

Cargas polínicas en entomofauna visitante floral de *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass

Pollen loads on entomofauna visiting flowers of *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass

Diana Carabalí-Banguero^{1*} | James Montoya-Lerma¹ | Arturo Carabalí-Muñoz²

- Recibido: 10/ene/2019
- Aceptado: 2/sep/2019
- Publicado en línea: 4/sep/2019

Citación: Carabalí-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. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77136>.

ABSTRACT

The analysis of the pollen loads of the floral visiting insects of the Hass avocado is a method that allows to determine the importance of the insect species in management plans of the pollination of the crop and to reveal the use of habitat and importance of the flora in sustaining the visitor species. This study was aimed to identify, through a pollen analysis in insects, the most frequent flower visitors of the plant. The study was conducted in two orchards of Cauca, for two flowering periods. Manually floral insect visitors were collected, and the pollen samples were obtained from their bodies. Pollen load of the five most common species was removed during sampling. The palynological analysis showed that floral visitors do not limit their visit to a specific resource such as Hass avocado pollen, but use different species in the agroecosystem and surroundings. The insects carry pollen from 18 botanical families; *Bidens pilosa*, *Tridax procumbens*, *Emilia fosbergii*, *Brachiaria* sp., and *Mikania* sp. were the most important pollinating flora. The study reveals the importance of preserving the diversity of species that with their pollen load guarantee the optimal pollination of the flowers.

Keywords. *Apis mellifera*, pollen, weed plants, wild pollinators

¹ Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Calle 13 No. 100-00. Ed. 320. Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia. dianajohana16@hotmail.com*, james.montoya@correounivalle.edu.co

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia, Centro de Investigación Palmira, Apartado Aéreo 1301, Palmira, Colombia. acarabali@agrosavia.co

* Autor para correspondencia



RESUMEN

El análisis de las cargas de polen de los insectos visitantes florales del aguacate Hass es un método que permite determinar la importancia de estas especies en planes de manejo de la polinización del cultivo y elucidar el uso de hábitat e importancia de la flora en el sostenimiento de estas especies. El objetivo de este estudio fue identificar mediante un análisis polínico en los insectos visitantes florales las especies vegetales que visitan con mayor frecuencia. El estudio se realizó en dos huertos de Morales (Cauca, Colombia), durante dos periodos de floración. Se recolectaron manualmente los insectos visitantes florales y se obtuvieron muestras del polen en sus cuerpos. Se extrajo la carga polínica de las cinco especies más frecuentes durante el muestreo. El análisis palinológico mostró que los visitantes florales no limitan su visita a un recurso específico como el polen de aguacate Hass, sino que utilizan diferentes especies en el agroecosistema y sus alrededores. Los insectos transportan polen de 18 familias botánicas, siendo las plantas *Bidens pilosa*, *Tridax procumbens*, *Emilia fosbergii*, *Brachiaria* sp., y *Mikania* sp. importantes como flora polinífera. El estudio revela la importancia de preservar la diversidad de especies que, con su carga polínica, garanticen la óptima polinización de las flores.

Palabras clave. *Apis mellifera*, plantas arvenses, polen, polinizadores silvestres

INTRODUCCIÓN

El aguacate, *Persea americana* Mill., es originario de áreas tropicales y subtropicales de la costa pacífica de Centro América, Guatemala y México y hoy tiene amplia distribución mundial (Alcaraz *et al.* 2013). Se han descrito numerosas variedades adaptadas a diferentes condiciones climáticas pertenecientes a tres razas que presentan interés económico: la antillana (*P. americana* var. *americana* Mill.), la guatemalteca (*P. americana* var. *guatemalensis* L. Wms.) y la mexicana [*P. americana* var. *drymifolia* (Schlecht. y Cham.) Blake] (Alcaraz *et al.* 2013, ICA 2012). Estas han dado origen mediante cruces a variedades y cultivares (Alcaraz *et al.* 2013). El cultivar Hass es el más sembrado en el mundo, un híbrido del cruce entre las variedades *drymifolia* y *guatemalensis* (Alcaraz *et al.* 2013).

En su zona de origen la polinización del aguacate está garantizada por la visita de una diáspora de organismos, en especial insectos (himenópteros, dípteros, coleópteros y heterópteros). No obstante, es paradójico que se considera que el principal polinizador del aguacate es la abeja de origen europeo *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Ish-Am *et*

al. 1999, Peña 2003, de la Peña *et al.* 2018). Sus colmenas son comercializadas en diversos países para satisfacer las necesidades de polinización ante la falta o escasez de polinizadores nativos (Sahari *et al.* 2010). Sin embargo, la abeja *A. mellifera*, frecuentemente es más atraída por otras plantas lo que ocasiona un impacto negativo en la polinización de *P. americana* (Dag *et al.* 2003). Esto ha incrementado el interés por conocer los polinizadores nativos que coevolucionaron con la especie (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, Ish-Am *et al.* 1999).

