

**Biología floral y polinización del cacao de monte (*Pachira speciosa* Triana & Planch.) en
Bucaramanga, Santander**

Karen Viviana Gómez Santiago

Trabajo de grado presentado para optar al título de Bióloga

**Director
Felipe Castaño G.
Dr. en Biología Vegetal**

**Co-directora
Mariana Oliveira Duarte
Ph. D. Biología Vegetal**

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, Nydian Santiago, quien con su apoyo y amor ha hecho todo esto posible, por nunca dejar de creer en mí, por escucharme y amarme incondicionalmente, por su apoyo emocional y económico. A mi padre, Hernando Gómez, por heredarme esta curiosidad y amor a la ciencia y a la montaña, en mi ser siempre llevo su esencia. A mi hermana, Nathalia Gómez y sus hijos, mis amados sobrinos Mathias Díaz Gómez y Marcelo Díaz Gómez, por ser esa fuente de inspiración para tratar de cuidar y entender los sistemas biológicos y así, proteger el mundo dónde habitarán sus vidas. Los amo con todas las fuerzas de mi ser.

Agradecimientos

En primera instancia, al profesor Felipe Castaño por abrirme las puertas al herbario y al mundo de la botánica. A mi profe Mariana Duarte, quien me inspiró, abrió los ojos y ayudó a confirmar lo mucho que me apasiona este interesante mundo de los sistemas sexuales y la polinización de las angiospermas, por ser mi fuente de inspiración, enseñarme y guiarme con tanta paciencia y pasión, eternamente agradecida.

A mi alma máter, la Universidad Industrial de Santander, quien cambió mi vida desde el primer día que la pisé, por enseñarme a ver la vida siempre desde un punto crítico y lógico.

A la escuela de biología y a cada uno de los profesores que hicieron parte de este largo proceso de aprendizaje, en el cual día a día descubro respuestas, pero me nacen muchas más preguntas.

Tabla de contenido

Introducción.....	12
1. Objetivo general.....	15
1.1 Objetivos específicos.....	15
2. Competencias.....	15
3. Metodología.....	16
3.1 Área de estudio.....	16
3.2 Fenología reproductiva.....	17
3.3 Biología floral.....	17
3.4 Mecanismos de pre-polinización.....	17
3.5 Éxito reproductivo.....	18
3.6 Visitantes florales.....	19
3.7 Análisis de datos.....	20
4. Resultados.....	20
4.1 Fenología reproductiva.....	20
4.2 Biología floral.....	20
4.3 Mecanismos de pre-polinización.....	24
4.4 Éxito reproductivo.....	26
4.5 Visitantes florales.....	29
5. Discusión.....	33
6. Conclusiones.....	38

7. Recomendaciones.....38

Referencias bibliográficas.....39

Apéndices48

Lista de figuras

Figura 1. <i>Población de Pachira speciosa en el campus de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga</i>	15
Figura 2. <i>Desarrollo floral en Pachira speciosa (Cacao de monte)</i>	20
Figura 3. <i>Fruto de Pachira speciosa</i>	21
Figura 4. <i>Corte longitudinal de la base de la flor</i>	22
Figuras 5. <i>Boxplot de la variación de la longitud de los verticilos sexuales de Pachira speciosa</i>	24
Figura 6. <i>Boxplot de la cantidad de granos de polen disponibles en la antera en diferentes momentos de la antesis</i>	26
Figura 7. <i>Boxplot del éxito reproductivo femenino (Número de granos de polen en el estigma)</i>	27
Figura 8. <i>Visitantes florales de Pachira speciosa y visitantes de los nectarios no nupciales</i>	30

-
Lista de tablas

Tabla 1. <i>Variación de la concentración [° Brix] de azúcares en el néctar de P. speciosa en el momento de la antesis (19:00 h)</i>	22
Tabla 2. <i>Longitud de órganos sexuales de la flor.</i>	24
Tabla 3. <i>Éxito reproductivo masculino. (disponibilidad de granos de polen en el tiempo).</i> ..	25
Tabla 4. <i>Éxito reproductivo femenino. Número de granos de polen depositados en el estigma en tres tratamientos.</i>	27
Tabla 5. <i>Visitantes florales de Pachira speciosa.</i>	29

Lista de apéndices

Apéndice A. Botón dentro de la bolsa de tul para evitar el contacto con algún visitante antes de la antesis, estas bolsas se utilizaron para los tratamientos de éxito reproductivo.....	48
Apéndice B. Individuos de <i>Artibeus sp.</i> a los que se le revisó la carga.....	48
Apéndice C. Individuo del género <i>Rhogeessa</i> el cual cayó en las redes de niebla cercana a los individuos del estudio.	49
Apéndice D. Granos de polen depositados en el estigma vista en 10X. Grano de polen en 40X.	49
Apéndice E. Grano de polen en 40X.	50

Resumen

Título: **Biología floral y polinización del cacao de monte (*Pachira speciosa* Triana & Planch.) en Bucaramanga, Santander

Autor: Karen Viviana Gómez Santiago

Palabras Clave: Ecología urbana, biología reproductiva, Malvaceae, visitantes florales.

La comprensión de la biología floral y las interacciones con los polinizadores son fundamentales para entender la reproducción sexual en las plantas. Sin embargo, tales fenómenos pueden verse afectados en plantas cultivadas en áreas urbanas, debido a la ausencia o declive del polinizador. Entre las plantas usadas en la silvicultura urbana se encuentra *Pachira speciosa* (Malvaceae); un árbol perenne conocido como cacao de monte en Colombia. Este árbol, con potencial económico y cultivado en las ciudades, produce frutos durante el año, sin embargo se desconocen sus estrategias de polinización. Debido a las razones expuestas se estudió la fenología, la biología floral, el éxito reproductivo y los visitantes florales de *P. speciosa* cultivados en un área urbana de Bucaramanga (Campus UIS). Se determinó la longevidad floral, receptividad estigmática, dispersión del polen, producción de néctar durante los dos meses de la floración. Además, se monitoreó durante el día y la noche para identificar los visitantes y polinizadores. La especie tiene dos picos de floración al año, presenta flores perfectas, polistémonas, hercogámicas. La antesis es nocturna y coincide con la dispersión de la mayor parte del polen, que a su vez es simultánea con la receptividad estigmática. Aunque característicos de la quiropterofilia, dichos rasgos, aunados a la concentración del néctar y la variedad de visitantes florales (en su mayoría ladrones de néctar) podrían apuntar a la ambofilia. Se recomienda ampliar el tiempo de muestreo para esclarecer los patrones fenológicos y realizar tratamientos de polinización controlada para evaluar la compatibilidad de la especie.

Abstract

Title: **Floral biology and pollination of the wild cacao (*Pachira speciosa* Triana & Planch.) in Bucaramanga, Santander.

Author: Karen Viviana Gómez Santiago

Key words: Urban Ecology, Reproductive Biology, Malvaceae, Floral Visitors

Description: Understanding floral biology and pollinator interactions is fundamental to understanding sexual reproduction in plants. However, such phenomena may be affected in plants grown in urban areas due to the absence or decline of the pollinators. Among the plants used in urban forestry is *Pachira speciosa* (Malvaceae); an evergreen tree known as *cacao de monte* in Colombia. This tree, with economic potential, is cultivated in cities and produces fruits throughout the year, although its pollination strategies are unknown. Thus, the phenology, floral biology, reproductive success and floral visitors of *P. speciosa* cultivated in an urban area of Bucaramanga (UIS Campus) were studied. Floral longevity, stigmatic receptivity, pollen dispersal and nectar production were determined during the two months of flowering. In addition, monitoring was carried out during the day and night to identify visitors and pollinators. The species has two flowering peaks per year, with perfect, polystemonous, hercogamous flowers. Anthesis is nocturnal and coincides with the dispersal of most of the pollen, which in turn is simultaneous with stigmatic receptivity. Although characteristic of chiropterophily, these features, together with the concentration of nectar and the variety of floral visitors (mostly nectar thieves) could point to ambophily. It is recommended to extend the sampling time to clarify the phenological patterns and to identify the most important features.

Introducción

El género *Pachira* Aubl. (Malvaceae) es uno de los más diversos de la subfamilia Bombacoideae, con aproximadamente 50 especies distribuidas principalmente en la región norte de Sudamérica (Andino & Fernández-Alonso, 2018; Carvalho-Sobrinho & Dorr, 2020; Yoshikawa *et al.*, 2022). La mayoría de las plantas de esta subfamilia son reconocidas por su alto valor económico y medicinal. Además, muchas de ellas son apreciadas como ornamentales en todo el mundo debido a su follaje y flores llamativas. Varios géneros de esta subfamilia son fuente de fibras, maderas y frutas, lo que los convierte en uno de los grupos de plantas más importantes desde el punto de vista económico y comercial (Refaat *et al.*, 2013). Además de su alto valor económico y ecológico, muchas especies del género *Pachira* ofrecen servicios ecosistémicos importantes, como su uso en la urbanización, la provisión de recursos florales a la fauna local y su función como delimitadores de manglares (Peixoto & Escudeiro, 2002; Ángel-Coca *et al.*, 2014; Infante-Mata *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2022).

