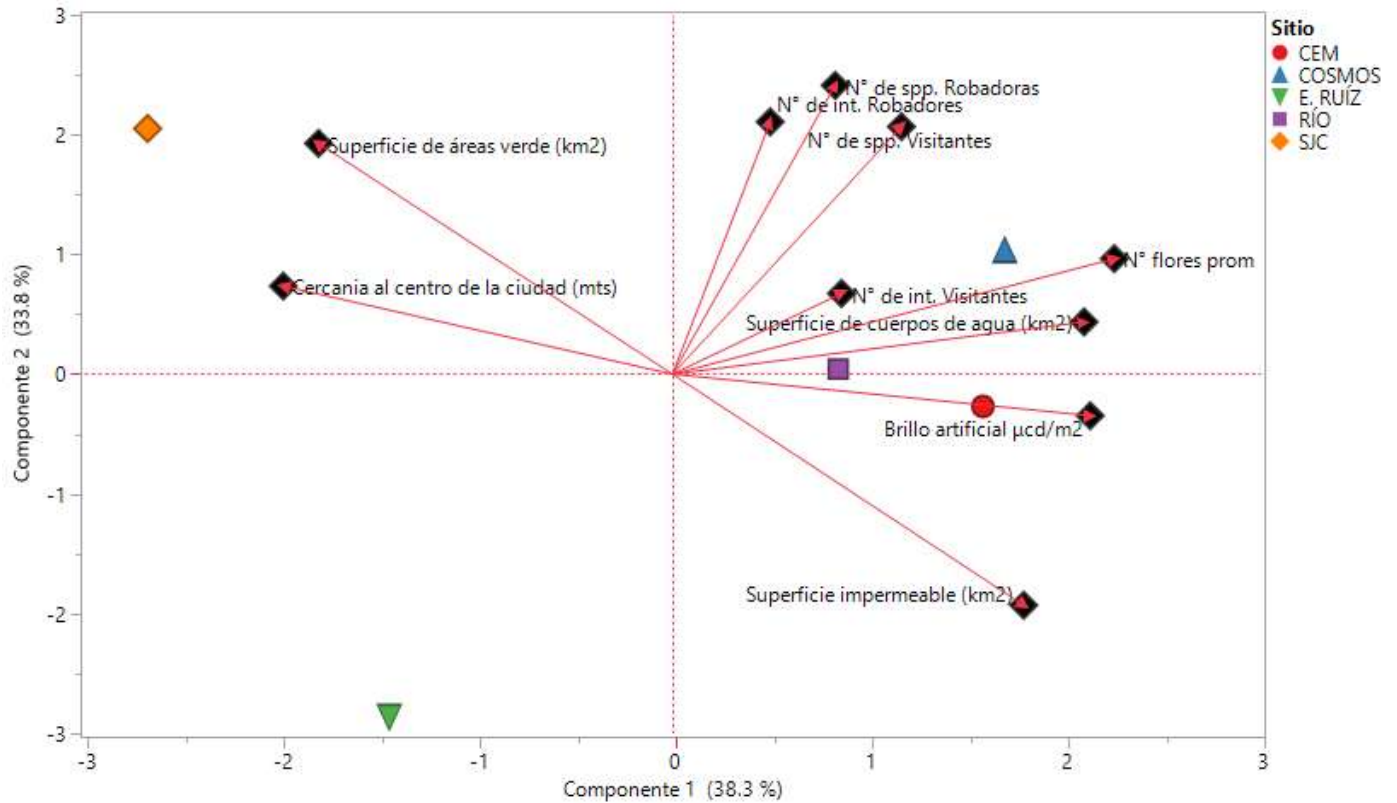


Figura 5 Análisis de componentes principales donde se incluyen las variables abióticas y bióticas de cada sitio. Los vectores muestran las variables abióticas y bióticas más influyentes en cada sitio de muestreo.

**Tabla 3 Valores de cada componente y valores acumulados del análisis de componentes principales.**

| Valores propios | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| Valor           | 3.83         | 3.38         | 2.10         |
| Porcentaje      | 38.32        | 33.82        | 21.06        |
| Valor acumulado | 38.32%       | 72.14%       | 93.20%       |

### *Visitantes florales y tasa de visita.*

En el 2024, las flores de *Mirabilis jalapa* L. fueron visitadas principalmente entre las 18:43 y 20:00 horas. Se reportaron cinco especies de esfíngidos como visitantes florales: *Erinnyis ello*, *Hyles lineata*, *Agrius cingulatus*, *Eumorpha labruscae* y *Eumorpha* sp. (Figura 6). De las cinco especies destaca *Erinnyis ello* que tuvo la mayor tasa de visita para ese año (Figura 7) y *Eumorpha labruscae* fue exclusiva para el sitio del Río, e *Hyles lineata* para San José del Cerrito.



Fotografía de *Agrius cingulatus* por Cochran706, iNaturalist, CC BY-NC.



Fotografía de *Erinnyis ello*, Proyecto BioBanco, consultado el 17 de marzo de 2026.



Fotografía de *Eumorpha labruscae* por gkamener, Flickr, CC BY-NC-SA 2.0.



Fotografía de *Hyles lineata* por Michelle W. (鍾偉瑋), iNaturalist, CC BY.



Fotografía de *Erinnyis ello* por alicia abela, iNaturalist, CC BY-NC.

Figura 6. Fotografías de esfíngidos observadas durante dos años de estudio visitando las flores de *Mirabilis jalapa*. A) *Agrius cingulatus*, B) *Erinnyis ello*, C) *Eumorpha labruscae*, D) *Hyles lineata* y E) *Eumorpha typhon*.