En México las especies nativas polinizadoras pertenecen a los taxones Hymenoptera (Apoidea: Meliponinae, Bombinae y Vespoidea: Vespidae), Coleoptera y Diptera (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, Ish-Am *et al.* 1999, Peña 2003). Se reportan al menos 70 especies asociadas a la floración del cultivo siendo las abejas sin aguijón: *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919), *Trigona nigerrima* (Cresson, 1878), *Partamona bilineata* (Say, 1837), *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1878), *Scaptotrigona pectoralis* (Dalla Torre, 1896), *Trigona nigra* (Cresson, 1878), la avispa *Brachygastra mellifica* (Say, 1837) y el califórido *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) polinizadores

de alta eficiencia (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, Ish-Am *et al.* 1999). En contraste con *A. mellifera*, estos insectos nativos presentan adaptaciones morfológicas (p.e. menor tamaño) que les permiten adherir más cantidad de polen tanto dorsal como ventralmente y muestran mayor preferencia por la floración del aguacate (de la Peña *et al.* 2018). Sin embargo, por la alta capacidad de forrajeo de *A. mellifera* es posible que ejerza un efecto negativo sobre las poblaciones de abejas nativas al agotarles los recursos polínicos y, por tanto, ocasionar su desplazamiento como se ha reportado para *G. acapulconis* (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, Ish-Am *et al.* 1999, Cane y Tepedino 2017). Además, factores como la falta de sitios de reproducción y anidación, la deforestación y el uso indiscriminado de insecticidas en los huertos, pueden reducir la abundancia y diversidad de polinizadores en los cultivos de aguacate (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999).

Los insectos visitantes florales obtienen de hábitats naturales o seminaturales circundantes, materiales o sitios para la anidación, apareamiento, hibernación y el forrajeo (Bailey *et al.* 2014, Saunders *et al.* 2016). La comunidad de plantas hospederas que crece alrededor de *P. americana* provee una mejora en el rendimiento al ofrecer diversidad de recursos florales. Por otra parte, los polinizadores son importantes para el éxito reproductivo de estas plantas (Giannini *et al.* 2014, Saunders *et al.* 2016). Puesto que la floración del aguacate es estacional: el mantenimiento de los polinizadores, su conservación y la capacidad del agroecosistema de producir bienes y servicios depende de la biodiversidad vegetal (Villamil *et al.* 2017).

La preferencia por un recurso y la frecuencia de visitas depende de los requerimientos nutricionales dados por la biología de la especie así como la disponibilidad y la calidad de ese recurso (García-García *et al.* 2001, Woodcock *et al.* 2014). Las flores de *Persea americana* presentan las

estructuras reproductivas y nectarios expuestos, no están adaptadas a un polinizador específico (Ish-Am *et al.* 1999, Peña 2003). En consecuencia, los insectos que las frecuentan pueden transportar polen de otras especies vegetales (Ish-Am y Eisikowitch 1993) y esto es particularmente alto en el caso de *A. mellifera* la cual es más atraída por otras especies de plantas que florecen en cercanía reduciendo las visitas, polinización y consecuente fructificación del cultivo (Ish-Am y Eisikowitch 1993, 1998).

Los insectos visitantes florales de *P. americana* presentan diferencias en términos de: diversidad de tipos polínicos, la cantidad de carga polínica y la región del cuerpo donde transportan mayor cantidad de polen, esto se atribuye al tamaño y los movimientos que realizan en las flores de esa especie (Ish-Am y Eisikowitch 1993, Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, Ish-Am *et al.* 1999). Considerando que la carga polínica de un insecto indica las especies vegetales frecuentadas en un tiempo específico, el presente estudio presenta información de una caracterización de la carga polínica de insectos visitantes florales de *P. americana* cv. Hass, con la finalidad de determinar los recursos florales que están siendo explotados por esos insectos mediante el análisis de la diversidad de polen que transportan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos parcelas experimentales de *Persea americana* cv. Hass en floración (I: 2° 48' Norte, 76° 37' Oeste, altitud: 1600 m; II: 2° 47' Norte, 76° 36' Oeste, altitud: 1600 m) en el municipio de Morales (Cauca, Colombia), que fueron visitadas dos veces por semana en los periodos de floración: travesía (agosto-septiembre de 2013) y principal (febrero-marzo de 2014). En cada una se escogieron aleatoriamente cuatro árboles, entre 2–3 m de altura. Entre las 07:00- 17:00 h, cada hora durante 20 min/árbol se recolectaron insectos de los órdenes Diptera



Figura 1. Granos de polen de *Persea americana* magnificación 100X.

(Calliphoridae, Muscidae y Syrphidae) e Hymenoptera (Apidae) presentes en las flores mediante red entomológica y aspirador bucal. Los insectos fueron individualizados en viales libres de polen y fueron llevados al laboratorio de entomología de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia Centro de Investigación Palmira para su montaje. Se realizaron 23 muestreos y un esfuerzo de recolecta de 10 h/día en cada parcela. Los especímenes fueron identificados por las taxónomas especialistas Marta Wolff (Diptera) de la Universidad de Antioquia (Medellín) y Guiomar Nates Parra (Apidae) de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá.

