

Biología floral y visitantes florales de *Selenicereus megalanthus* en un cultivo experimental en  
Santander, Colombia

Wendy Vanessa Suárez García

Trabajo de grado como requisito para optar el título de Biología

DIRECTOR

Mauricio Torres

PhD en Biología Evolutiva, Ecológica y Organísmica, Universidad de California, Riverside

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Básicas

Escuela de Biología

Programa de Biología

Bucaramanga

2023

### **Agradecimientos**

Primero, quiero agradecer al profesor Mauricio Torres por su acompañamiento durante la dirección de mi tesis, la confianza en mi trabajo, enseñanzas académicas y personales.

A Sandra Patricia Ángel Cano por la ayuda en la identificación de los morfotipos colectados.

A la planta de docentes de la escuela de Biología por formarme como Bióloga.

A la Universidad Industrial de Santander por ser más que mi alma mater, fue mi segunda casa, en la cual no solo me forme científicamente, si no culturalmente; Gracias por sus programas de bienestar universitario como comedores, auxiliaturas y asistencia médica, los cuales fueron fundamentales para culminar con este proceso.

También quiero agradecer a:

Mi madre Anacely García por no rendirse a pesar de todas las adversidades y por soñar en un futuro mejor para mí.

A mi tía Claudia e hijos por ser un hogar, una compañía y una guía en mi camino.

A mis amigos de la carrera y colegas por ser una fuente de inspiración que aumentaron mi amor por la biología y que fueron una gran ayuda en momentos de adversidad.

A Jose Manuel por ser mi luz en la oscuridad.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Objetivos .....	14
1.1. Objetivo General .....	14
1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. Marco Teórico.....	15
2.1. Polinización biótica.....	15
2.2. Polinización en Cactaceae.....	16
2.3. Quiropterofilia.....	17
2.4. Descripción de la especie de estudio .....	18
2.5. El cultivo de pitahaya en Colombia .....	19
2.6. Generalidades del cultivo de pitahaya amarilla .....	20
2.7. Contenido nutricional y usos de la pitahaya amarilla .....	21
2.8. Biología floral con énfasis en receptividad estigmática .....	21
3. Metodología .....	24
3.1. Área de estudio. ....	24
3.2. Ciclo de apertura floral. ....	24
3.3. Biología floral. ....	25
3.3.1. Producción de néctar. ....	25
3.3.2. Receptividad estigmática .....	25
3.3.3. Descripción morfométrica de la flor .....	26

3.3.4.	Descripción morfométrica de potenciales murciélagos nectarívoros .....	27
3.3.5.	Visitantes florales.....	28
4.	Resultados .....	28
4.1.	Ciclo de apertura floral .....	28
4.2.	Biología floral .....	31
4.2.1.	Producción de néctar.....	31
4.2.2.	Receptividad estigmática .....	31
4.2.2.1.	Observación directa. ....	31
4.2.2.2.	Receptividad estigmática a través del Test de Peróxido de hidrogeno. ....	33
4.3.	Descripción morfométrica de la flor de la especie <i>Selenicereus megalanthus</i> (K. Schum. Ex Vaupel) Moran .....	34
4.4.	Descripción morfométrica de nectarívoros.....	35
4.5.	Visitantes Florales.....	36
5.	Discusión.....	42
6.	Conclusiones.....	46
	Referencias bibliográficas.....	48
	Apéndices.....	62

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Descripción morfométrica de la flor de la especie S. megalanthus.</i> .....	34
Tabla 2 <i>Descripción morfométrica de los murciélagos nectarívoros presentes en Santander Colombia (SIB Colombia). LC (longitud del cráneo), LL (longitud de la lengua), LR (longitud del rostro).</i> .....	35
Tabla 3 <i>Composición de los visitantes florales muestreados en el año 2018 en la especie Selenicereus megalanthus. C (Cópula), P (Polen), PF (Partes florales), R (Resguardo), E (Contacto estigma), A (Contacto anteras), N (No hizo contacto con las estructuras reproductivas).</i> .....	37
Tabla 4 <i>Composición de los visitantes florales muestreados en el año 2019 en la especie Selenicereus megalanthus. C (Cópula), P (Polen), PF (Partes florales), R (Resguardo), E (Contacto estigma), A (Contacto anteras), N (No hizo contacto con las estructuras reproductivas)</i> .....	39

### Lista de figuras

	<b>Pg.</b>
Figure 1 <i>Área de estudio: Finca la Cabaña, Vereda Capilla alta, Bucaramanga, Santander-Colombia. El cultivo de pitahaya amarilla se representa en color azul.</i> .....	24
Figure 2 <i>Reacción positiva y negativa de la especie Selenicereus megalanthus al Peróxido de hidrogeno.</i> .....	26
Figure 3 <i>Medidas morfométricas de la flor tomadas en campo.</i> .....	27
Figure 4 <i>Apertura floral de la flor de la especie Selenicereus megalanthus.</i> .....	30
Figure 5 <i>Cámara de néctar de la especie Selenicereus megalanthus.</i> .....	31
Figure 6 <i>Hercogamia de movimiento en la especie Selenicereus megalanthus.</i> .....	32
Figure 7 <i>Cambios morfológicos del estigma y distancia entre las anteras, pétalos y estigma en la especie Selenicereus megalanthus.</i> .....	33
Figure 8 <i>Receptividad estigmática de la especie Selenicereus megalanthus a través del ciclo de apertura floral, utilizando Peróxido de hidrógeno (3%).</i> .....	34
Figure 9 <i>Comparación entre la morfometría del murciélago nectarívoro Leptonycteris curasoae y la flor de la especie Selenicereus megalanthus.</i> .....	36
Figure 10 <i>Abundancia de los morfotipos durante el ciclo de apertura de la flor Selenicereus megalanthus.</i> .....	38
Figure 11 <i>Visitantes florales de la especie Selenicereus megalanthus, en la vereda Capilla Alta, Santander-Colombia.</i> .....	40
Figure 12 <i>Fases de las antesis, receptividad estigmática y visitantes florales de la especie Selenicereus megalanthus.</i> .....	44

**Lista de Apéndices**

	<b>Pg.</b>
Apéndice A <i>Interacciones murciélago-planta de interés económico</i> .....	62
Apéndice B <i>Abundancia de los morfotipos en el muestreo realizado en el 2018</i> . ....	65
Apéndice C <i>Abundancia de los morfotipos en el muestreo realizado de 2019</i> . ....	66
Apéndice D <i>Especie Anoura sp. capturada en la zona de estudio</i> . ....	66

### Resumen

**Título:** Biología floral y visitantes florales de *Selenicereus megalanthus* en un cultivo experimental en Santander, Colombia\*

**Autora:** Wendy Vanessa Suárez García\*\*

**Palabras Clave:** Polinización, pitahaya amarilla, frutas tropicales, murciélagos nectarívoros, *Apis mellifera*.

**Descripción:** La pitahaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) Moran, es una planta neotropical recientemente domesticada y con una importancia económica creciente en Colombia, especialmente para pequeños productores que les apuestan a los mercados internacionales de frutas exóticas. El conocimiento sobre la biología e historia natural de la pitahaya amarilla todavía presenta vacíos que se requieren para mejorar la productividad y sostenibilidad de sus cultivos. Uno de los vacíos importantes es el referente a su biología floral y sistema de polinización. Por ello el objetivo de este trabajo fue estudiar la biología floral de la planta de la pitahaya amarilla para determinar el mecanismo de polinización en un cultivo de Santander, Colombia. Para esto, se monitorearon flores desde su anthesis hasta su cierre floral. También se tomaron medidas morfométricas de la flor para contrastarlas con las medidas morfométricas de los murciélagos y se registraron los visitantes florales durante las floraciones ocurridas en el año 2018 y 2019. Durante el tiempo de muestreo no se registraron murciélagos nectarívoros realizando visitas al cultivo y al contrastar las medidas morfométricas de la flor con las medidas de las especies nectarívoras presentes en Santander, los quirópteros locales no podrían alcanzar la cámara nectararia de la pitahaya amarilla. Se sugiere que los vectores de polinización para la pitahaya amarilla en el sitio estudiado pueden ser los himenópteros, principalmente la especie *Apis mellifera* y coleópteros pertenecientes a la familia Nitidulidae.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Biología. Programa de Biología. Director: Mauricio Torres. PhD en Biología Evolutiva, Ecológica y Organísmica, Universidad de California, Riverside.

### Abstract

**Title:** Floral biology and floral visitors of *Selenicereus megalanthus* in an experimental crop in Santander, Colombia\*

**Author:** Wendy Vanessa Suárez García.\*\*

**Key Words:** Pollination, yellow dragón fruit, tropicals fruits, nectarivorous bats, *Apis mellifera*.

**Description** The yellow pitahaya *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) Moran, is a recently domesticated neotropical plant with growing economic importance in Colombia, especially for small producers who bet on the international markets of exotic fruits. Knowledge about the biology and natural history of the yellow pitahaya still presents gaps that are required to improve the productivity and sustainability of its crops. One of the important gaps is the reference to its floral biology and pollination system. There are reports on the natural pollination of the yellow dragon fruit by bats and moths. Therefore, the objective of this work was to study the floral biology of the yellow pitahaya plant to determine the pollination mechanism in a crop from Santander, Colombia. For this, flowers were monitored from their anthesis to their floral closure to determine their opening cycle, stigmatic receptivity time, and nectar production. Morphometric measurements of the flower were also taken to contrast them with the morphometric measurements of the bats and floral visitors recorded during the blooms in 2018 and 2019. During the sampling time, no nectar-eating bats were recorded making visits to the crop and when comparing the morphometric measurements of the flower with the measurements of the nectar-eating species present in Santander, the local bats could not reach the nectary chamber of the yellow pitahaya. It is suggested that the pollination vectors for the yellow pitahaya in the studied site may be hymenoptera, mainly the species *Apis mellifera* and coleoptera belonging to the family Nitidulidae.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Basic Sciences. School of Biology. Biology Program. Director: Mauricio Torres. PhD in Evolutionary, Ecological and Organismic Biology, University of California, Riverside.

## Introducción

La polinización biótica es un beneficio de la naturaleza de vital importancia para el ser humano, con alrededor del 75% de los cultivos más importantes del mundo dependiendo de ella (Klein et al., 2006). Para muchos cultivos, cuando la polinización no se ejecuta, el rendimiento y la calidad del fruto se ven afectados, lo cual genera una pérdida económica para los agricultores y un déficit de productos alimenticios en el mercado (Klein et al., 2006). La polinización la realizan naturalmente animales como insectos, colibríes y murciélagos; no obstante, este es un servicio costoso. Por ejemplo, la polinización por insectos se avalúa en alrededor de €190.5 billones por año (Gallai et al., 2009). En otro ejemplo, el avalúo de la importancia del murciélago *Eonycteris spelaea* como polinizador de la planta del durián (*Durio zibethinus*, Malvaceae), planta de interés económico en Tailandia, se estima en US \$13 millones anuales (Andriafidison et al., 2006; Bumrungsri et al., 2009). A pesar de la importancia de este servicio para el hombre, y especies de plantas nativas, la diversidad y abundancia de los polinizadores se está viendo afectada por la intensificación del uso de la tierra, el uso indiscriminado de pesticidas, el cambio climático y enfermedades (Klein et al., 2006; Kluser y Peduzzi, 2007). Por este motivo, el estudio de la ecología de la polinización, además, de permitirnos comprender la co-evolución y especiación, ofrece herramientas para el desarrollo de estrategias de conservación de los polinizadores (Cook y Rasplus, 2003; Hazlehurst et al., 2016).

Aproximadamente el 90% de las angiospermas dependen de animales polinizadores para llevar a cabo su reproducción (Ollerton et al., 2011); sin embargo, aún faltan por estudiar muchas de las interacciones polinizador-planta. Incluso en Colombia, un país principalmente agrario, se investiga relativamente poco sobre los polinizadores de sus cultivos de interés económico. Entre

lo estudiado se ha demostrado la importancia de la polinización cruzada en el aumento de la diversidad genética en las plantas y cantidad de frutos producidos, siendo estos mejores en propiedades organolépticas como sabor, textura y tamaño (Parra, 2016). Contamos con algunos ejemplos de la importancia de la polinización en cultivos nacionales. La polinización de flores del café por abejas silvestres aumenta la producción en cantidad y calidad de frutos (González y Sabogal, 2016); la ausencia de polinizadores del maracuyá reduce su producción de frutos en un 33% (Ángel-Coca et al., 2011; Rendón et al., 2013); y las fresas aumentan su productividad y tamaño del fruto gracias a la polinización dirigida por colmenas de la especie *Apis mellifera* (Vásquez et al., 2006). Sin embargo, aun carecemos de información sobre aspectos básicos de la polinización, e incluso de la biología floral, de muchas plantas de interés agrícola en Colombia.

En este estudio evaluamos la importancia de los polinizadores en la productividad de un cultivo de la pitahaya amarilla *S. megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel), una de las frutas nativas de Colombia con demanda creciente en el mercado exterior (ProColombia, 2016). Actualmente existen alrededor de 2.421 hectáreas de pitahaya amarilla sembradas en el país (DANE, 2016). Sin embargo, son pocos los trabajos que investigan su polinización y actualmente no se tiene claro quién desempeña esta labor. La pitahaya amarilla pertenece a la familia Cactaceae. La planta de la pitahaya amarilla es epífita, se conoce comúnmente como la reina de la noche por su antesis nocturna (Perea et al., 2010). Esta planta es nativa de América pero se ha introducido a otros continentes por su potencial económico (Alvarado Romero, 2014; Creuci, 2015). Se cultiva en zonas con precipitaciones entre 650 a 1500 mm por año y un rango distribucional de 0 a 1850 msnm con temperaturas alrededor de 18 a 25 °C (Gaona et al., 2015). Los murciélagos, abejas y polillas se han reportado como visitantes florales del género *Selenicereus* (Diaz, 2005), por lo cual es probable que el mecanismo de polinización en la planta de la pitahaya amarilla sea mixto. En

Israel, donde la pitahaya amarilla fue introducida, los agricultores polinizan manualmente las flores para obtener un buen rendimiento del cultivo, ya que de esta forma se producen frutos más pesados (213-225 g vs. 86-87g) y con mayores contenidos de sólidos solubles totales (SST 15.3-15.8 ° Brix vs 14.3-14.7 °Brix) que los frutos formados por la visita de los abejorros, que son los únicos potenciales polinizadores locales (Dag y Mizrahi, 2005).