En Colombia, se tiene registro de alrededor de 28 especies pertenecientes al género (Fernández-Alonso *et al.*, 2003; Missouri Botanical Garden. s.f.). Algunas de estas tienen una distribución restringida (Fernández-Alonso *et al.*, 2003) y en general son pobremente conocidas a nivel ecológico. Tal es el caso de *Pachira speciosa* Triana & Planch., un árbol nativo de distribución restringida a la región subandina de Colombia (Patiño, 2002). Uno de los pocos estudios publicados en *P. speciosa* se ha centrado en las lipasas de sus semillas (Valenzuela *et al.*, 2022), lo que indica de manera general la escasez de información sobre aspectos fundamentales, tales como su fenología, biología floral y/o polinización, procesos que son clave para la continuidad genética de la especie en su hábitat natural.

Los estudios de biología floral y polinización en las plantas nativas empleadas en la silvicultura urbana son cruciales para entender los servicios ecosistémicos que ofrecen en

ambientes urbanos (p. ej. el anidamiento de aves, la recuperación de ecosistemas destruidos y el equilibrio ecológico), factores que a su vez contribuyen a mantener su funcionamiento equilibrado (Heiland, P., 2021). Sin embargo, la mayoría de los árboles cultivados en los centros urbanos de nuestro país pertenecen a especies introducidas y/o invasoras. Por ejemplo, en la ciudad de Bucaramanga (Santander, Colombia) 53% de las especies son introducidas y solo el 47% son nativas. Las especies con mayor abundancia son *Spathodea campanulata* (Tulipán africano) y *Licania tomentosa* (Oití) (Rojas, 2017), árboles que podrían generar problemas para la entomofauna y polinizadores nativos, por no hablar del daño sobre la infraestructura urbana (UICN., 2000).

Estudios acerca de la biología floral y polinización en el género fueron realizados en *P. aquatica* y *P. quinata*, especies con alto valor económico y ecológico. Estas dos especies son quiropterófilas, es decir, presentan rasgos florales que atraen murciélagos, como lo son el olor fragante, la antesis nocturna, coloración apagada (blanca o verde), olor a moho, flores ubicadas en ramas o troncos (caulifloría) o suspendidas en pedúnculos largos (flagelofloría), también tubulares o con simetría radial, en su mayoría de tipo 'pincel', las cuales producen néctar rico en hexosas (Hernández-Montero y Sosa, 2016; Leandro C., 2023). En *P. aquatica* registraron como principal polinizador a los murciélagos de la familia Phyllostomidae (Ángel-Coca *et al.*, 2014; Hernández-Montero y Sosa, 2016), mientras que para *P. quinata*, se ha registrado como principal polinizador *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae) (Quesada *et al.* 2001). No obstante, otros estudios con diferentes poblaciones de *P. quinata* sugieren como polinizadores a esfíngidos y abejas (Ramírez, N. *et al.* 2015). Estas discrepancias entre los potenciales polinizadores de una misma especie en diferentes lugares dejan en evidencia la manera en que la polinización puede variar según el hábitat de la especie.

Pachira speciosa, conocido como cacao de monte, es un árbol de porte mediano y hojas compuestas. Las flores son relativamente grandes (~ 25 cm de largo), en forma de “copa”, con

una corola “abierta” y polistémonas, características que coinciden con un síndrome de polinización por murciélagos (Leandro C., 2023). En Bucaramanga, esta especie es utilizada en la silvicultura urbana principalmente por su valor ornamental, ya que sus flores son vistosas y su copa amplia, que además brinda sombra. Localmente se ha observado en esta especie una alta tasa de fructificación, lo que sugiere que, aunque desconocidos, sus mecanismos de polinización son relativamente eficientes en un contexto urbano. De esta forma, nuestros objetivos en este estudio fueron caracterizar la biología floral y los polinizadores del cacao de monte cultivado en el área urbana de Bucaramanga (Santander, Colombia).

1. Objetivo general

Caracterizar la biología floral y los polinizadores del cacao de monte cultivado en área urbana.

1.1 Objetivos específicos

Describir la fenología reproductiva.

Evaluar la longevidad de las flores y los mecanismos de pre-polinización (dicogamia y/o hercogamia).

Identificar los recursos florales.

Determinar los visitantes florales y sus polinizadores efectivos.

2. Competencias

Analiza la morfología floral, la dinámica floral y el síndrome de polinización para comprender los mecanismos de polinización y su relación con los visitantes.

Implementa pruebas de campo y de laboratorio para el estudio de la biología floral.

Analiza estadísticamente los datos obtenidos

Organiza la información para ser presentada en informes, ponencias y/o publicaciones.

3. Metodología

3.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el campus de la Universidad Industrial de Santander (UIS), en la ciudad de Bucaramanga, Santander (Figura 1), a una altitud promedio de 959 m, una temperatura entre los 18°C y 30°C y una precipitación promedio anual de 1189 mm (AMB, 2018). El campus tiene un área aproximada de 25.5 hectáreas, con edificaciones rodeadas por plantas ornamentales nativas e introducidas, entre las cuales existen seis individuos adultos de *Pachira speciosa*.

Figura 1.

Población de Pachira speciosa en el campus de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.



3.2 Fenología reproductiva

Cinco individuos de *P. speciosa* fueron monitoreados durante agosto de 2023 hasta noviembre de 2024. Se determinaron los periodos de floración, así como la duración y el número de flores y frutos.

3.3 Biología floral

Las características morfológicas (perianto, androceo y gineceo) fueron estudiadas en 3 individuos (10 flores frescas recolectadas por individuo, n=30), a través de observaciones directas, y con la ayuda de un estereoscopio (Nikon C-LEDS) y fotografías obtenidas con una cámara fotográfica réflex (CANON EOS 4000D DSLR) con lente normal (CANON EF-S 18-55 mm). En cada flor se midió la longitud total durante máximo tres horas posteriores a la antesis para evitar cambios en el tamaño. Para la evaluación de la receptividad estigmática se utilizó el peróxido de hidrógeno (3%) en flores en antesis (n= 30), así como 12, 24 y 36 horas posteriores a la antesis (Dafni *et al.*, 2005), considerando al estigma receptivo cuando produce burbujas. Para estimar la concentración de azúcares (% peso/volumen) en el néctar de cada flor, se embolsaron botones florales (n=8) en pre-antesis por cada individuo (n=24). Posteriormente, pos-antesis se midió la concentración utilizando un refractómetro de Brix.

3.4 Mecanismos de pre-polinización

Para determinar la presencia de dicogamia, se evaluó la disponibilidad de granos de polen (presencia/ausencia) en las anteras desde botones pre-antesis hasta flores senescentes. En paralelo, se evaluó la receptividad estigmática con el peróxido de hidrógeno.

Las diferencias espaciales entre los órganos sexuales (herkogamia) fueron registradas a través de mediciones del androceo y el gineceo, utilizando un paquímetro digital. Se midieron

8 flores de dos individuos y 9 de un tercer individuo ($n=25$). Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis con el fin de establecer si existen diferencias significativas entre las longitudes de estos órganos.

3.5 Éxito reproductivo

Para evaluar el éxito reproductivo femenino se contaron los granos de polen depositados en el estigma, discriminando entre tres tratamientos diferentes. El primero fue el control, el cual se llevó a cabo en flores recolectadas 24 horas después de la antesis. El segundo tratamiento estuvo basado en la deposición de granos de polen por los visitantes nocturnos, recolectando las flores 12 horas después de la antesis (7:00 h), permitiendo que las flores permanecieran expuestas durante la noche. En el tercer tratamiento, las flores fueron aisladas con bolsas de tul antes de la antesis para evitar el acceso de polinizadores nocturnos, y a la mañana siguiente éstas fueron expuestas desde las 6:00 h hasta las 18:00 h. De cada flor recolectada, se tomó una muestra (5 mm) del estigma que se depositó en un portaobjetos con una solución líquida de gelatina-glicerina-fucsina (metodología modificada de Beattie (1971). Posteriormente en cada muestra se contaron los granos de polen presentes usando un microscopio de transmisión de luz (Zeiss Primo Star).

Para calcular el éxito reproductivo masculino, se contó la cantidad de granos de polen disponibles en las anteras a lo largo del tiempo. Para esto se realizaron tres tratamientos: 1, pre-antesis, en el cual se tomó una antera de cada flor ($n=20$) para el conteo de granos de polen totales; 2, con cinco anteras de 20 flores recolectadas 12 horas post antesis ($n=20$); y 3, en cinco anteras de 20 flores recolectadas 24 horas pos-antesis ($n=20$). Las muestras fueron depositadas en un tubo eppendorf de 1.5 ml con una solución de etanol-glicerina (2:1). El tubo fue agitado durante un minuto para homogeneizar su contenido, luego de lo cual se retiraron 0.5 ml de la solución para contabilizar los granos de polen con ayuda del microscopio. Finalmente, para el

tratamiento 1 (pre-antesis), se multiplicó la cantidad de granos de polen por 5 con el fin de homogeneizar el n; y luego se multiplicó este valor por 3 para estimar la cantidad de polen total en los 1.5 ml. Para los tratamientos 2 y 3 sólo se multiplicó el valor inicial por 3 para estimar el polen total en los 1.5 ml. Para confirmar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos (éxito reproductivo masculino y femenino) se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Finalmente, con el fin de homogeneizar la varianza y mejorar la visualización en los gráficos para el éxito reproductivo masculino se aplicó una transformación logarítmica.

