



# **Análisis de cargas polínicas de *Ceratina* spp. (Hymenoptera:Apidae) en agroecosistemas palmeros de Fundación, Aracataca y Retén (Magdalena).**

**Madeleine Campos Fernández  
Ferney Tavera Galeano**

**Universidad Magdalena**

Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Agronómica  
Santa Marta, Colombia

2020



**Análisis de cargas polínicas de  
*Ceratina* spp. (Hymenoptera:Apidae)  
en agroecosistemas palmeros de  
Fundación, Aracataca y Retén  
(Magdalena).**

**Madeleine Campos Fernández**

**Ferney Tavera Galeano**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Agrónomo**

Director (a):

I.A. Ph.D Paula Andrea Sepúlveda Cano

Codirector (a):

Biól. Ph.D Cláudia Inês da Silva

Línea de Investigación:

Ecología de la polinización

Grupo de Investigación:

Fitotecnia del trópico

Universidad del Magdalena

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agronómica

Santa Marta, Colombia

2020

---

## **Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de ingeniero agrónomo**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Santa Marta, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_**

### **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis primeramente a Dios, por darme sabiduría y fuerzas para continuar.*

*A mis padres por su gran amor y apoyo en todos los momentos de mi vida.*

*A mi hermano por todos sus consejos durante mi travesía en la universidad.*

*A Sebastián por su motivación, apoyo y ánimo en los momentos más difíciles.*

*A Ferney por creer siempre en mí, por su lealtad, su gran amistad y por emprender este proyecto conmigo.*

*A mi querida profesora Paula por todas sus enseñanzas, tiempo y dedicación durante todo el proyecto.*

*A mis amigos de la U, que creyeron en mí y me acompañaron en esta gran travesía.*

### **MADELEINE**

*Este trabajo lo dedico primeramente a Dios, por brindarme sabiduría.*

*A mis padres por su constante apoyo y guía durante toda mi vida.*

*A mi hermana por su ejemplo a superarme cada día, sus consejos y su apoyo constante.*

*A mis hermanos por su motivación durante el proceso.*

*A Madeleine por ser una gran compañera de trabajo y por su gran apoyo a lo largo del proyecto.*

*A mi excepcional profesora Paula Sepúlveda por su guía, por su tiempo y por todo ese conocimiento brindado.*

*A mis compañeros y amigos que de una u otra manera aportaron para lograr esta meta.*

### **FERNEY**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Magdalena por la financiación del proyecto.

A nuestra estimada profesora Paula Sepúlveda por el acompañamiento, apoyo y enseñanzas brindadas.

A la doctora Claudia da Silva por su asesoría en la fase final del proyecto.

A Daniel Alvarado por su ayuda y asesoría en la fase metodológica del proyecto.

A todas las personas que nos apoyaron y motivaron para la culminación de este proyecto.

## Resumen

Los agroecosistemas palmeros son uno de los monocultivos más explotados en Colombia, especialmente en el departamento del Magdalena. El cambio climático, la contaminación medioambiental y la acción antropogénica representan una gran amenaza para las abejas en todo el mundo. Por tal razón, se propuso una investigación para reconocer la flora polinífera recolectada por *Ceratina* spp. en agroecosistemas palmeros de Fundación, Retén y Aracataca, para promover la restauración de hábitats amigables con los polinizadores que incluyan el suministro de flores dentro o alrededor del cultivo de la palma. Por eso, se realizó un análisis palinológico de las cargas recolectadas por *Ceratina* spp. en nueve fincas palmeras durante ocho meses. Con base en los resultados, se determinó la frecuencia y dominancia de los distintos tipos polínicos, además se realizaron redes de interacción abeja-planta a partir de la frecuencia y abundancia acumulada. Se registraron 74 tipos polínicos distribuidos en 31 familias de plantas, de ellas, las familias más diversas fueron Fabaceae y Malvaceae con 11 y 10 tipos polínicos respectivamente. Las especies más frecuentes y dominantes para *Ceratina* spp. fueron *Cucurbita maxima*, *Spilanthes urens* y *Momordica charantia*. Esta investigación representa un aporte significativo a la flora polinífera recolectada por *Ceratina* spp. y un llamado al manejo racional de las plantas que constituyen una importante fuente de alimento para la conservación de estas especies de abejas.

**Palabras claves:** Análisis palinológico, *Ceratina*, flora apícola, abejas carpinteras, alimento.

## **ABSTRACT**

Palm agroecosystems are one of the most exploited monocultures in Colombia, especially in the Magdalena department. Climate change, environmental pollution and anthropogenic action represent a great threat to bees throughout the world. For this reason, a research was proposed to recognize the polyniferous flora collected by *Ceratina* spp. in palm agroecosystems of Fundación, Retén and Aracataca, and to promote the restoration of pollinator-friendly habitats that include the supply of flowers in or around palm crops. A palynological analysis of the loads collected by *Ceratina* spp. was carried out in nine palm farms for eight months. Based on the results, the frequency and dominance of the different pollen types were determined, in addition, bee-plant interaction networks were made from the accumulated frequency and abundance. There were 74 pollen types distributed in 31 plant families, of which the most diverse families were Fabaceae and Malvaceae with 11 and 10 pollen types, respectively. The species most frequently utilized by *Ceratina* spp. were *Cucurbita maxima*, *Spilanthes urens* and *Momordica charantia*. This research represents a significant contribution to the polyniferous flora collected by *Ceratina* spp. and a call for the rational management of plants that constitute an important food source to conserve these bee species.

**Keywords:** Palynological analysis, *Ceratina*, bee flora, carpenter bees, food.

# Contenido

<b>Pág.</b>	
<b>Resumen</b>	<b>VI</b>
<b>Contenido</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de tablas</b>	<b>X</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>4</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Análisis de las cargas polínicas de <i>Ceratina</i> spp. en agroecosistemas palmeros.</b>	<b>5</b>
1.1 Materiales y métodos .....	8
1.1.1 Área de estudio .....	8
1.1.2 Procesamiento y montaje de muestras.....	9
1.1.3 Identificación y conteo de tipos polínicos .....	11
1.1.4 Análisis de cargas.....	11
1.2 Resultados y discusión.....	13
1.2.1 Diversidad de abejas y sus cargas polínicas.....	13
1.2.2 Interacción planta-abeja.....	17
1.2.3 Hábito y origen de las especies de plantas .....	22
1.2.4 Preferencias de color .....	22
1.2.4 Redes de interacción .....	32
Conclusiones y recomendaciones.....	36
<b>A. Anexo: Fotomicrografías de tipos polínicos destacados.</b> .....	<b>37</b>
Referencias bibliográficas .....	39

---

# Lista de figuras

**Pág.**

<b>Figura 1.</b> Localización geográfica de las nueve fincas muestreadas.....	<b>9</b>
<b>Figura 2.</b> Representación gráfica del polen de abejas en las placas.....	<b>10</b>
<b>Figura 3.</b> Cantidad de tipos polínicos y especies de abejas del género <i>Ceratina</i> encontrados en ocho fincas de palma en el departamento del Magdalena.....	<b>14</b>
<b>Figura 4.</b> Diversidad encontrada de especies de plantas por familia botánica....	<b>15</b>
<b>Figura 5.</b> Diagrama de redes de interacción abeja-planta elaborada a partir de la frecuencia de tipos polínicos en cargas polínicas recolectadas de abejas.....	<b>33</b>
<b>Figura 6.</b> Diagrama de redes de interacción planta-abeja a partir de la abundancia acumulada.....	<b>35</b>
<b>Figura 7. A-C.</b> Cucurbitaceae: <i>Momordica charantia</i> , <i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita</i> sp., <b>D.</b> Asteraceae: <i>Spilanthes urens</i> , <b>E.</b> Arecaceae: <i>Elaeis guineensis</i> , <b>F-I.</b> Malvaceae: <i>Sida acuta</i> , <i>Sida rhombifolia</i> , <i>Sida jamaicensis</i> , <i>Corchorus</i> sp., <b>J.</b> Gesneriaceae: <i>Episcia cupreata</i> , <b>K.</b> Rubiaceae: <i>Mitracarpus hirtus</i> , <b>L.</b> Euphorbiaceae: <i>Euphorbia hirta</i> .....	<b>37</b>

# Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Número de tipos polínicos por especie de abeja muestreada.....	<b>15</b>
<b>Tabla 2.</b> Listado de especies de plantas encontradas en las cargas polínicas de las abejas en las 8 fincas y su frecuencia de ocurrencia.....	<b>19</b>
<b>Tabla 3.</b> Listado de especies de abejas analizadas y dominancia de los tipos polínicos hallados en sus cargas.....	<b>22</b>

---

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>D</b>	polen dominante
<b>M</b>	polen menos importante
<b>m</b>	polen menor
<b>S</b>	polen secundario
<b>+</b>	polen presente



## Introducción

Las abejas pertenecen al orden Hymenoptera, suborden Apocrita, caracterizado por “la cintura de avispa”, infraorden Aculeata, superfamilia Apoidea (Michener, 2007; Ornos & Ortiz-Sánchez, 2004); y a la familia Apidae, que se diferencia de otras familias de abejas por tener los palpos labiales con los primeros dos segmentos más largos, el labro con los ángulos basolaterales poco desarrollados, articulación con el clípeo más estrecha que la amplitud del labro; ala anterior con dos o tres celdas submarginales y escopa (cuando está presente) en la pata posterior (Michener, 2007); además es distinguida por la presencia de pilosidad en su cuerpo lo que contribuye significativamente al transporte de polen (Tellez-Farfan & Posada-Florez, 2013). También se caracterizan por construir sus nidos en el suelo, árboles y maderas de construcciones, pudiendo llegar a ser desde solitarias hasta eusociales (Miranda et al., 2014). Son un grupo abundante y diverso, el cual cuenta con aproximadamente 16.000 especies descritas, de las 25.000 a 30.000 que se estiman en total (Engel, 2000, 2001; González et al., 2005; Michener, 2000, 2007; Vélez-Ruiz & Dakota, 2011).

Según Fernández, (1995) el número de especies registradas en Colombia era 366 spp. Posteriormente Smith-Pardo, (2003) reportó 466 especies, y recientemente se estiman unas 604 especies identificadas, lo cual corresponde a alrededor del 80% de los géneros de abejas presentes en el país (Vélez-Ruiz, 2009).

Las abejas son muy importantes debido a que constituyen el grupo con mayor número de agentes polinizadores de plantas utilizadas para la alimentación del hombre en los agroecosistemas (Pantoja & Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación sostenible, 2014). Además, polinizan una gran cantidad de plantas en los ecosistemas terrestres naturales. Michener, (2007) mencionó que las plantas que se encuentran en áreas bajo condiciones de aridez son polinizadas por abejas, cuya preservación puede mitigar problemas de erosión y así mismo proveer alimento y cobertura para la vida silvestre. Por consiguiente, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ejecuta diversas actividades encaminadas a realizar prácticas

que le sean favorables a los polinizadores, las cuales han sido acogidas principalmente para la protección de la abeja de la miel *Apis mellifera*, pero hay grandes vacíos en cuanto a los requerimientos para la conservación de otras especies de abejas.

Una de las herramientas útiles para diseñar programas para la preservación de las abejas es el análisis de cargas polínicas, que consiste en realizar un análisis comparativo del polen encontrado en el cuerpo de las abejas y el producido por las plantas, con el fin de identificar la flora que prefieren las abejas para su alimentación (Méndez et al., 2018).

Distintos estudios se han centrado en el análisis de cargas polínicas, en especial de *A. mellifera*, de la cual se utilizan varios recursos para la industria y la alimentación humana. Por ejemplo, Hatsue Modro et al., (2011) identificaron el origen de las cargas polínicas recolectadas por *A. mellifera* durante las cuatro estaciones climáticas del año en Piracicaba, Brasil. Así mismo, Sayas & Huamán, (2009) caracterizaron la flora polinífera del Valle de Oxampa en Pasco, Perú para plantear estrategias de conservación de las diferentes especies poliníferas que permitieran aumentar la producción apícola del país. También, Burgos et al., (2015) y Faye et al., (2002) realizaron análisis polínicos de cargas corbiculares en Argentina, e Hidalgo et al., (1990) y Montero & Tormo, (1993) en España. Para el caso de Colombia, y en particular del Magdalena, los trabajos se han concentrado en evaluar y monitorear el polen presente en las mieles de *A. mellifera* (Castrillón & Palmera, 2014; Montoya-Pfeiffer et al., 2014).