La biología floral y los mecanismos de polinización en las cactáceas son poco conocidos; se estima que solo se conocen para el 2% de las especies que la componen (Mandujano et al., 2010). La especie *Hylocereus undatus* (Britt et Rose, Cactaceae) es una cactácea filogenéticamente cercana a *S. megalanthus*, conocida comúnmente como planta de la pitahaya roja. Esta especie tiene mecanismos de polinización mixta a la cual llegan especies de abejas y de murciélagos. En la planta de la pitahaya roja se comprobó la importancia de los murciélagos *Leptonycteris curasoae* (Miller, 1900) y *Choeronycteris mexicana* (Tschudi, 1844) en la polinización de sus flores, al generar una producción de frutos significativamente mayor a la resultante por los visitantes diurnos (Valiente-Banuet et al., 2007). Esta especie, al igual que *S. megalanthus* presentan algunas de las características del síndrome de la quiropterofilia, el cual se refiere a las adaptaciones desarrolladas por las plantas para atraer a los quirópteros (Howell, 1974; Liu et al., 2002a). Características como la apertura del botón floral en la noche (antesis nocturna), la emisión de fuertes esencias, la producción de grandes cantidades de polen y una forma acampanada para permitir la entrada de los murciélagos hacen parte de este síndrome floral (Baker, 1961; Howell, 1974). Para el caso de la pitahaya amarilla, sus flores presentan antesis nocturna y forma acampanada, indicando un posible síndrome de quiropterofilia. Sin embargo, sigue siendo incierto el papel de los murciélagos en la polinización de la pitahaya amarilla. Más aún, para esta planta se desconocen aspectos básicos de su biología floral, como el ciclo de receptividad estigmática y la cantidad de néctar secretado

por las flores. A pesar de la importancia económica que tiene el cultivo de pitahaya amarilla en Colombia, los agricultores generalmente desconocen cómo se polinizan sus flores o si los murciélagos nectarívoros juegan algún papel en la polinización de su cultivo. Por lo anterior, nosotros estudiamos la biología floral de la planta de la pitahaya amarilla para conocer los posibles polinizadores de este cultivo en el país. Este conocimiento puede aportar información útil para los agricultores sobre los mecanismos de polinización de la planta de la pitahaya amarilla en Colombia.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Avanzar en el conocimiento de la biología floral de la planta de la pitahaya amarilla y su mecanismo de polinización en un cultivo de Santander, Colombia.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la receptividad estigmática de la flor de la pitahaya amarilla en un cultivo de Santander, Colombia.
- Verificar la producción de néctar a lo largo del ciclo de apertura floral en la flor de la pitahaya amarilla.
- Identificar los visitantes florales y el tipo de recurso floral utilizado de la pitahaya amarilla a lo largo del ciclo de apertura floral.
- Describir la morfometría de la flor de la pitahaya amarilla y relacionarlos con algunos caracteres morfométricos de los murciélagos nectarívoros reportados para Santander.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Polinización biótica

Los componentes de los ecosistemas que se consumen directamente o que generan condiciones adecuadas para el bienestar humano son conocidos como servicios ecosistémicos (Groot et al., 2012) o beneficios de la naturaleza (Pascual et al., 2017). Algunos de estos servicios son realizados por animales, como es el caso de la polinización biótica, proceso importante para la reproducción y aumento de la variabilidad genética de aquellas plantas que requieren de polinizadores. La polinización biótica consiste en el transporte del polen por un animal desde el estambre hacia el estigma floral de la planta (Midgley y Bond, 1991).

El vector llega a la flor buscando néctar, polen, aceites o un refugio, atraído por el aroma, la forma y el color de la flor, que en plantas polinizadas por animales se encuentra altamente modificado. Estas adaptaciones estimulan las visitas de algunos animales, pero excluyen las de otros (Faegri y Pijl, 2013). Por ejemplo, la apertura floral en horas de la noche o el día hace que los recursos ofrecidos por la flor sean expuestos a aquellos polinizadores que realizan con mayor eficiencia esta tarea y así, los animales que actúan solo como visitantes florales no puedan hacer uso de este recurso. En 1971, Baker introdujo los términos de mayor y menor polinizador para hacer referencia a aquellos polinizadores que son más frecuentes y eficientes al polinizar la flor. También hace alusión a los sistemas de adaptación que han desarrollado los animales para aprovechar esos recursos. Por ejemplo, los mayores polinizadores de la *Ceiba pentandra* son murciélagos, quienes visitan con mayor frecuencia y eficacia a las flores, y los polinizadores menores son polillas, colibríes y abejas (Faegri y van der Pijl, 1971).

## 2.2. Polinización en Cactaceae

La familia Cactaceae está compuesta por cuatro subfamilias, alrededor de 127 géneros y cerca de 2000 especies, dentro del orden Caryophyllales (Mandujano et al., 2010; Nyffeler, 2002). Presentan una gran variedad de crecimientos y formas de vida, pero se caracterizan principalmente por tener hojas muy reducidas o perdidas, tallos que permanecen verdes y fotosintéticamente activos durante varios años con una formación de corteza retardada (Perea et al., 2010). El córtex y la médula se transforman en la planta en un suculento tejido de almacenamiento de agua (Goebel, 1889; Rauh, 1979), las ramas laterales cortas se modifican en racimos de espinas llamadas areolas, y la ramificación es a menudo muy reducida (Barthlott y Hunt, 1993). La biología floral de esta familia es muy poco conocida, solo el 2% de sus especies han sido estudiadas respecto a su sistema de reproducción y síndrome de polinización (Mandujano et al., 2010). Una de las principales características de las flores de las cactáceas es su ovario ínfero que a su vez está cubierto dentro del receptáculo con brácteas y areolas (Nobel, 2002). Usualmente, una sola flor es producida de cada yema axilar, pero el color, la posición, la forma, tamaño y comportamiento varían notoriamente. Las flores tienen numerosos estambres, usualmente insertados en la parte interior del tubo floral y producen grandes cantidades de polen. El néctar es secretado por un disco o a lo largo de la porción basal del hipanto. El gineceo consiste en una cavidad del ovario, el cual contiene numerosos óvulos y un estilo con un estigma multilobado (Mandujano et al., 2010).

Entre los visitantes florales de cactáceas se incluyen a los murciélagos, aves, abejas, avispas, polillas, escarabajos, saltamontes y hormigas (Arias-Cóyotl et al., 2006; Mandujano et al., 2010). La polinización llevada a cabo por murciélagos y polillas se cree que está más relacionada con aquellos cactus de forma columnar. Algunos ejemplos en la familia Cactaceae son las especies *Stenocereus stellatus* y *Subpilocereus horrispinus* (Arias et al. 2006; Nassar et al., 1997). Otros

cactus columnares también son polinizados por abejas, principalmente en las subfamilias Opuntioideae y Pereskioideae (Mandujano et al. 2010). Estos vectores de polen promueven la polinización de las cactáceas que junto a los mecanismos de aislamiento reproductivo de las plantas como la maduración de los sexos en diferentes tiempos (dicogamia), la separación del androceo y gineceo de la misma flor (hercogamia) y la auto incompatibilidad, incrementan la eficiencia de la polinización y la diversificación de algunas especies dentro de la familia (Faegri, 1979). Algunos visitantes florales, como los escarabajos, no promueven la polinización cruzada sino la autopolinización. Las visitas de grillos y hormigas, que se alimentan de las partes florales, disminuyen la probabilidad de reproducción de estas plantas (Mandujano et al. 2010).

### **2.3. Quiropterofilia**

Desde 1772 se han registrado a los murciélagos aprovechando recursos florales como néctar y polen, pero se reconocieron como polinizadores solo hasta el final del siglo XIX (Baker, 1961). El síndrome floral que reúne las características que han desarrollado las plantas para atraer a los murciélagos se conoce como quiropterofilia (Howell, 1974). Estas plantas presentan características, tales como flores con anthesis nocturna, disponibilidad de polen y néctar, flores de color blanco, crema, amarillo o verde, emisión de fuertes olores, corola con forma infundibuliforme (acampanada), producción de grandes cantidades de polen y posiciones florales fácilmente accesibles para los quirópteros (Kunz y Fenton, 2005). Los murciélagos que están interactuando con estas plantas se clasifican en dos grandes superórdenes: Yinpterochiroptera y Yangochiroptera. En el primero se encuentra la familia Pteropodidae, perteneciente al viejo mundo y en el segundo, la familia Phyllostomidae, del nuevo mundo (Fleming et al., 2009; Wilson y Reeder, 2005). En estas dos familias se encuentran murciélagos nectarívoros especializados que han desarrollado características que les permite aprovechar eficientemente los recursos

alimenticios ofrecidos por las flores. Los murciélagos nectarívoros se caracterizan por presentar dentición reducida en tamaño y número de dientes, rostro alargado, una lengua larga con papilas (*Glossophaga* spp.) o canales laterales dentro de la lengua (*Lonchophylla* spp) (Tschapka et al., 2015) y la capacidad de mantener el vuelo sostenido (Santana et al., 2010; Winter y von Helversen, 2003).

En general, las flores que presentan síndrome de quiropterofilia producen néctar con una constitución de 3 a 33% de sacarosa, glucosa, fructosa y una alta cantidad de aminoácidos, los cuales son aprovechados al máximo por los murciélagos al poseer una alta concentración de la enzima sacarasa para suplir el gasto energético que realizan al volar grandes distancias (Fleming et al., 1998; Rodríguez et al., 2007; Voigt y Speakman, 2007). Otro gran recurso para los murciélagos es el polen, ya que este contiene una alta concentración de proteínas, aportando aminoácidos, almidones, esteroides, lípidos y vitaminas a la dieta del murciélago (Roulston y Cane, 2000). En el Neotrópico se han encontrado 38 especies de murciélagos nectarívoros, pertenecientes a las subfamilias *Glossophaginae*, *Phyllonycterinae* y *Brachyphyllinae* de la familia *Phyllostomidae* (Fleming et al., 2009). Sin embargo, los murciélagos nectarívoros no son los únicos visitantes florales dentro de la familia *Phyllostomidae*. También existen algunas especies oportunistas de los géneros *Artibeus*, *Carollia* y *Phyllostomus* que se han encontrado aprovechando los recursos florales ofrecidos por las plantas (Lumbreras, 2012). Anteriormente, se encontraron 177 interacciones de polinización de interés económico, entre 42 especies de murciélagos y 75 especies de plantas, entre la cual cabe destacar la especie *S. megalanthus* (Apéndice 1).

#### **2.4. Descripción de la especie de estudio**

La pitahaya amarilla hace parte de la familia *Cactaceae*, tribu *Hylocereeae*. Morfológicamente, la planta se distingue por ser un cactus epífita de tallo triangular, los bordes de

las aristas entre las areolas son cóncavos, contrario a la especie de pitahaya roja *Hylocereus undatus*, en la cual el borde es convexo (Perea et al., 2010). Presentan una raíz principal para anclarse al suelo y raíces secundarias para adherirse a la fuente que le esté sirviendo de soporte, debido a que por su estructura y peso no se pueden sostener por sí mismas. La flor de la pitahaya en Colombia es conocida comúnmente como la reina de la noche, flor de cáliz, pitaya o pitahaya (García, 2003; Rodríguez et al., 1993) y aparecen solitarias; tan solo abren una vez en la noche, su forma es infundibuliforme con brácteas en la base de la cual sobresalen espinas, tienen longitud de 20 a 40 cm y hasta 25 cm en su diámetro (Perea et al. 2010). Cada flor es hermafrodita, con alrededor de 300 estambres y un ovario ínfero. La dehiscencia de las anteras ocurre antes de la apertura completa de la flor alrededor de las 8:00pm (Bellec et al., 2006). Una vez fecundada la flor se forma un fruto tipo baya indehiscente de piel amarilla con tubérculos y espinas. La pulpa del fruto es blanca, dulce y con numerosas semillas (Alvarado, 2014; Tamby Chik et al., 2011).

## **2.5. El cultivo de pitahaya en Colombia**

La pitahaya amarilla posiblemente se originó en el actual territorio colombiano (Perea et al. 2010). Su domesticación es reciente; comercialmente se empezó a cultivar en los 1980s, dentro del programa de diversificación implementado por la Federación Nacional de Cafeteros con fines de exportación a mercados asiáticos y europeos. Posteriormente se ha promovido como alternativa de sustitución de cultivos ilícitos (Creuci, 2015). Para 2016 se reportaron 2,421 hectáreas de pitahaya amarilla sembradas en el país, con una producción cercana a 6,380 toneladas al año (DANE,2016), siendo sus principales departamentos productores Santander, Huila, Boyacá, Cundinamarca y Caldas, en ese orden (DANE, 2016).

Las pitahayas que cumplen todos los requisitos de calidad como estar enteras, sanas, exentas de daños causados por plagas, consistencia firme y el peso exigido por la demanda, se

exportan a Europa, USA, Japón y Corea del Sur (Espinal et al., 2005). Sin embargo, las exportaciones colombianas cubren menos del 25% de la demanda en el mercado, por lo cual compite con países que entraron al mercado después de Colombia como Israel, Ecuador, México y Brasil (Jordán et al., 2009). Las frutas que no cumplen con todos los requisitos de calidad se venden en el mercado nacional a un menor precio. En el país, la producción de pitahaya amarilla está limitada a algunos meses del año al ser una planta estacional. Existen dos cosechas, una de febrero a marzo y otra de julio a agosto, por lo que hay épocas de sobreoferta y escases en el mercado, entre las cuales varían dramáticamente los precios locales (Gaona et al., 2015).

## **2.6. Generalidades del cultivo de pitahaya amarilla**

*Selenicereus megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) Moran, puede cultivarse en zonas con precipitaciones relativamente bajas (entre 650 a 1500 mm año). Su distribución abarca un rango de 0 a 1850 msnm, con temperaturas entre 18 y 25°C (Gaona et al., 2015). La planta se cultiva a partir de semillas o de esquejes. Las semillas se extraen directamente del fruto, pero para poder sembrarlas primero se les debe retirar el mesocarpio y ponerlas a germinar en un almácigo (Gaona et al., 2015). Lo más común es que los agricultores cultiven la pitahaya por medio de la propagación vegetativa, donde se cortan esquejes de un metro de longitud de una planta al menos con dos años de edad (Gaona et al., 2015; Perea et al., 2010). La floración del cultivo inicia con la aparición del botón floral y de esta fase a la antesis pueden transcurrir de 13 a 20 días; de la floración al fruto maduro transcurren de 30 a 40 días (Alvarado, 2014). A partir de la primera floración el episodio es cíclico, por lo cual es normal encontrar varios estadios en una misma planta (botones florales, flores, frutos jóvenes y maduros) (Alvarado, 2014).