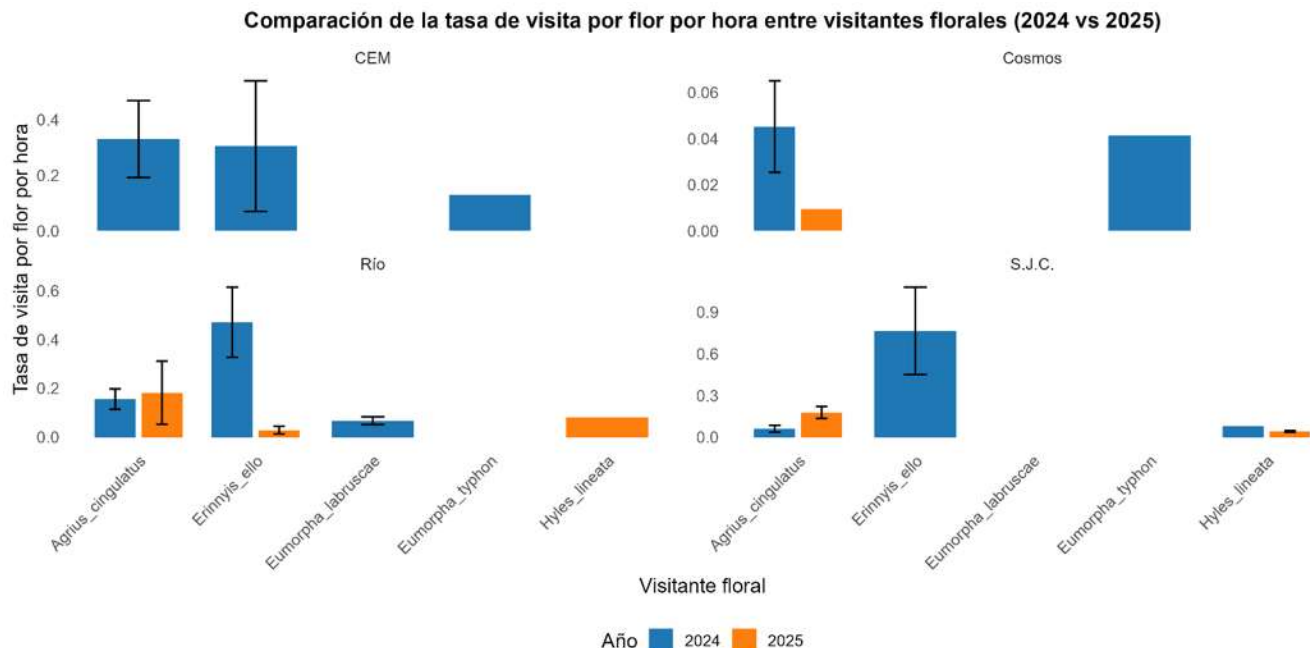


Figura 7. Gráficas que representan la tasa de visita de los visitantes florales en flores de *Mirabilis jalapa* por flor por hora entre sitios y en 2024 y 2025.

Para el año 2025, se reportaron únicamente tres especies de esfíngidos: *Agrius cingulatus*, *Erinnyis ello* e *Hyles lineata*. En comparación con el año 2024, no se encontraron las especies *Eumorpha typhon* y *Eumorpha labruscae*, mientras que *Agrius cingulatus* fue la especie con mayor tasa de visita. En ambos años no se encontraron visitantes florales en el sitio de Eduardo Ruíz.

Los sitios en los que se encontraron más especies para el 2024 fueron CEM, Río y San José del Cerrito con tres especies encontradas, seguido de Cosmos con dos especies y cero especies en Eduardo Ruíz. En los cuatro sitios se reportó a *Agrius cingulatus* y *Erinnyis ello*, en CEM y Cosmos se reportó a *Eumorpha typhon* y en los sitios de Río y CEM se encontraron especies únicas como *Eumorpha labruscae* e *Hyles lineata* respectivamente.

En 2025 los sitios en los que se encontraron más especies fueron en Río con tres especies, seguido de SJC con dos especies, Cosmos con una especie y E. Ruíz y CEM con cero especies. En los tres sitios de encontró a *Agrius cingulatus*, *Hyles lineata* se encontró en Río y SJC y *Erinnyis ello* se encontró únicamente en Río.

La especie con mayores tasas de visita en 2024 fue *Erinnyis ello* y en 2025 fue *Agrius cingulatus* con 0.17 flor/h en SJC y la mínima 0.009 flor/h. En el sitio Eduardo Ruíz en ningún año se registraron visitantes florales. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la tasa de visita por flor por hora entre sitios en el año 2024 ( $P=0.50$ ,  $X^2=2.33$ ) ni en 2025 ( $P = 0.13$ ,  $X^2= 3.95$ ).

Entre años, tampoco se observaron diferencias significativas entre las tasas de visita generales del 2024 y 2025 ( $P=0.90$ ,  $X^2=0.014$ ). En la tasa de visita anual (Figura 8) no se observaron diferencias significativas entre años ( $P = 0.38$ ;  $X^2 = 0.74$ )



Figura 8. Gráfica que representa la tasa de visita anual de visitantes florales entre los cinco sitios de estudio.

Se realizó una regresión lineal para evaluar la relación entre la tasa de visitantes y la tasa de robadores muestra que hay una relación positiva y significativa entre las variables, indicando que a medida que la tasa de visita se incrementa, también la tasa de visita de los robadores tiende a incrementarse. Este patrón sugiere que ambos visitantes responden de manera similar a la disponibilidad de recursos florales o a las condiciones compartidas entre sitios (Figura 9).

Los datos obtenidos para el número de flores, de plantas, horas de observación, número de interacciones y tasas de visita se encuentran contenidos en la tabla 4.

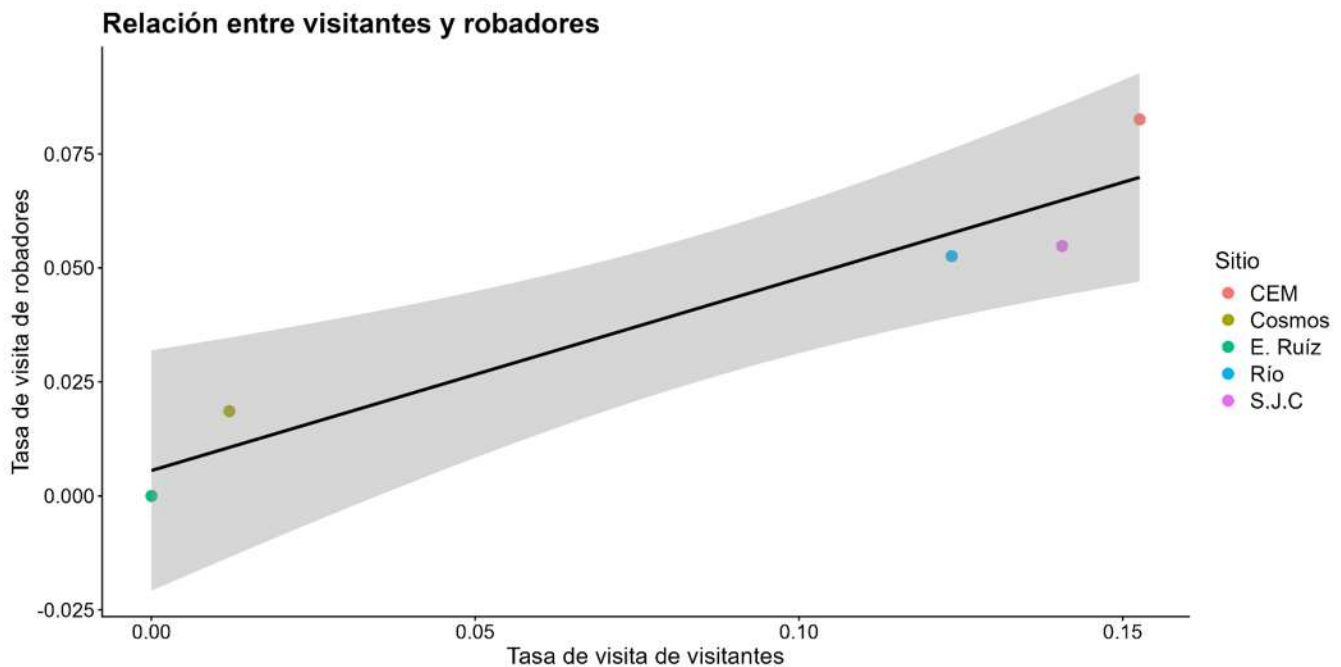


Figura 9. Se muestra una regresión lineal entre la tasa de visitantes florales y la tasa de robadores de néctar en los cinco sitios de muestreo. Entre los robadores de néctar se encuentran *Apis mellifera*, *Xylocopa tabaniformis*, *Xylocopa sonorina* y *Cynanthus latirostris*.