Pocos son los estudios elaborados para otras especies de abejas, sin embargo; Ribeiro et al., (2008) analizaron las cargas polínicas de abejas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* en Brasil; para Colombia, Tobar-L. et al., (2001) en lepidópteros de Quindío. Aguilar & Smith, (2008) analizaron las cargas polínicas de las abejas visitantes de *Mimosa pigra* y *Aspilia tenella* en Antioquia y así mismo Sepúlveda-Cano, (2013) en el cultivo de papa.

La disminución de la población de polinizadores en todo el mundo y, a consecuencia de ella, el déficit de polinización y la caída de la producción de frutas y semillas es un problema creciente que requiere atención especial tanto de la comunidad científica como de los responsables políticos (Yamamoto et al., 2014). Debido a que, el mantenimiento de los servicios de polinización en los ecosistemas agrícolas está relacionado con la seguridad

alimentaria y la sostenibilidad económica a través de la productividad de los cultivos y el funcionamiento de los ecosistemas (FAO, 2008).

La acción combinada del cambio climático y del hombre a través de la agricultura intensiva, los monocultivos, el uso de pesticidas, la deforestación y la contaminación medioambiental han traído consigo serias consecuencias a la diversidad de especies de abejas polinizadoras que son indispensables para la producción agrícola (Rech et al., 2014) y el mantenimiento de las comunidades vegetales en los ecosistemas naturales (Michener, 2007). Por esta razón, se han realizado algunos estudios que permiten comprender la influencia de estas acciones sobre las abejas polinizadoras. Sin embargo, muy poco se menciona acerca del impacto negativo que genera la eliminación de malezas en la disminución de los agentes polinizadores en los cultivos (Nicholls & Altieri, 2013). Por tal razón, resulta necesario reconocer las especies de plantas de las cuales se alimentan los agentes polinizadores para cada zona o agroecosistema.

Por todo lo expuesto anteriormente se propuso un trabajo que permita aportar al conocimiento de la flora importante para abejas del género *Ceratina* en agroecosistemas palmeros de Fundación, Retén y Aracataca, con el fin de promover la conservación de este género de abejas. Debido a que, es uno de los géneros más diversos en Santa Marta, (Palmera-Castrillón et al., 2019) y, aun así, uno de los menos estudiados; se desconoce su biología, las relaciones con factores bióticos y abióticos, y el rol que tienen en los ecosistemas.

## Objetivo general

Aportar al conocimiento de la flora con potencial polinífero/nectarífero importante para abejas del género *Ceratina* en agroecosistemas palmeros de Fundación, Retén y Aracataca.

## Objetivos específicos

- Analizar las cargas polínicas de las especies del género *Ceratina* provenientes de fincas palmeras, apoyados en una palinoteca de referencia.
- Determinar la frecuencia del polen recolectado en *Ceratina* spp.

# 1. Análisis de las cargas polínicas de *Ceratina* spp. en agroecosistemas palmeros.

Colombia es el principal productor de palma de aceite en América y el cuarto a nivel mundial (Fedepalma, s.f). Este cultivo se encuentra en 20 departamentos del país, con un área sembrada de 531.000 hectáreas (Fedepalma, 2019). El departamento del Magdalena tiene 41.809 hectáreas sembradas (Agronet, 2018), lo cual indica su contribución al desarrollo económico del departamento a través de la generación de empleos.

La importancia de la palma de aceite radica en que constituye un producto alimenticio básico. Además, del valor que le concierne como sustituto de combustibles fósiles en los sectores industriales y la cantidad de mano de obra que ocupa tanto en su fase de campo, como en su fase productiva o de industrialización, proporcionando fuentes de empleo para los pobladores cercanos al cultivo (WWF, 2009). Además, el sector palmero en Colombia se ha diferenciado de otros sectores debido a los proyectos que se vienen llevando a cabo para desarrollar una agroindustria sostenible que permita cerrar las brechas ambientales considerando elementos tales como la biodiversidad, las fuentes hídricas, los corredores biológicos y los servicios ecosistémicos, como la polinización, que son de uso general de la población (Fedepalma, 2018). Por lo tanto, la polinización brinda al ser humano economía por medio de la reproducción sexual de los cultivos bien sean de subsistencia o de mercado, disminución del deterioro del suelo con la presencia de plantas silvestres que retienen humedad e impiden la erosión gracias a la agregación y cobertura de este, la conservación de la diversidad dentro de los ecosistemas naturales y agrícolas, etc. (Klein et al., 2007).

La palma posee inflorescencias unisexuales, es decir, una misma planta produce flores masculinas y femeninas por separado. El polen de la palma es rico en almidón lo cual es fuente de alimento y un tipo de recompensa para los polinizadores potenciales como lo son los coleópteros de la familia Curculionidae; principalmente *Mystrops costaricensis*, *Elaidobius subvittatus* y *Elaidobius kamerunicus* (Prada, 1998).

Sobre la polinización, no solo en el cultivo de palma, sino de las plantas silvestres que la acompañan en campo, se debe decir que los granos de polen representan una generación adicional en las plantas de semillas y el gametofito masculino altamente reducido. Por lo tanto, los granos de polen no son simplemente partes de una planta, sino que son la contraparte haploide del cuerpo diploide como lo vemos en la naturaleza. Durante el transporte se separan por completo de la planta parental y transfieren el material genético masculino hacia las partes femeninas de la flor (Hesse, 2009), proceso en el cual muchas veces intervienen vectores como los insectos quienes transportan sus cargas polínicas (Michener, 2007).

En el caso de las abejas, una carga polínica es originada a partir del polen que la abeja se impregna de la flor en la cual forrajea (visita para recolectar recursos). Posteriormente lo va recogiendo y aglutinando en las patas posteriores en la corbícula o en el caso de las abejas que no tienen se impregna en las escopas, las cuales son grupos densos de pelos ramificados presentes en las patas posteriores, abdomen o a los lados del propodeo (Michener, 2007). Durante la visita de las abejas a las flores, ellas usan el néctar de la planta, en el caso sea nectarífera, o si no lo es, empaqueta el polen con ayuda del néctar que contiene en el buche (Montero & Tormo, 1993).

Dentro de las abejas, grupo que tiene cerca de 20.077 especies descritas en el mundo (Potts et al., 2016), *Ceratina* es un género de abejas comúnmente conocido como abejas carpinteras. Este género se encuentra ampliamente distribuido en muchos biomas, incluyendo las zonas áridas (Rehan et al., 2010; Rehan & Schwarz, 2015). *Ceratina* comprende 380 especies registradas como válidas en el mundo (ITIS, 2020). El género *Ceratina* taxonómicamente se ubica dentro de la familia Apidae, subfamilia Xylocopinae, tribu Ceratinini, (Michener, 2007; Molina, 1978). Las especies de *Ceratina* se caracterizan por poseer clípeo con márgenes laterales fuertemente cóncavos, mandíbula amplia en la base y abruptamente estrechada medialmente; hembras carecen completamente de fimbria pigidial y la parte basal del S2 y frecuentemente del S3 con un área semilunar llamada placa de cera (Michener, 2007); también algunas especies de este género son de colores metálicos azul, verde u oro) (Eardley & Daly, 2007). Anteriormente se consideraba que este género era en su mayoría solitario, con algunas especies socialmente facultativas y la posible atención neoparental (Lewis & Richards, 2017). Estudios de laboratorio

realizados por Sakagami & Maeta (1977, 1984, 1987) en los que se indujo comportamiento aloparental, se interpretó que *Ceratina* era ancestralmente solitaria; sin embargo, luego del estudio conductual de varias especies, se cree que *Ceratina* es ancestralmente social (Rehan et al., 2012).

Generalmente, las especies de este género construyen sus nidos en ramas huecas o podridas (Genaro, 1998). Sin embargo, algunas anidan en una gran variedad de plantas, así como en el tallo de malezas en ecosistemas tanto agrícolas como urbanos (Dew et al., 2019). Además, se descubrió que las ceratinas son visitantes de muchas especies de plantas con flores, por eso, se les considera que tienen un hábito poliléctico (Udayakumar & Shivalingaswamy, 2019).

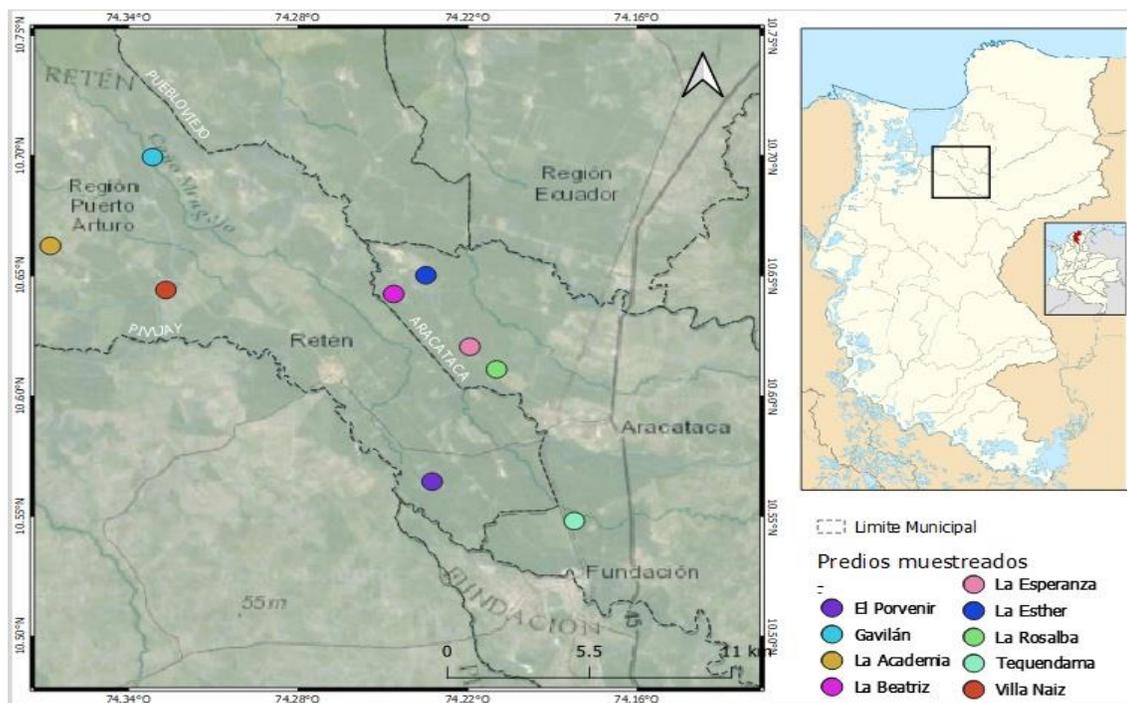
Las abejas del género *Ceratina* al ser especies nativas y con gran diversidad, garantizan que haya polinización de plantas silvestres y cultivadas en la época donde hay una reducción de las poblaciones de abejas manteniendo así la biodiversidad y el potencial genético dentro de los ecosistemas; además de conservar el sostenimiento de la producción de alimentos (Kremen et al, 2002). Dada la importancia de este género de abejas y los pocos pero valiosos estudios que se han realizado en cuanto a sus hábitos, se realizó el siguiente trabajo con la finalidad de permitir el conocimiento de sus preferencias alimenticias, a través del análisis de cargas polínicas dentro de un agroecosistema palmero, para así, conseguir diseñar arreglos espaciales que favorezcan el mantenimiento y desarrollo de estas abejas, y así mismo, la restauración de hábitats amigables con los polinizadores que incluyan el suministro de flores dentro o alrededor de los cultivos de palma.