Los agricultores, con el fin de tener un buen rendimiento del cultivo, aplican podas para eliminar aquellos cladodios no productivos o enfermos (Jordán et al., 2009). Un cultivo con un

adecuado manejo puede llegar a producir al tercer año de siembra 4,5 t/ha (Jordán et al., 2009). Entre el quinto y sexto año la producción se estabiliza a 10 toneladas t/ha (Jordán et al., 2009). La producción comercial de las pitahayas requiere de sistemas de riego que promuevan la humedad en épocas críticas del año. El suelo debe ser rico en materia orgánica, ya que las raíces son superficiales; la falta de elementos como N, P, K y Ca limita el desarrollo de la planta (Cavalcante, 2008; Suárez Román, 2011). El cultivo requiere de programas de nutrición acordes al desarrollo fenológico de la planta y a la cantidad deseada a producir; el pH ideal del suelo debe estar entre 5.5 y 6.5 (Mora, 2012).

## **2.7. Contenido nutricional y usos de la pitahaya amarilla**

La pitahaya amarilla se reconoce por ser un fruto dulce con un alto contenido energético (2499.94-4371.92 cal/g). Los sólidos solubles oscilan entre 11.9 y 18° Brix (Bellec et al., 2006; Dag y Mizrahi, 2005; Sena et al., 2014), su acidez titulable es baja (0.74 a 1.38 g ácido cítrico/100 g de peso fresco), en comparación con la pitahaya roja (3.1 y 6.8 g/L), lo cual la hace más apetecible para los consumidores. Entre los usos comerciales que le dan a la pitahaya amarilla se puede encontrar el procesamiento de la pulpa (congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, procesamiento térmico y preservación química), la extracción de colorantes y pectinas de la cáscara de la fruta (Esquivel, 2004); y la producción de jugos, gelatina, helados, yogurth, mermelada, dulces y pasteles (Cruz et al., 2015). Las semillas, debido a los oligosacáridos que contienen, se utilizan como probióticos en dietas alternativas (Wichienchot et al., 2010)

## **2.8. Biología floral con énfasis en receptividad estigmática**

El libro “El secreto de la naturaleza en la forma y fecundación de las flores descubiertas”, escrito por Christian Conrad Sprengel y publicado en 1973, es el primer registro sobre biología floral (Lloyd et al., 1996). Sprengel, a través de sus observaciones en campo, nota que las flores

tienen ciertas características morfológicas que les permitía atraer insectos para ser polinizadas (Lloyd et al., 1996; Dafni., 2005). Actualmente se define la biología floral como la ciencia que estudia la vida de las flores, la cual inicia con la maduración de los órganos reproductivos y finaliza cuando el estigma deja de estar receptivo y los estambres han liberado todo el polen (Percival et al., 2013). La maduración de las estructuras reproductivas puede iniciar, antes de la antesis o junto a la antesis que dependiendo de si las plantas son monoclinas (hermafroditas), monoicas o dioicas (Lloyd et al., 1996; Dafni et al., 2005)., algunas especies han desarrollado mecanismos para evitar la autopolinización, entre estos están la hercogamia, la dicogamia y la autocompatibilidad genética (Lloyd et al., 1996; Dafni et al., 2005; Percival et al., 2013), siendo de vital importancia cuando se van a realizar estudios de polinización, conocer el tiempo de receptividad estigmática, la dehiscencia de las anteras, el despliegue floral (número y tamaño de la flor), la longevidad de la flor, el recurso floral y el tiempo en que son ofrecidos, ya que tienen incidencia directa sobre el vector de polen, el sistema de reproducción y apareamiento de las flores (Lopez et al., 2015).

La receptividad estigmática se define como la disposición del estigma para mantener la germinación del polen (Dafni et al., 2005), siendo un estado crucial para la maduración de las flores y el entendimiento de la relación polen-estigma. El inicio de esta relación empieza con el contacto de la superficie del grano del polen con la parte receptiva del estigma, la cual puede variar según la humedad de los estigmas entre estigmas húmedos y secos. Los estigmas húmedos se caracterizan por secretar un exudado estigmático rico en azúcares, lípidos, proteínas, suplementos fenólicos, aminoácidos y iones de calcio (Suarez et al. 2012; Rejon et al. 2014). Aunque se cree que la primera función de los exudados estigmáticos fue la adhesión del polen y el medio de germinación, su contenido nutricional es una recompensa para los visitantes florales. Por ejemplo, las especies de la familia Annonaceae, *Uvaria grandiflora* (Roxb. ex Hornem) y *U. macrophylla*

(Roxb) contienen nueve y ocho aminoácidos esenciales respectivamente de los diez aminoácidos esenciales para los insectos (Lau et al., 2017). También se ha reportado una nueva función para los exudados estigmáticos en algunas especies de la familia Annonacea conocido como el *compitum extragynoecial*, permitiendo en las especies apocárpicas que el polen fertilice óvulos en cualquier carpelo de la flor (Lau et al., 2017; Wang et al., 2012). Por otro lado, los estigmas secos poseen una capa extracelular proteica que cubre la superficie del estigma y no producen exudados estigmáticos (Dafni et al., 2005). Determinar la receptividad estigmática es de vital importancia para estudiar los sistemas de reproducción de las plantas, la efectividad relativa de los polinizadores en diferentes estados de antesis e identificar la edad floral para realizar la polinización manual en cultivos de importancia económica.

Existen tres métodos para determinar la receptividad estigmática. El primero consiste en identificar los cambios morfológicos (presencia de exudados, cambio de color y forma). El segundo, por la germinación o crecimiento del tubo polínico, el conjunto de semillas después de la polinización en diferentes tiempos. El tercero, probando la receptividad estigmática por medio de la actividad enzimática (Dafni et al., 2005). En la familia Cactaceae se ha encontrado que los estigmas están receptivos durante toda la antesis, en algunas especies como *Trichocereus pasacana* (Web, Britton et Rose), el estigma se mantiene receptivo desde antes de la apertura floral y después del cierre floral (Viana et al., 2001). En la especie *Pilosocereus tillianus* (R.Gruber y Schatzl), se ha evidenciado que a medida que los lóbulos del estigma se van separando, la prueba del peróxido de hidrogeno es positiva, presentando una máxima receptividad entre las 2200h y las 0200h (Urbina et al., 2007).

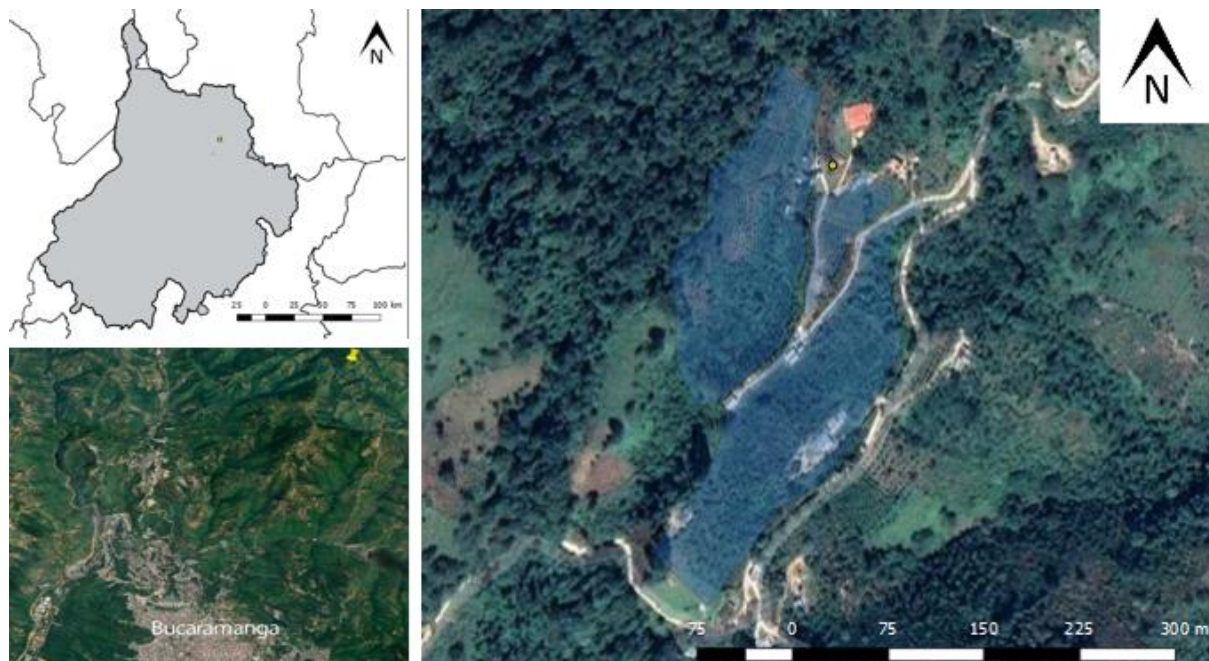
### 3. Metodología

#### 3.1. Área de estudio.

La zona de estudio se encuentra en la Finca La Cabaña, ubicada en la Vereda Capilla alta, Bucaramanga, Santander (N 7,196-W 73,097), a una altitud de 1738 msnm. En esta vereda el cultivo principal es la pitahaya amarilla. La extensión del cultivo es de 4,5 ha. El tutorado de la planta de la pitahaya amarilla lo realizan por medio de cuerdas de alambre y el árbol *Trichanthera gigantea*, conocido localmente como aro o nacedero.

#### Figure 1

*Área de estudio: Finca la Cabaña, Vereda Capilla alta, Bucaramanga, Santander-Colombia. El cultivo de pitahaya amarilla se representa en color azul.*



*Nota: Imagen tomada de Google Earth.*

#### 3.2. Ciclo de apertura floral.

Entre el año 2018 y 2019, se le hizo seguimiento semanal al ciclo de floración y producción de frutas del cultivo de pitahaya amarilla del área de estudio. Los muestreos sólo se pudieron

realizar en algunas semanas del año, en las noches específicas en las que se presentaba antesis floral. Para evaluar, la antesis floral, se monitorearon diez flores de la especie *S. megalanthus* desde antes de su apertura floral hasta su cierre floral. Las flores escogidas fueron de diez diferentes individuos para determinar el inicio de la antesis floral, la apertura máxima de la flor y el inicio del cierre floral. También se registró el tiempo para conocer que duración tiene el ciclo y la duración de cada una de las etapas con el fin de crear un esquema que englobe los siguientes eventos florales: receptividad estigmática, producción de néctar, dehiscencia de las anteras y visitantes florales. Se monitoreo la cantidad de flores y frutos producidos, a través de un transecto en forma de W, conformado por 17 plantas.

### **3.3. Biología floral.**

Para estudiar la biología floral, se tomaron los siguientes datos en campo:

#### **3.3.1. Producción de néctar.**

El volumen de néctar se intentó extraer con una microjeringa de insulina y realizando un corte horizontal a dos flores por hora tomadas de diferentes individuos, desde antes de la antesis floral hasta el cierre floral que previamente se habían embolsado. Para medir la concentración néctar ( $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  y Brix), se iba a utilizar refractómetros manuales (0–32 y 28–52 grados Brix, Atago).

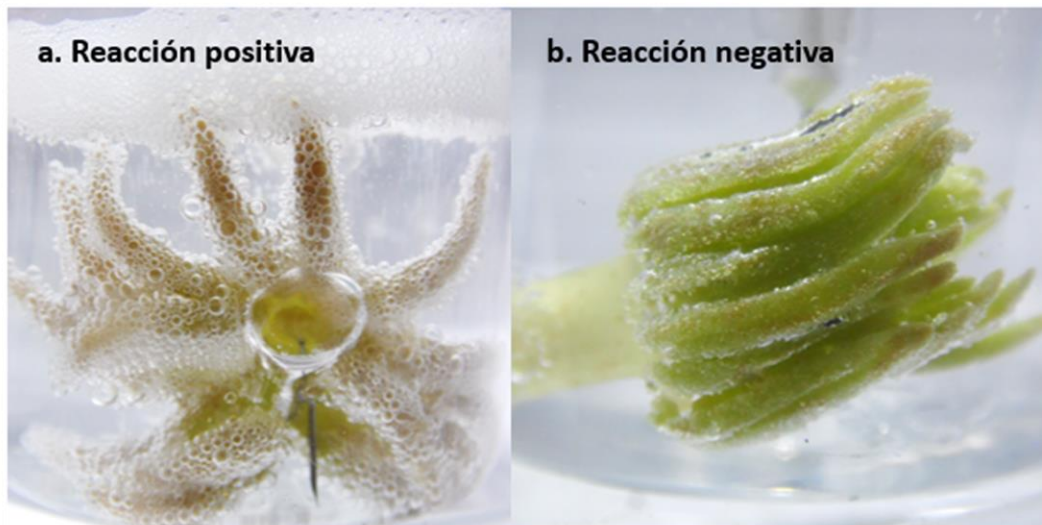
#### **3.3.2. Receptividad estigmática**

Se monitorearon diez flores desde su antesis floral hasta su cierre floral en ocho intervalos de tiempo. Los botones en pre-antesis fueron embolsados anteriormente con el fin de utilizar estigmas vírgenes. La receptividad estigmática se evaluó utilizando estigmas de diferentes individuos a lo largo del ciclo de apertura floral de dos formas. Primero, por observación directa de los cambios morfológicos del estigma de 10 flores en ocho intervalos de tiempo. Esta parte de la metodología se utilizó también para medir la hercogamia, que es la distancia entre el estigma y

las anteras. Segundo, por la reacción al peróxido de hidrogeno, utilizando dos estigmas de cada botón floral desde antes de iniciar la antesis floral, pasando por la apertura floral hasta su cierre floral (en el intervalo de tiempo de 16:00 a las 9:00). Los estigmas se removieron de cada flor usando fórceps, y los estilos se recortaron hacia la base. Aproximadamente diez minutos después, por medio de una lupa se observó que no hubiera granos de polen en el estigma y luego se introdujeron en una solución de peróxido al 3% (Kearns y Inouye 1993), siendo positiva la reacción al observar producción de burbujas al introducir el estigma en la solución.