**Tabla 4. Resultados del número de plantas, número de flores, horas de observación, número de interacciones en promedio de visitantes florales y robadores de néctar y tasas de visita de visitantes florales y robadores de néctar para los cinco sitios de muestreo y los dos años.**

| Sitio   | Número de plantas estudiadas 2024-2025 | Flores totales estudiadas 2024-2025 | Horas totales de observación 2024-2025 | Número de interacciones promedio de visitantes florales 2024-2025 | Número de interacciones promedio de robadores de néctar 2024-2025 |
|---------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Cosmos  | 13 / 7                                 | 572 / 633                           | 18 / 6                                 | 16 / 3                                                            | 14 / 9                                                            |
| CEM     | 27 / 3                                 | 521 / 47                            | 14 / 0                                 | 38.50 / 0                                                         | 45 / 0                                                            |
| Río     | 10 / 16                                | 232 / 564                           | 14 / 16                                | 26.61 / 13.04                                                     | 28 / 30                                                           |
| SJC     | 10 / 5                                 | 182 / 173                           | 13.5 / 12                              | 34.87 / 10.16                                                     | 8 / 35                                                            |
| E. Ruíz | 4 / 3                                  | 172 / 187                           | 13.5 / 14                              | 0 / 0                                                             | 0 / 0                                                             |

Adicionalmente, para evaluar si las especies observadas son visitantes o potenciales polinizadores, se realizó un experimento exploratorio con el objetivo de observar cuales especies hacen contacto con las estructuras reproductoras de la planta y cuáles de ellas depositan polen, los resultados muestran que con excepción de un individuo de *Hyles lineata*, todos los visitantes observados hicieron contacto con el estigma y depositaron granos de polen (Tabla 5), lo que sugiere que estas especies pueden actuar como polinizadores efectivos al contribuir potencialmente a la transferencia de polen hacia las estructuras reproductoras femeninas.

**Tabla 5. Se observan los resultados de un experimento exploratorio cuyo objetivo fue contar el número de granos de polen depositados por los visitantes florales nocturnos.**

| Visitante            | Nº de granos depositados | Largo del tubo floral (cm) | Contacto con estigma |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------|
| <i>Erinnyis ello</i> | 3                        | 4.44                       | SI                   |
| <i>Erinnyis ello</i> | 2                        | 3.7                        | SI                   |
| <i>Hyles lineata</i> | 2                        | 3.14                       | SI                   |
| <i>Erinnyis ello</i> | 30                       | 1.79                       | SI                   |
| <i>Erinnyis ello</i> | 2                        | 3.64                       | SI                   |
| <i>Hyles lineata</i> | 17                       | 3.74                       | SI                   |
| <i>Hyles lineata</i> | 10                       | 4.21                       | SI                   |
| <i>Hyles lineata</i> | 2                        | 3.63                       | SI                   |
| <i>Hyles lineata</i> | 0                        | 5.0                        | NO                   |
| <i>Hyles lineata</i> | 1                        | 4.1                        | SI                   |

|                      |   |      |    |
|----------------------|---|------|----|
| <i>Hyles lineata</i> | 1 | 3.76 | SI |
|----------------------|---|------|----|

Durante este experimento también se observaron algunos ejemplares de *Agrius cingulatus* visitando las flores; sin embargo, ninguna de ellas realizó contacto con las estructuras reproductoras de la flor debido a que esta especie posee una probóscide larga (entre 9 y 11 cm de longitud) en comparación con la longitud del tubo de floral (3.5 – 7 cm de largo) de *Mirabilis jalapa*. Mientras que *H. lineata* y *E. ello* sí realizaron contacto con las estructuras reproductoras de la flor debido a que estas poseen una probóscide más corta (entre 3 y 4 cm).

#### *Robadores de néctar*

En el año 2024 se observaron como robadores de néctar a: *Apis mellifera* (Hymenoptera), *Cynanthus latirostris* (Apodiformes), *Xylocopa sonorina* (Hymenoptera) y *X. tabaniformis* (Hymenoptera). De todas estas especies observadas, el colibrí *C. latirostris* solo fue observado en Cosmos, mientras que las otras tres especies estaban presentes en los sitios de CEM, Río, Cosmos y San José del Cerrito. En Eduardo Ruíz tampoco se observaron robadores de néctar. En 2024, la variación de la tasa de visitas entre especies no fue significativa ( $X=3.86$ ;  $P= 0.27$ ).

En el 2025, solo se observaron las mismas tres especies de abejas que en 2024 y no se observó ningún colibrí robando. *A. mellifera* y *X. tabaniformis* estuvieron presentes en Cosmos, Río, San José del Cerrito y *X. sonorina* solo fue observada en Cosmos y SJC. Al igual que en 2024, no se observaron especies robadoras de néctar en Eduardo Ruíz. En 2025, no se realizaron muestreos en el sitio CEM debido a que en ese año no se encontraron plantas de *M. jalapa* y no se observaron diferencias significativas en la tasa de visita entre especies ( $X=4.02$ ;  $P=0.13$ ) ni entre años ( $X = 0.17$ ;  $P=0.67$ ) (Figura 10).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en la tasa de visita general entre robadores de néctar y visitantes florales ( $X = 12.89$ ;  $P = 0.0003$ ), en las que se observó una tasa de visita mayor en los visitantes

florales (0.19 visitas promedio flor/h) respecto a la tasa de visita promedio de los robadores de néctar (0.035 visitas promedio flor/h).