## 1.1 Materiales y métodos

### 1.1.1 Área de estudio

Este estudio se realizó a partir de las abejas recolectadas en el proyecto “Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: apiformes) y flora apícola en agroecosistemas palmeros de la zona norte de Colombia” durante ocho meses entre los años 2016 y 2017, realizado por investigadores de la Universidad del Magdalena en fincas palmeras orgánicas ubicadas en el departamento del Magdalena. Para la recolección, se realizó un muestreo mensual en cada finca por lote, seleccionando dos transectos de 400 m de largo por 10 m de ancho. El primer transecto se trazó al interior del cultivo y el segundo en el borde del cultivo que incluyó rastrojos, bosques y otras formaciones vegetales. En cada transecto se recolectaron las abejas con redes entomológicas y un aspirador manual de manera individual en tubos Eppendorf con alcohol al 75%, haciendo el recorrido una vez por día entre las 7:00 y 11:00 am. Para la toma de datos se seleccionaron todas las muestras de las abejas pertenecientes al género *Ceratina* provenientes de nueve fincas productoras de palma de aceite en Aracataca (Fincas La Esther, Porvenir, La Beatriz, La Esperanza y La Rosalba), en Retén (Fincas Villa Naiz, Gavilán y La Academia) y en Fundación (C.I. Tequendama) (Figura 1).

**Figura 1.** Localización geográfica de las nueve fincas muestreadas.



### 1.1.2 Procesamiento y montaje de muestras

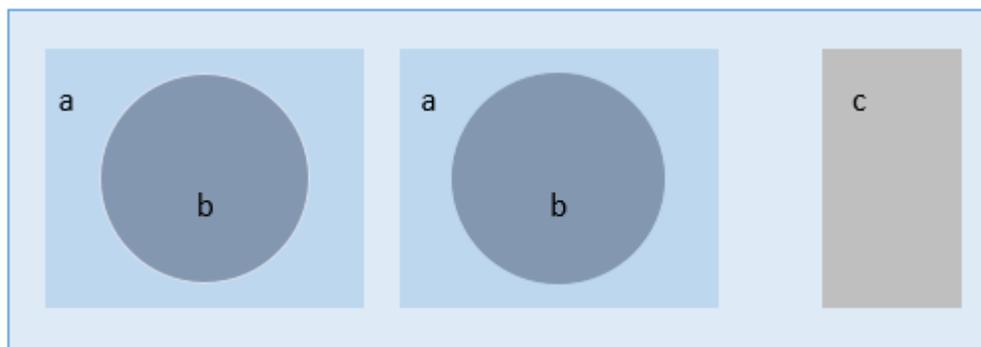
De las ceratinas recolectadas se desprendieron los granos de polen que se encontraban adheridos a su cuerpo, principalmente de las patas posteriores y la escopa. Con el fin de identificar cada tipo polínico, los granos fueron sometidos a un proceso conocido como digestión en KOH, debido a que al momento de realizar el procesamiento del polen no se contaban con los espacios adecuados para realizar una acetólisis. El proceso se describe a continuación utilizado por Sepúlveda-Cano (2013):

- Centrifugación de los granos de polen en alcohol al 70% por 5 minutos a 3000 rpm. Decantar
- Agregar agua destilada al tubo, centrifugar por 5 minutos a 3000 rpm, Decantar.

- c. Aclaramiento adicionando hidróxido de potasio al 10%. Calentar al baño de maría durante 10 minutos, luego agitar y calentar 5 minutos más. Centrifugar 5 minutos a 3000 rpm. Decantar.
- d. Lavado adicionando agua destilada y dos gotas de alcohol etílico absoluto. Centrifugar 5 minutos a 3000 rpm. Decantar
- e. Repetir el paso d.
- f. Agregar agua glicerinada y calentar al baño de maría durante 10 minutos. Centrifugar durante 5 minutos a 3000 rpm. Decantar.
- g. Extraer el polen del tubo para obtener las muestras para las placas.

Al finalizar este proceso, se decantó el líquido sobrante y se tomó la muestra del polen con una micropipeta de 10 microlitros, luego, se distribuyó en dos portaobjetos con dos campos visuales cada uno (es decir, cuatro campos visuales por cada individuo). Previamente, se prepararon los portaobjetos con una pequeña pieza de gelatina glicerinada y un aro de parafina para sellar la placa. Finalmente, se utilizó una plancha de calentamiento para derretir la parafina y se colocó un cubreobjetos (Figura 2).

**Figura 2.** Representación gráfica del polen de abejas en las placas: a) sello de parafina, b) muestra, c) rótulo.



---

### 1.1.3 Identificación y conteo de tipos polínicos

Se observaron las placas en el microscopio óptico con objetivo 100x para identificar los tipos polínicos por comparación visual con una palinoteca de referencia de la zona palmera del norte del Magdalena realizada por González Maldonado & Tejeda Rico (2018) que se encuentra depositada en el Centro de Colecciones Biológicas de la Universidad del Magdalena y apoyados en la Red de Catálogos Polínicos Online – RCPol. Luego de identificados los tipos polínicos, se examinaron detalladamente las placas en tres transectos para cada campo visual en objetivo 40x. En cada transecto se realizó un conteo de los granos encontrados por tipo polínico con ayuda de un contador manual. Cuando la cantidad de granos de polen total en los tres transectos fue menor de 400 granos, se observó todo el campo visual.

### 1.1.4 Análisis de cargas

Se determinó la frecuencia de cada tipo de polen por especie de *Ceratina* según la propuesta de Louveaux et al., (1978) denominándose como: polen predominante (>45%), polen secundario (16-45%), polen menos importante (3-15%), polen menor (1-3%) y (+ <1) polen presente. Además, se calculó la frecuencia de ocurrencia de cada especie de planta en el total de las cargas de todas las especies de *Ceratina* evaluadas, clasificándolas como plantas muy frecuentes (MF) (>50%), frecuentes (F) (20-50%), poco frecuentes (PF) (3-15%) y raras (R) (<10%) según la propuesta de Jones & Bryant (1996).

También se realizaron dos gráficos de redes de interacción entre las especies de *Ceratina* y la flora polinífera asociada, con base en las variables frecuencia de ocurrencia y la abundancia acumulada de cada tipo polínico. Para esto, se utilizó el programa R (R Core Team, 2015) con el paquete estadístico bipartite; siguiendo el siguiente script:

```
choose.files()
tesis <- read.table("C:\\Users\\GALEANO1\\Documents\\final.txt", row.names = 1)
plotweb(tesis)
tesis2 <- sortweb(tesis)
plotweb(tesis2, method = "normal")
```

## 12 Análisis de las cargas polínicas de *Ceratina* spp. en agroecosistemas palmeros

---

```
plotweb(tesis2, method="normal", text.rot="90", labsize=1.0, col.low="deepskyblue4",  
col.high="lightgreen", col.interaction="cyan")
```

---

## 1.2 Resultados y discusión

### 1.2.1 Diversidad de abejas y sus cargas polínicas

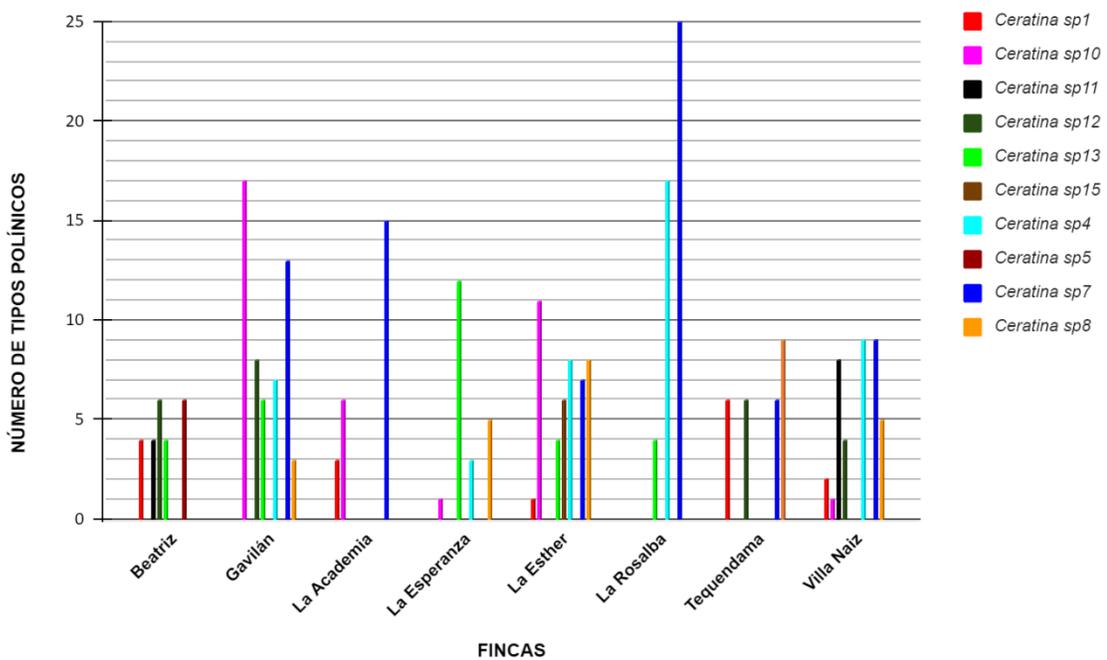
Las morfotipos de las ceratinas estudiados se tomaron del trabajo previo “Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: apiformes) y flora apícola en agroecosistemas palmeros de la zona norte de Colombia”; de los cuales hubo cinco que no presentaron cargas de polen en las placas montadas por lo que no se incluyeron en este trabajo.

Durante el proyecto se recolectaron las especies de *Ceratina* en nueve fincas palmeras, de las cuales, las muestras tomadas en la finca El Porvenir no presentaron cargas de polen. En las ocho fincas restantes, se determinaron y evaluaron 93 muestras de cargas polínicas de 10 especies de *Ceratina*, de las cuales, una no presentó ningún tipo de polen, por lo tanto, se evaluaron 92 cargas polínicas en total para las 10 especies (Tabla 1). En el análisis se registraron 74 tipos polínicos distribuidos en 31 familias de plantas, de los cuales 57 fueron identificados a especie, 14 a género y tres no lograron ser identificados. Es importante destacar, que la finca con mayor abundancia de tipos polínicos en las cargas de las especies de *Ceratina* fue la Rosalba (Figura 3), a pesar de no ser la finca con mayor diversidad de ceratinas recolectadas. Teniendo en cuenta que el presente estudio se realizó a partir de muestras depositadas en el laboratorio de entomología de la Universidad del Magdalena y que Sepúlveda-Cano (2017) en su informe sobre la zona de estudio no cuenta con variables de estructura vegetal, ecológica o de otro tipo, no es posible determinar el porqué de estas diferencias frente a otros predios.

Por otra parte, si bien no era un objetivo de este trabajo, en cuanto a la distribución y abundancia de las abejas del género *Ceratina* en las fincas evaluadas, se puede resaltar la presencia de *Ceratina* sp7 y *Ceratina* sp4 en seis y cinco de las ocho fincas muestreadas respectivamente. Las fincas con mayor número de especies de abejas recolectadas fueron La Esther y Villa Naíz con un total de siete especies de abejas cada una (Figura 3). Debido a que son muchas las variables que interfieren en la diversidad de cada grupo de abejas (Donkersley, 2021), es importante incorporar análisis de flora, de calidad de suelos, entre otros, que permitan entender estos cambios en las comunidades de ceratinas en las diferentes fincas. Todos los especímenes están depositados en el Centro de Colecciones

Biológicas de la Universidad del Magdalena -CBUMAG- y se espera que en un futuro otros investigadores adelanten trabajos taxonómicos de revisión de este género para Colombia y así se pueda contar con la identificación a nivel específico de todo el material.

**Figura 3.** Cantidad de tipos polínicos y especies de abejas del género *Ceratina* encontrados en ocho fincas de palma en el departamento del Magdalena.