### Figure 2

*Reacción positiva y negativa de la especie Selenicereus megalanthus al Peróxido de hidrogeno.*



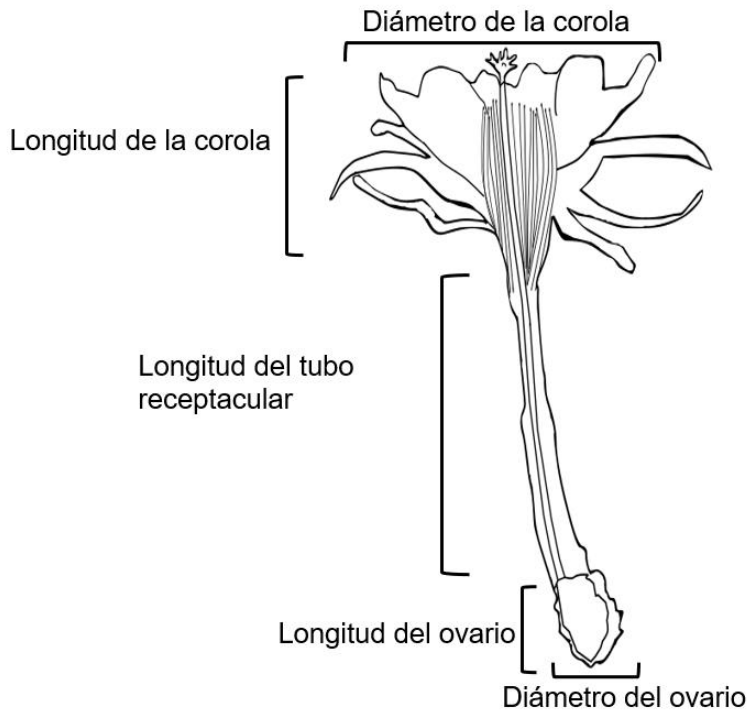
#### 3.3.3. Descripción morfométrica de la flor

Se colectaron 28 flores en campo, a estas flores se les evaluó visualmente el color de sus pétalos y se tomaron las siguientes medidas morfométricas usando un calibrador: la longitud de la flor, el diámetro del tubo floral, el largo de la corola, el diámetro de la corola, la longitud del tubo receptacular, el largo de la antera, el ancho de la antera, el largo del filamento, el largo del estilo,

el número de lóbulos en el estigma, el diámetro del ovario y el largo del ovario (Hazlehurst et al. 2016).

### Figure 3

*Medidas morfométricas de la flor tomadas en campo.*



#### 3.3.4. Descripción morfométrica de potenciales murciélagos nectarívoros

Se compuso la lista de murciélagos nectarívoros reportados para Santander a partir de los reportes en la base de datos del SIB Colombia. Para esas especies se buscó en la literatura las siguientes medidas morfométricas: longitud del cráneo total, longitud de la lengua y longitud del rostro. Estos datos fueron contrastados con las medidas morfométricas de la especie *S. megalanthus* que tomamos para determinar a partir de la proporción de las medidas la factibilidad de que alguna de estas especies de murciélagos pueda acceder al néctar de las flores de la pitahaya amarilla.

### 3.3.5. *Visitantes florales*

Se monitorearon los visitantes florales en 10 flores de 10 individuos desde la apertura hasta el cierre floral, en intervalos de 5 minutos de observación en cada una, iniciando desde el atardecer hasta la mañana del día siguiente. Se determinó la composición de la comunidad de visitantes florales mediante la definición de morfotipos de los especímenes encontrados en las flores de *S. megalanthus*. Se colectaron individuos de cada morfotipo para posteriormente ser identificados a nivel taxonómico. Se determinó la abundancia por medio de la suma del conteo de individuos de un morfotipo en cada una de las flores. Durante la fase de observación, se registró la actividad de los visitantes florales, la frecuencia de estos visitantes, la hora de llegada a la flor, la hora de salida, el recurso floral que están aprovechando, la permanencia en la flor y cuantas veces hacen contacto con el estigma. También se usaron tres redes de nieblas para registrar y capturar los murciélagos durante tres noches por mes de abril a junio del año 2018 y cuatro noches en abril del año 2019. Las redes se rotaban cada día de posición dentro del cultivo de pitahaya amarilla y se mantenían abiertas desde las 17:30 a 5:00 am. A los murciélagos capturados se les inspeccionó con una lupa para determinar si presentaban polen en su pelaje.

## 4. Resultados

### 4.1. Ciclo de apertura floral

La especie *S. megalanthus*, puede presentar varios estadios reproductivos simultáneamente. En abril del 2018 se contaron 216 flores, de estas 28 abrieron en una noche y 115 botones florales, 32 días después, se contaron 294 frutos y 12 flores abiertas en una noche y 36 días después se contaron 51 botones florales, 250 frutos y 68 flores abiertas en una noche.

En el monitoreo realizado en junio del año 2018, de los diez individuos monitoreados, ocho comenzaron su antesis floral en el intervalo de tiempo de 17:00 a 18:00 h. El promedio de diámetro floral máximo fue de  $135.6 \text{ mm} \pm 17.15$  en el intervalo de tiempo de 01:00 a 02:00. La disminución gradual del diámetro inicio alrededor de las 02:00 am y en el intervalo de 08:30 a 09:30 am, todas las flores monitoreadas estuvieron totalmente cerradas. La duración del ciclo desde la apertura floral hasta el cierre floral tiene una duración promedio de 14.9 h.

En el muestreo realizado en el 2019, de las diez flores monitoreadas, nueve empezaron su apertura floral en el intervalo de 18:00 a 19:00. El promedio de diámetro floral máximo fue de  $122.7 \text{ mm} \pm 15.51$ , en el intervalo de tiempo 24:30 a 1:30. La disminución gradual del diámetro inicio alrededor de las 02:00 y en el intervalo de 07:00 a 08:00 todas las flores ya estaban cerradas. La duración del ciclo desde la apertura floral hasta el cierre floral tuvo una duración promedio de 13 horas.

La hora de apertura floral varía en la especie *S. megalanthus*, generalmente inicia su apertura floral al anoecer, pero durante dos días en el muestreo realizado en junio del 2018, inicio la antesis floral a las 16:20, lo cual permitió visitas por la especie *A. mellifera* (Figura 4). También se observó que la dehiscencia de las anteras coincide con la antesis floral de la planta de la pitahaya amarilla.

**Figure 4**

*Apertura floral de la flor de la especie Selenicereus megalanthus.*



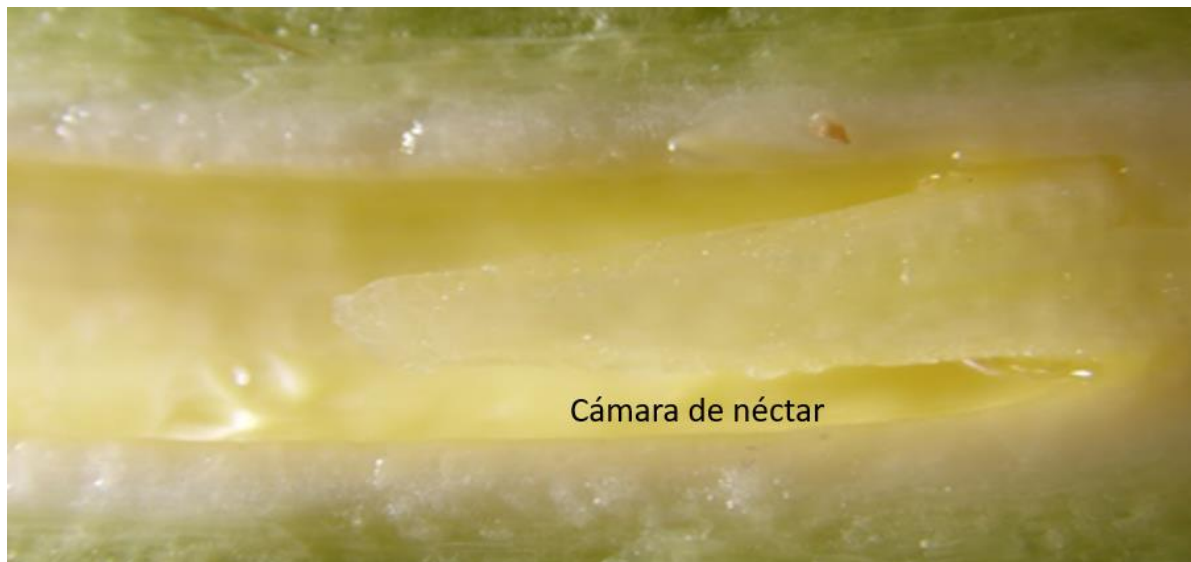
## 4.2. Biología floral

### 4.2.1. Producción de néctar

El volumen de néctar fue menor a 0.01ml por flor, ya que con la microjeringa de insulina no se pudo extraer. Aun realizando un corte horizontal de 28 flores tomadas de diferentes individuos y en diferentes intervalos de tiempo se pudo observar la cámara nectaria, pero el volumen de néctar fue tan reducido que no pudo ser cuantificado (Figura 5).

### Figure 5

*Cámara de néctar de la especie Selenicereus megalanthus.*



### 4.2.2. Receptividad estigmática

#### 4.2.2.1. Observación directa.

Se observó que el estigma de la flor de la especie *S. megalanthus* es multilobado, con 16 a 18 lóbulos que al inicio de la antesis se encuentran en posición vertical y a medida que avanza el tiempo se arquean ampliando su diámetro. En el primer intervalo (18:17-19:15), inicio de la antesis floral, el estigma tuvo un diámetro promedio de 14.5 mm  $\pm$ 6.43; en el tercer intervalo (20:36-

21:46), el diámetro promedio del estigma fue  $21.59 \text{ mm} \pm 7.78$ ; en el sexto intervalo (2:14-3:17), el estigma presento el diámetro promedio máximo de  $26.87 \text{ mm} \pm 5.86$ . A partir del sexto intervalo, empezó a disminuir el diámetro y en el último intervalo (5:22-6:34), durante la fase de cierre floral, el diámetro promedio del estigma fue  $16.3 \text{ mm} \pm 12.11$  (Figura 7). También se observó que las papilas del estigma a medida que avanza la apertura se vuelven más visibles.

### Figure 6

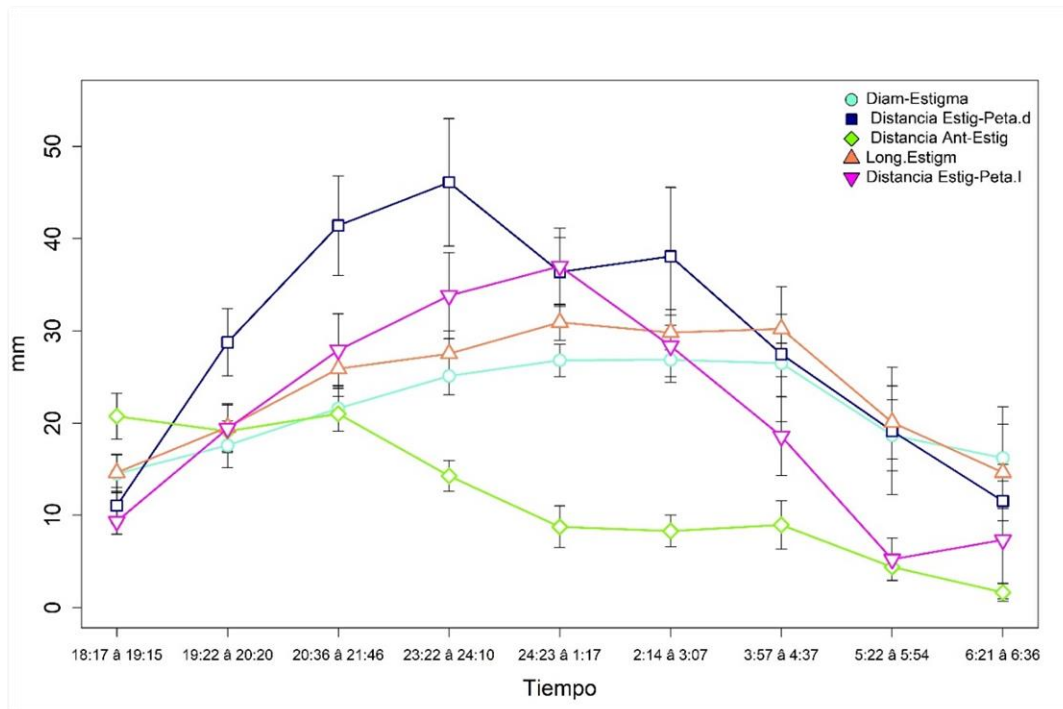
*Hercogamia de movimiento en la especie Selenicereus megalanthus.*



En el primer intervalo (18:17-19:15), hay una distancia promedio de  $20.74 \text{ m} \pm 7.83$ , las anteras no tienen contacto con el estigma durante la primera parte de la fase floral, distancia que se mantiene hasta el tercer intervalo (20:36-21:46) y a partir de este empieza a disminuir la distancia entre el estigma y las anteras hasta que ellas hacen contacto con el estigma durante el momento de cierre floral (Figura 6).

**Figure 7**

Cambios morfológicos del estigma y distancia entre las anteras, pétalos y estigma en la especie *Selenicereus megalanthus*.

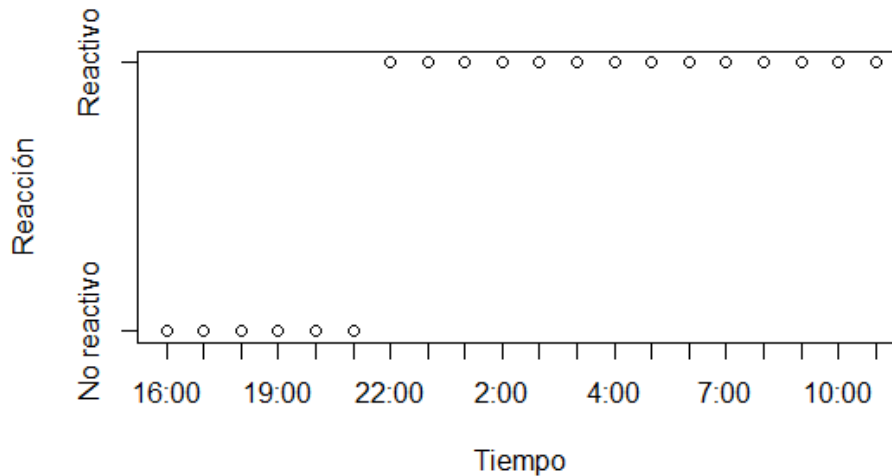


#### 4.2.2.2.Receptividad estigmática a través del Test de Peróxido de hidrogeno.

Los botones florales previos a la antesis y los estigmas de flores abiertas durante el intervalo de 16:00 a 21:00 reaccionaron negativamente al sumergir el estigma en la solución de Peróxido de hidrogeno. A partir de las 22:00 hasta el cierre floral (8:00-10:00) y una hora después del cierre floral (10:00-11:00), se observó una reacción positiva con el Peróxido de hidrogeno al producir un constante burbujeo, lo cual significa que el estigma de la especie *S. megalanthus*, permanece receptivo para ser visitado tanto por visitantes nocturnos como diurnos (Figura 8).