La carga polínica de los visitantes florales fue caracterizada tomando una muestra aleatoria de al menos el 20 % de los individuos de cada especie que presentaran todas las estructuras morfológicas. En aquellas especies con un número inferior a diez especímenes se revisaron y se tomó como tamaño de muestra todos los individuos. Para la extracción del polen de contacto, el polen fue montado de acuerdo con Dafni *et al.* (2005) en gelatina glicerinada teñida con fucsina (7 g gelatina; 25 mL agua destilada; 21,4 mL de glicerina; 1g de fenol; 0,05 g fucsina básica). Se examinó la carga de polen de: cabeza, tórax, abdomen y patas retirando el polen con una jeringa de insulina que contenía gelatina glicerinada teñida con fucsina. Para el montaje de placas en porta objetos se cortó con una cuchilla de disección un trozo de aproximadamente 2 mm³ de gelatina-glicerina que contenía la muestra de polen, se calentó la lámina sobre una plancha hasta que se derritiera el gel de glicerina, sin hervir para evitar la producción de burbujas. Se dispersaron los granos de polen con un palillo de bambú limpio, la preparación se cubrió con un cubreobjetos y se selló la muestra con parafina fundida. Los granos de polen fueron identificados en un microscopio

óptico de contraste de fases y reglilla ocular micrométrica (Nikon Eclipse E200). En los árboles se recolectaron flores de *P. americana* para la extracción de polen de las anteras. Estas fueron maceradas y su contenido montado en gelatina glicerinada teñida con fucsina. Los granos de polen fueron caracterizados para su identificación en el cuerpo de los insectos visitantes florales. Los granos de polen de *P. americana* son mónadas esféricas, inaperturados, en vista polar y ecuatorial miden entre 37–45 µm (Fig. 1). De acuerdo con Roubik y Moreno (1991) la exina tiene un espesor de $\leq 0,5 \mu$, son intactos, la sexina es equinada con equinas agudas y cónicas ($< 1\mu$) son frágiles y susceptibles al daño por acetólisis.

Se contaron todos los granos de polen presentes en las placas, se hizo diferenciación entre los de *P. americana* y los de otras especies, los cuales se identificaron teniendo en cuenta: la forma y el tamaño del grano, el número de aberturas: colpos, poros o colporos y su disposición. La identificación taxonómica se realizó usando atlas palinológicos y catálogos polínicos (Roubik y Moreno 1991, Giraldo *et al.* 2011).

Se comparó la riqueza y diversidad en la carga de polen transportada mediante los índices de: Shannon-Weiner (H'), la expresión inversa del índice de Simpson (1-D), equitabilidad de Pielou (J) y Margalef (DMg), los análisis se realizaron en el programa Past versión 2.17c (Hammer *et al.* 2001).

Posteriormente, se determinó si la cantidad de polen transportado difiere entre las especies mediante una prueba Kruskal-Wallis. Para estimar cuáles especies presentan diferencias en su carga polínica se realizó un análisis de rangos de Dunn, se empleó el programa Statistica ver. 10.0 (Stat. Soft. Inc. 2011). Se estimó el grado de similitud en cuanto a la abundancia de la carga polínica mediante un

Tabla 1. Cantidad de polen presente en el cuerpo de los insectos visitantes florales de aguacate Hass.

Familia	Especie	Número de insectos	Nº total de granos de polen	Nº total de granos de polen de Hass	Porcentaje de polen de Hass
Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	37	4973	1179	23,71
	<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	22	119	21	17,65
	<i>Scaptotrigona barrocoloradensis</i> (Schwarz, 1951)	36	1340	406	30,3
	<i>Partamona cf. aequatoriana</i>	15	364	15	4,12
Calliphoridae	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann, 1819)	17	111	27	24,32
	<i>Chrysomya putoria</i> (Wiedemann, 1830)	5	362	53	14,64
Muscidae	Muscidae sp. 2	17	119	88	73,95
Syrphidae	<i>Allograpta obliqua</i> (Say, 1823)	5	1868	119	6,37

análisis de conglomerados con base en la distancia euclidiana y el método de agrupamiento de pares con la media aritmética no ponderada UPGMA.

Con la finalidad de determinar las especies que potencialmente compiten por polinización en cada parcela de *P. americana*, se creó una palinoteca de referencia para la zona de estudio. Se recolectaron especímenes de las plantas más visitadas por las abejas: *A. mellifera*, *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Scaptotrigona barrocoloradensis* (Schwarz, 1951) y *Partamona cf. aequatoriana* Camargo, 1980, a partir de las cuales se obtuvieron las muestras de polen. Las plantas fueron montadas e identificadas mediante comparación con especímenes del herbario CUVV (Luis Sigifredo Espinal Tascón) de la Universidad del Valle, Colombia. Se elaboraron láminas palinológicas de referencia con el polen de estas plantas de acuerdo al método referido previamente.

RESULTADOS

En una muestra de 154 insectos, se contabilizaron 9256 granos de polen, pertenecientes a 18 familias botánicas y 45 géneros (Tabla 1). En general, los insectos tuvieron

una carga de polen diversificada en términos de riqueza. El porcentaje de polen de *P. americana* que transportan los insectos muestreados está entre 4 y 30 % de la carga polínica total; a excepción del Muscidae sp. 2 en el cual correspondió al 74 % (Tabla 1).