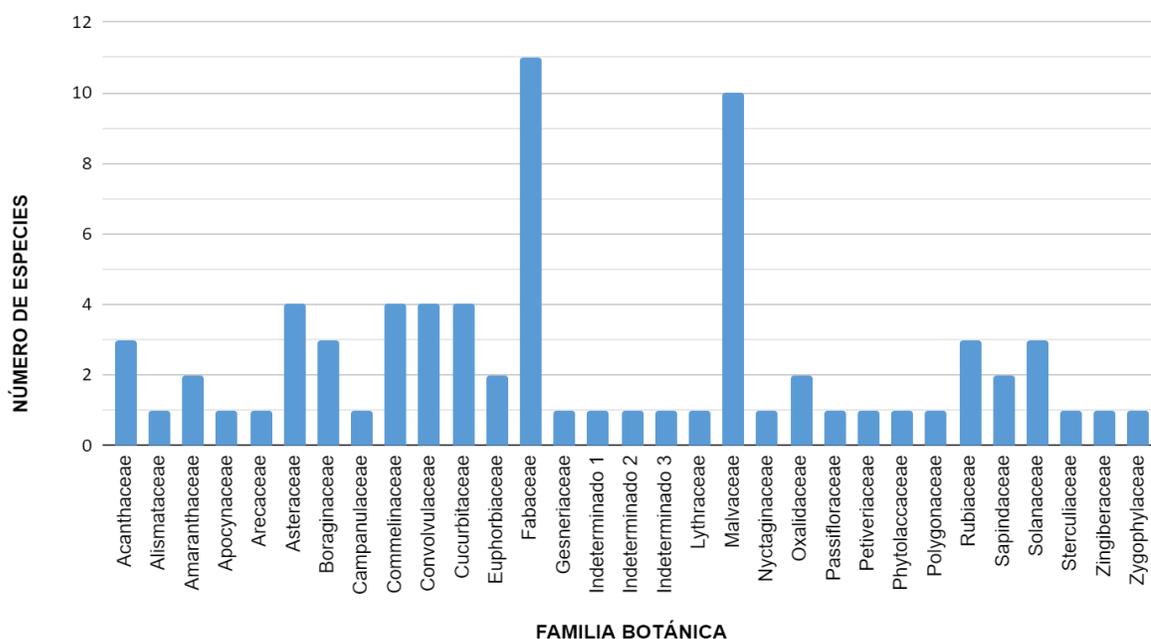
En la Tabla 1 se observa que *Ceratina* sp7 fue la especie que utilizó un mayor número de tipos polínicos para su dieta, llegando incluso a visitar a más del 50% del total de especies de plantas disponibles en estos predios, según inventarios de flora que se realizaron en los mismos transectos por González & Tejada (2018). Este resultado se encuentra directamente relacionado con la aparición de *Ceratina* sp7 en todos los meses de muestreo, por ende, se evaluó un mayor número de individuos como se observa en la Figura 3. Esto mismo ocurrió con *Ceratina* sp4 y *Ceratina* sp10, a pesar de que no aparecieron en todos los meses de muestreo, se recolectó una gran cantidad de individuos que incluyeron 29 y 28 tipos polínicos diferentes respectivamente. Por lo anterior, se

deduce que el número de tipos polínicos tuvo una relación directa con el número de especímenes de abejas muestreadas.

**Tabla 1.** Número de tipos polínicos registrados en diez especies de *Ceratina* en agroecosistemas palmeros del departamento del Magdalena.

ESPECIE	ABREVIACIÓN	NÚMERO DE TIPOS POLÍNICOS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>Ceratina</i> sp1	Cersp1	13	5
<i>Ceratina</i> sp4	Cersp4	29	16
<i>Ceratina</i> sp5	Cersp5	6	1
<i>Ceratina</i> sp7	Cersp7	45	33
<i>Ceratina</i> sp8	Cersp8	21	9
<i>Ceratina</i> sp10	Cersp10	28	12
<i>Ceratina</i> sp11	Cersp11	10	3
<i>Ceratina</i> sp12	Cersp12	19	4
<i>Ceratina</i> sp13	Cersp13	21	8
<i>Ceratina</i> sp15	Cersp15	6	1

**Figura 4.** Diversidad encontrada de especies de plantas por familia botánica.



En la Figura 4 se observan las familias de plantas que fueron utilizadas para obtener recursos por parte de *Ceratina* spp. en las plantaciones de palma evaluadas. La familia Fabaceae fue la más diversa (11 especies), lo que coincide con diversos estudios que han registrado que la familia Fabaceae es una de las más diversas e importantes para la alimentación de distintas especies de abejas (Bogotá et al., 2001; Nates-Parra et al., 2013; Salgado & Pire, 1998). Por ejemplo, Pinilla-Gallego et al., (2015) evaluaron la diversidad de visitantes del género *Xylocopa* para una zona productora de pasifloras en Colombia, encontraron que *Xylocopa nasica* prefirió frecuentar plantas pertenecientes a la familia Fabaceae porque generalmente le proporciona polen y néctar. Así mismo Burgos et al. (2015) encontraron que las familias botánicas que más se destacaron como recurso polinífero para *A. mellifera* en Argentina fueron Fabaceae y Asteraceae. En concordancia, Méndez et al., (2018) hallaron los mismos resultados en un bosque subtropical del noroeste de Argentina.

La familia Malvaceae fue la segunda más diversa; resultados similares encontraron Ramírez-Arriaga et al., (2011) en un estudio melisopolinológico en el que determinaron las principales fuentes explotadas por *A. mellifera* en México y registraron que la familia más diversa en las muestras de miel analizadas fue Fabaceae con 14 tipos polínicos, seguida de Malvaceae con seis tipos polínicos. Otros estudios también documentan la importancia apícola que tiene la familia Malvaceae (León-Bonilla, 2014; Nates-Parra et al., 2013; Principal et al., 2012; Ramírez-Arriaga et al., 2011).

Otras de las familias más diversas fueron Asteraceae, Commelinaceae, Convolvulaceae y Cucurbitaceae, con cuatro especies cada una. La familia Asteraceae mostró gran importancia en un estudio realizado por Carabali-Banguero et al., (2020) en el cual se evidenció que esta familia es una de las más diversas y la más frecuentada por la entomofauna presente en un cultivo de aguacate Hass, lo que se debe posiblemente a que producen en su mayoría tanto néctar como polen.

Muchas de estas familias botánicas que están representadas en las cargas polínicas de las diferentes especies de *Ceratina* en el presente estudio, también han sido sugeridas como flora nectarífera para la conservación de enemigos naturales en cultivos de palma

---

(Cenipalma, 2018), lo que fortalece la importancia de conservar algunas de estas especies en el cultivo.

Este trabajo, es uno de los primeros en registrar la importancia de estas familias botánicas en la dieta de *Ceratina* spp. para Colombia; a pesar de que Aguilar & Smith (2008) registraron *Ceratina placida* como visitante frecuente de *Aspilia tenella* en Medellín y Flórez-Gómez et al., 2020 en Santa Marta situaron cuatro especies de *Ceratina* dentro de las redes de interacción halladas en época lluviosa y seca.

### 1.2.2 Interacción planta-abeja

En promedio se encontraron 19,8 tipos polínicos por especie de abeja. En la Tabla 2 se observa un listado de las especies de plantas identificadas en las cargas polínicas de *Ceratina* spp. y su respectiva frecuencia de ocurrencia según el porcentaje de tipos polínicos encontrados sobre el total de las cargas polínicas en las ocho fincas evaluadas.

*Spilanthes urens* fue una de las especies más frecuentes en las cargas de *Ceratina* spp. Son pocos los estudios realizados para esta especie botánica y para la zona, el único registro es de Alvarado et al., (2020), quien documenta en un predio cercano la importancia de esta planta para varias especies de abejas. Además, en un estudio realizado por Abugarade, (2019) en Guatemala, encontró cargas de *Spilanthes* sp. en distintas especies de abejas, dentro de ellas: *A. mellifera*, *Augochlora* sp., *Ceratina* sp., *Pseudopanurgus crenulatus*, *Hylaeus* sp., *Lasioglossum* sp., *Megachile* sp., *Neocorynura pubescens*, *Paratrigona guatemalensis*, *Scaptotrigona mexicana*, *Trigona fulviventris* y *Trigona nigerrima*. Así mismo, Barrios (2017) registró que *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp. y *Melipona favosa* tenían cargas de *S. urens*. Esta especie de planta tiene un rápido crecimiento, resistencia a estrés abiótico y su período de floración dura todo el año (Sousa et al., 2017), por lo tanto, se considera como una fuente permanente de recursos alimenticios tanto para *Ceratina* spp. como para otras especies de abejas.

Otras de las especies de mayor frecuencia fue *Sida acuta*. Este resultado puede estar asociado a su aporte adicional de néctar. Numerosos estudios han demostrado que *S. acuta* constituye una de las principales fuentes alimenticias para *A. mellifera*, debido a su aporte de néctar como el principal componente de la miel y su aporte proteico a través del

polen (Akunne et al., 2016; Páez-Rodríguez, 1998; Rodríguez et al., 2017; Stephen-Lobo, 1999) y se ha sugerido como flora nectarífera para enemigos naturales en cultivos de palma (Aldana et al., 2004). Sin embargo, esta planta es considerada como maleza dentro de los agroecosistemas palmeros (Ariza & Almanza-Merchán, 2012; Cantuca et al., 2001), por lo que debe evaluarse la manera en que se pueda ofrecer el recurso para las abejas sin ir en detrimento de la actividad productiva. En este sentido, las franjas de flora nectarífera en los bordes de los cultivos ha sido una propuesta evaluada en diferentes ambientes como, por ejemplo, Campbell et al., (2017) y Falta et al., (2010) en huertos de manzana, Azpiazu et al., (2020) en cultivos de melón en España y Gladcaia et al., (2015) en cultivos de tomate en Europa oriental y podría explorarse para la región Caribe colombiana.

En cuanto a *Momordica charantia*, otra de las plantas encontradas con mayor frecuencia en las cargas de *Ceratina* spp. en el presente estudio, se ha documentado que es una especie nectarífera, lo cual constituye un recurso importante, debido a que aporta aproximadamente el 80% de los requerimientos de azúcar de sus polinizadores (García García et al., 2016). Además, la cantidad de néctar producido durante la antesis no es constante (Téllez, 2018) y favorece a que las especies de *Ceratina* no se mantengan en una misma flor, sino que se vean obligadas a forrajear en otra flor u otro individuo. Por otra parte, estudios recientes de visitantes florales de *M. charantia* mostraron que el orden Hymenoptera fue el más abundante, con la participación de *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona favosa* y varias especies de los géneros *Trigona*, *Augochlora*, *Augochloropsis*, entre otros (Téllez, 2018). Todo esto demuestra que *M. charantia* podría ser importante como flora apícola, sin embargo, al igual que *S. acuta*, es una especie naturalizada que se ha comportado como arvense dentro de los agroecosistemas palmeros (Ariza & Almanza-Merchán, 2012), por lo tanto, requiere un manejo agronómico que favorezca su conservación y así mismo, garantice un control en la población, de modo que no resulte perjudicial para el cultivo de palma.

Finalmente, de los hallazgos sobre la frecuencia de tipos polínicos en las cargas de abejas del género *Ceratina* en agroecosistemas palmeros, vale la pena destacar a *Cucurbita maxima*, una planta que fue estudiada por Passarelli (2002), encontrando que las flores se

abren apenas aclara el día y así mismo, que la dehiscencia extrorsa de sus anteras expone el polen antes de la abertura de las flores, lo cual facilita el forrajeo para los visitantes florales. Otra característica importante es el olor que liberan las flores principalmente en horas de la mañana, la cual coincide con las horas de recolección de las muestras que se examinaron en esta investigación. Ese estudio demostró, además, que los visitantes florales son atraídos por el color amarillo intenso de la corola. Por otra parte, esta planta ofrece recursos nectaríferos a sus visitantes florales y polinizadores efectivos como las abejas de los géneros *Peponapis* y *Xenoglossa* (Ashworth & Galetto, 2001) y *A. mellifera* (Nicodemo et al., 2007). Todo lo anterior demuestra que esta planta constituye un recurso floral muy importante para la dieta de sus agentes polinizadores.

Por otro lado, cabe resaltar que la poca frecuencia de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en las cargas de polen de las especies de *Ceratina* evaluadas puede estar asociado a que la mayoría de las abejas de este género se recolectaron en los bordes del cultivo, dado que su presencia en el interior de las plantaciones fue muy baja. Sin embargo, también puede ser por que los polinizadores más efectivos de la palma son coleópteros, siendo la especie potencial *Elaidobius kamerunicus* (Prada, 1998). Adicionalmente, las fincas muestreadas, por ser orgánicas presentan una gran oferta de tipos polínicos que resultan más atractivos para las ceratinas en comparación con el polen de la palma.

**Tabla 2.** Listado de especies de plantas encontradas en las cargas polínicas de las abejas del género *Ceratina* en ocho fincas palmeras y su frecuencia de ocurrencia<sup>1</sup>, hábito, origen y color de la corola.