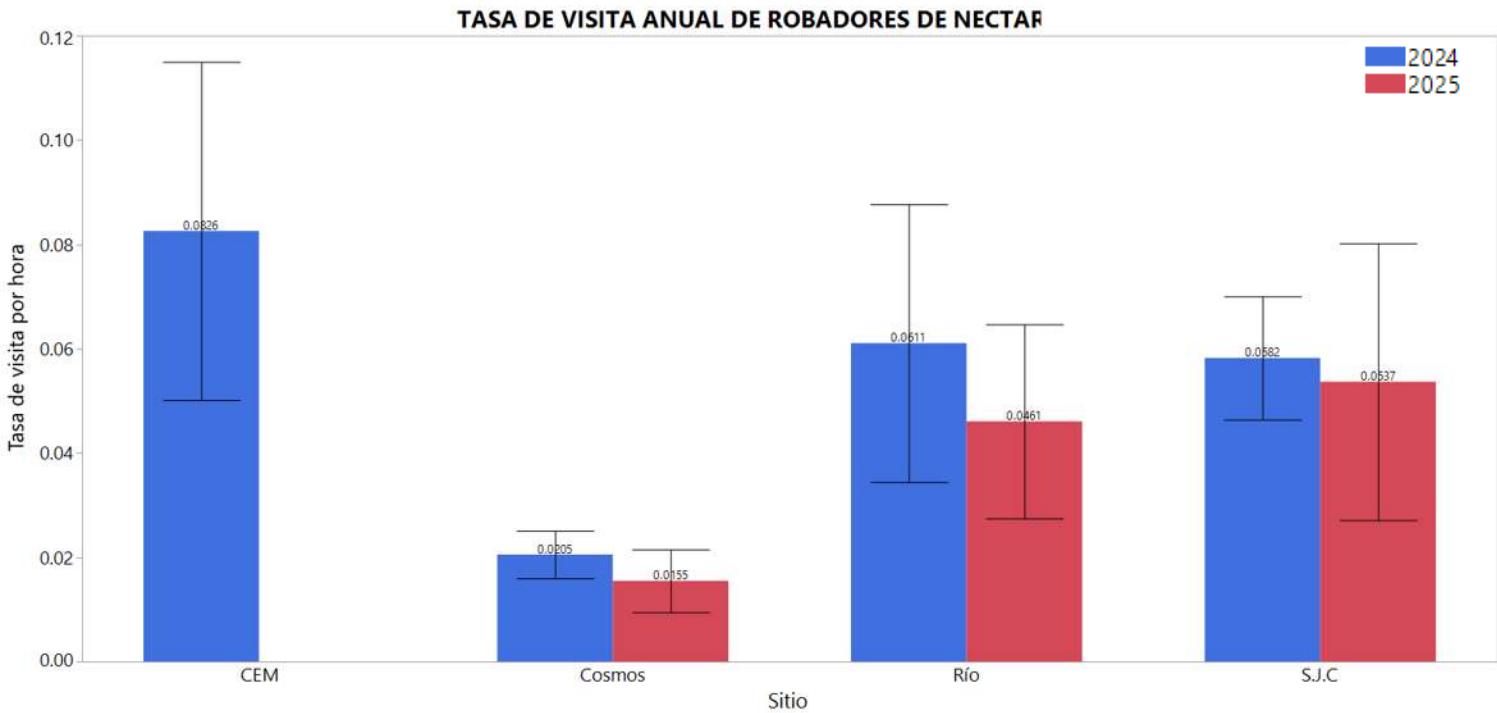


Figura 10. Gráfica que representa la tasa de visita anual de robadores de néctar entre los cinco sitios de estudio entre 2024 y 2025.

*Hercogamia y tasa de autofecundación*

En 2024 y 2025 se observaron diferencias significativas en la hercogamia entre sitios ( $P < 0.001$ ,  $\chi^2 = 56.98$ ) y ( $P < 0.0001$ ,  $\chi^2 = 45.25$ ) y entre la tasa de autofecundación ( $P < 0.0001$ ,  $\chi^2 = 39.75$ ), ( $P < 0.0001$ ,  $\chi^2 = 29.91$ ). En ambos años, los valores más altos de hercogamia se registraron en Río, mientras que los valores más bajos se observaron en Eduardo Ruíz. En contraste, la tasa de autofecundación mostró un patrón opuesto, con valores más altos en los sitios más urbanizados y más bajos en los menos urbanizados.

En ambos años se encontró una relación lineal negativa significativa entre la hercogamia y la tasa de autofecundación (Figura 11): 2024 ( $P = 0.031$ ,  $R^2 = 0.93$ ) y 2025 ( $P = 0.035$ ,  $R^2 = 0.81$ ) donde la tasa



de autofecundación aumentó conforme la hercogamia disminuyó.

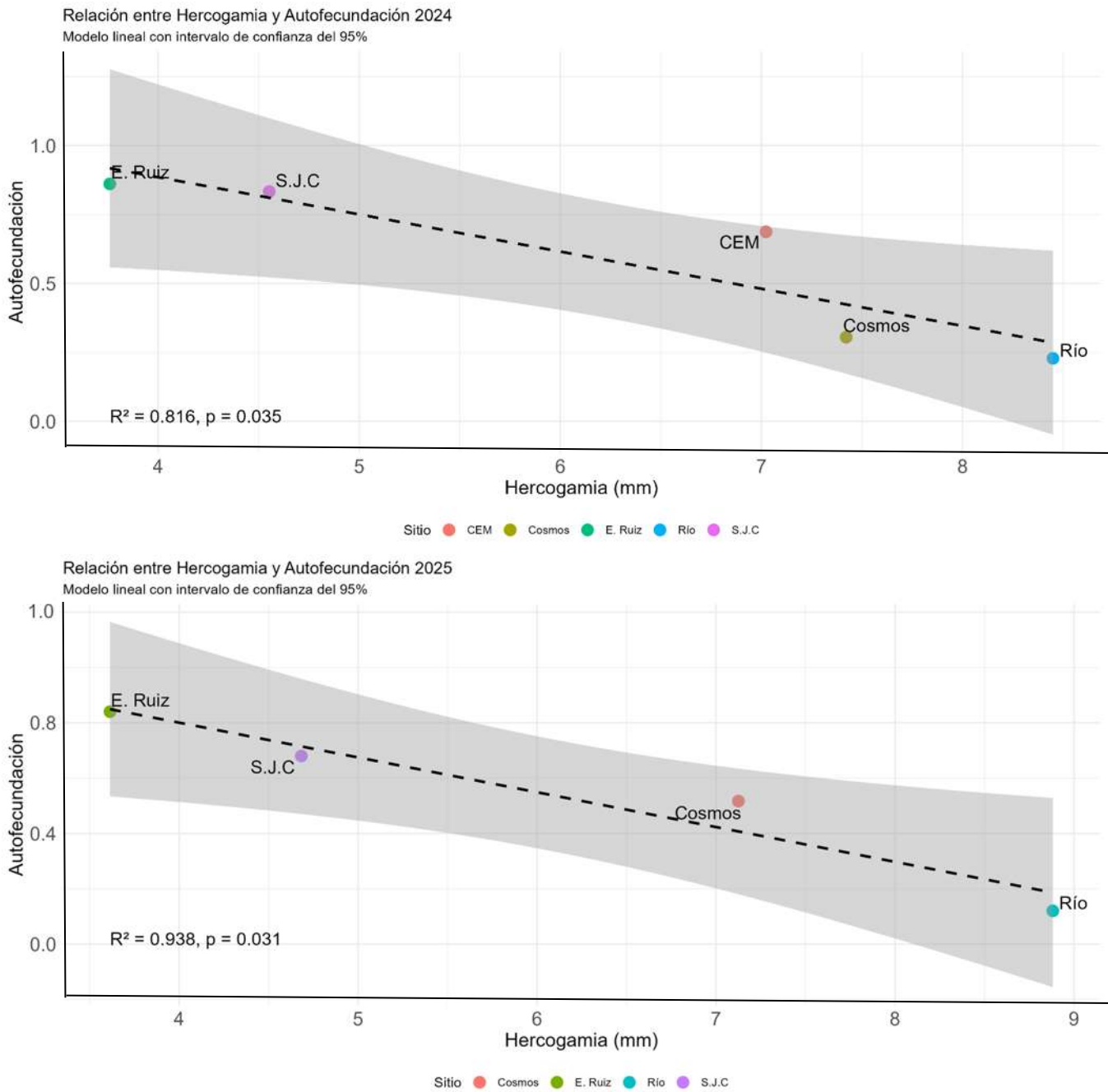


Figura 11. Relación negativa entre la hercogamia y la tasa de autofecundación por sitio. En ambas gráficas se observa que, a medida que la hercogamia aumentan la tasa de autofecundación disminuye.