La mayoría de los tipos polínicos son de: Asteraceae (40,17 %), Lauraceae (19,41 %), Urticaceae (18,62 %), Poaceae (7,81 %) y Fabaceae (6,35 %). Los 13 géneros restantes contribuyen en total con el 7,6 % de la carga de polen (Tabla 2). Las especies más frecuentes fueron: *Bidens pilosa* L. (16,91 %), *Tridax procumbens* L. (10,24 %), *Emilia fosbergii* Nicolson (7,49 %), *Brachiaria* sp. (7,33 %), *Mikania* sp. (5,17 %); y los géneros *Cecropia* spp. (19,02 %) e *Inga* spp. (4,41 %).

Apis mellifera presentó la mayor riqueza específica de tipos polínicos, seguida por la abeja *S. barrocoloradensis*. Los índices de diversidad H' y el inverso de Simpson muestran que *A. mellifera*, *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819) y *S. barrocoloradensis* tuvieron la mayor diversidad de polen. La menor diversidad se registró en el díptero Muscidae sp. 2. El sírfido *A. obliqua* tuvo la mayor uniformidad en la carga polínica (Tabla 3).

Tabla 2. Riqueza y abundancia de familias botánicas que se encontraron en insectos visitantes de *Persea americana*.

Familia	N° de géneros	N° de granos de polen	Abundancia (%)
Asteraceae	9	3371	40,17
Lauraceae	1	1629	19,41
Urticaceae	1	1563	18,62
Poaceae	4	655	7,81
Fabaceae	11	533	6,35
Desconocida	1	410	4,89
Solanaceae	1	42	0,50
Lythraceae	1	33	0,39
Rubiaceae	3	33	0,39
Euphorbiaceae	3	31	0,37
Amaranthaceae	1	30	0,36
Cyperaceae	1	15	0,18
Myrtaceae	2	13	0,15
Sapindaceae	1	12	0,14
Lamiaceae	2	11	0,13
Bignoniaceae	1	3	0,04
Rosaceae	1	3	0,04
Malvaceae	1	2	0,02

Tabla 3. Índices de diversidad de las cargas de polen de los insectos visitantes florales.

Especies	Índices				
	Número de géneros polínicos	Inverso de Simpson (1-D)	Shannon (H')	Equitabilidad (J)	Margalef (DMg)
<i>A. obliqua</i>	3	0,53	0,87	0,79	0,27
<i>A. mellifera</i>	34	0,81	1,99	0,56	3,91
<i>C. putoria</i>	3	0,46	0,71	0,65	0,51
<i>L. eximia</i>	12	0,80	1,87	0,75	2,34
Muscidae sp. 2	2	0,02	0,06	0,09	0,22
<i>P. cf. aequatoriana</i>	7	0,24	0,57	0,29	1,04
<i>S. barrocoloradensis</i>	16	0,75	1,66	0,60	2,09
<i>T. angustula</i>	9	0,69	1,52	0,69	1,67

Se presentaron diferencias en la carga de polen promedio que transportan estas especies (Kruskal-Wallis, $H = 45,63$, $P < 0,01$). El análisis de comparaciones múltiples muestra diferencias en la carga de polen que transportan (Tabla 4). Los promedios de carga de polen que se diferencian significativamente ocurren entre: *A. mellifera* y *L. eximia*, *A. mellifera* y Muscidae sp. 2, *A. mellifera* y *T. angustula*, *L. eximia* y *S. barrocoloradensis*, *S. barrocoloradensis* y *T. angustula*.

El análisis de agrupamiento indica que *A. mellifera* tuvo la menor similitud en la abundancia relativa y composición de la carga polínica. De acuerdo con la similitud de esta carga se presentan dos grupos entre las especies restantes: uno conformado por el díptero *A. obliqua* y la abeja *S. barrocoloradensis* con una similitud del 50 %, y el otro, conformado por: *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1830), *L. eximia*, *T. angustula*, Muscidae sp. 2 y *P. cf. aequatoriana* con una similitud del 85 %. Las especies con la mayor similitud (95 %) en la abundancia relativa de la carga de polen fueron *L. eximia* y *T. angustula* (Fig. 2).

Las abejas visitaban con mayor frecuencia siete familias botánicas (Tabla 5).

DISCUSIÓN

La identificación de las fuentes poliníferas alternativas utilizadas por los visitantes florales y polinizadores en árboles de *P. americana* en floración permite dilucidar el papel de la flora asociada al cultivo en el sostenimiento de las poblaciones de insectos. Las flores son sitios de apareamiento, protección, encuentro, atracción de presas para los depredadores y obtención de recursos nutricionales como polen y néctar, requeridos para sus funciones fisiológicas (McCallum *et al.* 2013, Woodcock *et al.* 2014).