TIPO POLÍNICO	FRECUENCIA OCURRENCIA	ABREVIACIÓN	HÁBITO	ORIGEN	COLOR DE COROLA
<i>Elaeis guineensis</i>	PF	Elagui	Arbóreo	Exótica	Crema
<i>Spilanthus urens</i>	F	Spiure	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Croton glandulosus</i>	R	Croglan	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Sida acuta</i>	F	Sidacu	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Waltheria</i> sp	PF	Waltsp1	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Blechnum pyramidatum</i>	R	Blepyr	Herbáceo	Sin información	Blanca
<i>Ipomoea</i> sp	R	Iposp1	Herbáceo	Nativa	Rosada

<sup>1</sup> Frecuencia de ocurrencia: Se considera planta frecuente (F) (20-50%), poco frecuente (PF) (10-20%) y raro (R) (<10%).

20 Análisis de las cargas polínicas de *Ceratina* spp. en agroecosistemas palmeros

<i>Cucurbita</i> sp	F	Cucsp1	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Momordica charantia</i>	F	Momcha	Herbáceo	Naturalizada	Amarilla
<i>Machaerium capote</i>	R	Maccap	Arbóreo	Nativa	Amarilla
<i>Teramnus volubilis</i>	R	Tervol	Herbáceo	Nativa	Lila
<i>Corchorus</i> sp	PF	Corsp1	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Melochia</i> sp	R	Melsp1	Herbáceo	Nativa	Rosada
<i>Microtea debilis</i>	R	Micdeb	Herbáceo	Sin información	Blanca
<i>Antigonon leptopus</i>	PF	Antlep	Herbáceo	Exótica	Rosada
<i>Commelina difusa</i>	R	Comdif	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Cyanthilium cinereum</i>	R	Cyacin	Herbáceo	Sin información	Lila
<i>Oxalis barrelieri</i>	R	Oxabar	Herbáceo	Sin información	Blanca
<i>Mitracarpus</i> sp	R	Mitsp1	Herbáceo	Sin información	Blanca
<i>Boerhavia coccinea</i>	R	Boecoc	Herbáceo	Naturalizada	Fucsia
<i>Cucurbita maxima</i>	F	Cucmax	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Melothria pendula</i>	R	Melpen	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Sida jamaicensis</i>	PF	Sidjam	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Emilia sonchifolia</i>	R	Emison	Herbáceo	Sin información	Rosada
<i>Mitracarpus hirtus</i>	PF	Mithir	Herbáceo	Sin información	Blanca
<i>Tinantia Macrophylla</i>	R	Tinmac	Herbáceo	Sin información	Lila
<i>Episcia cupreata</i>	PF	Epicup	Herbáceo	Sin información	Roja
<i>Cuphea carthagenensis</i>	R	Cupcar	Herbáceo	Sin información	Rosada
<i>Corchorus aestuans</i>	R	Coraes	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Echinodorus paniculatus</i>	R	Echpan	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Sida rhombifolia</i>	PF	Sidrho	Herbácea	Nativa	Amarilla
<i>Sida brachystemon</i>	R	Sidbra	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Chaetocalyx scadens</i>	R	Chasca	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Spermacoce</i> sp	R	Spesp1	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Serjania</i> sp	R	Sersp1	Arbóreo	Sin información	Amarilla
<i>Tridax procumbens</i>	R	Tripro	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Heliotropium indicum</i>	R	Helind	Herbáceo	Naturalizada	Blanca
<i>Corchorus capsularis</i>	R	Corcap	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Urena lobata</i>	R	Urelob	Arbustivo	Nativa	Rosada
<i>Centrosema pubescens</i>	R	Cenpub	Herbáceo	Nativa	Lila
<i>Desmodium incanum</i>	R	Desinc	Herbáceo	Nativa	Rosada
<i>Corchorus orinocensis</i>	R	Corori	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Solanum scabrum</i>	R	Solsca	Herbáceo	Sin información	Sin información

<i>Ipomoea triloba</i>	R	Ipotri	Herbáceo	Nativa	Rosada
<i>Euphorbia hirta</i>	R	Euphir	Herbáceo	Nativa	Amarillo-verdosa
<i>Physalis angulata</i>	R	Phyang	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Coursetia ferruginia</i>	R	Coufer	Arbóreo	Nativa	Sin información
<i>Serjania mexicana</i>	R	Sermex	Arbustivo	Nativa	Sin información
<i>Elytraria imbricata</i>	R	Elyimb	Herbáceo	Nativa	Lila
<i>Commelina erecta</i>	R	Comere	Herbáceo	Nativa	Amarilla
<i>Teramnus</i> sp	R	Tersp1	Herbáceo	Sin información	Sin información
<i>Jacquemontia</i> sp	R	Jacsp1	Herbáceo	Nativa	Azul
<i>Passiflora foetida</i>	R	Pasfoe	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Alternanthera</i> sp	R	Altsp1	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Evolvulus convolvuloides</i>	R	Evocon	Herbáceo	Nativa	Azul
<i>Rivina humilis</i>	R	Rivhum	Herbáceo	Nativa	Blanca
<i>Mimosa pigra</i>	R	Mimpig	Herbáceo	Nativa	Rosada
<i>Cestrum scandens</i>	R	Cessca	Herbáceo	Nativa	Sin información
<i>Aeschynomene americana</i>	R	Aesame	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Tripogandra multiflora</i>	R	Trimul	Herbáceo	Sin información	Blanca
<i>Tournefortia canescens</i>	R	Toucan	Arbustivo	Sin información	Sin información
<i>Centrosema</i> sp	R	Censp1	Herbáceo	Sin información	Lila
<i>Chamissoa altissima</i>	R	Chaalt	Herbáceo	Nativa	Fucsia
<i>Oxalis</i> sp	R	Oxasp1	Herbáceo	Sin información	Rosada
<i>Indeterminado 1</i>	R	Indsp1	Sin información	Sin información	Sin información
<i>Hedychium coronarium</i>	R	Hedcor	Herbáceo	Naturalizada	Blanca
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	R	Hibros	Arbustivo	Sin información	Roja
<i>Kallstroemia pubescens</i>	R	Kalpub	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Indeterminado 3</i>	R	Indsp3	Sin información	Sin información	Sin información
<i>Chamaecrista</i> sp	R	Chasp1	Herbáceo	Sin información	Amarilla
<i>Indeterminado 2</i>	R	Indsp2	Sin información	Sin información	Sin información
<i>Justicia comata</i>	R	Juscom	Herbáceo	Nativa	Sin información
<i>Mesechites trifidus</i>	R	Mestri	Herbáceo	Exótica	Blanca
<i>Hippobroma longiflora</i>	R	Hiplon	Herbáceo	Nativa	Blanca

### 1.2.3 Hábito y origen de las especies de plantas

En los resultados consignados en la Tabla 2 se observa una marcada preferencia de las especies de *Ceratina* hacia las especies florales de hábito herbáceo. Sin embargo, este resultado puede estar asociado a que las especies vegetales que se encuentran en los agroecosistemas palmeros son hierbas en su mayoría. En cuanto al origen de las especies florales, resulta poco preciso mencionar una tendencia debido a que no se tiene información acerca del origen de muchas de las especies, no obstante, se logra observar que varias de las especies preferenciales por *Ceratina* spp. son de origen nativo.

### 1.2.4 Preferencias de color

En la Tabla 2 se observa la diferencial preferencia de las especies de *Ceratina* hacia el color de las flores, el 32% de los tipos polínicos hallados pertenecen a especies con flores de color amarillo, lo cual está relacionado con lo documentado por Domínguez-Álvarez et al., (2009) donde mencionan que numerosos artículos han mostrado la preferencia que tienen las abejas por las flores amarillas debido a que son las que más reflejan los rayos UV.

**Tabla 3.** Listado de especies de abejas analizadas y dominancia<sup>2</sup> de los tipos polínicos hallados en sus cargas.

ESPECIE	CLASES DE FRECUENCIA	ESPECIE DE PLANTA	FAMILIA
<i>Ceratina</i> sp1	D	<i>Microtea debilis</i>	Phytolaccaceae
	M	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
	S	<i>Spilanthus urens</i>	Asteraceae
	+	<i>Croton glandulosus</i>	Euphorbiaceae
	+	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae

<sup>2</sup> Clases de Frecuencia: polen predominante (D) (>45%), polen secundario (S) (16-45%), polen menos importante (M) (3-15%), polen menor (m) (1-3%) y polen presente (+) (<1).

	M	<i>Waltheria</i> sp	Sterculiaceae
	m	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
	+	<i>Corchorus</i> sp	Malvaceae
	+	<i>Boerhavia coccinea</i>	Nyctaginaceae
	+	<i>Tinantia Macrophylla</i>	Commelinaceae
	+	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Episcia cupreata</i>	Gesneriaceae
	+	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
<i>Ceratina</i> sp4	S	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
	m	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	+	<i>Jacquemontia</i> sp	Convolvulaceae
	S	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Centrosema pubescens</i>	Fabaceae
	S	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	m	<i>Echinodorus paniculatus</i>	Alismataceae
	+	<i>Passiflora foetida</i>	Passifloraceae
	+	<i>Alternanthera</i> sp	Amaranthaceae
	M	<i>Evolvulus convolvuloides</i>	Convolvulaceae
	+	<i>Cestrum scandens</i>	Solanaceae
	+	<i>Commelina erecta</i>	Commelinaceae
	m	<i>Cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae

24 Análisis de las cargas polínicas de *Ceratina* spp. en agroecosistemas palmeros

---

	+	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
	m	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae
	+	<i>Heliotropium indicum</i>	Boraginaceae
	+	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
	+	<i>Teramnus volubilis</i>	Fabaceae
	+	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Boraginaceae
	+	<i>Melothria pendula</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
	+	<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae
	M	<i>Chaetocalyx scadens</i>	Fabaceae
	+	<i>Episcia cupreata</i>	Gesneriaceae
	+	<i>Sida brachystemon</i>	Malvaceae
	+	<i>Antigonon leptopus</i>	Polygonaceae
	+	<i>Spermacoce</i> sp	Rubiaceae
	+	<i>Serjania</i> sp	Sapindaceae
	m	<i>Urena lobata</i>	Malvaceae
<i>Ceratina</i> sp5	M	<i>Ipomoea triloba</i>	Convolvulaceae
	M	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	S	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
	S	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
	S	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae

	M	<i>Solanum scabrum</i>	Solanaceae
Ceratina sp7	+	<i>Blechum pyramidatum</i>	Acanthaceae
	M	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	+	<i>Ipomoea</i> sp	Convolvulaceae
	M	<i>Cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae
	S	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Machaerium capote</i>	Fabaceae
	+	<i>Teramnus volubilis</i>	Fabaceae
	M	<i>Corchorus</i> sp	Malvaceae
	m	<i>Melochia</i> sp	Malvaceae
	m	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
	+	<i>Microtea debilis</i>	Phytolaccaceae
	S	<i>Antigonon leptopus</i>	Polygonaceae
	M	<i>Waltheria</i> sp	Sterculiaceae
	+	<i>Cuphea carthagenensis</i>	Lythraceae
	+	<i>Corchorus aestuans</i>	Malvaceae
	m	<i>Echinodorus paniculatus</i>	Alismataceae
	+	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae
	+	<i>Sida brachystemon</i>	Malvaceae
	m	<i>Coursetia ferruginia</i>	Fabaceae
+	<i>Serjania</i> sp	Sapindaceae	

	M	<i>Serjania mexicana</i>	Sapindaceae
	+	<i>Elytraria imbricata</i>	Acanthaceae
	+	<i>Commelina erecta</i>	Commelinaceae
	M	<i>Episcia cupreata</i>	Gesneriaceae
	+	<i>Solanum scabrum</i>	Solanaceae
	M	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
	m	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Aeschynomene americana</i>	Fabaceae
	+	<i>Tripogandra multiflora</i>	Commelinaceae
	+	<i>Evolvulus convolvuloides</i>	Convolvulaceae
	+	<i>Tournefortia canescens</i>	Boraginaceae
	+	<i>Centrosema</i> sp	Fabaceae
	+	<i>Mimosa pigra</i>	Fabaceae
	+	Indeterminado 1	Indeterminado 1
	+	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
	m	<i>Spermacoce</i> sp	Rubiaceae
	+	<i>Kallstroemia pubescens</i>	Zygophyllaceae
	+	<i>Croton glandulosus</i>	Euphorbiaceae
	+	<i>Chamaecrista</i> sp	Fabaceae
	+	Indeterminado 2	Indeterminado 2