3.6 Visitantes florales

Las observaciones se llevaron a cabo en uno de los picos de floración de la especie (agosto-noviembre de 2024). Mediante observaciones diurnas (6:00 - 11:00 h) y nocturnas (19:00 - 21:30 h), se registraron actividades de forrajeo y comportamiento, así como fotografías de los visitantes florales. Además, con el fin de muestrear murciélagos, se instalaron dos redes de niebla de 12 X 2.5 m entre las 19:00 h y las 20:30 h en la proximidad de cada árbol, a lo largo de 10 noches durante la floración. Los individuos capturados fueron identificados mediante comparaciones morfológicas, hasta género, utilizando diferentes catálogos de mamíferos voladores (Tirira, Brito & Burneo, 2020; Díaz, M. *et al.*, 2021).

Adicionalmente, para ampliar el muestreo nocturno fueron utilizadas dos cámaras trampa (Bushnell 16mp Trophy Cam Hd Essential E2). Estas fueron instaladas solo en dos árboles, una en el tronco central enfocando varios botones y la otra en otro árbol frente al individuo en estudio de manera que enfocara la mayor cantidad de flores, aproximadamente a una distancia de entre 1 y 2 metros de los botones y las flores. Las grabaciones se activaron desde las 18:00 h hasta las 6:00 h, para un total de 6000 minutos de video.

3.7 Análisis de datos

Adicional a las pruebas estadísticas descritas con anterioridad, se evaluó la normalidad de todos los grupos de datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el software RStudio (R Core Team, 2023).

4. Resultados

4.1 Fenología reproductiva

Se registraron dos periodos de floración con duración de dos y tres meses cada uno. El primero comenzó a principios de mayo y finalizó a finales de julio, mientras que el segundo inició a finales de agosto y se extendió hasta mediados de noviembre. La floración inicia con número reducido de flores (1-5 por individuo) y aumenta progresivamente, alcanzando picos de hasta 74 flores en anthesis por individuo, luego de lo cual disminuye de manera abrupta. Finalmente, se registró un promedio de 54 frutos por individuo (213 frutos en la población), que llegaron a la madurez alrededor de 120 días después de la aparición de los botones florales.

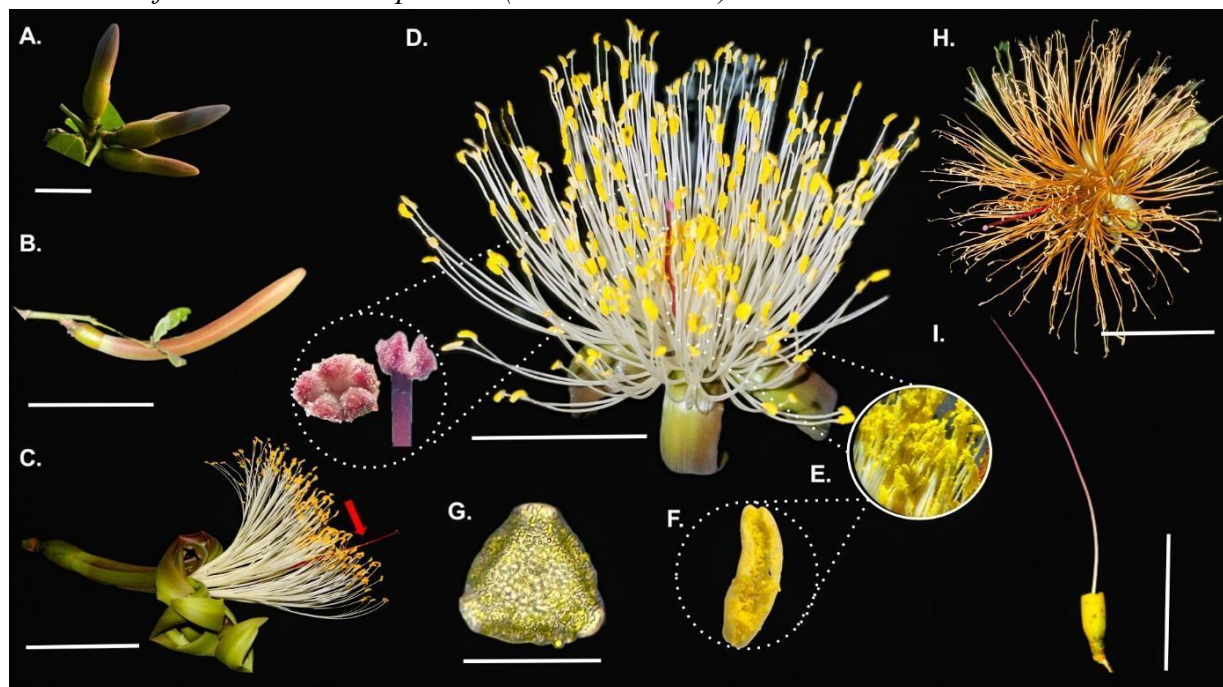
4.2 Biología floral

El desarrollo floral se prolonga durante aproximadamente 40 días desde la aparición del botón floral (Figura 2A) hasta la senescencia de la flor (Figura 2G). Las flores, organizadas en cimas cortas y poco numerosas, son pediceladas, actinomorfas y pentámeras, con una longitud total promedio de 25.85 ± 2 cm ($n=30$) (Figura 2C-D). La base del cáliz gamosépalo presenta color verde, al igual que la corola que es dialipétala. La flor es hermafrodita, polistémona (+/- 380 estambres por flor), con filamentos de diferentes longitudes, brevemente connados en la

base y coloración blanquecina (Figura 2C-D). Las anteras son monotecas, con dehiscencia longitudinal (Figura 2E). El polen es trilobulado, de aproximadamente 40 micrómetros de lado (Figura 2E). El gineceo es sincárpico, pentacarpelar, caracterizado por la presencia de un estigma pentalobulado, pubescente y húmedo (Figura 2D), y un ovario súpero.

Figura 2.

Desarrollo floral en Pachira speciosa (Cacao de monte)



Nota. A) Botones florales inmaduros. B) Botón floral pre-antesis. C) Flor en antesis (primer día), nótese el gineceo que sobresale del androceo (herkogamia, flecha roja); D) Flor en antesis, en detalle el estigma; E) Detalle del androceo; F) Una antera dehiscente y G) El polen; H) Flor de dos días post-antesis; I) Flor senescente a partir del cuarto día de antesis. Las escalas equivalen a: A= 3 cm; B, C, D, H, I= 10 cm; G = 40 μ m.

La antesis, nocturna y asincrónica, ocurre entre las 18:20 h y las 19:30 h, cuando los botones se aproximan a los 25-26 cm de longitud (Figura 2B). A partir de este intervalo todas las flores se encuentran totalmente abiertas, con el estigma receptivo hasta 36 horas post-

antesis, mientras que la longevidad floral se prolonga durante cuatro o cinco días. En las primeras doce horas de la antesis los órganos florales muestran coloraciones claras (p. ej. filamentos blancos) (Figura 2C). 24 horas post antesis, estos pasan por un proceso de oxidación que resulta en tonalidades más oscuras que tienden al color anaranjado (Figura 2H). Entre los 4-5 días post-antesis, la corola y el androceo se separan del eje floral, aunque el estigma y el cáliz persisten (Figura 2I). El fruto corresponde a una cápsula relativamente grande y leñosa con dehiscencia longitudinal (Figura 3A, B) y semillas estriadas (Figura 3C).

Figura 3.

Fruto de Pachira speciosa.