El polen es una fuente de carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales (Faye *et al.* 2002). Los tipos polínicos de las familias Asteraceae, Lauraceae y Urticaceae que fueron los más frecuentes o dominantes, se consideran importantes para el desarrollo de las poblaciones de insectos mientras que los polínicos secundarios, de menor frecuen-

Tabla 4. Diferencias en la carga polínica de las especies muestreadas mediante el análisis de rangos de Dunn. Los valores con asterisco muestran las diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

	<i>A. mellifera</i>	<i>A. obliqua</i>	<i>C. putoria</i>	<i>L. eximia</i>	Muscidae sp. 2	<i>P. cf. aequatoriana</i>	<i>S. barrocoloradensis</i>	<i>T. angustula</i>
<i>A. mellifera</i>								
<i>A. obliqua</i>	1,00							
<i>C. putoria</i>	1,00	1,00						
<i>L. eximia</i>	0,00*	1,00	1,00					
Muscidae sp. 2	0,00*	1,00	1,00	1,00				
<i>P. cf. aequatoriana</i>	0,29	1,00	1,00	1,00	1,00			
<i>S. barrocoloradensis</i>	1,00	1,00	1,00	0,03*	0,24	1,00		
<i>T. angustula</i>	0,00*	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00*	

Tabla 5. Listado de plantas arvenses visitadas por las abejas presentes en los huertos evaluados

Familia	Especie
Asteraceae	<i>Acmella oppositifolia</i> Lam.
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.
Asteraceae	<i>Clibadium surinamense</i> L.
Asteraceae	<i>Conocliniopsis prasiifolia</i> (DC.)R.M. King & H. Robinson
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson.
Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Mill.
Fabaceae	<i>Tephrosia vogelii</i> Hook. F.
Lamiaceae	<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Lythraceae	<i>Cuphea strigulosa</i> Kunth.
Melastomataceae	<i>Tibouchina lindeniana</i> Cogn.
Melastomataceae	<i>Tibouchina longifolia</i> (Vahl) Baill.
Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.
Rubiaceae	<i>Spermacoce capitata</i> Ruiz & Pav.

cia, otorgan diversidad a la dieta de estos insectos (Faye *et al.* 2002). El polen de arvenses fue el más transportado en el cuerpo de los insectos. Muchas de estas plantas florecen todo el año y, por tanto, son una importante fuente alimenticia para las abejas (Florez *et al.* 2002). Dentro de este grupo, las asteráceas son importantes componentes de los agroecosistemas, esta familia es polinizada por insectos de los órdenes Coleoptera, Diptera e Hymenoptera, por lo cual tienen una polinización generalista (Grombone-Guaratini *et al.* 2004).

Similar a lo reportado por Grombone-Guaratini *et al.* (2004), *Bidens pilosa* fue predominante en las muestras de polen de las especies de Apidae y Syrphidae. Los himenópteros fueron los visitantes más frecuentes recolectando grandes cantidades de polen y néctar, y se considera a los sírfidos como importantes polinizadores. Esta especie sostiene a las comunidades de insectos que polinizan los cultivos (Grombone-Guaratini *et al.* 2004). En cafetales de Costa Rica, las asteráceas *B. pilosa* y *E. fosbergii* son las que más atraen a *A. mellifera* pero las especies del género *Inga* son importantes para las abejas, como fuente nectarífera, siendo frecuentes en las muestras de polen de los visitantes florales del aguacate Hass (Florez *et al.* 2002). En la escogencia de estas flores pueden influir distintos factores como: los requerimientos nutricionales de las colmenas, la calidad de la oferta floral, la constancia en la producción de polen o néctar, y las interacciones con

otras especies de insectos (García-García *et al.* 2001, Velandía *et al.* 2012).

Las especies *A. mellifera* y *S. barrocoloradensis* transportan un alto número de granos de polen en sus cuerpos, cerca del 20 % de esta carga polínica era de *P. americana*, por lo cual no solo son vectores de polen esta especie, sino también de las plantas que florecen en cercanía a los cultivos. La diversidad de la carga polínica de las abejas *A. mellifera* puede explicarse por su comportamiento de forrajeo, *A. mellifera* muestra preferencia por la visita de flora alternativa como *Senecio salignus* DC. (Asteraceae) y cítricos durante la floración del cultivo (Ish-Am *et al.* 1999, Dag *et al.* 2003). Esto podría deberse a que las flores de *P. americana* no suplen completamente los requerimientos nutricionales de las abejas y estas deben forrajear en otras especies vegetales en procura de suplir los diversos requerimientos nutricionales (García-García *et al.* 2001, Nates-Parra 2005, Requier *et al.* 2015). Especies como: *Bidens pilosa*, *Tridax procumbens*, *Emilia fosbergii*, *Mikania* sp., *Inga* spp. y *Brachiaria* sp. han sido reportadas como plantas de sostenimiento para *A. mellifera* en agroecosistemas cercanos a la zona de estudio. Estas plantas son frecuentemente visitadas como recursos poliníferos y nectaríferos (Velandía *et al.* 2012). En *P. americana* pueden cumplir un papel preponderante para el sostenimiento de la entomofauna asociada a la floración, en la fase de prefloración,