**Figure 8**

*Receptividad estigmática de la especie Selenicereus megalanthus a través del ciclo de apertura floral, utilizando Peróxido de hidrógeno (3%).*



**4.3. Descripción morfométrica de la flor de la especie Selenicereus megalanthus (K.**

**Schum. Ex Vaupel) Moran**

En campo se registraron las siguientes medidas:

**Tabla 1**

*Descripción morfométrica de la flor de la especie S. megalanthus.*

Medidas	$\mu \pm SD$
Diámetro del tubo receptacular (DF)	19.67 ± 1.82
Largo del tubo receptacular (LTR)	248.09 ± 39.03
Longitud de la corola (LC)	131.42 ± 16.10
Largo de anteras (LA)	5.51 ± 0.64
Diámetro de las anteras (DA)	1.17 ± 0.15
Longitud del estilo (LES)	358.98 ± 16.71
Longitud del Estigma (LEST)	15.84 ± 2.22
Diámetro del ovario (DO)	15.97 ± 3.41
Largo del ovario (LO)	37.13 ± 6.08

#### 4.4. Descripción morfométrica de nectarívoros

En el geoportal del SIB Colombia se encontraron once especies registradas de las subfamilias Glossophaginae y Lonchophyllinae. Se complementó con la lista de Mamíferos Actualizada de Colombia (Tabla 2), en el cual se encontraron tres especies no presentes en el SIB Colombia (Ramírez-Chaves y Suárez-Castro 2014).

**Tabla 2**

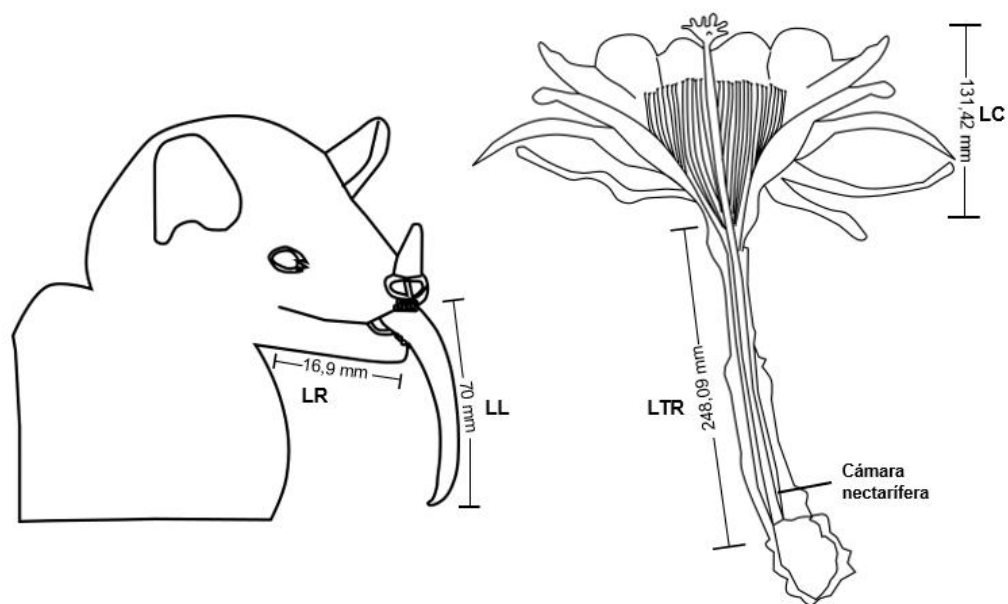
*Descripción morfométrica de los murciélagos nectarívoros presentes en Santander Colombia (SIB Colombia). LC (longitud del cráneo), LL (longitud de la lengua), LR (longitud del rostro).*

<b>Especies</b>	<b>LC</b>	<b>LL</b>	<b>LR (PAL)</b>	<b>Nota</b>
<i>Anoura geoffroyi</i>	25.3	69	14.11	(Ortega y Alarcón-D, 2008)
<i>Anoura peruana</i>	25.45	NA	13.33	(Mantilla-Meluk y Baker, 2010)
<i>Anoura caudifer</i>	21.8	69	14.37	(Mantilla-Meluk y Baker, 2010)
<i>Anoura cultrata</i>	24.8	NA	10.3	(Tamsitt y Nagorsen, 1982)
<i>Glossophaga soricina</i>	21.4	59	11.46	(Alvarez et al., 1991)
<i>Glossophaga longirostris</i>	23.2	NA	NA	(Webster et al., 1998)
<i>Leptonycteris curasoae</i>	26.9	70	16.09	(Winter y Von Helversen, 2003)
<i>Lonchophylla robusta</i>	26.79	64	14.49	(Winter y Von Helversen, 2003)
<i>Lonchophylla cóncava</i>	22.23	NA	12.6	(Mantilla-Meluk et al., 2010.)
<i>Lonchophylla thomasi</i>	21.07	NA	11.18	(Mantilla-Meluk et al., 2010.)
<i>Choeroniscus godmani</i>	20.3	NA	NA	Trajano y Gimenez, 1998)
<i>Anoura luimaneli</i>	20.5	NA	10.3	(Molinari, 1994)
<i>Lionycteris spurrelli</i>	19.7	NA	9.0	(Trajano y Gimenez, 1998)
<i>Lonchophylla pattoni</i>	21.35	NA	11.07	(Mantilla-Meluk et al., 2010)

El murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae*, de las once especies registradas para Santander, es el murciélago con las mayores medidas morfométricas, Longitud del cráneo 16,9 mm, Longitud de la lengua 70 mm y Longitud del rostro 16,09mm (Figura 9).

### Figure 9

*Comparación entre la morfometría del murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae* y la flor de la especie *Selenicereus megalanthus*.*



#### 4.5. Visitantes Florales

En el muestreo realizado en el año 2018 se observó:

*Composición.*

Se encontraron 12 morfotipos de insectos, pertenecientes al orden Coleoptera: *Colopterus* sp. Erichson 1842, un morfotipo de la familia Chrysomelidae, especie *Diorhabda* sp. Weise 1883, y un morfotipo sin identificar. En el orden Hymenoptera se encontraron dos morfotipos: uno de la familia Apidae (*Apis mellifera*) y otro de la familia Cynipidae. En el orden Diptera, cuatro morfotipos, dos morfotipos pertenecientes a la familia Drosophilidae: uno a la familia Tipulidae y

un morfotipo sin identificar. Por último, se (Tabla 3) observó un morfotipo del orden Dermaptera y un morfotipo del orden Orthoptera, sin identificar.

**Tabla 3**

*Composición de los visitantes florales muestreados en el año 2018 en la especie Selenicereus megalanthus. C (Cópula), P (Polen), PF (Partes florales), R (Resguardo), E (Contacto estigma), A (Contacto anteras), N (No hizo contacto con las estructuras reproductivas).*

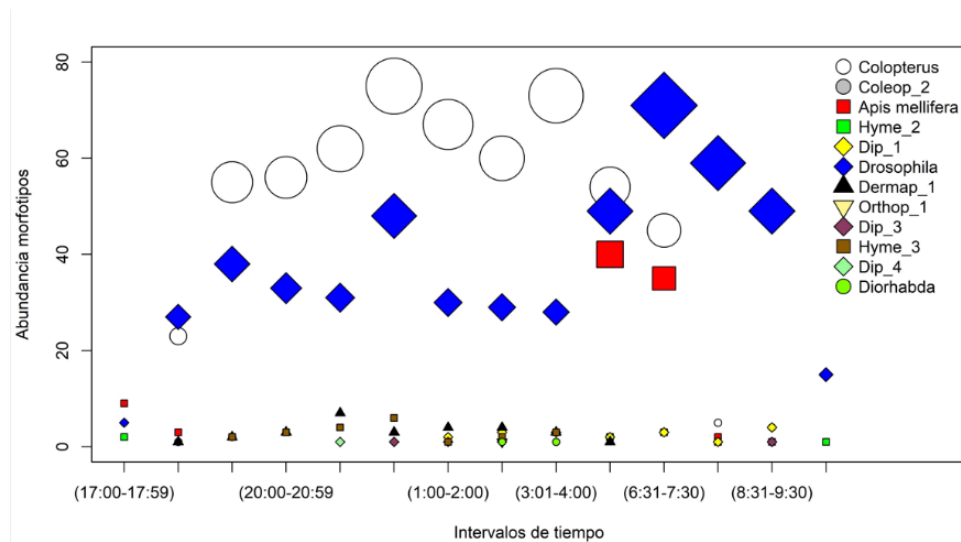
Morfotipos	Orden	Familia/Subfamilia	Tribu/Subtribu	Genero/Especie	Comportamiento	Tiempo de actividad
Coleop_1	Coleoptera	Nitidulidae		<i>Colopterus</i> Erichson 1842	C, E, A, R	Nocturna, diurna
Coleop_2	Coleoptera	Chrysomelidae/Galerucinae			P, E, A	Nocturna
Coleop_3	Coleoptera	Chrysomelidae/Galerucinae		<i>Diorhabda</i> Weise, 1883	P, N	Nocturna
Hyme_1	Hymenoptera	Apidae		<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	P, E, A	Diurna, crepuscular
Hyme_2	Hymenoptera	Cynipidae			P, E, A	Diurna, crepuscular
Hyme_3	Hymenoptera	Formicidae			PF, N	Nocturna
Dip_1	Diptera	Drosophilidae	Drosophilini/Drosophilina	<i>Drosophila</i> Fallen, 1823	R, N	Nocturna, diurna
Dip_2	Diptera	Drosophilidae			R, N	Nocturna, diurna
Dip_3	Diptera	Tipulidae			R, N	Nocturna
Dip_4	Diptera				R, N	Nocturna
Dermap_1	Dermaptera	Forficulidae			R, N	Nocturna
Orthop_1	Orthoptera	Acrididae			P, A	Nocturna

### *Abundancia:*

La abundancia de cada uno de los morfotipos se puede observar en la Figura 10.

**Figure 10**

*Abundancia de los morfotipos durante el ciclo de apertura de la flor Selenicereus megalanthus.*



En el muestreo realizado en el año 2019, se obtuvieron los siguientes resultados:

*Composición:* Se encontraron 12 morfotipos de insectos, pertenecientes al orden Coleoptera, tres morfotipos, un morfotipo de la familia Nitidulidae, el género *Colopterus sp.* Erichson 1842, dos morfotipos de la familia Chrysomelidae, el género *Diorhabda sp.* Weise 1883, y la segunda sin identificar. En el orden Hymenoptera, se encontraron tres morfotipos, dos de la familia Apidae, la especie *Apis mellifera*, un morfotipo perteneciente a la subtribu Meliponina y un morfotipo correspondiente a la familia Cynipidae. En el orden Diptera, cuatro morfotipos, dos morfotipos pertenecientes a la familia Drosophilidae, la especie *Drosophila sp.* Fallen 1823 y la segunda especie sin identificar, un morfotipo de la familia Tipulidae y el ultimo morfotipo sin identificar, en el orden Dermaptera un morfotipo de la familia Forficulidae. En el orden Blattodea, un morfotipo sin identificar, en el orden Orthoptera, dos morfotipos de la familia Acrididae y del

orden Hemiptera dos morfotipos, uno de la familia Pentatomidae y el otro de la familia Cicadellidae (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Composición de los visitantes florales muestreados en el año 2019 en la especie Selenicereus megalanthus. C (Cópula), P (Polen), PF (Partes florales), R (Resguardo), E (Contacto estigma), A (Contacto anteras), N (No hizo contacto con las estructuras reproductivas)*

Morfotipos	Orden	Familia/Subfamilia	Tribu/Subtribu	Genero/Especie	Comportamiento	Tiempo de actividad
Coleop_1	Coleoptera	Nitidulidae		<i>Colopterus</i> Erichson 1842	C, E, A, R	Nocturna, diurna
Coleop_2	Coleoptera	Chrysomelidae/Galerucinae			P, E, A	Nocturna
Coleop_3	Coleoptera	Chrysomelidae/Galerucinae		<i>Diorhabda</i> Weise, 1883	P, N	Nocturna
Hyme_1	Hymenoptera	Apidae		<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	P, E, A	Diurna, crepuscular
Hyme_2	Hymenoptera	Cynipidae			P, E, A	Diurna, crepuscular
Hyme_3	Hymenoptera	Formicidae			PF, N	Nocturna
Dip_1	Diptera	Drosophilidae	Drosophilini/Drosophilina	<i>Drosophila</i> Fallen, 1823	R, N	Nocturna, diurna
Dip_2	Diptera	Drosophilidae			R, N	Nocturna, diurna
Dip_3	Diptera	Tipulidae			R, N	Nocturna
Dip_4	Diptera				R, N	Nocturna
Dermap_1	Dermaptera	Forficulidae			R, N	Nocturna
Orthop_1	Orthoptera	Acrididae			P, A	Nocturna
Orthop_2	Orthoptera	Acrididae			P, A	Nocturna
Blatto_1	Blattodea				P, A	Nocturna
Hemip_1	Hemiptera	Pentatomidae/Pentatominae	Pentatomini		R, N	Nocturna
Hemip_2	Hemiptera	Cicadellidae/Idiocerinae			R, N	Nocturna

### *Abundancia:*

Durante el tiempo de observación en el muestreo realizado en el año 2019 se registraron más morfotipos que en el muestreo realizado en el año 2018. Sin embargo, la abundancia de los morfotipos fue inferior a la presentada en el primer año de muestreo (Apéndice 3).

**Figure 11**

*Visitantes florales de la especie Selenicereus megalanthus, en la vereda Capilla Alta, Santander-Colombia.*

*Comportamiento:*

Los morfotipos que hicieron contacto con el estigma y las anteras fueron Coleop\_1, Coleop\_2, Hyme\_1, Hyme\_2, los cuales se proponen como los posibles vectores de polen de la pitahaya amarilla. El morfotipo Coleop\_1 (*Colopterus* sp), se observó caminando dentro de la flor realizando actividades reproductivas (cópula) y utilizándola como sitio de resguardo (Figura 11) y permaneció hasta el cierre floral. El segundo morfotipo, Coleop\_2, se observó caminando alrededor de la flor, consumiendo el polen, esporádicamente hacía contacto con el estigma y realizaba visitas de corta duración. Los morfotipos Hyme\_1 y Hyme\_2, su hora de llegada a la

flor dependió de la cantidad de luz solar, si la apertura floral iniciaba antes del anochecer las abejas visitaban las flores durante el atardecer, pero si la apertura floral iniciaba cuando no había luz solar, las abejas llegaban a visitar al amanecer. A medida que se iba cerrando la flor se hace más frecuente el toque del estigma por estos morfotipos (Figura 11).