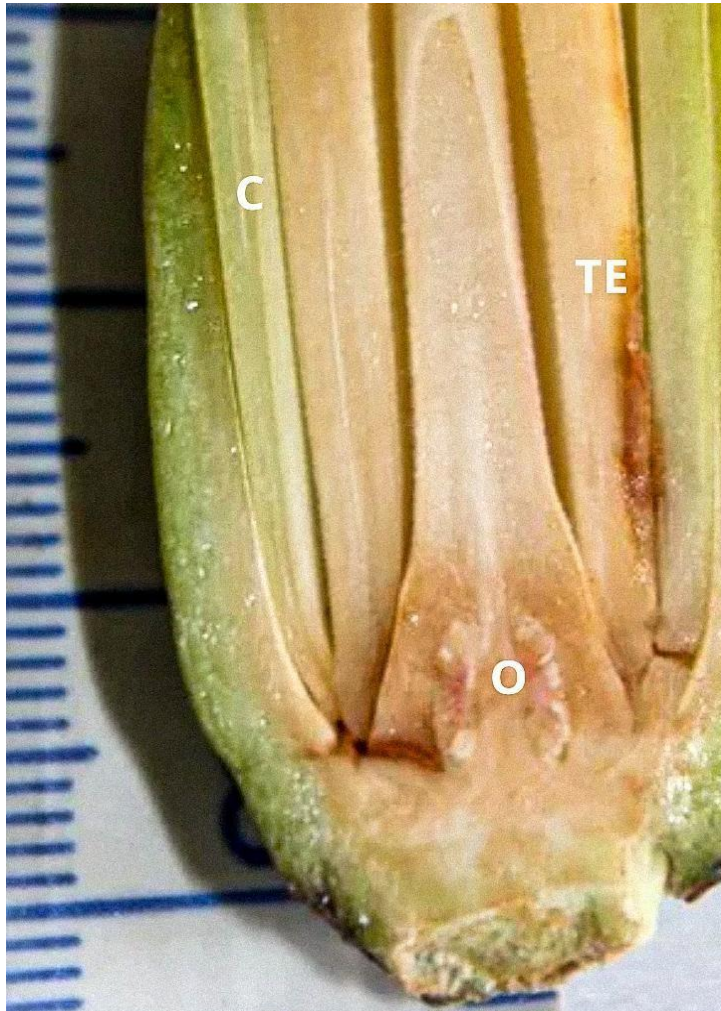
Nota. A) Fruto en formación. B) Cápsula inmadura C) Cápsula dehiscente con semillas estriadas. Las escalas equivalen a: A= 1.5 cm. B= 10 cm C= 1 cm.

La flor produce néctar que se acumula entre la base del gineceo y el anillo estaminal. Una vez esta cavidad está llena, el néctar fluye hacia el exterior a través del área en que los filamentos son libres, para depositarse entre la base del androceo y la corola (Figura 4). La concentración del néctar osciló entre 17.0 - 24.5 ° Brix (Tabla 1), y el promedio fue de 20.2 °Brix, lo que corresponde a un néctar moderadamente diluido. Además, se observó la presencia de 7 nectarios no nupciales en la base de la flor, los cuales se encuentran activos durante todo

el desarrollo de la flor y fueron visitados por diferentes especies de hormigas (Figura 8J, K, L, M, N, Ñ).

Figura 4.

Corte longitudinal de la base de la flor.



Nota. En el corte se detallan las siguientes estructuras: Tubo estaminal (TE), ovario súpero (O), corola (C).

Tabla 1.

Variación de la concentración [° Brix] de azúcares en el néctar de P. speciosa en el momento de la antesis (19:00 h)

N° de flor - N° de individuo	[°Brix]*
1-1	21
2-1	24.5
3-1	20
4-1	18.5
5-1	19
6-1	21.5
7-1	21
8-1	20
1-2	18.5
2-2	20
3-2	21.5
4-2	21
5-2	22
6-2	21.5
7-2	22
8-2	20.5
1-3	21
2-3	20.5
3-3	22.5
4-3	17.5
5-3	17
6-3	17
7-3	18.5
8-3	18

*Un grado Brix equivale a 1 gramo de azúcar por cada 100 gramos de solución.

4.3 Mecanismos de pre-polinización

La dehiscencia de las anteras ocurre antes de la apertura del botón floral. Sin embargo, la disponibilidad de granos polen es simultánea con la receptividad estigmática, lo que indica la inexistencia de dicogamia. No obstante, la longitud del gineceo oscila entre 26.5 ± 2.11 cm, mientras que los estambres midieron en promedio 24.8 ± 2.02 cm, lo que resulta en una diferencia espacial de aproximadamente 1,655 cm (Tabla 2). Además, la prueba de Kruskal-Wallis indicó la existencia de diferencias significativas entre la longitud de los verticilos sexuales ($p\text{-value} = 0.01568$) (Figura 5A), lo que es consistente con la hercogamia (Figura 5.B).

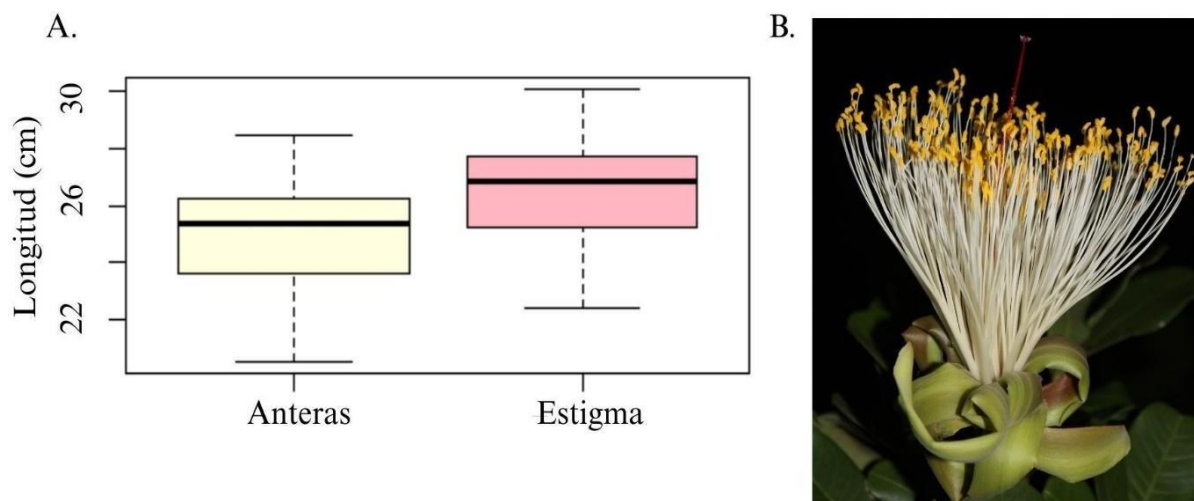
Tabla 2.

Longitud de órganos sexuales de la flor.

Longitud de órganos sexuales (cm)		
Nº de flor-Nº de individuo	Estambres	Pistilo
1-1	20.5	22.4
2-1	21.2	23
3-1	22.7	24.8
4-1	24	26
6-1	22	23.5
7-1	24.2	26
8-1	26.2	27.9
1-2	26.1	27.6
2-2	26.1	27.6
3-2	25.6	27.4
4-2	24.3	26.6
5-2	25.9	27.1
6-2	26.1	27.6
7-2	26.1	27.6
8-2	24.2	25.6
1-3	25.1	26.4
2-3	26.3	27.5
3-3	26.3	27.5
4-3	27.2	29
5-3	28.5	30.1
6-3	26.7	28.3
7-3	23.2	24.8
8-3	23.2	24.8
9-3	26.9	28.4

Figuras 5

Boxplot de la variación de la longitud de los verticilos sexuales de Pachira speciosa.



Nota. A) Distribución de la longitud de los estambres y el gineceo, en centímetros (cm). B) Detalle de la posición del estigma con relación a las anteras.

4.4 Éxito reproductivo

En pre-antesis, cada antera contiene promedio de 2747 ± 615.26 granos de polen. 12 horas post-antesis, la cantidad de granos de polen disminuyó a 87.73 ± 24.54 y a las 24 horas fue de 36.87 ± 18.25 , siendo significativamente diferentes ($p\text{-valor} = 9.551e-09$) (Tabla 3; Figura 6). Estos valores dejan en evidencia que la mayor cantidad de polen se dispersa durante las primeras 12 horas de la apertura floral, es decir, durante la noche.

Tabla 3.

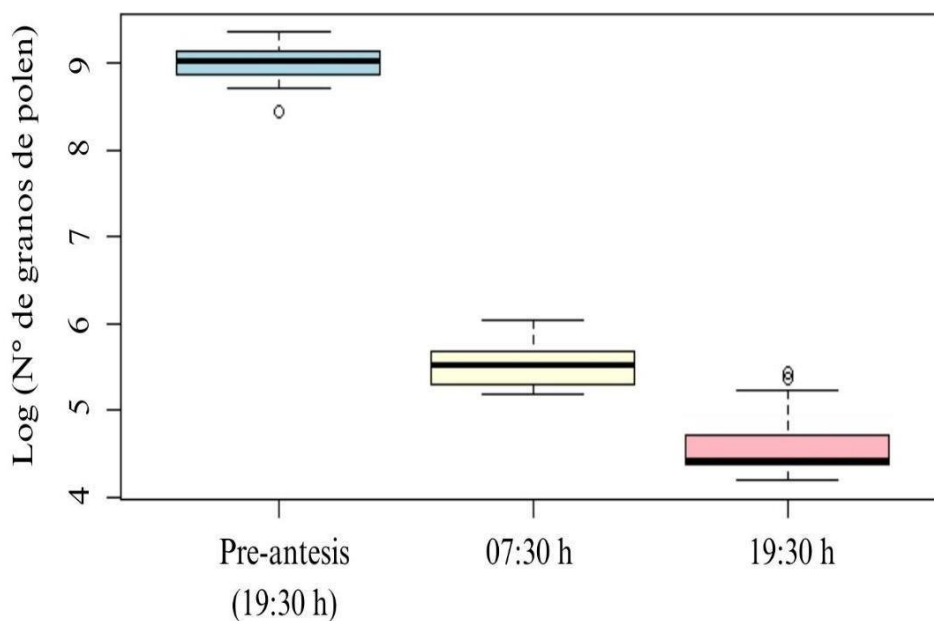
Éxito reproductivo masculino. (disponibilidad de granos de polen en el tiempo).