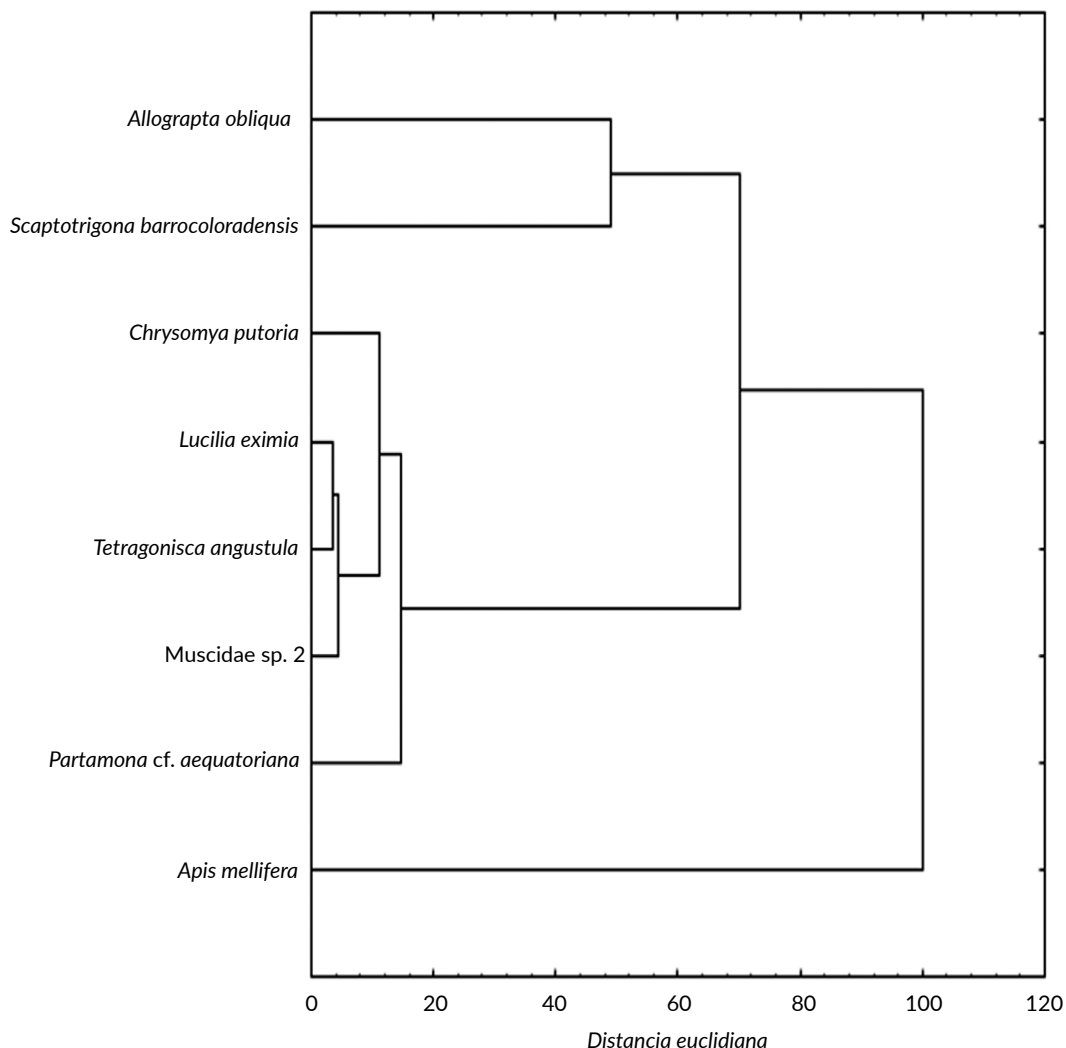


Figura 2. Dendrograma de la similitud de la carga polínica de los visitantes florales de acuerdo con la abundancia relativa, utilizando distancia euclidiana y método de agrupamiento UPGMA.

cuando hay baja densidad de flores de aguacate o no se suplen todos los requerimientos nutricionales de los polinizadores.

En comparación con *A. mellifera*, la abeja nativa *S. barrocoloradensis* tuvo el mayor porcentaje de polen de *P. americana* adherido a su cuerpo. Esto revela su importancia en la polinización del aguacate. En el departamento del Cauca (Colombia) esta especie se utiliza como polinizadora y proveedora de miel (Nates-Parra y Rosso-Londoño 2013). En México, las especies *S. pectoralis* y *S. mexicana* transportan grandes cantidades de polen de aguacate, siendo polinizadores altamente eficientes, al igual que la abeja *P. bilineata* (Ish-Am et al. 1999). Contrario a la abeja *P. cf. aequatoriana*, que presentó un bajo porcentaje de polen de *P. americana* en su cuerpo, esto le resta valor

como vector de polen. La abeja *T. angustula* transportó bajas cantidades de polen en su cuerpo. Si bien, esta especie ha sido catalogada como generalista, prefiere otros tipos polínicos (Nates-Parra 2005).