Los morfotipos, Coleop\_3, Dermap\_1, Orthop\_1, Orthop\_2 y Blatto\_1, se observaron durante la noche visitando la flor de la pitahaya amarilla, caminando sobre los pétalos y alimentándose de las anteras o de la acumulación de polen en los pétalos sin ingresar a la flor ni tocar el estigma, por lo cual se clasificaron como ladrones de polen. El morfotipo Hyme\_2, se observó en horas de la mañana recolectando polen de las anteras (Figura 11).

Los morfotipos Dip\_1, Dip\_2, Hemip\_1 y Hemip\_2 no se observaron consumiendo ningún tipo de recurso floral, solo utilizando la flor como una plataforma, con un bajo movimientos dentro de ella durante la noche.

Durante los muestreos realizados en el año 2018 y 2019 en la época de floración no se capturó ningún murciélago nectarívoro, ni se observó murciélagos forrajeando cerca de las flores de la pitahaya amarilla. Sin embargo, en la zona hubo presencia de murciélagos nectarívoros, ya que, en un muestreo realizado en diciembre del año 2017, cuando las plantas de la pitahaya amarilla se encontraban en la fase reproductiva de generar botones florales, en una noche de muestreo se capturaron tres individuos de la especie *Glossophaga soricina* y dos individuos de la especie *Anoura caudata* (Apéndice 4). En las floraciones muestreadas, la actividad de los murciélagos fue baja, en las redes se capturaron tres especies de murciélagos frugívoros, *Carrollia perspicillata*, *Artibeus jamaicensis* y *Platyrrhinus helleri*, se revisó con lupa la presencia de polen en su pelo, pero no se encontró registro.

## 5. Discusión

Si bien confirmamos la observación que la pitahaya amarilla presenta antesis nocturna, también observamos que las flores presentan receptividad estigmática desde las primeras horas de la noche hasta las primeras del día siguiente, incluso cuando la flor ya se ha cerrado. Así mismo, que las anteras liberan el polen desde la antesis floral, lo cual permitiría la polinización cruzada y la autopolinización al reducirse la distancia entre las anteras y el estigma hasta hacer contacto durante el cierre floral. La flor de la pitahaya amarilla contó con visitantes nocturnos y diurnos como posibles vectores de polen y ladrones de polen, a pesar de que no se encontró producción de néctar a modo de recompensa floral, se observó gran producción de polen y emisión de aromas.

Aunque en la literatura se reporta a los murciélagos como posibles polinizadores de la planta de la pitahaya amarilla, no observamos visitas a las flores del cultivo focal por parte de murciélagos. Adicionalmente, teniendo en cuenta la morfometría de la flor y de los murciélagos, las longitudes de la cabeza y la lengua sumadas de ninguna de las especies de murciélago nectarívoro reportada para Santander serían suficientemente largas para llegar a la cámara nectarífera de la flor de la pitahaya amarilla. Por el contrario, se observaron como posibles polinizadores a la especie *Apis mellifera*, el morfotipo *Hyme\_2* y el coleóptero *Colopterus sp*, porque estuvieron presentes en los dos muestreos e hicieron contacto con el estigma de la flor y las anteras de la pitahaya amarilla. Las otras especies observadas pertenecientes a los grupos Orthoptera, Dermaptera, Blattodea y Coleoptera, se clasificaron como ladrones de polen, porque se observaron alimentándose del polen en las anteras sin hacer contacto con el estigma de la flor.

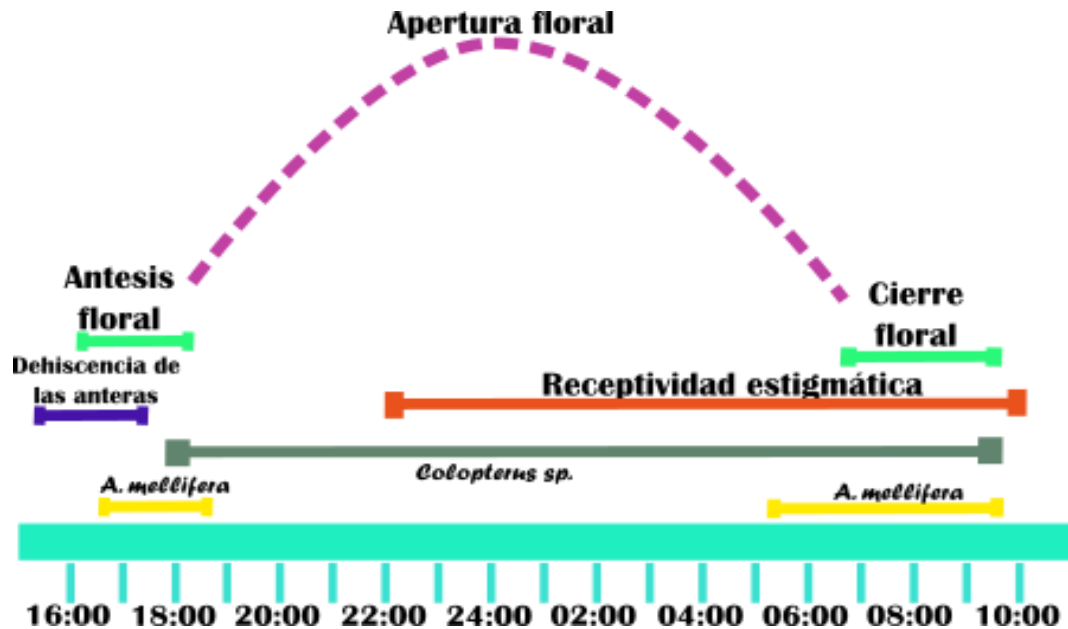
En este muestreo no se observaron a los murciélagos realizando visitas a la flor de la pitahaya amarilla, posiblemente debido a la falta de producción de néctar. No obstante, en

*Hylocereus undatus*, especie cercana a *S. megalanthus*, la cual tampoco produce néctar, se ha reportado visitas por parte de los murciélagos *L. curasoae* y *Choeronycteris mexicana* al encontrar abundantes cargas de polen en su pelaje (Valiente-Banuet et al., 2007). La ausencia de producción de néctar también se ha reportado en las especies *Hylocereus polyrhizus* (FAC Weber), *Lepismium warmingianum* (K.Schum) y *Selenicereus anthonyanu* (Hunt), pero aún no es claro porque esta especie no producen néctar y en algunas especies la producción de néctar depende de la variedad de clon que se esté utilizando en los cultivos (Almeida et al., 2013; Valiente-Banuet et al., 2007). Una posible respuesta a la ausencia de néctar es que la domesticación ha llevado a que se favorezca la autopolinización y no depender para la producción de un atrayente floral o de vectores de polinización (Bellec et al., 2006; Valiente-Banuet et al., 2007).

En otra especie del género, *Selenicereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.), tampoco se observó que los murciélagos nectarívoros visiten sus flores; en observaciones durante tres años de muestreo solo se registraron visitas por parte de la polilla *Manduca rustica* (Sampaio y de Almeida, 2021). En la misma especie, al realizar experimentos de exclusión floral, encontraron que la especie *Apis mellifera* es el polinizador más importante en esta especie (Sampaio y de Almeida, 2021). Así mismo, la especie *Cereus hildmannianus* (K. Schum), compartía ocurrencia con la especie de murciélago nectarívoro *Anoura caudifer* E. Geoffroy, posible polinizador, pero tampoco lo registraron visitando a esta especie (Silva y Sazima, 1995). Por el contrario, se observó a la especie *Apis mellifera* y las polillas esfíngidas como vectores de polen, siendo posible que los murciélagos prefieran flores con néctar más accesible y un tubo floral más corto (Sampaio y de Almeida, 2021).

**Figure 12**

*Fases de las antesis, receptividad estigmática y visitantes florales de la especie Selenicereus megalanthus.*



En el presente estudio el visitante diurno más abundante fue la abeja *Apis mellifera*. En los dos muestreos hizo presencia visitando las flores de la pitahaya amarilla y almacenando el polen en sus corbículas, tanto cuando tomaban vuelo como cuando volvían a posarse sobre la flor, tocando usualmente el estigma. En otros estudios la especie *Apis mellifera* se ha reportado como un visitante floral frecuente o el único de las especies *Hylocereus* y *Selenicereus* (Weiss et al., 1994). También se reportó que la polinización por parte de las abejas *A. mellifera* en la especie *H. undatus* es ineficiente debido al tamaño de la abeja en relación con el tamaño de la flor (Le Bellec, 2004). Sin embargo, en otro estudio reportaron que cuanto mayor es el número de *A. mellifera* que visitan una flor, mayor es la deposición de polen en el estigma, proponiéndose a la especie *A. mellifera* como el polinizador más importante de este cultivo (Muniz et al., 2019). En la especie

*H. polyrhizus* la polinización por parte de la abeja *A. mellifera* produjo 100% en el cuajado de los frutos, siendo estos frutos más pesados, con mayor número de semillas, que los experimentos realizados de polinización nocturna y natural (Muniz et al., 2020).

Las familias de coleópteros Scarabaeoidea, Melyridae, y Nitidulidae son visitantes comunes en la familia Cactaceae (Grant y Connell, 1979; Lo Verde y La Mantia, 2011; Mandujano et al., 2010). En el presente estudio la especie *Colopterus sp*, de la familia Nitidulidae, fue el visitante nocturno con mayor abundancia en una de las temporadas de muestreo, el cual se observó cargando polen y haciendo contacto con el estigma; adicionalmente, se le observó utilizando la flor de la pitahaya amarilla como resguardo y sitio de cópula. En la literatura se reporta al género *Colopterus* como polinizadores de la especie *Anaxagorea prinoides* (Dunal, A.DC. Annonaceae), los cuales desarrollan en la cámara de polinización actividades de apareamiento y al género *Carpophilus* de la familia Nitidulidae, se han reportado desarrollando actividades reproductivas dentro de las flores de las cactáceas y los han encontrado en contenidos estomacales de murciélagos nectarívoros del género *Leptonycteris* (Howell, 1974; Teichert et al., 2011). Esta especie que observamos de *Colopterus* podría ser un vector de la flor de la pitahaya amarilla. Sería necesario determinar su identidad taxonómica, su efectividad como polinizador y evaluar el rango de movilidad de esta especie para determinar si sus visitas y uso de las flores resulta en polinización cruzada o en autopolinización.

Actualmente, no es claro en la especie *S. megalanthus* el rol que desempeña la polinización cruzada y la autopolinización en la calidad del fruto. La autopolinización da una producción de frutos eficientes al igual que la autopolinización manual (Weiss et al. 1994). Por el contrario, Lichtenzveig et al. (2000), reportaron frutos de mayor calidad cuando hay polinización cruzada y en Dag y Mizrahi (2005), reportaron que no hay una diferencia significativa entre la producción

de frutos por autopolinización y polinización cruzada, pero si al intervenir un vector de polen, por lo cual recomiendan a los agricultores polinizar manualmente las flores de la pitahaya amarilla para obtener un óptimo rendimiento en sus cultivos, siendo necesario realizar más estudios de exclusión floral teniendo en cuenta el tipo de clon que se está utilizando para tener resultados que se puedan contrastar (Dag y Mizrahi, 2005; Lichtenzveig et al., 2000).

En este estudio se evidenció que, aunque la flor de la pitahaya amarilla no produjo néctar, un factor que reduciría la atracción hacia los murciélagos nectarívoros. Adicionalmente, según sus medidas morfométricas, los murciélagos locales no podrían llegar a la cámara nectarífera de la especie *S. megalanthus*, siendo poco probable que este sea su polinizador natural, al menos de que este acuda en busca de polen como alimento. Por el contrario, la especie *Apis mellifera* y los coleópteros de la familia Nitidulidae fueron visitantes florales frecuentes que podrían estar contribuyendo a la polinización de la planta de la pitahaya amarilla, ya sea propiciando la autopolinización o la polinización cruzada, por ende, la especie *S. megalanthus* tiene mecanismos de polinización mixta al estar receptiva estigmáticamente, tanto para visitantes nocturnos como diurnos, siendo aparentemente el polen su principal recompensa. Posteriores estudios de exclusión floral serían necesarios para confirmar el efecto de estos vectores de polen en la calidad del fruto y así mismo evaluar que tan efectivos son como polinizadores.

## 6. Conclusiones

La planta de la pitahaya amarilla es hermafrodita, no hay una dicogamia presente, ya que el polen y el periodo de receptividad estigmática se solapan, sin embargo, se observó una hercogamia de movimiento que permite la polinización cruzada y la autopolinización.

La especie *S. meglanthus*, en la localidad de estudio, no produce néctar, sin embargo, la emisión de aroma, el polen y su espacio como sitio de resguardo o cópula son atrayentes florales para los posibles polinizadores y visitantes florales.

Los murciélagos nectarívoros no son polinizadores de la especie *S. meglanthus* en el área local, ya que morfológicamente los murciélagos nectarívoros no podrían llegar a la cámara nectararia de la especie en estudio, por lo cual si son visitantes de la especie en otras áreas posiblemente obtienen como recompensa floral el polen, siendo necesario evaluar si son visitantes florales o polinizadores.

Se evidencio como posibles polinizadores a la especie *Apis mellifera*, el morfotipo Hyme\_2 y el coleóptero *Colopterus sp. (Nitidulidae)*, porque estuvieron presentes en los dos muestreos e hicieron contacto con el estigma y las anteras de la flor de la pitahaya amarilla.

Para futuros estudios se recomienda realizar experimentos de exclusión floral para confirmar el efecto de los vectores de polen propuestos en el presente estudio, en la calidad del fruto y así mismo, evaluar que tan efectivos son como polinizadores.