Número de granos de polen disponibles

Individuo/ N° de flor	Pre-antesis (19:00h)	12 h post-antesis (7:00h)	24 h post-antesis (18:00h)
1-1	6045	213	66
1-2	4650	225	81
1-3	8400	423	75
1-4	9555	267	81
1-5	8850	180	114
2-1	10650	252	111
2-2	6675	273	216
2-3	7755	393	87
2-4	11535	291	96
2-5	7650	321	78
3-1	9255	192	84
3-2	8970	300	189
3-3	9660	186	84
3-4	6135	243	66
3-5	7845	189	231

Figura 6.

Boxplot de la cantidad de granos de polen disponibles en la antera en diferentes momentos de la antesis.



La cantidad de polen depositado en el estigma en el tratamiento nocturno fue la más baja, con un promedio de 27.4 ± 13 granos de polen. En segundo lugar, se ubicó el tratamiento control, con un promedio de 66.8 ± 34 granos de polen, y finalmente, el tratamiento diurno,

donde el promedio de polen depositado fue de 125 ± 138 (Tabla 4). Así, se encontraron diferencias significativas ($p\text{-valor} = 6.714e-05$) en la cantidad de granos de polen depositados en el estigma entre tratamientos (Figura 7).

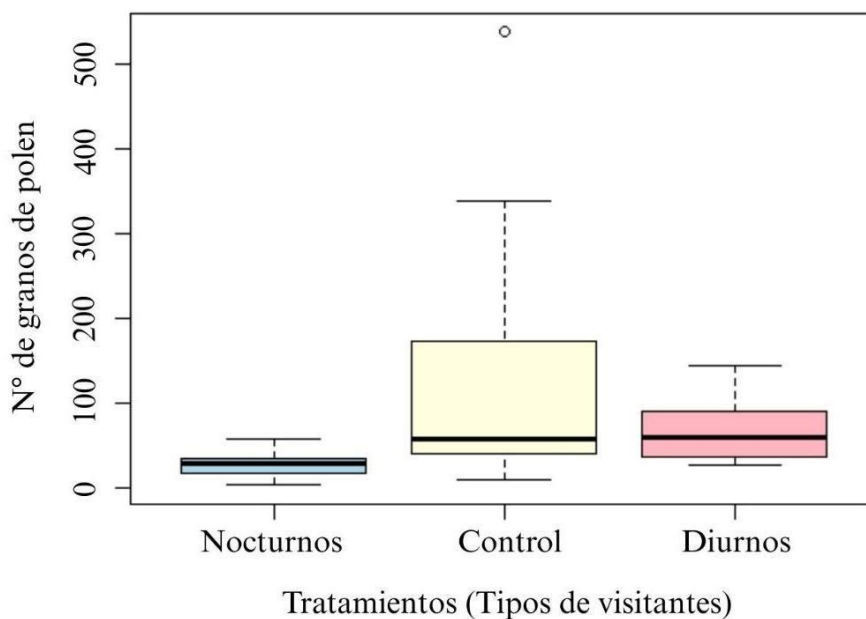
Tabla 4.

Éxito reproductivo femenino. Número de granos de polen depositados en el estigma en tres tratamientos.

Número de granos de polen depositados en el estigma			
N° de flor	Control	Diurno	Nocturno
1	54	114	3
2	31	95	26
3	60	248	27
4	38	10	39
5	95	338	17
6	36	537	8
7	72	47	22
8	114	47	33
9	145	36	15
10	113	259	33
11	27	58	30
12	48	14	16
13	94	43	57
14	85	233	35
15	30	102	33
16	72	103	46
17	80	32	15
18	42	84	38
19	57	47	29
20	30	23	26

Figura 7.

Boxplot del éxito reproductivo femenino (Número de granos de polen en el estigma).



4.5 Visitantes florales

Se registraron 17 morfoespecies de visitantes florales, entre aves e insectos (Tabla 5, figura 8). En las observaciones diurnas, se registraron 10 especies diferentes de visitantes florales, entre ellas dos especies de aves. Una de la familia Trochilidae, *Amazilia sp.*, con registro de dos visitas en dos individuos diferentes (8:00 h -10:00 h). La otra ave fue la especie *Icterus nigrogularis* (Icteridae), la cual registró una visita esporádica en uno de los individuos, posiblemente para alimentarse de los insectos que visitaban la flor. En cuanto al gremio de los insectos, se registraron seis especies de abejas: *Apis mellifera* (Figura 8.E), *Tetragonisca angustula* (Figura 8.H), *Trigona sp.* (Figura 8.B), *Eulaema cingulata* (Figura 8.G), *Abeja sp. 1* (Figura 8.C) y *Abeja sp. 2* (Figura 8.F). A su vez, 2 especies de Vespidae, *Polybia sp.* (Figura 8.D) y *Vespula sp.* (Figura 8.A). Las abejas del género *Trigona sp.* fueron visitantes frecuentes, aunque robaban el néctar por medio de orificios que ellas mismas hacían en la base de los pétalos, y a su vez apilaban granos de polen en sus patas, por esto fueron consideradas como saqueadoras de néctar y polen. Además, las especies de avispas también fueron saqueadoras de

néctar, ya que estas tomaban el néctar a través de los orificios de la base de los pétalos. Por otro lado, individuos de *Tetragonisca angustula*, *Apis mellifera* y la abeja *sp 1*. fueron registradas todos los días de observación, estas llegaban a tomar polen, pero no tocaban los órganos reproductivos, por lo que también fueron consideradas saqueadoras. En cuanto a *Eulaema cingulata*, se registraron dos visitas esporádicas, en las que se posó sobre dos flores diferentes del mismo individuo, pero no se observó que tocara el estigma, por lo que también fue considerada saqueadora.

En cuanto a los visitantes nocturnos, después de jornadas de entre 2 a 3 horas, por cada día de muestreo con las redes de niebla a lo largo de los dos meses de floración en el área de estudio, se completó un esfuerzo de muestreo de 30 h/red en las que se capturaron cuatro individuos del género *Artibeus sp.* de la familia Phyllostomidae y un individuo de la familia Vespertilionidae, del género *Rhogeessa sp.*, a los que no se les encontró carga polínica de *Pachira speciosa*. En las observaciones nocturnas, solo se registró una visita esporádica de un esfíngido a las 20:20 h, el cual visitó cuatro flores diferentes del mismo individuo, por 5 segundos en cada flor. Estos tocaron los órganos reproductivos, promoviendo así la geitonogamia. Por otro lado, no se registró ningún visitante nocturno con las cámaras trampa.

Además, se registraron 6 especies diferentes de hormigas, las cuales visitaban los nectarios no nupciales en la base de la corola, durante diferentes horarios, tanto nocturnos como diurnos (Tabla 5).

Tabla 5.

Visitantes florales de Pachira speciosa.

Visitante floral	Horario de visita	Recurso floral	Tipo de visita	Individuo visitado
Aves				
Trochilidae				
<i>Amazilia sp.</i>	D	Ne	E	1,2
Icteridae				
<i>Icterus nigrogularis</i>	D	N/A	E	3
	D	P	F, S	1,2,3
	D	Ne,P	E	2
	D	Ne	F, S	1,2,3
	D	Ne,P	F	1,2,3
	D	Ne,P	F	1,2,3
	D	Ne, P	F	1,2,3
	D	Ne	F, S	2
	D	Ne	F, S	2
	N	Ne	E	2
	D	Ne	E	3
	D	Ne	E	1,3
	N	Ne	E	2
	D	Ne	F	1,2,3
	D	Ne	F	1,2,3
	D	Ne	F	1,2,3

Nota. Horario de la visita, diurno (D) y nocturno (N). Recurso floral: néctar (Ne), polen (P).

Tipo de visita: Frecuente (F), esporádica (E), saqueador (S). Individuo visitado: 1) Árbol más grande y viejo. 2) Árbol grande. 3) Árbol juvenil.

Figura 8.

Visitantes florales de Pachira speciosa y visitantes de los nectarios no nupciales.



Nota. A) *Vespula sp.* B) *Trigona sp.* C) *Abeja sp. 1.* D) *Polibya sp.* E) *Apis mellifera* F) *Abeja sp.2.* G) *Eulaema cingulata* H) *Tetragonisca angustula* I) *Icterus nigrogularis* J) *Hormiga sp.1.* K) *Hormiga sp.2* L) *Hormiga sp.3* M) *Hormiga sp.4* N) *Hormiga sp.5* Ñ) *Hormiga sp.6.*

5. Discusión

La fenología de *Pachira speciosa*, presentó dos picos de floración (mayo-julio y agosto-noviembre), aunque aparentemente el año de observación del estudio no sería suficiente para hacerse una idea clara de la frecuencia de los eventos reproductivos de la especie, tal como lo señalan Gribel *et al.* (1999).