	+	<i>Heliotropium indicum</i>	Boraginaceae
	+	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
	+	<i>Mesechites trifidus</i>	Apocynaceae
	+	<i>Hippobroma longiflora</i>	Campanulaceae
	+	<i>Corchorus capsularis</i>	Malvaceae
<i>Ceratina</i> sp8	+	<i>Boerhavia coccinea</i>	Nyctaginaceae
	m	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Centrosema pubescens</i>	Fabaceae
	S	<i>Desmodium incanum</i>	Fabaceae
	+	<i>Corchorus orinocensis</i>	Malvaceae
	M	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	M	<i>Corchorus aestuans</i>	Malvaceae
	m	<i>Solanum scabrum</i>	Solanaceae
	m	<i>Teramnus</i> sp	Fabaceae
	m	<i>Corchorus</i> sp	Malvaceae
	S	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	+	<i>Commelina erecta</i>	Commelinaceae
	+	<i>Melothria pendula</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae
	m	<i>Chamissoa altissima</i>	Amaranthaceae
	M	<i>Oxalis</i> sp	Oxalidaceae

	S	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae
	+	<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberaceae
	+	<i>Kallstroemia pubescens</i>	Zygophyllaceae
	+	<i>Indeterminado 3</i>	Indeterminado 3
	m	<i>Waltheria</i> sp	Sterculiaceae
<i>Ceratina</i> sp10	M	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	m	<i>Heliotropium indicum</i>	Boraginaceae
	+	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Machaerium capote</i>	Fabaceae
	m	<i>Corchorus capsularis</i>	Malvaceae
	M	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
	M	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Boraginaceae
	+	<i>Ipomoea triloba</i>	Convolvulaceae
	+	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae
	+	<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberaceae
	M	<i>Oxalis barrelieri</i>	Oxalidaceae
	S	<i>Corchorus</i> sp	Malvaceae
	+	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
	S	<i>Episcia cupreata</i>	Gesneriaceae
	m	<i>Melochia</i> sp	Malvaceae

	+	<i>Sida brachystemon</i>	Malvaceae
	+	<i>Antigonon leptopus</i>	Polygonaceae
	M	<i>Waltheria</i> sp	Sterculiaceae
	+	<i>Melothria pendula</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Evolvulus convolvuloides</i>	Convolvulaceae
	+	<i>Cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae
	+	<i>Cuphea carthagenensis</i>	Lythraceae
	m	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
	m	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
	+	<i>Ipomoea</i> sp	Convolvulaceae
	+	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
	+	<i>Teramnus volubilis</i>	Fabaceae
<i>Ceratina</i> sp11	+	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	m	<i>Commelina erecta</i>	Commelinaceae
	S	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
	M	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
	S	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
	M	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae
	S	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae
	+	<i>Echinodorus paniculatus</i>	Alismataceae

30 Análisis de las cargas polínicas de *Ceratina* spp. en agroecosistemas palmeros

---

	+	<i>Episcia cupreata</i>	Gesneriaceae
<i>Ceratina</i> sp12	S	<i>Cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae
	m	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
	M	<i>Teramnus volubilis</i>	Fabaceae
	S	<i>Episcia cupreata</i>	Gesneriaceae
	+	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
	+	<i>Physalis angulata</i>	Solanaceae
	M	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	M	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	S	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Corchorus</i> sp	Malvaceae
	+	<i>Antigonon leptopus</i>	Polygonaceae
	+	<i>Justicia comata</i>	Acanthaceae
	+	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
	M	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
	+	<i>Rivina humilis</i>	Petiveriaceae
	+	<i>Echinodorus paniculatus</i>	Alismataceae
	+	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
	m	<i>Mimosa pigra</i>	Fabaceae
+	<i>Teramnus</i> sp	Fabaceae	
<i>Ceratina</i> sp13	+	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae

	m	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
	M	<i>Sida jamaicensis</i>	Malvaceae
	S	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
	+	<i>Echinodorus paniculatus</i>	Alismataceae
	S	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	+	<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae
	+	<i>Melothria pendula</i>	Cucurbitaceae
	m	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae
	M	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	+	<i>Oxalis</i> sp	Oxalidaceae
	+	<i>Cuphea carthagenensis</i>	Lythraceae
	+	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
	+	<i>Sida brachystemon</i>	Malvaceae
	M	<i>Waltheria</i> sp	Sterculiaceae
	+	<i>Cucurbita</i> sp	Cucurbitaceae
	M	<i>Commelina difusa</i>	Commelinaceae
	+	<i>Cyanthilium cinereum</i>	Asteraceae
	M	<i>Corchorus</i> sp	Malvaceae
	+	<i>Oxalis barrelieri</i>	Oxalidaceae
	+	<i>Mitracarpus</i> sp	Rubiaceae
<i>Ceratina</i> sp15	m	<i>Blechnum pyramidatum</i>	Acanthaceae

	m	<i>Spilanthes urens</i>	Asteraceae
	m	<i>Ipomoea triloba</i>	Convolvulaceae
	D	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae
	M	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
	M	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Rubiaceae

En la Tabla 3 se logra interpretar de manera general que tan solo el 1% de los tipos polínicos fue predominante, frente al polen *presente* que representó el 54% de todos los tipos polínicos recolectados por *Ceratina* spp. Por otra parte, se puede examinar que el polen secundario, menos importante y menor, estuvieron representados por el 11%, 18% y 16%, respectivamente. Evidenciando la forma diferencial en la que recolectan los tipos polínicos, con algunos de ellos en común.

#### 1.2.4 Redes de interacción

En el diagrama de redes de interacción a partir de la frecuencia de tipos polínicos en las cargas de las abejas del género *Ceratina* (Figura 5) se observa que *C. maxima* es la especie de planta más frecuentada por las especies de abejas estudiadas, seguido de *S. urens*, *M. charantia*, *Cucurbita* sp., *M. hirtus* y varias especies del género *Sida*, tales como: *S. acuta*, *S. jamaicensis* y *S. rhombifolia*. Por otra parte, se consigue evidenciar que las especies que utilizaron una mayor diversidad de recurso polinífero fueron *Ceratina* sp7, *Ceratina* sp4, *Ceratina* sp10, *Ceratina* sp8 y *Ceratina* sp13. Las abreviaciones mostradas en las Figuras 5 y 6 se describen en las Tablas 1 y 2. Lo más interesante de estas redes de interacción en ecosistemas palmeros, es que son mucho más complejas que las que se han documentado para otras abejas en bosques secos, es decir, hay una mayor cantidad de relaciones planta-abeja, si se compara por ejemplo, con los estudios realizados por Flórez-Gómez et al., (2020) en Taganga, en donde se muestrearon todas las especies de abejas y de plantas en áreas naturales tanto en épocas secas como en épocas lluviosas y tan solo se registraron 33 especies de abejas interactuando con 20 especies de plantas



En la red de interacción planta-abeja a partir de la abundancia acumulada (Figura 6) se observa que *S. urens* es la planta más abundante, es decir, que es la especie de planta con mayor número de granos de polen encontrados en todas las cargas polínicas estudiadas. Seguidamente se encuentra a *M. charantia*, *C. maxima*, *Episcia cupreata* y *Corchorus* sp. como las plantas más abundantes respectivamente. Con esto, se muestra que la familia Cucurbitaceae ha tenido gran importancia en este estudio, siendo una de las más frecuentes y las más abundantes. Además, se observa que *Ceratina* sp7, *Ceratina* sp4 y *Ceratina* sp10 fueron las especies de abejas que recolectaron una mayor carga polínica. Esto posiblemente se debe a que estas especies de abejas aparecen en un mayor número de muestreos con respecto a las otras especies estudiadas; sin embargo, *Ceratina* sp5 y *Ceratina* sp15 solo aparecen en uno de los muestreos realizados y aun así muestran interacción con seis tipos polínicos cada una. por lo tanto, resulta poco preciso determinar con precisión la dieta de estas especies de las cuales se tiene poca información.

Varias de las especies florales que tienen interacción con *Ceratina* spp. son hospederos de enemigos naturales que ayudan a la mitigación del daño ocasionado por plagas que afectan a los agroecosistemas. Dentro de estas especies tenemos a *S. rhombifolia*, hospedera de insectos del género *Trichogramma* parasitoides de *Stenoma cecropia*; *U. lobata* visitada por escarabajos de la familia Chrysomelidae que son depredadores generalistas, *P. angulata* con constante presencia de insectos de la familia Formicidae; *J. comata* frecuentada por insectos de la familia Vespidae y *C. pubescens* visitada por depredadores de la familias Vespidae y Formicidae, además se registran especies de los géneros *Melochia*, *Heliotropium*, *Solanum*, *Spermacoce*, *Hibiscus*, *Blechum* y *Desmodium* como buenos hospederos de insectos benéficos en general (Cenipalma, 2018; Mexzón & Chinchilla M, 2003). Si bien las especies mencionadas no son las más importantes, han demostrado tener interacción con las especies de *Ceratina*.