Los insectos de las familias Muscidae, Syrphidae y Calliphoridae, después de Apidae, son los visitantes más habituales de *P. americana* (Peña 2003). Se han reportado cuatro especies de *Allograpta* como visitantes florales de la especie pero sin aporte en la polinización. En nuestro estudio los sírfidos *A. obliqua* tenían grandes cantidades de polen de *T. procumbens* y *B. pilosa*, esta preferencia le resta valor como vectores de polen del cultivo. Lo anterior podría deberse a que las asteráceas tienen flores relativamente abiertas, con fácil acceso al polen y néctar, ya que estos insectos presentan partes bucales cortas (Tooker

et al. 2014). Por otra parte, en los dípteros *L. eximia* y *C. putoria* el porcentaje de polen es menor al 25 % en comparación al Muscidae sp. 2. Este aunque transporta una baja cantidad de polen en su cuerpo, el 73,95 % de su carga es de *P. americana*, esto muestra preferencia por la visita de flores de esta planta. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Ish-Am et al. (1999) quienes reportan a insectos de Muscidae y Calliphoridae con grandes cantidades de polen de aguacate en sus cuerpos pero con una baja frecuencia de visitas a las flores. No obstante, el díptero Muscidae sp. 2 podría ser importante en planes de manejo de la polinización en la zona de estudio.

De acuerdo con la composición de la carga de polen, hay un traslape en las áreas de forrajeo de los visitantes florales, es decir, están compartiendo algunos de los recursos polínicos. Incluso las asociaciones no se basaron en la proximidad taxonómica, ya que la más cercana ocurrió entre *L. eximia* y *T. angustula*. Aunque esta abeja tuvo mayor diversidad en la carga polínica respecto a *L. eximia*, se presentó similitud en la cantidad de polen de aguacate que transportaron en su cuerpo y el número total de granos de polen. Estos hallazgos son similares a lo reportado por Castañeda-Vildózola et al. (1999) quienes encontraron similitud, en el promedio de granos de polen transportados por la avispa *B. mellifica* y el califórido *C. megacephala*. Pese a que *A. mellifera* comparte un gran número de tipos polínicos, presenta mayor diversidad en su carga polínica, por lo cual tuvo la menor similitud respecto a las otras especies evaluadas.

Esta investigación permitió identificar la flora polinífera de importancia para los insectos visitantes florales de *P. americana* mediante el análisis de la carga de polen, y pone en evidencia la importancia de las plantas arvenses como recurso nutricional para los visitantes florales y polinizadores de esta especie. Se determinó que los insectos visitantes de *P. americana* cv. Hass frecuentan 18 familias botánicas, por lo cual es conveniente garantizar la permanencia de estos grupos.

LITERATURA CITADA

- Alcaraz ML, Thorp TG, Hormaza JI. 2013. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci. Hortic.* 164:434–439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.051>.
- Bailey S, Requier F, Nusillard B, Roberts SP, Potts SG, Bouget C. 2014. Distance from forest edge affects bee pollinators in oilseed rape fields. *Ecol. Evol.* 4(4):370–380. doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.924>.
- Cane JH, Tepedino VJ. 2017. Gauging the effect of honey bee pollen collection on native bee communities. *Conserv. Lett.* 10(2):205–210. doi: <https://doi.org/10.1111/conl.12263>.
- Castañeda-Vildózola A, Equihua A, Valdés J, Barrientos A, Ish-Am G, Gazit, S. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán, México. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 5:129–136.
- Dafni A, Kevan PG, Husband BC, editores. 2005. *Practical pollination biology*. Ontario: Enviroquest Ltd.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

DJCB toma de datos, montaje de insectos y plantas, análisis de datos, escritura del documento; JML revisión y escritura del documento; ACM concepción del proyecto, diseño y escritura del documento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

A los productores: Fernando Velasco y Aldemar Sarria. A los taxónomos: Guiomar Nates Parra (UNAL, Bogotá), Martha

Wolff Echeverry (U. de Antioquia), Augusto León Montoya (U. de Antioquia). A Ángela Rodríguez (UNAL, Bogotá) y Fermín Chamorro (UNAL, Bogotá) por la capacitación en palinología; a Jhon Alexander Vargas Figueroa (U. del Valle) por su colaboración en la identificación de las especies vegetales; al Dr. Alan Giraldo (U. del Valle) y M.Sc. Oscar Ascúntar (U. del Valle) por su asesoría en los análisis estadísticos. A Sandra Y. Pinchao por su apoyo en los estudios palinológicos. A Colciencias (Convocatoria 502–2010 banco de proyectos y programas I+D+I -modalidad cofinanciación- 2010), Agro-savia y la Universidad del Valle.