Las plantas polinizadas por murciélagos suelen presentar dos estrategias de floración: una a gran escala durante pocos días ("big bang" o explosión floral) y la otra, en la que se producen pocas flores durante varios meses ("estado estable") (Heithaus *et al.*, 1975). En el género *Pachira* se han registrado ambos patrones; por ejemplo, *Pachira aquatica* muestra una fenología de estado estable, con largos períodos de floración y fructificación (Gentry, 1974; Hernández-Montero y Sosa, 2016). Mientras tanto, *P. quinata* y *P. moreirae* presentan floración tipo "big bang" (Ramírez *et al.*, 2015; Carvalho-Sobrinho *et al.*, 2014), que podría ser el caso de *P. speciosa*, como se corroboró en este estudio.

En la población estudiada se logró cuantificar una producción de aproximadamente 213 frutos. La elevada cantidad de frutos podrían indicar que la planta es autocompatible y se podría autopolinizar una vez que no fue registrados polinizadores efectivos. Sin embargo, se encontraron pocos reportes de autocompatibilidad en la subfamilia Bombacoideae, siendo la mayoría de sus integrantes autoincompatibles (Bawa 1974; Stoner *et al.*, 2007). Por ejemplo *P. aquatica*, que presenta aborto de los frutos que empezaron el desarrollo por autogamia y geitonogamia (Hernández-Montero y Sosa, 2016). Por otro lado, *P. quinata* puede ser

considerada xenógama y parcialmente autoincompatible, ya que algunos frutos pueden desarrollarse vía autopolinización (Seavey *et al.* 1986; Ramírez *et al.* 2014). Se reportó que la autopolinización y la polinización cruzada pueden cubrir la producción natural de frutos en esta última especie (Ramírez *et al.* 2014). Para *P. speciosa* sería necesario hacer tratamientos de polinización controlados para identificar si desarrolla frutos vía autopolinización.

Las flores de *P. speciosa* presentan rasgos probablemente asociados a la quiropterofilia, tales como el tamaño grande de las flores (~ 27 cm), las tonalidades opacas, predominantemente blanco y verde, la anthesis nocturna, así como la concentración del néctar (Tabla 1), y la gran cantidad de estambres en forma de pincel (~ 380) (aquí deberíamos tener al menos dos citas). Sin embargo, el olor que emanan estas flores es dulce y fuerte, diferente a lo esperado en el síndrome de polinización por murciélagos, que suele ser un olor húmedo (moho; Knudsen y Tollsten, 1995) o sulfurado (Bestmann *et al.*, 1997). Esto señala la importancia de identificar los compuestos volátiles emitidos en la flor para ayudar a establecer posibles afinidades hacia ciertos gremios de polinizadores y así contar con otros elementos que ayuden a esclarecer la falta de visitas nocturnas. En este sentido, la concentración encontrada en el néctar de *P. speciosa* (17.0 y 24.5%) fue similar a la reportada en otras especies del género (Ángel-Coca, 2014) y de la subfamilia, la que es considerada como baja (Scogin Ron, 1986), aunque estos valores pueden variar de acuerdo con la población estudiada (Hernández-Montero y Sosa, 2016). Aunque la biología floral es similar en flores que atraen murciélagos y esfíngidos (Faegri & van der Pijl 1979), las diferencias en el olor y las concentraciones del néctar podrían explicar la visita esporádica de un esfíngido y la falta de interacción con los quirópteros. Así mismo, se observaron aproximadamente siete glándulas, visitadas por seis especies diferentes de hormigas durante todas las etapas del desarrollo, que posiblemente brindan protección contra la herbivoría, en especial a la flor (Bentley, 1976; Ángel-Coca *et al.*, 2014).

Pachira speciosa, al igual que otras especies del género como *P. quinata* y *P. aquatica* es hercogámica (Hernández-Montero y Sosa, 2016; Ramírez *et al.*, 2010; Ramírez *et al.*, 2014), es decir, presentan un distanciamiento considerable entre los órganos sexuales de la flor, como mecanismo para evitar la autopolinización. Sin embargo, la liberación del polen ocurre aún en botón en *P. speciosa*, aunque el estigma no es receptivo. La dicogamia no ocurre en la especie estudiada, lo que la diferencia de otras especies de Malvaceae (Gaglione, 2000), donde se ha documentado la protandria. Entre estas, está *P. aquatica* (Ángel-Coca *et al.*, 2014), donde identificaron que los granos de polen llegan a la madurez antes de que el estigma esté receptivo. Tanto la hercogamia como la dicogamia son mecanismos que evitan la autopolinización y simultáneamente favorecen la polinización cruzada y disminuyen la probabilidad de que el estigma se sature por la recepción de su propio polen. Sin embargo, estos mecanismos no pueden evitar la autopolinización mediada por los visitantes florales (Barrett 2003; Ruan & Jiang 2006; Herlihy & Eckert 2007; Mex, C. S 2017).

Así mismo, los resultados del éxito femenino mostraron pocos granos de polen depositados en el estigma de *P. speciosa* durante la noche, lo que demuestra la casi completa ausencia de visitas nocturnas. En paralelo, durante el día se registró una mayor deposición de polen en el estigma, esto sugiere que, aunque los visitantes florales diurnos no tenían el tamaño suficiente para hacer visitas efectivas, promovieron la polinización con las visitas ocasionales, así como se ha reportado en otro estudio dentro de un campus universitario en Honduras donde hay una alta diversidad de polinizadores generalistas (Díaz *et al.*, 2023). Así su vez, estos resultados coinciden con lo reportado por Ramírez *et al.*, (2008) donde en *P. quinata* registró una baja deposición de polen compatible en el estigma y a su vez, una baja cantidad de visitas nocturnas, lo que influyó negativamente en el éxito reproductivo de la población estudiada.

Por otro lado, aunque se reportó solo un visitante nocturno, se registró una alta tasa de dispersión de los granos de polen durante la fase nocturna (éxito masculino), posiblemente

mediada por el viento, dado su pequeño tamaño (~ 40 micrómetros). Esto podría indicar que la especie presenta un síndrome de polinización por ambofilia (polinización por algunos insectos y el viento) reconocido como un fenómeno frecuente y un mecanismo de polinización abiótico importante (Culley *et al.*, 2002; Ríos *et al.* 2014).

A pesar de que las flores de *P. speciosa* presentan algunas características de quiropterofilia, los visitantes florales más frecuentes no fueron quirópteros, sino principalmente abejas. Al parecer abejas, esfingidos, mariposas y/o aves también pueden verse atraídas por dichos rasgos (Faegri & van der Pijl, 1979). En la población estudiada, con influencia urbana, no se observaron visitantes nocturnos, a excepción de una visita esporádica de un esfingido. Otros estudios en especies del mismo género como *P. quinata*, con rasgos florales similares (Sandiford & Boshier, 1998; Quesada *et al.*, 2001), tampoco encontraron polinizadores efectivos nocturnos, pero años después en otra población se documentó una alta diversidad de polinizadores como esfingidos y abejas (Ramírez *et al.*, 2015).

En el caso de *P. speciosa*, los visitantes diurnos no fueron considerados polinizadores efectivos, ya que el tamaño de estos visitantes es muy pequeño para tocar los órganos reproductivos de la flor, por lo que fueron considerados, en su mayoría, como ladrones de néctar o saqueadores. Así, aunque la población estudiada presenta rasgos florales asociados a la polinización por murciélagos, la atracción de estos visitantes nocturnos no fue efectiva. Esto podría estar ocurriendo por diversos factores, tales como la influencia de la ciudad sobre la población, lo que puede afectar la composición y la estructura de la comunidad de murciélagos nectarívoros, tal como se ha puesto en evidencia en ambientes similares (Jung & Kalko, 2011; Martínez & Ávila-Palma, 2021). También se ha reportado una relación negativa entre la urbanización y la actividad de los murciélagos (Geggie & Fenton, 1985; Kurta & Teramino, 1992; Turcios-Casco *et al.*, 2021), probablemente por la fragmentación del hábitat, la contaminación lumínica, acústica o química del ambiente (Berthinussen & Altringham, 2011).

Otros estudios han sugerido que ese tipo de morfología floral no sólo está asociado a polinización por murciélagos, sino también por abejas, por lo menos en Cactaceae (Leandro, 2023). En este sentido, Ollerton *et al.* (2009) al realizar pruebas con el fin de demostrar la relación entre la morfología floral y los síndromes de polinización, encontraron que la diversidad de fenotipos florales es tan grande, que se hace muy complicado predecir con precisión los polinizadores asociados. También se debe tener en cuenta que *P. speciosa* ofrece un néctar moderadamente diluido y que aparentemente, los rangos de concentración para la atracción de visitantes varían de acuerdo con los gremios. Ejemplo de ello se ha encontrado en familias como Cactaceae o Malvaceae, en las que se ha registrado diferencias en la concentración del néctar entre flores, bien sea para la atracción de esfíngidos o murciélagos (Scogin, 1986; Baum, 1995; Hernández-Montero y Sosa, 2016).