En el GLM realizado, la tasa de visita muestra una tendencia negativa con el aumento de la superficie impermeable (Figura 12). De esta manera, indica que las tasas de visita tienden a disminuir a medida que las superficies impermeables aumentan. Esto nos indica que, en entornos urbanos puede haber una gran variabilidad entre las tasas de visita entre especies mostrando que se pueden encontrar especies con diferentes niveles de tolerancia. Pese a que la relación no fue significativa ( $B=-1.542$ ;  $P = 0.264$ ), la pendiente puede sugerir que la tasa de visita disminuirá a medida que la superficie impermeable aumenta. Sin embargo, con esto también se sugiere que el porcentaje de superficie impermeable no es el único factor que influye en la actividad de las tasas de visita de los visitantes florales.

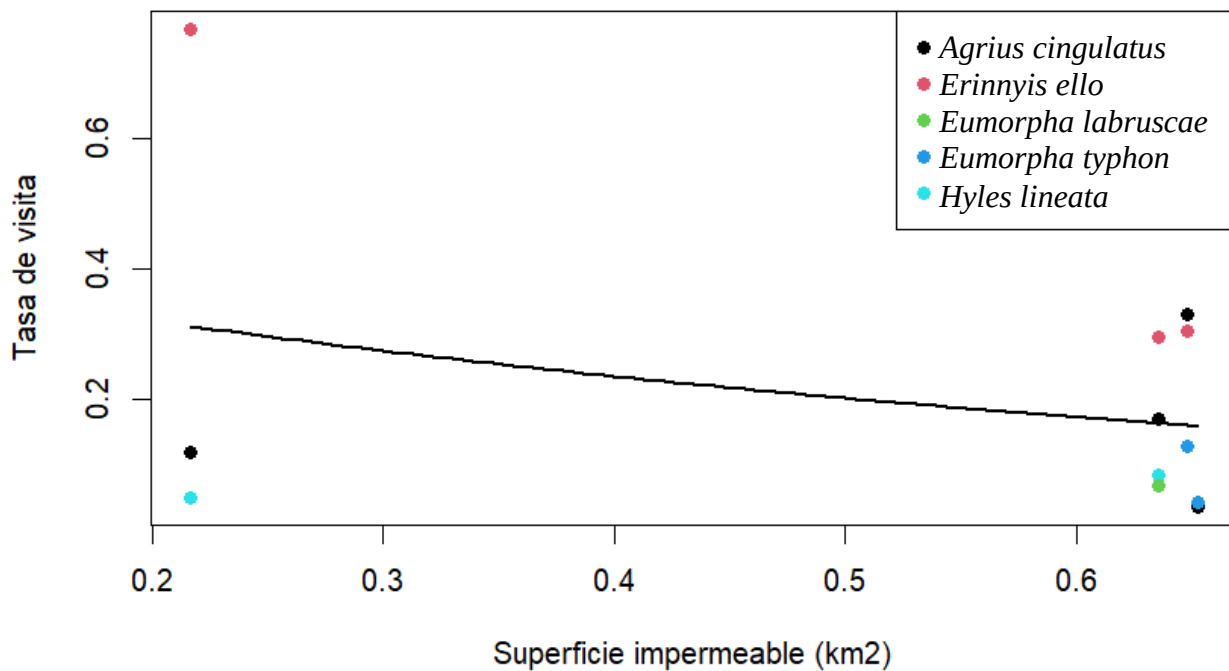


Figura 12. Modelo Linear Generalizado que relaciona la tasa de visita legítima de los visitantes florales y la superficie impermeable de cada sitio.

Por otro lado, el GLM que relaciona la hercogamia con el porcentaje de la superficie impermeable no mostró una relación significativa ( $B = 0.018$ ;  $P = 0.722$ ). No se detectó un efecto entre la hercogamia y el porcentaje de la superficie impermeable.

## DISCUSIÓN

### *Urbanización*

En el presente estudio, los cinco sitios evaluados abarcan un gradiente de urbanización que va del 28% al 91% de superficie impermeable, y solo uno se encuentra por debajo del 50%, lo que indica que la mayoría se ubican dentro del núcleo urbano según la clasificación de McKinney (2002).

El PCA realizado muestra una tendencia de diferenciar entre sitios con mayor influencia urbana, caracterizados por mayor brillo artificial y superficie impermeable, y sitios con menor urbanización, asociados a una mayor cobertura de áreas verdes y una mayor distancia al centro de la ciudad. Sin embargo, esta separación no es completamente consistente entre todos los sitios; por ejemplo, Eduardo Ruíz presenta una posición intermedia en el análisis, lo que sugiere que no todas las variables de urbanización influyen de manera uniforme en la caracterización.

Además, variables como el número de flores y la actividad de visitantes florales y robadores muestran asociación con el gradiente de urbanización, lo que sugiere que los ambientes urbanos pueden modificar la disponibilidad de recursos florales y las interacciones planta-visitante.

Bollo-Manent y colaboradores (2022) encontraron que en Morelia las superficies habitacionales corresponden al 71.75% de la superficie de la zona urbana, las de infraestructuras ocupan el 19.19%, en contraste con el bajo porcentaje de vegetación (5.23%) y zonas de cultivo (2.8%). En nuestro estudio, los cinco sitios abarcan un rango del 28% al 91% de superficie impermeable, y solo uno de ellos se encuentra por debajo del 50%, lo que indica una mayor proporción de áreas verdes y, por lo tanto, un menor grado de urbanización relativa comparada con los demás sitios.

El incremento de la superficie impermeable, junto con la reducción de áreas verdes, se ha asociado con la disminución de la biodiversidad local, particularmente en comunidades de insectos y otros organismos que son sensibles a la urbanización. A nivel general, la urbanización ha sido identificada como

una de las principales causas de extinción local de especies de insectos (Marzluff, 2001), debido a su continua expansión y alta permanencia en el tiempo (McKinney, 2008). Este proceso no solo implica que las áreas verdes se vean reducidas, sino también cambios en la composición de las especies presentes. Se ha documentado el reemplazo de especies nativas por no nativas, lo que puede conducir a procesos de homogenización biótica y a la pérdida de las características paisajísticas originales de los ecosistemas locales (Blair, 2001).

Sin embargo, es importante señalar que la disminución de áreas verdes y el reemplazo de especies nativas no son procesos ligados, ya que es posible encontrar áreas verdes dominadas por especies no nativas o bien, una reducción de cobertura vegetal sin un cambio en la composición de especies.

#### *Diversidad de visitantes florales y tasa de visita*

La diversidad de visitantes florales varió entre sitios, desde la ausencia total en Eduardo Ruíz hasta la presencia de tres especies de visitantes florales en Río, CEM y San José del Cerrito. Se observó una tendencia negativa entre la superficie impermeable y la tasa de visita, lo cual sugiere que la urbanización puede tener algún efecto en las interacciones planta-visitante. Los robadores de néctar estuvieron presentes en casi todos los sitios y su tasa de visita aumentó junto con la de los visitantes florales, aunque ambos grupos no coinciden temporalmente ya que los robadores son diurnos y los visitantes florales son nocturnos.