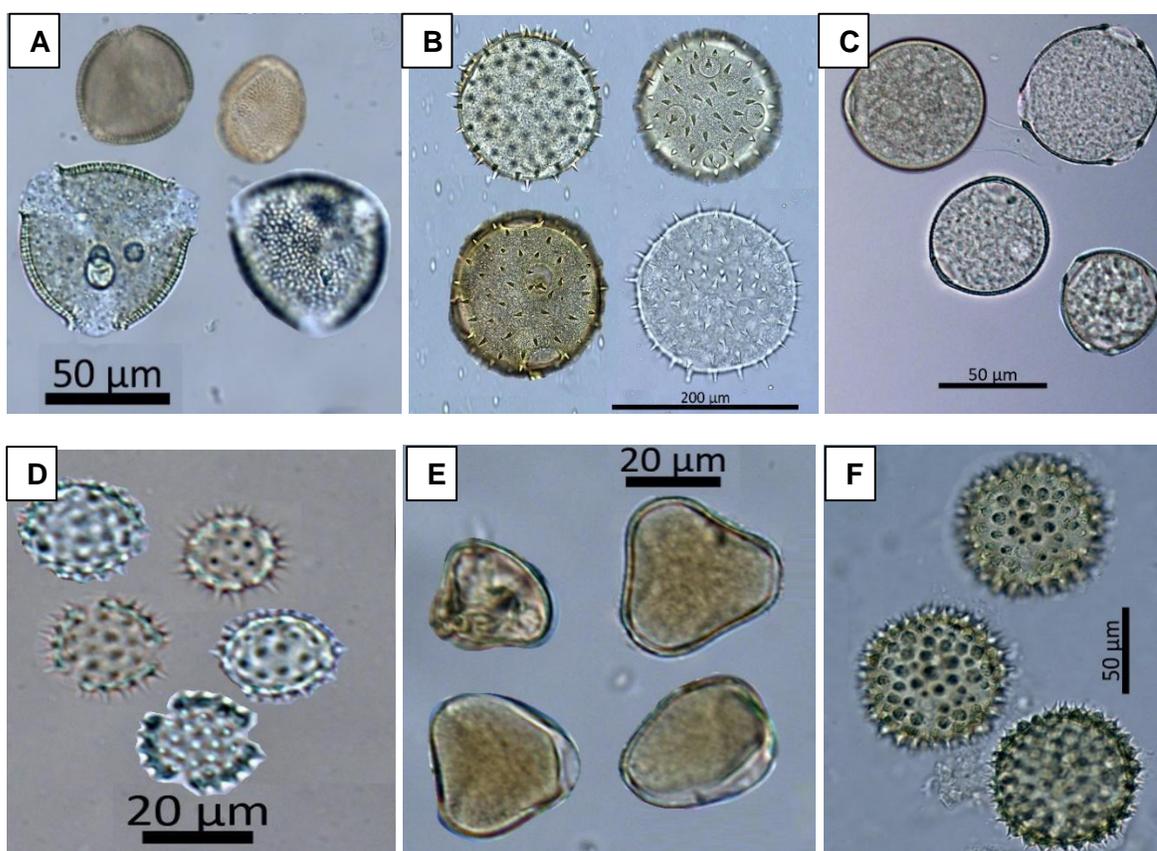


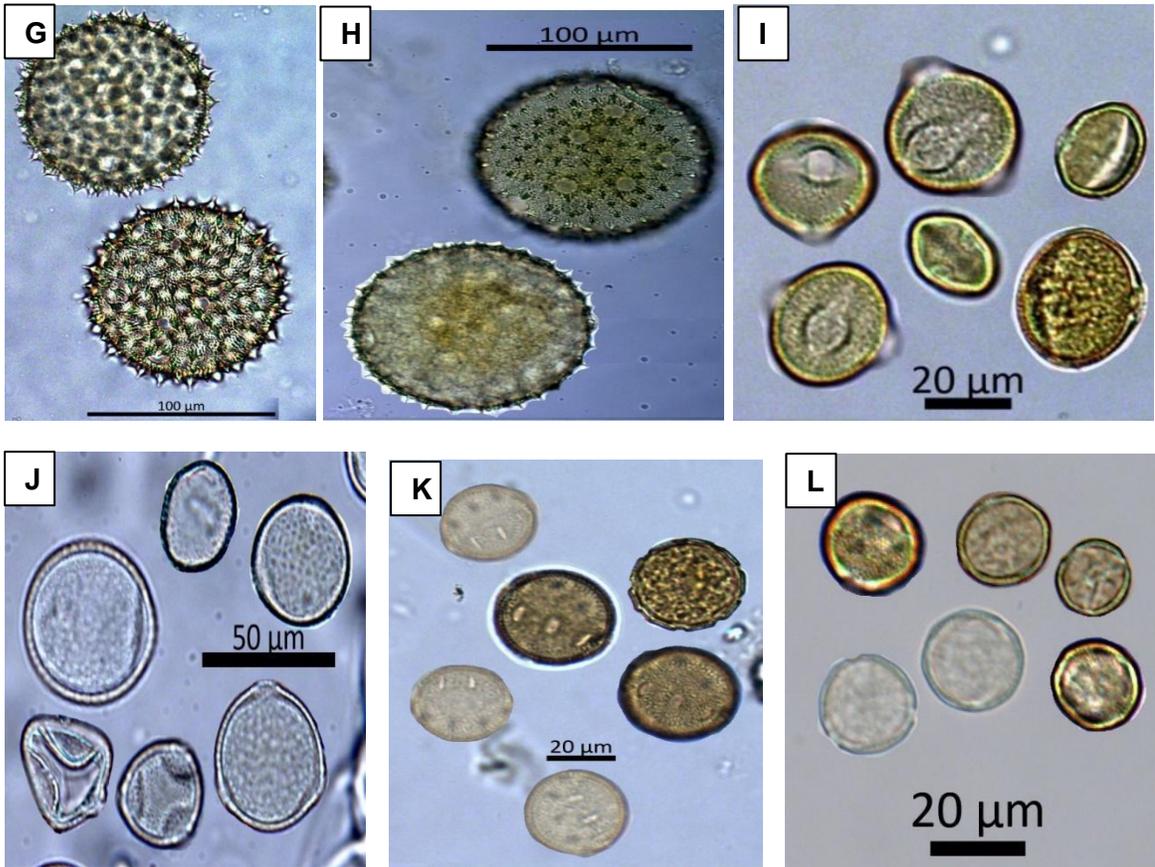
## Conclusiones y recomendaciones

- Las especies florales más abundantes y frecuentadas por *Ceratina* spp. son *C. maxima*, *S. urens* y *M. charantia*.
- Las especies del género *Ceratina* utilizan recursos alimenticios aparentemente de forma diferencial, con algunas plantas en común. *Ceratina* sp7 fue la especie que tuvo mayor interacción con la flora presente en las fincas palmeras, recolectando 45 tipos polínicos de los 74 encontrados en todas las especies de abejas.
- Varias de las especies de plantas consideradas como malezas en los agroecosistemas palmeros constituyen una fuente importante de alimento para *Ceratina* spp., además de ser hospedantes de enemigos naturales de las plagas que afectan este cultivo.
- A pesar de que el estudio fue realizado en el monocultivo de la palma de aceite, su tipo polínico resultó ser poco frecuente para las especies de *Ceratina*, posiblemente porque las fincas en las que se realizó el muestreo son orgánicas, por lo cual ofrecen una gran cantidad de recurso polínico. Por otro lado, la mayor parte de las abejas fueron recolectadas en los bordes no al interior del cultivo.
- *Ceratina* spp. tiene tendencia a preferir flores de color amarillo. Sin embargo, se recomienda realizar estudios más representativos en cuanto a cantidad de muestras y hábitats.
- Este trabajo de investigación representa un aporte significativo para este género de abejas del que se conoce tan poco.
- Las ceratinas son de gran importancia en los ambientes agrícolas y naturales como prestadores de servicios ecosistémicos como la polinización, que potencializan la sostenibilidad mutua dentro de los mismos.
- Se recomienda realizar un análisis palinológico para *Ceratina* spp. a lo largo de un año para conocer las distintas fuentes de alimento según los períodos de floración de las plantas.
- Se debe apuntar a la implementación de una agricultura sostenible que permita la conservación de espacios naturales, paisajes heterogéneos, corredores ecológicos y áreas de preservación que proporcionen recursos vitales como alimentación y sitios de anidación para los polinizadores.

## A. Anexo: Fotomicrografías de tipos polínicos destacados.

**Figura 12.** A-C. Cucurbitaceae: *Momordica charantia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita* sp., D. Asteraceae: *Spilanthes urens*, E. Arecaceae: *Elaeis guineensis*, F-I. Malvaceae: *Sida acuta*, *Sida rhombifolia*, *Sida jamaicensis*, *Corchorus* sp., J. Gesneriaceae: *Episcia cupreata*, K. Rubiaceae: *Mitracarpus hirtus*, L. Euphorbiaceae: *Euphorbia hirta*.





(Ilustraciones tomadas de Gonzales & Tejeda, 2018).

---

## Referencias bibliográficas

Abugarade España, S. C. (2019). Especies florales asociadas a la provisión de alimento de las abejas (Hymenoptera: Apoidea) en bosque secundario en el Municipio de San Lucas Tolimán, Sololá, Guatemala [Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B297.pdf>

Agronet. (2018). Estadísticas home. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#>

Aguilar Sierra, C. I., & Smith Pardo, A. H. (2008). Abejas visitantes de *Aspilota tenella* (KUNTH) S. F. Blake (Asteraceae): Comportamiento de forrajeo y cargas polínicas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4576-4587.

Akunne, C. E., Akpan, A. U., & Ononye, B. U. (2016). A Checklist of Nectariferous and Polleniferous Plants of African Honeybees (*Apis mellifera adansonii* L.) in Awka, Nigeria. *Journal of Apiculture*, 31(4), 379. <https://doi.org/10.17519/apiculture.2016.11.31.4.379>

Aldana de la Torre, J. A., Calvache G., H. H., Daza, C. A., & Aldana de la Torre, J. A. (2004). Alternativas para siembra de plantas nectaríferas. *Revista Palmas*, 25(especial,), 194-204. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1083>

Alvarado D., Miranda K., Sepúlveda-Cano P. (2020). *Análisis de cargas polínicas de abejas silvestres en un cultivo de palma de aceite en Magdalena, Colombia*. [https://www.academia.edu/44653303/atlas\\_de\\_polen\\_y\\_plantas\\_usadas\\_por\\_abejas](https://www.academia.edu/44653303/atlas_de_polen_y_plantas_usadas_por_abejas)

Ariza, C., & Almanza-Merchán, P. (2012). Identificación y clasificación en biotipos de las malezas asociadas con el cultivo de la palma de aceite. 9(2), 87-96.

Ashworth, L., & Galetto, L. (2001). Pollinators and Reproductive Success of the Wild Cucurbit *Cucurbita maxima* ssp. *Andreana* (Cucurbitaceae). *Plant Biology*, 3(4), 398-404. <https://doi.org/10.1055/s-2001-16451>

Azpiazu, C., Medina, P., Adán, Á., Sánchez-Ramos, I., Del Estal, P., Fereres, A., & Viñuela, E. (2020). The Role of Annual Flowering Plant Strips on a Melon Crop in Central Spain. Influence on Pollinators and Crop. *Insects*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/insects11010066>

Barrios Orozco, Y. (2017). Caracterización reproductiva de las angiospermas de un humedal de la Costa Oriental del lago de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela [Universidad Central de Venezuela]. <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/18216/1/TD%20Barrios%202017.pdf>

Bogotá Angel, R. G., Rangel Churio, J. O., & Jiménez Bulla, L. C. (2001). Análisis palinológico de mieles de tres localidades de la Sabana de Bogotá. *Caldasia*, 23(2), 455-465.

Burgos, M. G., Sánchez, A. C., & Lupo, L. C. (2015). Análisis polínico de cargas corbiculares de *Apis mellifera* del Chaco Serrano, Jujuy (Argentina). <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/50468>

Campbell, A. J., Wilby, A., Sutton, P., & Wäckers, F. L. (2017). Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.005>

Cantuca, S., Quevedo, E., R, E. A. P., & Coral, O. C. (2001). Reconocimiento taxonómico de plantas asociadas con la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en plantaciones de la Zona de Tumaco. *Revista Palmas*, 22(1), 27-37.

Carabali-Banguero, D., Montoya-Lerma, J., & Carabalí-Muñoz, A. (2020). Cargas polínicas en entomofauna visitante floral de *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass. *Caldasia*, 42(1), 105-114. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77136>

Castrillón, J., & Palmera, K. (2014). Calendarios florales apícolas en tres apiarios de la Sierra Nevada de Santa Marta. [Tesis]. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co>

- 
- Cenipalma, C. de I. en P. de A. (2018). Guía de bolsillo plantas nectaríferas asociadas a plantaciones de palma de aceite, que favorecen la fauna benéfica de este ecosistema. <http://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/107664>
- Dew, R. M., Silva, D. P., & Rehan, S. M. (2019). Range expansion of an already widespread bee under climate change. *Global Ecology and Conservation*, 17, e00584. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00584>
- Domínguez-Álvarez, A., Cano-Santana, Z., & Ayala-Barajas, R. (2009). Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea). *Diversidad de hábitats y ecología de comunidades*, 421-432.
- Donkersley, P. (2021). *A common soil pesticide cut wild bee reproduction by 89% – here's why scientists are worried*. The Conversation. <http://theconversation.com/a-common-soil-pesticide-cut-wild-bee-reproduction-by-89-heres-why-scientists-are-worried-155985>
- Engel, M. (2000). A New Interpretation of the Oldest Fossil Bee (Hymenoptera: Apidae). [https://www.researchgate.net/publication/232691842\\_A\\_New\\_Interpretation\\_of\\_the\\_Oldest\\_Fossil\\_Bee\\_Hymenoptera\\_Apidae](https://www.researchgate.net/publication/232691842_A_New_Interpretation_of_the_Oldest_Fossil_Bee_Hymenoptera_Apidae)
- Engel, M. (2001). Una monografía de las abejas ámbar bálticas y la evolución de la Apoidea (himenópteros). *Boletín de la AMNH*; No. 259. <http://digitallibrary.amnh.org/handle/2246/1437>
- Eardley, C., & Daly, H. V. (2007). *Bees of the genus Ceratina LATREILLE in southern Africa (Hymenoptera, Apoidea)*. 94.
- Falta, V., Holý, K., & Vávra, R. (2010). Enhancing abundance of natural enemies in apple orchard using flowering strips. [/paper/Enhancing-abundance-of-natural-enemies-in-apple-Falta-Hol%C3%BD/767a71d47baee309461a90aea995bd9d4bb9ec2f](https://www.researchgate.net/publication/232691842_A_New_Interpretation_of_the_Oldest_Fossil_Bee_Hymenoptera_Apidae)
- FAO. (2008). Los polinizadores: Su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura [Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura].

Faye, P. F., Planchuelo, A., M., & Molinelli, M., L. (2002). Relevamiento de la flora apícola e identificación de cargas de polen en el sureste de la provincia de Córdoba, Argentina. XIX, 19-30.