**Referencias bibliográficas**

- Aguilar Santelises, R., y García, R. (2004). Catálogo de plantas reportadas como parte de la dieta de la guacamaya verde (en la region de la cañada oaxaqueña). *Centro interdisciplinario de investigacion para el desarrollo integral regional, unidad Oaxaca*.
- Almeida, O. J. G., Cota-Sánchez, J. H., y Paoli, A. A. S. (2013). The systematic significance of floral morphology, nectaries, and nectar concentration in epiphytic cacti of tribes Hylocereeae and Rhipsalideae (Cactaceae). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15(5), 255-268. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2013.08.001>
- Alvarado Romero, J. A. (2014). Caracterización poscosecha de la calidad del fruto de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y roja (*Hylocereus undatus*). B.S. thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4747>.
- Alvarez, J., Willig, M. R., Jones, J. K., y Webster, W. (1991). *Glossophaga soricina*. *Mammalian species*, 379, 1–7.
- Ángel-Coca, C., Nates-Parra, G., Ospina-Torres, R., Ortiz, C. D. M., y Amaya-Márquez, M. (2011). Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis sims f. edulis*.
- Arias-Cóyotl, E., Stoner, K. E., y Casas, A. (2006). Effectiveness of bats as pollinators of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in wild, managed in situ, and cultivated populations in La Mixteca Baja, central Mexico. *American Journal of Botany*, 93(11), 1675-1683. <https://doi.org/10.3732/ajb.93.11.1675>
- Baker, H. G. (1961). The Adaptation of Flowering Plants to Nocturnal and Crepuscular Pollinators. *The Quarterly Review of Biology*. <https://doi.org/10.1086/403276>

- Baker, H. G., y Harris, B. J. (1957). The Pollination of *Parkia* by Bats and Its Attendant Evolutionary Problems. *Evolution*, 11(4), 449-460. <https://doi.org/10.2307/2406065>
- Barthlott, W., y Hunt, D. R. (1993). *Cactaceae*. Springer.
- Baum, D. A. (1995). The Comparative Pollination and Floral Biology of Baobabs (*Adansonia-Bombacaceae*). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 82(2), 322-348. <https://doi.org/10.2307/2399883>
- Bellec, F. L., Vaillant, F., y Imbert, E. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61(4), 4. <https://doi.org/10.1051/fruits:2006021>
- Casas, N. S., y Alvarez, T. (2000). Palinofagia de los murcielagos del genero *Glossophaga* (Mammalia: Chiroptera) en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. <http://mv.ezproxy.com.sci-hub.org/resumen.oa?id=57508103>
- Castillo, R. F., y Trujillo, S. (1991). Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) in the semiarid central Mexico: Past, present and future. *Economic Botany*, 45(4), 495–502.
- Cavalcante, Í. H. L. (2008). *Pitaya: Propagação e crescimento de plantas*.
- Cobas-López, M., Sotolongo-Sospedra, R., García-Corona, I., Estévez-Valdés, I., y González-Izquierdo, E. (2003). Comportamiento del crecimiento en altura de *Hibiscus elatus* Sw cultivada en contenedores. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 131–135.
- Cook, J. M., y Rasplus, J.-Y. (2003). Mutualists with attitude: Coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology y Evolution*, 18(5), 5. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00062-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00062-4)
- Creuci, M. C. (2015). Enfoque multidisciplinario para solución en el agro colombiano: El caso Pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus*. *REVISTA DE LA ASOCIACION*

- Cruz, J. A. M., Rodríguez-Larramendi, L., Ortiz-Pérez, R., Fonseca-Flores, M. de los Á., Herrera, G. R., y Guevara-Hernández, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus spp.*) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos tropicales*, 36, 67–76.
- Dafni, A., Kevan, P. G., y Husband, B. C. (2005). Practical pollination biology. *Practical pollination biology*.
- Dag, A., y Mizrahi, Y. (2005). Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in the vine cactus *Selenicereus megalanthus* (“yellow pitaya”). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(5), 5. <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511987>
- DANÉ, DDE (2016). Encuesta Nacional Agropecuaria ENA-2016. Boletín Técnico Comunicación Informativa (DANE) , 1 , 1-24.
- DANE (Dirección Administrativa Nacional de Estadística). (2016). Encuesta nacional agropecuaria ENA-2016.
- Diaz.J.U. (2005). Biología y manejo postcosecha de pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus spp.*, y *Selenicereus spp.*). *La Calera*, 5(6), 6.
- Di Stéfano, J. F., y García, E. G. (2000). Germinación y desarrollo radicular de tempisque (*Sideroxylon capiri*) a diferentes temperaturas. *Agronom. Costarric*, 24, 93–97.
- Espigal, C. F., Martínez, H. J., y Peña Marin, Y. (2005). La cadena de los frutales de exportación en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18862>
- Esquivel, P. (2004). Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía mesoamericana*, 15(2), 215–219.
- Faegri, K., y Pijl, L. V. D. (2013). *Principles of Pollination Ecology*. Elsevier.

- Faegri, K., y van der Pijl, L. (1971). *The principles of pollination ecology*. Rev. Ed. 2. Oxford:[sn].
- Fleming, T. H., Geiselman, C., y Kress, W. J. (2009). The evolution of bat pollination: A phylogenetic perspective. *Annals of Botany*, 104(6), 6. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp197>
- Fleming, T. H., Maurice, S., y Hamrick, J. L. (1998). Geographic variation in the breeding system and the evolutionary stability of trioecy in *Pachycereus pringlei* (Cactaceae). *Evolutionary Ecology*, 12(3), 3. <https://doi.org/10.1023/A:1006548132606>
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., y Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 3. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- Gaona, Á. A., Castellanos, E. M., y Fonseca, L. O. (2015). Sistema productivo del cultivo de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en Boyacá- Colombia. *Espacio I+D, Innovación más desarrollo*, 4(9), 9. <https://doi.org/10.31644/IMASD.9.2015.a07>
- García Muñoz, M. C. (2003). *Pitaya: Cosecha y postcosecha*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA.
- Goebel, K. (1889). *Pflanzenbiologische Schilderungen* (pp. 1-278). N.G. Elwert. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.1665>.
- González, G. M., del Río Gaztelurrutia, M., Alboreca, A. R., y Taboada, M. F. Á. (2001). Aspectos selvícolas y económicos de los pinares de " *Pinus Sylvestris L.*" en el Sistema Central. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, 193, 27–56.
- González, O. V. H., y Sabogal, J. E. S. (s. f.). *EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN DE CAFÉ Coffea arabica CON ABEJAS*.

- Grant, V., y Connell, W. A. (1979). The association between *Carpophilus* beetles and cactus flowers. *Plant Systematics and Evolution*, 133(1), 99-102.  
<https://doi.org/10.1007/BF00985884>.
- Gribel, R., y Gibbs, P. E. (2002). High outbreeding as a consequence of selfed ovule mortality and single vector bat pollination in the Amazonian tree *Pseudobombax munguba* (Bombacaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 163(6), 1035–1043.
- Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R.,
- Guerrero, M. P. O., Coronado, R. S., y Sánchez, N. F. S. (2012). *Alcaloides totales y actividad antioxidante de extractos metanólicos de hojas de Ipomoea murucoides (casahuate)*.  
[http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/11616.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11616.pdf)
- Hazlehurst, J., Cardenas, S., Tinoco, B., y Karubian, J. (2016). Pollination ecology of *Oreocallis grandiflora* (Proteaceae) at the northern and southern ends of its geographic range. *Journal of Pollination Ecology*, 19, 71-80. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2016\)4](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2016)4)
- Howell, D. J. (1974). Bats and pollen: Physiological aspects of the syndrome of chiropterophily. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 48(2), 2.  
[https://doi.org/10.1016/0300-9629\(74\)90707-5](https://doi.org/10.1016/0300-9629(74)90707-5)
- Jordán Molina, D., Vásconez Cruz, J. S., Veliz Quinto, C. D., y Gonzalez, V. H. (2009). *Producción y Exportación de la Fruta Pitahaya hacia el mercado Europeo*.
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., y Tschardtke, T. (2006). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops.

- Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 1608.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kluser, S., y Peduzzi, P. (2007). Global pollinator decline: A literature review. *Environment Alert Bulletin*, 8.
- Kunth, C. (1819). *Crescentia alata*. *Nova Genera et Species Plantarum* 3: 158. 1819.  
[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/10-bigno1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/10-bigno1m.pdf)
- Kunz, T. H., y Fenton, M. B. (2005). *Bat Ecology*. University of Chicago Press.
- Lau, J. Y., Pang, C.-C., Ramsden, L., y Saunders, R. M. (2017). Stigmatic exudate in the Annonaceae: Pollinator reward, pollen germination medium or extragynoecial compitum? *Journal of Integrative Plant Biology*, 59(12), 881–894.
- Law, B. S. (1994). Banksia nectar and pollen: Dietary items affecting the abundance of the common blossom bat, *Syconycteris australis*, in southeastern Australia. *Australian Journal of Ecology*, 19(4), 425-434. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1994.tb00508.x>
- Law, B. S., y Lean, M. (1999). Common blossom bats (*Syconycteris australis*) as pollinators in fragmented Australian tropical rainforest. *Biological Conservation*, 91(2), 201–212.
- Le Bellec, F. (2004). Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. *Fruits*, 59(6), 411–422.
- Lichtenzweig, J., Abbo, S., Nerd, A., Tel-Zur, N., y Mizrahi, Y. (2000). Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *American Journal of Botany*, 87(7), 7. <https://doi.org/10.2307/2657005>
- Liu, A.-Z., Li, D.-Z., Wang, H., y Kress, W. J. (2002a). Ornithophilous and Chiropterophilous Pollination in *Musa itinerans* (Musaceae), a Pioneer Species in Tropical Rain Forests of

- Yunnan, Southwestern China<sup>1</sup>. *Biotropica*, 34(2), 2. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00536.x>
- Lloyd, DG, Barrett, SC y Barrett, S. (Eds.). (1996). *Biología floral: estudios sobre la evolución floral en plantas polinizadas por animales*. Springer Science y Business Media.
- López Teixido, A. (2012). Flores grandes en un ambiente mediterráneo: costes y beneficios del despliegue floral en Cistaceae.
- Lo Verde, G., y La Mantia, T. (2011). The role of native flower visitors in pollinating *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., naturalized in Sicily. *Acta Oecologica*, 37(5), 413-417. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.05.006>
- Lumbreras, R. (2012). Composición de la dieta de los murciélagos frugívoros y nectarívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en el Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa, Guerrero, México. *Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.*
- MacSwiney G., M. C., Bolívar-Cimé, B., Clarke, F. M., y Racey, P. A. (2012). Transient yellow colouration of the bat *Artibeus jamaicensis* coincides with pollen consumption. *Mammalian Biology - Zeitschrift Für Säugetierkunde*, 77(3), 221-223. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2011.08.001>
- Magaña Alejandro, M. A. (2010). *Vegetación y flora del municipio de Paraíso* (1. ed). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas.
- Mancina, C. A., Balseiro, F., y Herrera M., L. G. (2005). Pollen digestion by nectarivorous and frugivorous Antillean bats. *Mammalian Biology - Zeitschrift Für Säugetierkunde*, 70(5), 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2005.02.006>

- Mandujano, M. del C., Carrillo-Angeles, I., Martínez-Peralta, C., y Golubov, J. (2010). Reproductive Biology of Cactaceae. En K. G. Ramawat (Ed.), *Desert Plants* (pp. 197-230). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02550-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02550-1_10)
- Mantilla-Meluk, H., y Baker, R. J. (2010). *New species of Anoura (Chiroptera: Phyllostomidae) from Colombia, with systematic remarks and notes on the distribution of the A. geoffroyi complex.* Museum of Texas Tech University,. <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/140981>
- Mantilla-Meluk, H., Ramírez-Chaves, H. E., Parlos, J. A., y Baker, R. J. (2010.). *NOTES ON BATS OF THE GENUS Lonchophylla.*
- Marina Verón Meza Nivón. (2011). *Cactáceas mexicanas: Usos y amenazas.* INE/ADA. [http://www.inecc.gob.mx/descargas/con\\_eco/2011\\_Cact\\_mex\\_usos\\_amenazas.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2011_Cact_mex_usos_amenazas.pdf)
- Meza-Nivón, MV (2011). Segundo informe de referencia a la realización de la asesoría número INE . ADA-026/2011 denominada 'cactáceas mexicanas: usos y amenazas. Instituto Nacional de Ecología. 234-244 págs.
- Midgley, J. J., y Bond, W. J. (1991). How important is biotic pollination and dispersal to the success of the angiosperms? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 333(1267), 209–215.
- Molina-Freaner, F., Rojas-Martínez, A., Fleming, T. H., y Valiente-Banuet, A. (2004). Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pecten-aboriginum* in north-western México. *Journal of Arid Environments*, 56(1), 117-127. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(02\)00323-3](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(02)00323-3)

- Molinari, J. (1994). A new species of *Anoura* (Mammalia Chiroptera Phyllostomidae) from the Andes of northern South America. *Tropical Zoology*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.1080/03946975.1994.10539242>
- Muniz, J. P. de O., Bomfim, I. G. A., Corrêa, M. C. de M., y Freitas, B. M. (2019). Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. *Revista Ciência Agronômica*, 50, 640-649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190076>
- Muniz, J. P. de O., Bomfim, I. G. A., Corrêa, M. C. de M., y Freitas, B. M. (2020). Complementary bee pollination maximizes yield and fruit quality in two species of self-pollinating pitaya. *REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA*, 51(4), 4. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200072>
- Mora, D. P. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer.: medidas para la temporada invernal. ICA.
- Nassar, J. M., Ramírez, N., y Linares, O. (1997). Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany*, 84(7), 7. <https://doi.org/10.2307/2446282>
- Nobel, P. S., y Nobel, P. of B. and A. D. of the U.-D. L. P. S. (2002). *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press.
- Nyffeler, R. (2002). Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from trnK/ matK and trnL-trnF sequences. *American Journal of Botany*, 89(2), 2. <https://doi.org/10.3732/ajb.89.2.312>
- Nyhagen, D., Turnbull, S., Olesen, J., y Jones, C. (2005). An investigation into the role of the Mauritian flying fox, , in forest regeneration. *Biological Conservation*, 122(3), 491-497. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.08.012>

- Ollerton, J., Winfree, R., y Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 3. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Ortega, J., y Alarcón-D, I. (2008). *Anoura Geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species*, 818, 1-7. <https://doi.org/10.1644/818.1>
- Orwa. (2009a). *Adansonia digitata*. Agroforestry Database. [http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Adansonia\\_digitata.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Adansonia_digitata.PDF)
- Orwa. (2009b). *Parkia biglobosa*. Agroforestry Database. [http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Parkia\\_biglobosa.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Parkia_biglobosa.PDF)
- Parra, G. (2016). *Iniciativa Colombiana de polinizadores*.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., Watson, R. T., Dessane, E. B., Islar, M., y Kelemen, E. (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current opinion in environmental sustainability*, 26, 7–16.
- Perea, M., Matallana, LP y Tirado, A. (2010). Pitahaya *Selenicereus megalanthus* (K Schum ex Vaupel). Biotecnología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutas tropicales [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia , 105-35.
- Percival, M. (2013). biología floral . Elsevier.
- Rauh, W. (1979). Kakteen an ihren Standorten: Unter besonderer Beruecksichtigung ihrer Morphologie und Systematik / *Titel*. <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/174261>
- Rendón, J. S., Ocampo, J., y Urrea, R. (2013). Estudio sobre polinización y biología floral en *Passiflora edulis* f. *Edulis* Sims, como base para el premejoramiento genético. *Acta Agronómica*.
- Rodríguez, A., García, J., González, M., Pallares, L., Ramírez, V., Rosas, L., y Zárata, E. (1993). El cultivo de pitahaya en Yucatán. *Universidad Autônoma Chapingo, Maxcanú, Mexico*.