Además, el PCA mostró que Eduardo Ruíz es el sitio más urbanizado y San José del Cerrito el más conservado, mientras que los sitios intermedios presentan condiciones variables. Particularmente, en el sitio más urbanizado se registró la ausencia total de visitantes florales, lo cual puede explicarse mediante factores externos como el brillo artificial, la reducción de áreas verdes y el aumento de superficies impermeables.

Ellis et al., 2025 encontraron que el incremento de la superficie impermeable afecta negativamente

a las comunidades de polinizadores, lo cual coincide con la tendencia observada en este estudio. Además, la disminución de áreas seminaturales y cobertura arbórea reduce la diversidad de insectos, aunque en algunos grupos como las polillas la cobertura arbórea puede tener efectos positivos. Chen et al., 2019 destacan la importancia de los parches de vegetación como corredores en ambientes urbanos. Zink et al., 2024 también encontraron que la urbanización incrementa la limitación de polen y reduce las tasas de visita.

Respecto a los robadores de néctar, las especies encontradas en este estudio coinciden con lo reportado por Del Río y Burques, 1986, quienes documentaron al abejorro *Xylocopa tabaniformis* en *Mirabilis jalapa* L. Estos organismos pueden afectar la disponibilidad de néctar y extraerlo sin entrar en contacto con las estructuras reproductivas de la flore, lo que reduce la cantidad de recursos disponibles para los visitantes florales. Como consecuencia, esto puede modificar el comportamiento de los visitantes, ya sea disminuyendo la frecuencia de visita o alterando sus patrones de forrajeo. (Haber y Franke, 1982). Por otro lado, la urbanización puede actuar como un filtro ecológico favoreciendo especies generalistas capaces de mantener funciones ecosistémicas (Herrmann et al., 2023), lo cual podría explicar la presencia de robadores de néctar en sitios urbanizados.

Diversos estudios han demostrado que factores asociados a la urbanización como la luz artificial nocturna afectan el comportamiento de las polillas nocturnas, reduciendo su actividad y capacidad de forrajeo (MacGregor et al., 2017; Knop et al., 2017). Esto coincide con la ausencia de visitantes florales en el sitio Eduardo Ruíz. Las condiciones urbanas también se relacionan con la reducción de hábitat y recursos florales, afectando distintos grupos de insectos (Fenoglio et al., 2020; Montgomery et al., 2020).

#### *Nivel de hercogamia y autofecundación*

En este estudio se observaron diferencias entre la hercogamia y la tasa de autofecundación entre sitios, donde aquellos con mayor superficie impermeable y brillo artificial presentaron menor hercogamia. Esto

sugiere una respuesta funcional que permite mantener la reproducción en condiciones donde la disponibilidad de visitantes florales es baja, pudiendo indicar una posible estrategia reproductiva mixta en *Mirabilis jalapa* L.

Diversos estudios han demostrado que la reducción en la separación de estructuras reproductivas aumenta la probabilidad de autopolinización cuando los polinizadores son escasos (Harder y Aizen, 2010; Tandon et al., 2020). Asimismo, Eckert et al., 2009 reportan respuestas fenotípicas a cambios antropogénicos asociados a la limitación de polen. En zonas urbanas, Cheptou et al., 2006 documentaron una disminución en la producción de semillas debido a la escasez de polinizadores, mientras que Ushimaru et al., 2014 encontraron una reducción de hercogamia en poblaciones urbanas.

Por otro lado, estudios previos indican que *Mirabilis jalapa* no depende completamente de los polinizadores para la producción de semillas, aunque la interacción con esfíngidos puede aumentar su éxito reproductivo (Cruden, 1973; Grant y Grant, 1983). Sugiriendo que en ambientes urbanizados esta especie podría ajustar sus estrategias reproductivas reduciendo la hercogamia y aumentando la autofecundación cuando los polinizadores escasean.

Para evaluar si este patrón responde a la plasticidad fenotípica o a procesos de adaptación local, futuros estudios podrían implementar experimentos de trasplante de jardín común utilizando individuos provenientes de sitios con distintos niveles de hercogamia y exposición a polinizadores. Bajo este enfoque, sería posible determinar si las diferencias observadas se mantienen en condiciones controladas o si responden a variaciones en el ambiente, como la disponibilidad de polinizadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berardi, A. E., Frey, F. M., Denton, E. M., y Wells, J. H. 2013. **Betalain color morphs exhibit differential growth, defensive ability, and pollen tube growth rates in *Mirabilis jalapa* (Nyctaginaceae).** *International Journal of Plant Sciences*, 174(9), 1229-1238.
- Bollo-Manent, M., Morales, G. M., y Serrano, A. M. 2022. **Las áreas verdes en la ciudad de Morelia, Michoacán. México.** *Investigaciones Geográficas*, (107), e60494. Epub 20 de junio de 2022. <https://doi.org/10.14350/rig.60494>
- Blair, R.B. 2001. **Birds and Butterflies Along Urban Gradients in Two Ecoregions of the United States: Is Urbanization Creating a Homogeneous Fauna?.** En: Lockwood, J.L., McKinney, M.L. (eds) *Biotic Homogenization*. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1261-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1261-5_3)
- Cadenasso, M.L., Pickett, S.T.A. and Schwarz, K. 2007. **Spatial heterogeneity in urban ecosystems: reconceptualizing land cover and a framework for classification.** *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 80-88. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[80:SHIUER\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[80:SHIUER]2.0.CO;2).
- Chen, Z., Zhu, Z., Song, J., Liao, R., Wang, Y., Luo, X., Nie, D., Lei, Y., Shao, Y. y Yang, W. 2019. **Linking biological toxicity and the spectral characteristics of contamination in seriously polluted urban rivers.** *Environmental Sciences Europe*, 31(1), 84. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0269-y>
- Cheptou, P. O., y Avendaño V, L. G. 2006. **Pollination processes and the Allee effect in highly fragmented populations: consequences for the mating system in urban environments.** *New Phytologist*, 172(4), 774-783. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01880.x>
- Cheptou, P. O., Carrue, O., Rouifed, S., y Cantarel, A. 2008. **Rapid evolution of seed dispersal in an urban environment in the weed *Crepis sancta*.** *Proceedings of the National Academy of*