Fedepalma. (s. f.). La palma de aceite en Colombia. Recuperado 26 de noviembre de 2019, de <http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos>

Fedepalma. (2018). Paisaje Palmero Biodiverso: Una agroindustria comprometida con el desarrollo sostenible de Colombia. <http://web.fedepalma.org/Paisaje-Palmero-Biodiverso-foro>

Fedepalma. (2019). El Palmicultor. [http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Palmicultor FEBRERO 2019\\_web\\_compressed.pdf](http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Palmicultor_FEBRERO_2019_web_compressed.pdf)

Fernández, F. (1995). La diversidad de los Hymenoptera en Colombia. Rangel-Ch, J.O. (ed). <https://issuu.com/diversidadbiotica/docs/dbi.-cap20.diversidad-hymenoptera>

Flórez-Gómez, N.A., Maldonado-Cepeda, J.D. & Ospina-Torres, R (2020). Bee-Plant Interaction Networks in a Seasonal Dry Tropical Forest of the Colombian Caribbean. Neotrop Entomol 49, 533–544. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00804-8>

Gladcaia, A., Cheptinari, V., & Nastas, T. (2015). Influence of nectariferous plants on maintaining the natural balance in tomato field agrocenoses. Journal of Botany, VII (10), 110-114.

García García, M., Ríos Osorio, L. A., & Álvarez del Castillo, J. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: Revisión sistemática de la literatura. Idesia (Arica), 34(3), 53-68. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008>

Genaro, J. A. (1998). El Género *Ceratina* en Cuba y La Española (Hymenoptera: Apidae). Caribbean Journal of Science. [https://www.academia.edu/1201161/El\\_Genero\\_Ceratina\\_en\\_Cuba\\_y\\_La\\_Espa%C3%B1ola\\_Hymenoptera\\_Apidae](https://www.academia.edu/1201161/El_Genero_Ceratina_en_Cuba_y_La_Espa%C3%B1ola_Hymenoptera_Apidae)

---

González Maldonado, S. J., & Tejada Rico, G. E. (2018). Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: apiformes) y flora apícola en agroecosistemas palmeros de la zona norte de Colombia [Tesis]. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co>

González, V. H., Ospina, M., & Bennett, D. J. (2005). Abejas altoandinas de Colombia: Guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Hatsue Modro, A. F., Marchini, L. C., & Carmello Moreti, A. C. de C. (2011). Origen botânica de cargas de pólen de colmeias de abelhas africanizadas em Piracicaba, SP. 41, 1944-1951.

Hesse, M. (Ed.). (2009). Pollen terminology: An illustrated handbook. Springer.

Hidalgo, M. I., Bootello, M. L., & Pacheco, J. (1990). Origen floral de las cargas de polen recogidas por *Apis mellifera* L. en Abra (Malaga, España). <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/3307>

ITIS [Interagency Taxonomic Information System] (2020) Ceratina Latreille, 1802. On-line database. <http://www.itis.gov> [accessed 28 March 2021]

Jones, G., & Bryant. (1996). Palynology, Principles and Applications: Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.

Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

Kremen, C., Williams, N., & Thorp, R. (2002). Crop Pollination from Native Bees at Risk from Agricultural Intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(26), 16812-16816. Retrieved March 4, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/3074020>

León-Bonilla, D. (2014). Análisis polínico de mieles de cultivos orgánicos y convencionales de café en la Sierra Nevada de Santa Marta. Universidad Nacional de Colombia.

Lewis, V., & Richards, M. H. (2017). Experimentally induced alloparental care in a solitary carpenter bee. *Animal Behaviour*, 123, 229-238.  
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.11.003>

Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). *Methods of Melissopalynology: Bee World*: Vol 59, No 4.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0005772X.1978.11097714>

Méndez, M. V., Sánchez, A. C., Flores, F. F., & Lupo, L. C. (2018). Recurso polinífero utilizado por *Apis mellifera* (Himenoptera: Apidae) en un área de bosque subtropical del noroeste de Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 1182-1196.

Mexzón, R. G., & Chinchilla M, C. (2003). Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. *Revista Palmas*, 24(1), 33-57.

Michener, C. D. (2000). *The bees of the world*. Johns Hopkins Univ. Press.

Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (2nd ed). Johns Hopkins University Press.

Miranda K., Palmera K., Sepúlveda P. (2014). Volumen 6 / octubre—Diciembre de 2014 | INFOZOA Boletín de Zoología.  
<https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/infozoa/issue/view/207>

Molina, A. (1978). Las abejas, algunas notas sobre su importancia y clasificación. *Actualidades Biológicas*, 7(25), 79-84.

Montero, I., & Tormo, R. (1993). Preferencias polínicas de la abeja en un colmenar en el sur de Badajoz. 6, 5.93-102.

Montoya-Pfeiffer, P. M., León-Bonilla, D., & Nates-Parra, G. (2014). Catálogo de polen en mieles de *Apis mellifera* provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149), 364-384.

- 
- Nates-Parra, G., Montoya, P. M., Chamorro, F. J., Ramírez, N., Giraldo, C., & Obregón, D. (2013). Origen geográfico y botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3), 427-438.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2013). Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2), 257-274. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0092-y>
- Nicodemo, D., Couto, R. H. N., Malheiros, E. B., & Jong, D. D. (2007). Biología floral em moranga (*Cucurbita maxima* Duch. Var. «Exposição»). *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29, 611-616. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i5.735>
- Ornosa, C., & Ortiz-Sánchez, F. J. (2004). Hymenoptera: Apoidea: I. Editorial CSIC - CSIC Press.
- Páez-Rodríguez, G. (1998). Determinación del potencial polinífero en colmenas de *Apis mellifera* (Hym. Apidae) en la zona de San Gerardo de Chomes, Puntarenas, Costa Rica. Universidad Nacional, Campus Omar Dento.
- Palmera-Castrillón, K. J., Smith-Pardo, A. H., & Sepúlveda-Cano, P. A. (2019). Abejas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) del Centro de Colecciones Biológicas de la Universidad del Magdalena (2006-2015) [Data set]. Universidad del Magdalena. <https://doi.org/10.15472/RFUT0K>
- Pantoja, A., & Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación sostenible. (2014). Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. FAO. <http://www.fao.org/docrep/019/i3547s/i3547s.pdf>
- Passarelli, L. M. (2002). Importancia de «*Apis mellifera*» L. en la producción de «*Cucurbita maxima*» Duch. (Zapallito de tronco). *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 17(1), 5-14.
- Prada, M. (1998). Efectividad de dos especies del género *Elaedobius* (Coleóptera: curculionidae) como polinizadores en palma aceitera. *Bioagro*, 10(1), 3-10.

Pinilla-Gallego, M. S., Nates-Parra, G., & Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. (2015). Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. *Actualidades Biológicas*, 37(103). <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v37n103a03>

Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., & Vanbergen, A. J. (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production: Summary for policymakers.

Principal, J., Morales, Y., Fuselli, S., Pellegrini, M., C., Ruffinengo, S., Eguaras, M., & Barrios, C. (2012). Origen botánico de las mieles de *Apis mellífera* L. producidas en la cuenca del Embalse Guaremal, Estado Yaracuy, Venezuela. *Zootecnica Trop*, 30 (1), 91-98.

R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Ramírez-Arriaga, E., Navarro-Calvo, L. A., & Díaz-Carbajal, E. (2011). Botanical characterisation of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana*, 50(1), 40-54. <https://doi.org/10.1080/00173134.2010.537767>

Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E., & Machado, I. C. (2014). *Biologia da polinização*.

Rehan, S. M., Chapman, T. W., Craigie, A. I., Richards, M. H., Cooper, S. J. B., & Schwarz, M. P. (2010). Molecular phylogeny of the small carpenter bees (Hymenoptera: Apidae: Ceratinini) indicates early and rapid global dispersal. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55(3), 1042-1054. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.01.011>

Rehan, S., & Schwarz, M. (2015). A few steps forward and no steps back: Long-distance dispersal patterns in small carpenter bees suggest major barriers to back-dispersal. *Journal of Biogeography*, 42(3), 485-494. <https://doi.org/10.1111/jbi.12439>

---

Rehan, S., Schwarz, M., & Remko, L. (2012). A Mid-Cretaceous Origin of Sociality in Xylocopine Bees with Only Two Origins of True Worker Castes Indicates Severe Barriers to Eusociality. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0034690>

Ribeiro, É. K. M. D., Rêgo, M. M. C., & Machado, I. C. S. (2008). Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): Fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. *Acta Botanica Brasílica*, 22(1), 165-171. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000100017>

Rodríguez, N. E., López, I. G., Andrade, I., & Gómez, J. F. (2017). Especies de maleza néctar polinífera en cinco municipios de Jalisco. 14-17.

Sakagami, S. F., & Maeta, Y. (1977). Some presumably presocial habits of Japanese *Ceratina* bees, with notes on various social types in Hymenoptera. *Insectes Sociaux*, 24(4), 319-343. <https://doi.org/10.1007/BF02223784>

Sakagami, S. F., & Maeta, Y. (1984). Multifemale Nests and Rudimentary Castes in the Normally Solitary Bee *Ceratina japonica* (Hymenoptera: Xylocopinae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 57(4), 639-656. JSTOR.

Sakagami, S., & Maeta, Y. (1987). Multifemale Nests and Rudimentary Castes of an «Almost» Solitary Bee *Ceratina flavipes*, with Additional Observations on Multifemale Nests of *Ceratina japonica* (Hymenoptera, Apoidea): 昆蟲, 55(3), 391-409.

Salgado, C., R., & Pire, S., M. (1998). Análisis polínico de mieles del noroeste de la provincia de Corrientes, Argentina. 36, 87-93.

Sayas Rivera, R., & Huamán Mesía, L. (2009). Determinación de la flora polinífera del Valle de Oxampa (Pasco-Perú) en base a estudios palinológicos. 8 N°2, 53-59.

Sepúlveda-Cano, P. A. (2013). Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su efecto en la polinización. Universidad Nacional de Colombia.

Sepúlveda-Cano, P.A. 2017. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DEL AGROECOSISTEMA PALMERO PARA EL DESARROLLO DE PROPUESTAS

ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN DE INGRESOS COMPATIBLES CON LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD A PARTIR DE LA APICULTURA CON ESPECIES *APIS MELLIFERA* Y ABEJAS NATIVAS. Informe final de proyecto Universidad del Magdalena. 32 pp.

Smith-Pardo, A. H. (2003). A Preliminary Account of the Bees of Colombia (Hymenoptera: Apoidea): Present Knowledge and Future Directions. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76(2), 335-341. JSTOR.

Sousa, V. F., Santos, C. A. G., & Versieux, L. M. (2017). New records in the Caatinga of Paraíba state, northeastern Brazil: *Spilanthes urens* Jacq. (Asteraceae, Heliantheae) and *Bacopa monnieri* (L.) Pennell (Plantaginaceae, Gratiolleae). *Pesquisas, botânica*, 70, 133-142.

Stephen-Lobo, E. P. (1999). Estudio de las principales plantas apícolas presentes en la zona de San Gerardo de Chomes, Puntarenas, Costa Rica. Universidad Nacional, Campus Omar Dento.

Téllez Pérez, L. (2018). Biología reproductiva de *Momordica charantia* (Cucurbitaceae) en un bosque de galería en la Orinoquia colombiana. *Biología*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/42>

Téllez-Farfán, L.; Posada-Flórez, F.J. 2013. Actividad polinizadora y preferencia floral de *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae) presentes en una cerca viva. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 16(2): 359-367.

Tobar-L., D., Rangel-Ch., J. O., & Andrade-C., M. G. (2001). Las cargas polínicas en las mariposas (Lepidoptera: Rophalocera) de la parte alta de la cuenca del río Roble-Quindío Colombia. *Caldasia*, 23(2), 549-557. JSTOR.

Udayakumar, A., & Shivalingaswamy, T. M. (2019). Nest architecture and life cycle of Small Carpenter bee, *Ceratina binghami* Cockerell (Xylocopinae: Apidae: Hymenoptera). *Sociobiology*, 66(1), 61-65. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i1.3558>

---

Vélez-Ruiz, R., I. (2009). Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

Vélez-Ruiz, R., I., & Dakota, S. (2011). Recuento sobre las publicaciones de las abejas silvestres de Colombia. 3(3), 15-29.

WWF. (2009). Palma de Aceite [Documento posición].  
<https://www.wwf.org.co/?196011%252FPalma-de->

Yamamoto, M., Oliveira, P. G., & Gaglianone, M. C. (2014). - Pesquisa—Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo. MMA - Ministério do Meio Ambiente, Funbio - Fundo Brasileiro para a Biodiversidade.  
<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/pesquisa/3127-uso-sustentavel-e-restauracao-da-diversidade-dos-polinizadores-autoctones-na-agricultura-e-nos-ecossistemas-relacionados-planos-de-manejo>