Otro de los factores que afectan la interacción planta-polinizador es el tipo de vecindario floral, pues se ha encontrado que esto genera variaciones en el número de visitas de los polinizadores (Underwood *et al.*, 2020), por lo que profundizar en este campo podría ayudar a esclarecer por qué se registró un bajo número de visitantes nocturnos, tanto de esfíngidos como el nulo registro de visitas de parte de los quirópteros. En *P. quinata* también fue reportada una muy baja frecuencia de visitas de esfíngidos (Ramírez *et al.*, 2008).

Por otro lado, la alta diversidad de visitantes deja en evidencia que, como se mencionó anteriormente, los recursos florales como el néctar diluido y la gran cantidad de polen que ofrece esta especie, son una fuente alimenticia importante para diferentes polinizadores, pues *Apis mellifera* utiliza el néctar para alimentar adultos y el polen para los juveniles, a su vez, *Tetragonisca angustula* uno de los visitantes más frecuentes, es una especie nativa relevante en el proceso de la polinización (Michener, 2007) al igual que otras especies de abejas sin aguijón registradas, por lo que cabe resaltar la importancia del uso de especies nativas en ambientes urbanos para promover y ayudar a la conservación de diversos polinizadores.

6. Conclusiones

Pachira speciosa presenta una floración del tipo “big bang”, lo que aunado a la morfología floral es característico del síndrome de polinización por murciélagos.

La ausencia de dicogamia, y presencia de hercogamia, así como la eficiente dispersión y el tamaño del polen, la elevada producción de frutos, y la diversidad de visitantes florales sugieren que esta especie podría ser autocompatible y/o tener un sistema de polinización por ambofilia.

7. Recomendaciones

Es necesario ampliar el tiempo de muestreo y estudiar poblaciones en diferentes lugares geográficos. Además, se deben realizar experimentos de polinización controlada para evaluar su autocompatibilidad. En el futuro sería importante aclarar la eficiencia relativa de diferentes gremios de polinizadores. Esto podría ayudar a confirmar cual grupo es el más eficiente, mediante el uso por ejemplo de la cantidad de polen en los visitantes florales. También podría ser de utilidad el monitoreo constante de las flores mediante cámaras de alta resolución o mediante la grabación sonora de los visitantes florales, ya que esto permite identificarlos plenamente.

Por otro lado, identificar los diferentes compuestos volátiles que emana la flor sería de utilidad para identificar el grupo de visitantes que podría atraer. Por último, determinar la estructura del vecindario floral resultaría importante para entender las interacciones con los polin

Referencias bibliográficas

- AMB B. (2018). Portal de la Alcaldía de Bucaramanga. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de <http://www.bucaramanga.gov.co>
- Andino, J. E. G., & Fernández-Alonso, J. L. (2018). A remarkable new species of *Pachira* (Malvaceae: Bombacoideae) from an Amazonian hotspot of endemism. *Systematic Botany*, 43(4), 993–999.
- Ángel-Coca, C., Gomes, R., Adderley, L., do Nascimento Bendini, J., & Medina-Gutiérrez, J. (2014). Floral biology and nectar production dynamics of *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae) in the eastern Amazon. *Acta Amazonica*, 44(4), 411–418.
- Barrett, S. C. H. (2002). Sexual interference of the floral kind. *Heredity*, 88(2), 154–159.
- Bawa, K. S. (1974). Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution*, 28(1), 85–92.
- Baum D. A. (1995) The comparative pollination and floral biology of Baobabs (*Adansonia*-Bombacaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 82: 322–348.
- Beattie, A. J. (1971). A technique for the study of insect-borne pollen. *The Pan-Pacific Entomologist*, 47(1), 82.
- Bentley, B. L. (1976). Plants bearing extrafloral nectaries and the associated ant community: interhabitat differences in the reduction of herbivore damage. *Ecology*, 57(4), 815–820.

- Berthinussen, A., & Altringham, J. (2012). The effect of a major road on bat activity and diversity. *Journal of Applied Ecology*, 49(1), 82-89.
- Bestmann, H. J., Winkler, L., & von Helversen, O. (1997). Headspace analysis of volatile flower scent constituents of bat-pollinated plants. *Phytochemistry*, 46(7), 1169-1172.
- Carvalho-Sobrinho, J. G., & Dorr, L. J. (2020). Notes on Brazilian *Pachira* (Malvaceae: Bombacoideae): a new combination and lectotypification of three basionyms. *Phytotaxa*, 455(2), 185–194.
- Costa, L. D., Trindade, R. P., da Silva Cardoso, P., Colauto, N. B., Linde, G. A., & Otero, D. M. (2022). *Pachira aquatica* (Malvaceae): An unconventional food plant with food, technological, and nutritional potential to be explored. *Food Research International*, 156, 111198.
- Culley, T. M., Weller, S. G., & Sakai, A. K. (2002). The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 361-369.
- Dafni, A., Kevan, P. G., & Husband, B. C. (Eds.). (2005). *Practical pollination biology*. Enviroquest Ltd..
- Díaz, M. M., Solari, S., Gregorin, R., Aguirre, L. F., & Barquez, R. M. (2021). *Clave de identificación de los murciélagos neotropicales*. PCMA (Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina).

- Díaz, R. F., Rivera, A. R., Morales, A. G., Henríquez, C. M., Guerrero, E. Y., Triminio, H. M., Baquedano, J. E., Carrillo, L. P., Montoya, M. I., Reyes, M. A., Pineda, O. P., Oyuela, O. W., & Antonini, Y. (2023). ¿Cuántos son los polinizadores de los jardines de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras? *Portal de la Ciencia*, 1(18), 83-95.
- Faegri, K., & van der Pijl, L. (1979). *The principles of pollination ecology* (3rd ed.). Pergamon Press.
- Fernández-Alonso, J. L., Sánchez Montaña, L. R., & Galindo-T., R. (2003). Bombacaceae Neotropicae novae vel minus cognitae VII. Redescubrimiento de *Pachira pulchra* Planch. & Lind. ex Triana & Planch. *Caldasia*, 25(1), 149–157.
- Gaglione, M. C. (2000). *Biología floral de especies simpátricas de Malvaceae e suas abelhas visitantes* [Tesis de maestría, Universidade Federal de São Carlos].
- Geggie, J. F. & Fenton, M. B. (1985). A comparison of foraging by *Eptesicus fuscus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in urban and rural environments. *Canadian Journal of Zoology*, *63*(2), 263–267.
- Gentry, A. H. (1974). Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*, 6(1), 64–68.
- Gribel, R., Gibbs, P. E., & Queiróz, A. L. (1999). Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, *15*(3), 247-263.

- Heithaus, E. R., Fleming, T. H., & Opler, P. A. (1975). Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology*, 56(4), 841–854.
- Heiland, P. (2021). *Utilización de plantas nativas y sus beneficios en el diseño de parques y jardines en la ciudad de Bahía Blanca* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Sur].
- Herlihy, C. R., & Eckert, C. G. (2006). Evolutionary analysis of a key floral trait in *Aquilegia canadensis* (Ranunculaceae): Genetic variation in herkogamy and its effect on the mating system. *Evolutionary Ecology Research*, 8(2), 295–309.
- Hernández-Montero, J. R., & Sosa, V. J. (2016). Reproductive biology of *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae: Bombacoideae): A tropical tree pollinated by bats, sphingid moths and honey bees. *Plant Species Biology*, 31(2), 125-134
- Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P., & Madero-Vega, C. (2014). ¿*Pachira aquatica*, un indicador del límite del manglar? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 143–160.
- Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. (n.d.). *Catálogo de plantas de Colombia – Pachira*. Global Biodiversity Information Facility (GBIF). https://www.gbif.org/es/species/search?q=pachira&dataset_key=5c0b1470-8884-4914-ae76-70a7c81d6d08&highertaxon_key=212980903&origin=SOURCE&advanced=1
- Jung, K., & Kalko, E. K. V. (2011). Adaptability and vulnerability of high flying Neotropical aerial insectivorous bats to urbanization. *Diversity and Distributions*, 17(2), 262–274.