*Sciences*, 105(10), 3796-3799. <https://doi.org/10.1073/pnas.0708446105>

- Cinzano, P., Falchi, F., y Elvidge, C. D. 2001. **The first world atlas of the artificial night sky brightness.** *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328(3), 689-707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>
- Cruden, R. W. 1973. **Reproductive biology of weedy and cultivated *Mirabilis* (Nyctaginaceae).** *American Journal of Botany*, 60(8), 802-809. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1973.tb07592.x>
- Donihue, C. M., y Lambert, M. R. 2015. **Adaptive evolution in urban ecosystems.** *Ambio*, 44, 194-203. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0547-2>.
- Eckert, C. G., Ozimec, B., Herlihy, C. R., Griffin, C. A., y Routley, M. B. 2009. **Floral morphology mediates temporal variation in the mating system of a self-compatible plant.** *Ecology*, 90: 1540-1548. <https://doi.org/10.1890/08-1063.1>.
- Eckert, C. G., Kalisz, S., Geber, M. A., Sargent, R., Elle, E., Cheptou, P. O., Goodwillie, C., Johnston, M, O., Kelly, J. K., Moeller, D. A., Porcher, E., Ree, R. H., Vallejo-Marín, M. y Winn, A. A. 2010. **Plant mating systems in a changing world.** *Trends in ecology y evolution*, 25(1), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.013>.
- Ellis, E. E., Campbell, S. A., y Edmondson, J. L. 2025. **Drivers of nocturnal and diurnal pollinating insect declines in urban landscapes.** *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 292(2052), 20250102. <https://doi.org/10.1098/rspb.2025.0102>
- Fenoglio, M. S., Rossetti, M. R., y Videla, M. 2020. **Negative effects of urbanization on terrestrial arthropod communities: A meta-analysis.** *Global Ecology and Biogeography*, 29(8), 1412-1429. <https://doi.org/10.1111/geb.13107>.

- Fox, R., Oliver, T. H., Harrower, C., Parsons, M. S., Thomas, C. D., y Roy, D. B. 2014. **Long-term changes to the frequency of occurrence of British moths are consistent with opposing and synergistic effects of climate and land-use changes.** *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 949-957. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12256>.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M., Ngo, H.T., Azzu, N., Sáez, A., Åström, J., An, J., Blochtein, B., Buchori, D., García, F. J. C., Silva, F. O., Devkota, K., Ribeiro, M. F., Freitas, L., Gaglianone, M. C., Goss, M., Irshad, M., Kasina, M., Pacheco Filho, A. J. S., Kiill, L. H. P., Kwapong, P., Parra, G. N., Pires, C., Pires, V., Rawall, R. S., Rizali, A. Saraiva, A. M., Veldtman, R., Viana, B., Witter, S. y Zhang, H. 2016. **Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms.** *Science*, 351(6271), 388-391. <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>.
- Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W., y Hopkins, J. 2013. **The ecological impacts of night time light pollution: a mechanistic appraisal.** *Biological reviews*, 88(4), 912-927. <https://doi.org/10.1111/brv.12036>.
- Geslin, B., Gauzens, B., Thébault, E., y Dajoz, I. 2013. **Plant pollinator networks along a gradient of urbanisation.** *PloS one*, 8(5), e63421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063421>.
- Giavi, S., Fontaine, C., y Knop, E. 2021. **Impact of artificial light at night on diurnal plant-pollinator interactions.** *Nature communications*, 12(1), 1690. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22011-8>
- Grant, V., y Grant, K. A. 1983. **Hawkmoth pollination of *Mirabilis longiflora* (Nyctaginaceae).** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(5), 1298-1299. <https://doi.org/10.1073/pnas.80.5.1298>.
- Haber, W. A., y Franke, G. W. 1982. **Pollination of *Leuhea* (Tiliaceae) in costa Rican deciduous forest.**

*Ecology*, 63(6), 1740-1750. <https://doi.org/10.2307/1940116>.

Harder, L. D., y Aizen, M. A. 2010. **Floral adaptation and diversification under pollen** limitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1539), 529-543. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0226>.

Hall, D. M., Camilo, G. R., Tonietto, R. K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., y Threlfall, C. G. 2017. **The city as a refuge for insect pollinators.** *Conservation Biology*, 31(1), 24-29. <https://doi.org/10.1111/cobi.12840>

Hernández, J. L., Frankie, G. W., y Thorp, R. W. 2009. **Ecology of urban bees: a review of current knowledge and directions for future study.** *Cities and the Environment (CATE)*, 2(1), 3. DOI: 10.15365/1932-7048.1036

Hernández-Ledesma, P., y Flores-Olvera, H. 2023. **El género *Mirabilis* (Nyctaginaceae) en México: diversidad, distribución y tratamiento taxonómico.** *Revista mexicana de biodiversidad*, 94. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.5014>

Herrmann, J., Buchholz, S., y Theodorou, P. 2023. **The degree of urbanisation reduces wild bee and butterfly diversity and alters the patterns of flower-visitation in urban dry grasslands.** *Scientific Reports*, 13(1), 2702. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29275-8>

Hölker, F., Moss, T., Griefahn, B., Kloas, W., Voigt, C. C., Henckel, D., Hänel, A., Kappeler, P. M., Völker, S., Schwoppe, A., Franke, S., Uhrlandt, D., Fischer, J., Klenke, R., Wolter, C., y Tockner, K. 2010. **The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy.** *Ecology and Society*, 15(4). <http://www.jstor.org/stable/26268230>  
iNaturalistMX. Disponible en <https://www.naturalist.mx>. Acceso 2024

Irwin, R. E. 2003. **Impact of nectar robbing on estimates of pollen flow: conceptual predictions and**

**empirical outcomes.** *Ecology*, 84(2), 485-495. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[0485:IONROE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[0485:IONROE]2.0.CO;2)

Johnson, M. T., Thompson, K. A., y Saini, H. S. 2015. **Plant evolution in the urban jungle.** *American Journal of Botany*, 102(12), 1951-1953.

Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., y Fontaine, C. 2017. **Artificial light at night as a new threat to pollination.** *Nature*, 548(7666), 206-209. <https://doi.org/10.1038/nature23288>

Luna, J. M. 2005. **Técnicas de colecta y preservación de insectos.** *Boletín sociedad entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.

Martínez del Río, C. 1984. **Polinización de *Mirabilis jalapa* L. en el Pedregal de San Ángel.** *Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México.*

del Rio, C. M., y Burquez, A. 1986. **Nectar production and temperature dependent pollination in *Mirabilis jalapa* L.** *Biotropica*, 28-31. <https://doi.org/10.2307/2388358>.

Marzluff, J. M., Bowman, R., y Donnelly, R. 2001. **A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches.** En: Marzluff, J.M., Bowman, R., Donnelly, R. (eds) *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Boston, MA: Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_1)

MacGregor, C. J., Pocock, M. J. O., Fox, R., y Evans, D. M. 2015. **Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: A review.** *Ecological Entomology*, 40(3), 187-198. <https://doi.org/10.1111/een.12174>.

MacGregor, C. J., Evans, D. M., Fox, R., y Pocock, M. J.O. 2017. **The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport.** *Global Change Biology*, 23(2), 697-707. <https://doi.org/10.1111/gcb.13371>

Marco, A., Dutoit, T., Deschamps-Cottin, M., Mauffrey, J. F., Vennetier, M., y Bertaudière-Montes, V.