- Dag A, Fetscher E, Afik O, Yeselson Y, Schaffer A, Yossi K, Waser NM, Madore MA, Arpaia ML, Hofshi R, Shafir S. 2003. Honey bee (*Apis mellifera*) strains differ in avocado (*Persea americana*) nectar foraging preference. *Apidologie* 34:299–309. doi: <https://doi.org/10.1051/apido:2003022>.
- de la Peña E, Pérez V, Alcaraz L, Lora J, Larrañaga N, Hormaza I. 2018. Polinizadores y polinización en frutas subtropicales: implicaciones en manejo, conservación y seguridad alimentaria. *Ecosistemas* 27(2):91–101. doi: <https://doi.org/10.7818/ECOS.1480>.
- Faye P, Planchuelo A, Molinelli M. 2002. Relevamiento de la flora apícola e identificación de cargas de polen en el sureste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Agriscientia* 19:19–30. doi: <http://dx.doi.org/10.31047/1668.298x.v19.no.2649>.
- Florez J, Muschler R, Harvey C, Finegan B, Roubik DW. 2002. Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas. *Agrofor. Am.* 9(35–36):29–36.
- García-García MC, Ortiz PL, Díez MJ. 2001. Pollen collecting behaviour of *Apis mellifera* during one day. *Grana* 40(4–5):205–209. doi: <https://doi.org/10.1080/001731301317223141>.
- Giannini TC, Boff S, Cordeiro GD, Cartolano EA, Veiga AK, Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM. 2014. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. *Apidologie* 46:209–223. doi: <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0316-z>.
- Giraldo C, Rodríguez A, Chamorro F, Obregón D, Montoya P, Ramírez N, Solarte V, Nates-Parra G. 2011. Guía Ilustrada de polen y plantas nativas visitadas por abejas. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Grombone-Guaratini MT, Solferini VN, Semir J. 2004. Reproductive biology in species of *Bidens* L. (Asteraceae). *Sci. agric.* 61(2):185–189. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000200010>.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistic software package for education and data analysis. *Palaentol. Electron.* 4(1):1–9.
- [ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 2012. Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass (*Persea americana* Mill.) - Medidas para la temporada invernal. Bogotá: Editorial Pro dumedios.
- Ish-Am G, Barrientos-Priego F, Castañeda-Vildozola A, Gazit S. 1999. Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 5:137–143.
- Ish-Am G, Eisikowitch D. 1993. The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers and their contribution to its pollination. *J. Apicult. Res.* 32(3-4):175–186. doi: <https://doi.org/10.1080/00218839.1993.11101303>.
- Ish-Am G, Eisikowitch D. 1998. Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 73(2):195–204. doi: <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510965>.
- McCallum PK, McDougall FO, Seymour RS. 2013. A review of the energetics of pollination biology. *J. Comp. Physiol. B.* 183(7):867–876. doi: <https://doi.org/10.1007/s00360-013-0760-5>.
- Nates-Parra G, Rosso-Londoño JM. 2013. Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) utilizadas en meliponicultura en Colombia. *Acta biol. Colomb.* 18(3):415–426.
- Nates-Parra G. 2005. Abejas silvestres y polinización. *Rev. MIP Agroecol (Costa Rica)* 75:7–20.
- Peña JE. 2003. Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Rev. MIP Agroecol (Costa Rica)* 69:6–20.
- Requier F, Odoux JF, Tamic T, Moreau N, Henry M, Decourtye A, Bretagnolle V. 2015. Honey bee diet in intensive farmland habitats reveals an unexpectedly high flower richness and a major role of weeds. *Ecol. Appl.* 25(4):881–890. doi: <https://doi.org/10.1890/14-1011.1>.
- Roubik DW, Moreno JE. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island. Monographs in Systematic Botany No. 36. St. Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden.
- Sahari B, Rizali A, Buchori D. 2010. Insect pollinator communities under changing land-use in tropical landscapes: implications for agricultural management in Indonesia. En: Tscharncke E, Leuschner C, Veldkamp E, Faust H, Guhardja E, Bidin A, editores. *Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change: Ecological and Socio-economic Valuations*. Editorial Springer. p. 97–114. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-00493-3_4.
- Saunders ME, Peisley RK, Rader R, Luck GW. 2016. Pollinators, pests, and predators: Recognizing ecological trade-offs in agroecosystems. *Ambio* 45(1):4–14. doi: <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0696-y>.
- Stat. Soft. Inc. 2011. *Statistica*. Version 10: StatSoft Inc (Tulsa, OK, USA).
- Tooker JF, Hauser M, Hanks LM. 2014. Floral host plants of Syrphidae and Tachinidae (Diptera) of central Illinois. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99(1):96–112. doi: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2006\)099\[0096:FHPOSA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)099[0096:FHPOSA]2.0.CO;2).
- Velandia M, Restrepo S, Cubillos P, Aponte A, Silva LM. 2012. Catálogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos de Cauca, Huila y Bolívar. Bogotá: Instituto Humboldt.
- Villamil L, Astier M, Merlín Y, Ayala-Barajas R, Ramírez-García E, Martínez-Cruz J, Devoto M, Gavito M. 2017. Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacán, Mexico. *Agroecol. Sust. Food.* 42(5):530–551. doi: <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1410874>.
- Woodcock TS, Larson BMH, Kevan PG, Inouye DW, Lunau K. 2014. Flies and flowers II: floral attractants and rewards. *J. Poll. Ecol.* 12(8):63–94. doi: [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2014\)5](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2014)5).