- Rodriguez, L. C., ten Brink, P., y van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- Rodríguez-Peña, N., Stoner, K. E., Schondube, J. E., Ayala-Berdón, J., Flores-Ortiz, C. M., y Martínez del Río, C. (2007). Effects of Sugar Composition and Concentration on Food Selection by Saussure's Long-nosed Bat (*Leptonycteris curasoae*) and the Long-tongued Bat (*Glossophaga soricina*). *Journal of Mammalogy*, 88(6), 6. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-353R1.1>
- Roulston, T. H., y Cane, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1), 1. <https://doi.org/10.1007/BF00984102>
- Sampaio, P. S. P., y de Almeida, O. J. G. (2021). Without Moths or Bats, Cacti form Friendships with Bees: Reproductive Biology of the Queen of Night *Selenicereus Setaceus* (Cactaceae) in São Thomé Das Letras, Brazil [Preprint]. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-690841/v1>
- Santana, S. E., Dumont, E. R., y Davis, J. L. (2010). Mechanics of bite force production and its relationship to diet in bats. *Functional Ecology*, 24(4), 4. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01703.x>
- Scanlon, A. T., Petit, S., Tuiwawa, M., y Naikatini, A. (2014). High similarity between a bat-serviced plant assemblage and that used by humans. *Biological Conservation*, 174, 111-119. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.03.023>
- Sena, D., Caetano, C., y Bonilla Morales, M. (2014). Caracterización fisicoquímica y proximal del fruto de pitahaya amarilla [*Selenicereus megalanthus* (k. schum. ex vaupel) moran] cultivada en colombia. *Agronomía*, 22, 77-87.

- Silva, W. R., y Sazima, M. (1995). Hawkmoth pollination in *Cereus peruvianus*, a columnar cactus from southeastern Brazil. *Flora*, 190(4), 339–343.
- Suárez Román, R. S. (2011). Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt and Rose y pitahaya roja *Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt and Rose. *Maestría Ciencias Agrarias*.
- Tamby Chik, C., Bachok, S., Baba, N., Abdullah, A., y Abdullah, N. (2011). Quality characteristics and acceptability of three types of pitaya fruits in a consumer acceptance test. *Journal of Tourism, Hospitality y Culinary Arts (JTHCA)*, 3(1), 89–98.
- Tamsitt, J. R., y Nagorsen, D. (1982). Anoura cultrata. *Mammalian Species*, 179, 179. <https://doi.org/10.2307/3503899>
- Teichert, H., Dötterl, S., y Gottsberger, G. (2011). Heterodichogamy and nitidulid beetle pollination in *Anaxagorea prinoides*, an early divergent Annonaceae. *Plant Systematics and Evolution*, 291, 25–33.
- Trajano, E., y Gimenez, E. E. A. (1998). Bat Community in a Cave From Eastern Brazil, Including a New Record of *Lionycteris* (Phyllostomidae, Glossophaginae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33(2), 2. <https://doi.org/10.1076/snfe.33.2.69.2156>
- Tschapka, M., Gonzalez-Terrazas, T. P., y Knörnschild, M. (2015). Nectar uptake in bats using a pumping-tongue mechanism. *Science advances*, 1(8), e1500525.
- Urbina, C., Montes, P., y Biología, T. (2007). Biología de la polinización y el papel de los murciélagos en la reproducción sexual de *Pilosocereus tillianus* (Cactaceae) / Carmen J. Figueredo. En *SERBIULA (sistema Librum 2.0)*.

- Valiente-Banuet, A., Gally, R. S., Arizmendi, M. C., y Casas, A. (2007). Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 68(1), 1–8.
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Ortégón, Y., y Castro, U. (2006). Polinización dirigida con *Apis mellifera* en un cultivo comercial de fresa (*Fragaria chiloensis*). *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agorpecuaria*, 7, núm. 1, 50-53.
- Viana, M. L., Ortega Baes, P., Saravia, M., Badano, E. I., y Schlumpberger, B. (2001). Biología floral y polinizadores de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) en el Parque Nacional Los Cardones, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 279-285.
- Voigt, C. C., y Speakman, J. R. (2007). Nectar-feeding bats fuel their high metabolism directly with exogenous carbohydrates. *Functional Ecology*, 21(5), 5. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01321.x>
- Wang, X.-F., Armbruster, W. S., y Huang, S.-Q. (2012). Extra-gynoecial pollen-tube growth in apocarpous angiosperms is phylogenetically widespread and probably adaptive. *New Phytologist*, 193(1), 253–260.
- Weber, N., Kalko, E. K. V., y Fahr, J. (2009). A First Assessment of Home Range and Foraging Behaviour of the African Long-Tongued Bat *Megaloglossus woermanni* (Chiroptera: Pteropodidae) in a Heterogeneous Landscape within the Lama Forest Reserve, Benin. *Acta Chiropterologica*, 11(2), 317-329. <https://doi.org/10.3161/150811009X485558>
- Webster, W., Handley, C. O., y Soriano, P. J. (1998). *Glossophaga longirostris*. *Mammalian Species*, 576, 1–5.
- Weiss, J., Nerd, A., y Mizrahi, Y. (1994). Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. *HortScience*, 29(12), 1487–1492.

- Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., y Rastall, R. A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food chemistry*, 120(3), 850–857.
- Wilson, D. E., y Reeder, D. M. (2005). *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. JHU Press.
- Winter, Y., y von Helversen, O. (2003). Operational Tongue Length in Phyllostomid Nectar-Feeding Bats. *Journal of Mammalogy*, 84(3), 3. <https://doi.org/10.1644/BWG-032>

Apéndices

Apéndice A

*Interacciones murciélago-planta de interés económico.*

Para realizar esta revisión sistemática, se buscó en Google Scholar las siguientes palabras claves: Murciélagos OR chiroptera. Polinización, Cultivo OR agricultura OR silvicultura OR horticultura, Phyllostomidae OR Glossophaginae OR Phyllonycterinae OR Brachyphyllinae OR Pteropodidae OR Mystacinidae.

Murciélago	Planta	Uso
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.)	F,W
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Crescentia alata</i> Kunth	W,I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	W,I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	W
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Cordia alliodora</i> *	W,F, I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Sideroxylon capiri</i> (A.DC.) Pittier	W
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	W,F,I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Willd.) Benth.	W
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	W,F, I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Heterobasidion annosum</i> mixed EST library *	W
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Ceiba aesculifolia</i>	I
<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	W
<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	W,F, I
<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (J.M. Coult.) Backeb.*	F
<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	<i>Heterobasidion annosum</i> mixed EST library*	W
<i>Artibeus hirsutus</i> K. Andersen, 1906	<i>Ipomoea murucoides</i>	I
<i>Artibeus hirsutus</i> K. Andersen, 1906	<i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.) Planch.	W
<i>Artibeus intermedius</i>	<i>Heterobasidion annosum</i> mixed EST library*	W
<i>Artibeus intermedius</i>	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	W
<i>Brachyphylla nana</i> Miller, 1902	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	W
<i>Choeronycteris mexicana</i> Tschudi, 1844	<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.*	F
<i>Choeronycteris mexicana</i> Tschudi, 1844	<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (J.M. Coult.) Backeb.*	F
<i>Artibeus toltecus</i> (Saussure, 1860)	<i>Ipomoea murucoides</i>	I

<i>Eidolon dupreanum</i> (Pollen in Schlegel y Pollen, 1866)	<i>Adansonia suarezensis</i> *	W
<i>Eidolon helvum</i> (Kerr, 1792)	<i>Adansonia digitata</i>	W,F, I
<i>Eidolon helvum</i> (Kerr, 1792)	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	W,F, I
<i>Epomophorus gambianus</i>	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) G. Don	W,F, I
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Heterobasidion annosum</i> mixed EST library*	W
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	W
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	W,I
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Ipomoea murucoides</i>	I
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Sideroxylon capiri</i> (A.DC.) Pittier	W
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Cordia alliodora</i> *	W,F, I
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Crescentia alata</i> Kunth	W,I
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Willd.) Benth.	W
<i>Glossophaga commissarisi</i> Gardner, 1962	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	W,F, I
<i>Glossophaga leachii</i> Gray, 1844	<i>Heterobasidion annosum</i> mixed EST library*	W
<i>Glossophaga leachii</i> Gray, 1844	<i>Ipomoea murucoides</i>	I
<i>Glossophaga leachii</i> Gray, 1844	<i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.) Planch.	W
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Heterobasidion annosum</i> mixed EST library*	W
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	W
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Ipomoea murucoides</i>	I
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.) Planch.	W
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Willd.) Benth.	W
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console*	F, W
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	W,F, I
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Crescentia alata</i> Kunth	W, I
<i>Glossophaga morenoi</i> Martinez and Villa, 1938	<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link y Otto*	W
<i>Leptonycteris curasoae</i> Miller, 1900	<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.*	F
<i>Leptonycteris curasoae</i> Miller, 1900	<i>Pachycereus pringlei</i>	F, W
<i>Leptonycteris curasoae</i> Miller, 1900	<i>Stenocereus thurberi</i>	F, W
<i>Leptonycteris curasoae</i> Miller, 1900	<i>Carnegia gigantea</i> (Engelm.) Britt. y Rose	F, W

<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Agave palmeri</i> Engelm.	F
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Agave parryi</i> Engelm.	F
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Agave deserti</i> Engelm.	F
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> (Engelm. ex S. Watson) Britton y Rose*	F, W
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Carnegia gigantea</i> (Engelm.) Britt. y Rose	F, W
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	W, I
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Crescentia alata</i> Kunth	W, I
<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (J.M. Coult.) Backeb.*	F
<i>Leptonycteris nivalis</i> (Saussure, 1860)	<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.*	F
<i>Macroglossus sobrinus</i> K. Andersen, 1911	<i>Musa itinerans</i> Cheesman	F
<i>Megaloglossus woermanni</i> Pagenstecher, 1885	<i>Mucuna flagellipes</i> Hook. f.	F
<i>Megaloglossus woermanni</i> Pagenstecher, 1885	<i>Parkia bicolor</i> A. Chev.*	C
<i>Megaloglossus woermanni</i> Pagenstecher, 1885	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	F
<i>Micropteropus pusilli</i>	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	W, I
<i>Nanonycteris valdkampii</i>	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) G. Don	W,F, I
<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)	<i>Pseudobombax munguba</i>	W, I
<i>Platyrrhinus lineatus</i> (E. Geoffroy, 1810)	<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	W
<i>Pteropus niger</i> (Kerr, 1792)	<i>Diospyros tessellaria</i> *	W
<i>Pteropus niger</i> (Kerr, 1792)	<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	F
<i>Pteropus tonganus</i> Quoy and Gaimard, 1830	<i>Erythrina variegata</i> L.*	W, I
<i>Rousettus aegyptiacus</i>	<i>Adansonia digitata</i>	W,F, I
<i>Syconycteris australis</i> (Peters, 1867)	<i>Syzygium cormiflorum</i> (F. Muell.) B. Hyland	F
<i>Syconycteris australis</i> (Peters, 1867)	<i>Banksia integrifolia</i> L. f.	W,I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Ceiba acuminata</i> (S. Wats.)	I
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	W

**Apéndice B**

*Abundancia de los morfotipos en el muestreo realizado en el 2018.*

Intervalo	Prom_di am	Coleop _1	Coleop _2	Hyme _1	Hyme _2	Dip _1	Dip_ 2	Dermap _1	Orthop _1	Dip _3	Hyme _3	Dip _4	Coleop _3
(17:00-17:59)	8,5			9	2		5						
(18:00-18:59)	33,1	23	1	3			27	1					
(19:00-19:59)	72,5	55	2				38	2			2		
(20:00-20:59)	98	56					33	3			3		
(21:30-22:30)	123,8	62				1	31	7		1	4	1	
(22:31-23:30)	125,9	75				1	48	3		1	6		
(1:00-2:00)	136,7	67				2	30	4		1	1		
(2:00-3:00)	125,5	60	1			3	29	4	1	1	2		1
(3:00-4:00)	112,5	73	1			3	28	3			3		1
(5:30-6:30)	67,3	54		40	2	2	49		1				
(6:30-7:30)	38,6	45		35	3	3	71						
(7:30-8:30)	15,1	5		2	1	1	59						
(8:30-9:30)	4,7	4		1	1	4	15			1			
<b>Total</b>		579	5	90	9	20	463	28	1	5	21	1	2
<b>μ</b>		48,250	1,250	15,000	1,800	2,22	35,6			1,00		1,00	
<b>Sd</b>		24,536	0,500	17,720	0,837	1,09	17,6			0,00		0,00	
						3	42	1,833	0,000	0	1,633	0	0,000

**Apéndice C**

*Abundancia de los morfotipos en el muestreo realizado de 2019.*

Intervalo	Prom_diam	Coleo_p_1	Coleo_p_2	Hym_e_1	Hym_e_2	Dip_1	Dip_2	Derma_p_1	Ortho_p_1	Dip_3	Hym_e_3	Dip_4	Blatt_o_1	Hemi_p_1	Hemi_p_2
(17:45-18:09)	13,66														
(18:30-19:19)	70,79							2		2			1		
(20:13-21:08)	109,52	1	3			2	1		1	2		1	1	1	
(22:06-23:05)	128,14	1	1					3	1		1		1		1
(3:25-4:17)	82,27	5	1					2		1			1		2
(5:35-6:20)	26,18	1			6			3		1					1
(6:36-7:16)	6,89				5	1	1	4		1		1			
(7:40-8:48)	0,77				2		5								
<b>Total</b>		8	5	13	6	3	13	3	4	2	1	2	4	1	4
<b>μ</b>		2	1,667	4,333	4,000	2,0	4,3	2,000	1,600	00	1,000	33	1,600	1,000	2,000
<b>Sd</b>		2	1,155	2,082	2,828	07	1,1	0,707	0,000	2,0	0,0	00	0,000		0,577

**Apéndice D**

*Especie Anoura sp. capturada en la zona de estudio.*