2008. **Gardens in urbanizing rural areas reveal an unexpected floral diversity related to housing density.** *Comptes Rendus Biologies*, 331(6), 452-465.  
<https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.03.007>
- Matteson, K. C., Grace, J. B., y Minor, E. S. 2013. **Direct and indirect effects of land use on floral resources and flower-visiting insects across an urban landscape.** *Oikos*, 122(5), 682-694.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2012.20229.x>
- Montgomery, G. A., Dunn, R. R., Fox, R., Jongejans, E., Leather, S. R., Saunders, M. E., R. S, Shortall, W. T., Tingley y Wagner, D. L. 2020. **Is the insect apocalypse upon us? How to find out.** *Biological conservation*, 241, 108327. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108327>
- McKinney, M. L. 2002. **Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems.** *Bioscience*, 52(10), 883-890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- McKinney, M. L. 2008. **Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals.** *Urban ecosystems*, 11(2), 161-176.
- Montgomery, G. A., Dunn, R. R., Fox, R., Jongejans, E., Leather, S. R., Saunders, M. E., R. S, Shortall, W. T., Tingley y Wagner, D. L. 2020. **Is the insect apocalypse upon us? How to find out.** *Biological conservation*, 241, 108327.
- Ollerton, J., Winfree, R., y Tarrant, S. 2011. **How many flowering plants are pollinated by animals?** *Oikos*, 120(3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Owens, A. C., y Lewis, S. M. 2018. **The impact of artificial light at night on nocturnal insects: a review and synthesis.** *Ecology and evolution*, 8(22), 11337-11358.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.4557>

- Parris, K. M. 2016. **Ecology of urban environments**. John Wiley y Sons.
- Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Boone, C. G., Groffman, P. M., Irwin, E., Kaushal, S. S., Marshall, V., McGrath, B. P., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Szlavecz, K., Troy, A., y Warren, P. 2011. **Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress**. *Journal of environmental management*, 92(3), 331-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.08.022>
- Raguso, R. A., Levin, R. A., Foose, S. E., Holmberg, M. W., y McDade, L. A. 2003. **Fragrance chemistry, nocturnal rhythms and pollination “syndromes” in Nicotiana**. *Phytochemistry*, 63(3), 265-284. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00113-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00113-4)
- Rich, C., y Longcore, T. 2013. **Ecological consequences of artificial night lighting**. Island Press.
- Riffell, J. A., Shlizerman, E., Sanders, E., Abrell, L., Medina, B., Hinterwirth, A. J., y Kutz, J. N. 2014. **Flower discrimination by pollinators in a dynamic chemical environment**. *Science*, 344(6191), 1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.1251041>
- Schoonhoven, L. M., Van Loon, J. J., y Dicke, M. 2005. **Insect-plant biology**. Oxford university press.
- Snep, R. P. H., Opdam, P. F. M., Baveco, J. M., WallisDeVries, M. F., Timmermans, W., Kwak, R. G. M., y Kuypers, V. 2006. **How peri-urban areas can strengthen animal populations within cities: a modeling approach**. *Biological conservation*, 127(3), 345-355. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.06.034>
- Straka, T. M., von der Lippe, M., Voigt, C. C., Gandy, M., Kowarik, I., y Buchholz, S. 2021. **Light pollution impairs urban nocturnal pollinators but less so in areas with high tree cover**. *Science of the Total Environment*, 778, 146244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146244>
- Stare, J., s.f. **Light pollution map (v3.0.19)**. Disponible en: [www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info)
- Stork, N. E. 2018. **How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?**

- Annual review of entomology*, 63(1), 31-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>
- Tandon, R., Shivanna, K. R., y Koul, M. 2020. **Reproductive ecology of flowering plants: patterns and processes**. Berlin/Heidelberg, Germany: *Springer*.
- Theodorou, P. 2022. **The effects of urbanization on ecological interactions**. *Current Opinion in Insect Science*, 52, 100922. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100922>
- Ushimaru, A., Kobayashi, A., y Dohzono, I. 2014. **Does urbanization promote floral diversification? Implications from changes in herkogamy with pollinator availability in an urban-rural area**. *The American Naturalist*, 184(2), 258-267. <https://doi.org/10.1086/676855>
- Van Klink, R., Bowler, D. E., Gongalsky, K. B., Swengel, A. B., Gentile, A., y Chase, J. M. 2020. **Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances**. *Science*, 368(6489), 417-420. <https://doi.org/10.1126/science.aax9931>
- Verboven, H. A., Brys, R., y Hermy, M. 2012. **Sex in the city: Reproductive success of *Digitalis purpurea* in a gradient from urban to rural sites**. *Landscape and Urban Planning*, 106(2), 158-164. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.015>
- Wilson, E. O. 1987. **The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates)**. *Conservation biology*, 344-346. <http://www.jstor.org/stable/2386020>
- Zink, A., CaraDonna, P. J., Larsen, K., y Iler, A. M. 2024. **Pollination deficits increase with urbanization in Chicago**. *Ecosphere*, 15(12), e70100. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70100>

# 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 |                                                                                                                                 |                                                                                        |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Programa educativo</b>                       | PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS                                                                       |                                                                                        |
| <b>Título del trabajo</b>                       | EFECTO DE LA URBANIZACIÓN EN LA COMUNIDAD DE VISITANTES FLORALES Y TASA DE VISITA DE <i>Mirabilis jalapa</i> L. (Nyctaginaceae) |                                                                                        |
|                                                 | <b>Nombre</b>                                                                                                                   | <b>Correo electrónico</b>                                                              |
| <b>Autor/es</b>                                 | LUIS GENARO ROMERO MORENO                                                                                                       | <a href="mailto:1650906c@umich.mx">1650906c@umich.mx</a>                               |
| <b>Director</b>                                 | EDUARDO CUEVAS GARCÍA                                                                                                           | <a href="mailto:eduardo.cuevas@umich.mx">eduardo.cuevas@umich.mx</a>                   |
| <b>Codirector</b>                               |                                                                                                                                 |                                                                                        |
| <b>Coordinador del programa</b>                 | ROSA ELVIRA NUÑEZ ANITA                                                                                                         | <a href="mailto:mae.ciencias.biologicas@umich.mx">mae.ciencias.biologicas@umich.mx</a> |

| Uso de Inteligencia Artificial |                    |                    |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Rubro</b>                   | <b>Uso (sí/no)</b> | <b>Descripción</b> |
| Asistencia en la redacción     | No                 |                    |



# 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          |             |
| Traducción a otra lengua                   | No          |             |
| Revisión y corrección de estilo            | No          |             |
| Análisis de datos                          | No          |             |
| Búsqueda y organización de información     | No          |             |
| Formateo de las referencias bibliográficas | No          |             |
| Generación de contenido multimedia         | No          |             |
| Otro                                       | No          |             |

| Datos del solicitante |                                                                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre y firma        | LUIS GENARO ROMERO MORENO  |
| Lugar y fecha         | Morelia, Michoacán, México a 18 de mayo de 2026                                                                |

# Luis Genaro Romero Moreno

## Efecto de la urbanización en la comunidad de visitantes florales y tasa de visita de *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae)....

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:593240158

Fecha de entrega

20 may 2026, 9:14 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

20 may 2026, 9:22 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Efecto de la urbanización en la comunidad de visitantes florales y tasa de visita de *Mirabilis jalapa*....pdf

Tamaño del archivo

2.5 MB

47 páginas

10.563 palabras

58.849 caracteres

# 18% Similitud general

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

## Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 17%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**  
11 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
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.