- Knudsen, J. T., & Tollsten, L. (1995). Floral scent in bat-pollinated plants: A case of convergent evolution. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 119(1), 45–57.
- Knudsen, J. T., Eriksson, R., Gershenzon, J., & Ståhl, B. (2006). Diversity and distribution of floral scent. *Botanical Review*, 72(1), 1–120. ¿??
- Kurta, A., & Teramino, J. A. (1992). Bat community structure in an urban park. *Ecography*, 15(3), 257-261.
- Leandro, C. S. A. (2023). *Pollination syndromes and the origins of floral traits* [Tesis doctoral, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório UFMG.
- Martínez, M., & Ávila-Palma, H. D. (2021). More urbanization, fewer bats: The importance of forest. *Mammalian Biology*, 101(3), 393–405.
- Mex, C. S. (2017). *La hercogamia como indicador del sistema reproductivo de *Thelocactus leucacanthus* spp. *schmollii*. Efecto de la escarificación química y del ácido giberélico en la germinación de *Mammillaria mainiae** [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. Maryland: Johns Hopkins University Press.
- Missouri Botanical Garden. (s.f.). *Pachira* en Tropicos.org. Recuperado el 20 de abril de 2025, de <https://www.tropicos.org/name/Search?name=pachira>

- Ollerton, J., Alarcón, R., Waser, N. M., Price, M. V., Watts, S., Cranmer, L., Hingston, A., Peter, C. I., & Rotenberry, J. (2009). A global test of the pollination syndrome hypothesis. *Annals of Botany*, 103(9), 1471–1480.
- Patiño, V. M. (2002). *Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico* (C. I. A. T., Ed.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Peixoto, A. L., & Escudeiro, A. (2002). *Pachira aquatica* (Bombacaceae) na obra “História dos animais e árvores do Maranhão” de Frei Cristóvão de Lisboa. *Rodriguésia*, 53(82), 27–36.
- Quesada, M., Fuchs, E. J., & Lobo, J. A. (2001). Pollen load size, reproductive success and progeny kinship of naturally pollinated flowers of the tropical dry forest tree *Pachira quinata* (Bombacaceae). *Journal of Tropical Ecology*, 17(6), 835–846.
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramírez, Nelson, Valera, Lino, Garay, Vicente, Briceño, Herbert, Quijada, Marcelino, Moret de Peña, Yajaira, & Montilla, Jorge. (2008). Eficiencia reproductiva de clones de *Pachira quinata* (jacq.) W. Alverson (bombacaceae) bajo condiciones de cultivo. *Acta Botánica Venezuelica*, 31(2), 367-386.
- Ramírez, N., Nassar, J. M., Valera, L., Garay, V., Briceño, H., Quijada, M., Moret, Y. A., & Montilla, J. (2010). Variación morfométrica floral en *Pachira quinata* (Jacq.) A.W. Alverson (Bombacaceae). *Acta Botanica Venezuelica*, 33(2), 197–216.

- Ramírez, N., Valera, L., & Briceño, H. (2014). Sistema reproductivo de *Pachira quinata* (Jacq.) W. Alverson (Malvaceae: Bombacoideae). *Revista de Biología Tropical*, 62(3), 1163–1178.
- Ramírez, N., Nassar, J. M., Salas, G., Briceño, H., Valera, L., & Garay, V. (2015). Reconsideración de la biología floral y la polinización de *Pachira quinata* (Jacq.) W. Alverson (Malvaceae: Bombacoideae). *Acta Botanica Venezuelica*, 38(1), 37–58.
- Refaat, J., Desoky, S. Y., Ramadan, M. A., & Kamel, M. S. (2013). Bombacaceae: A phytochemical review. *Pharmacognosy Reviews*, 7(13), 178–184.
- Ríos, L. D., Fuchs, E. J., Hodel, D. R., & Cascante-Marín, A. (2014). Neither insects nor wind: Ambophily in dioecious *Chamaedorea* palms (Arecaceae). *Plant Biology*, 16(4), 702–710.
- Rojas, A. (2017). Flora urbana del Área Metropolitana de Bucaramanga [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander].
- Ruan, C. J., & Jiang, G. H. (2006). Adaptive significance of herkogamy and floral behavior in alpine *Rhododendron* species. *Journal of Systematics and Evolution*, 44(6), 599–606.
- Sandiford, M., & Boshier, D. (1998). *A study of the reproductive biology of Bombacopsis quinata: Final report*
- Scogin, R. (1986). Reproductive phytochemistry of Bombacaceae. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 11(2), 285–293.

- Seavey, S. R., & Bawa, K. S. (1986). Late-acting self-incompatibility in angiosperms. *Botanical Review*, 52(2), 195–219.
- Stoner, K. E., Lobo, J. A., Quesada, M., Fuchs, E. J., Herrerías-Diego, Y., Munguía-Rosas, M. Á., Salazar, K. A. O., Palacios-Guevara, C., & Rosas-Guerrero, V. (2007). Efecto de la perturbación del bosque en la tasa de visitas de murciélagos polinizadores y sus consecuencias sobre el éxito reproductivo y el sistema de apareamiento en árboles de la familia Bombacaceae. *Biotropica*, 39(5), 671–679.
- Tirira, D. G., Brito, J., & Burneo, S. F. (2020). Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies.
- Turcios-Casco, M. A., Ávila-Palma, H. D., Orellana, J. A. S., Trejo, E. J. O., & Mazier, D. I. O. (2021). Patrones de actividad de murciélagos filostómidos en un bosque seco en Honduras. *Therya Notes*, 2, 34-38.
- UICN. (2000). Cien de las especies invasoras más agresivas del mundo. Auckland: UICN, Grupo de Especialistas en Especies Invasoras.
- Underwood, N.; Hambäck, A. P.; Inouye, D. B. (2020). Pollinators, herbivores, and plant neighborhood effects. *The Quarterly Review of Biology* 95: 37-57.
- Valenzuela-Jaramillo, I. E., & Rodríguez, D. A. M. (2022). Lipasa de semillas de *Pachira speciosa* inmovilizadas en esferas de quitosano: un sistema biocatalítico reusable. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 51(2), 211–225. .

Yoshikawa, V. N., Duarte, M. C., & Ferreira, C. D. M. (2022). Typification of names in *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae, Bombacoideae) and a new combination and new status from the Brazilian Amazon Forest.

Apéndices

Apéndice A. Botón dentro de la bolsa de tul para evitar el contacto con algún visitante antes de la antesis, estas bolsas se utilizaron para los tratamientos de éxito reproductivo.



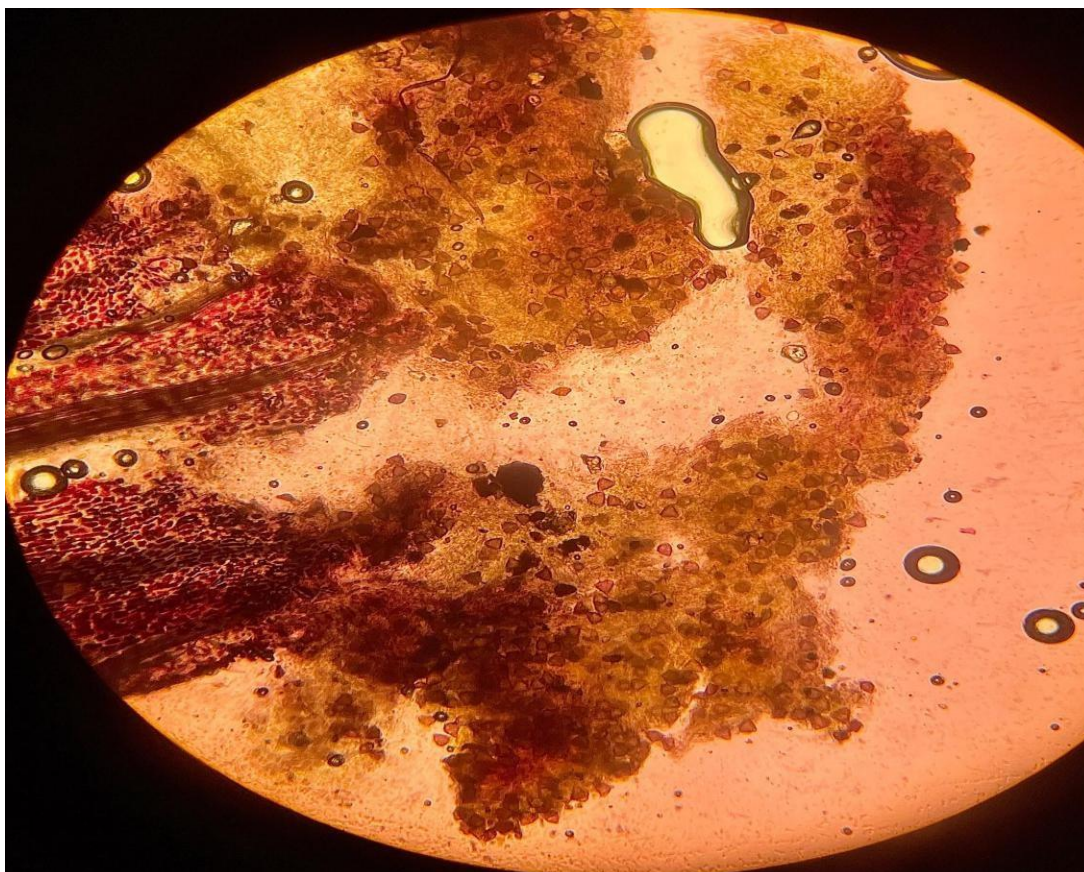
Apéndice B. Individuos de *Artibeus* sp. a los que se le revisó la carga



Apéndice C. Individuo del género *Rhogeessa* el cual cayó en las redes de niebla cercana a los individuos del estudio.



Apéndice D. Granos de polen depositados en el estigma vista en 10X. Grano de polen en 40X.



Apéndice E. Grano de polen en 40X.

