



# Valoración de un método de osmoguiado a flores de durazno (*Prunus persica*) aplicado en abejas *Apis mellifera*

## Assessment of a method of osmoguided peach (*Prunus persica*) lowers in honeybee *Apis mellifera*

Camilo Andrés Higuera-Higuera<sup>1</sup> ; Saira María Espinosa-Sánchez<sup>2</sup> ; Diana María Dueñas-Quintero<sup>3</sup> 

Mariana Palacios-Preciado<sup>3</sup> ; Fabio Eleazar Lozano-Suarez<sup>4</sup> ; Víctor Manuel Solarte-Cabrera<sup>5</sup> 

Oswaldo Andrés Sánchez-Alarcón<sup>6\*</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC, Grupo de investigación Gigas. Tunja - Boyacá, Colombia; e-mail: andres.higuera01@uptc.edu.co

<sup>2</sup>Compañía Campo Colombia SAS, Grupo de investigación AYNI; La Mesa - Cundinamarca, Colombia; e mail: smespinosas@unal.edu.co

<sup>3</sup>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC, Grupo CREPIB. Tunja - Boyacá, Colombia; e mail: diana.duenas@crepib.org.co; direccion@crepib.org.co

<sup>4</sup>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC, Grupo de investigación Gigas. Duitama - Boyacá, Colombia; e-mail: fabio.lozano@uptc.edu.co

<sup>5</sup>Blue Note Data Analysis SAS. Grupo de Investigación Labinat/Blue Note Data Analysis. Bogotá D.C., Colombia; e-mail: vmsolartec@bluenotedataanalysis.com

<sup>6</sup>Compañía Campo Colombia SAS, Grupo de investigación AYNI, Grupo de investigación Bioprospectiva. La Mesa - Cundinamarca, Colombia; e mail: investigacion@campocolombia.com

\*autor para correspondencia: investigacion@campocolombia.com

**Cómo citar:** Higuera-Higuera, C.A.; Espinosa-Sánchez, S.M.; Dueñas-Quintero, D.M.; Palacios-Preciado, M.; Lozano-Suarez, F.E.; Solarte-Cabrera, V.M.; Sánchez-Alarcón, O.A. 2023. Valoración de un método de osmoguiado a flores de durazno (*Prunus persica*) aplicado en abejas *Apis mellifera*. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 26(1):e2242. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2242>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** marzo 16 de 2022 **Aceptado:** mayo 27 de 2023 **Editado por:** Helber Adrián Arévalo Maldonado

## RESUMEN

Diversos estudios demuestran que la inclusión de polinizadores, como las abejas *Apis mellifera*, generan efectos positivos sobre la productividad de cultivos de durazno (*Prunus persica*). Esto lleva a probar metodologías que estimulen a las abejas para visitar, con mayor frecuencia, el cultivo de interés, sugiriendo el uso de la técnica de osmoguiado, como herramienta para potencializar el efecto de la polinización. Este estudio valoró un protocolo de osmoguiado, para estimular híbridos africanizados de *Apis mellifera*, a recolectar polen de flores de durazno, utilizando, como indicador indirecto, el análisis palinológico en muestras de polen. Los tratamientos utilizados fueron con osmoguiado y sin osmoguiado. Cada tratamiento contó con tres colmenas y el periodo de evaluación fue de cinco semanas, coincidiendo con el mayor periodo de floración del durazno. Los resultados evidenciaron que este protocolo no logró estimular a las

abejas a visitar la flor de durazno para la búsqueda de polen. La disponibilidad permanente de otras plantas productoras de polen, reportadas previamente como importantes en el aporte de este recurso, pudo influir en la selección de fuentes por parte de las abejas. El polen obtenido provino, principalmente, de plantas de las familias Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae y Passifloraceae.

Palabras clave: Polinización entomófila; Polinización dirigida; Caducifolios; Rendimiento de cultivos; Palinología.

## ABSTRACT

Several studies show that the inclusion of pollinators such as honeybee *Apis mellifera* generates positive effects in the productivity of peach (*Prunus persica*) crops. It led to test methodologies that stimulate bees to improve the visit of crops of interest, suggesting

the use of the osmoguiding technique, as a tool to potentiate the effect of pollination. This study evaluated an osmoguided protocol to stimulate Africanized hybrids of *Apis mellifera* to collect pollen from peach flowers, using palynological analysis of pollen samples as an indirect indicator. The treatments used were with osmoguided and without osmoguided. Each treatment had three hives, and the evaluation period was five weeks, coinciding with the peak flowering period of the peach. The results showed that this protocol did not stimulate the bees to visit the peach blossom to search pollen. The permanent availability of other pollen-producing plants, previously reported as significant in the contribution of this resource, could influence bee source selection. The pollen obtained came mainly from plants of the families Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, and Passifloraceae.

Keywords: Entomophilous pollination; Crop yield; Deciduous; Directed pollination; Palynology.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que, al menos, el 75 % de los suministros de comida en el mundo dependen, en alguna medida, del proceso de polinización (Gallai & Vaissière, 2009). Entre los diversos organismos que median este proceso se destacan las abejas, como el grupo de animales con mayor especialización (Claro Carrascal *et al.* 2017). Para el caso de plantas de interés económico, las abejas desempeñan un papel importante en la productividad de los cultivos, generando incrementos en la cantidad y peso de los frutos, así como disminución en deformaciones de estos (Winfrey *et al.* 2011); en consecuencia, es común el uso de abejas como polinizadores gestionados para obtener mayor rentabilidad en las plantaciones agrícolas.

En Colombia fueron validados los efectos positivos sobre la inclusión de abejas en cultivos de frutales, como fresa (*Fragaria x ananassa*), mora (*Rubus glaucus*) (Vásquez Romero *et al.* 2006; 2011), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*) y naranja (*Citrus x sinensis*) (Vásquez Romero *et al.* 2011).

Para el caso específico del durazno (*Prunus persica*), en el país, se evidencian escasas investigaciones relacionadas con la dinámica de los polinizadores y su efecto sobre la productividad del cultivo; sin embargo, resultados en estudios de otros países muestran que las abejas pueden aportar, significativamente, a la productividad del cultivo de durazno a pesar de que la planta presenta un alto nivel de autopolinización (Chaudhary, 2008; Weinbaum *et al.* 1986).

La flor de durazno presenta características relacionadas a estrategias de polinización por insectos, como, por ejemplo, la producción de volátiles asociados a la atracción innata en abejas (Mas *et al.* 2020), la oferta de néctar y polen suficientes para promover el pecoreo de abejas en el cultivo (McGregor, 1976; Niyéki *et al.* 2000) y también la mayor proporción de anteras dehiscentes en la hora del día con mayor actividad de recolección de polen por parte de las abejas, entre las 11:00 y las 14:00 horas (Zhang *et al.* 2019).

Como resultado de estas adaptaciones, la flor del durazno es visitada por diversas especies de abejas, entre las cuales, se reportan los géneros *Bombus*, *Ceratina*, *Xylocopa*, *Lassioglossum*, *Nomia* y *Osmia* (Dar *et al.* 2020; Maryam *et al.* 2020). De ellas, las abejas de los géneros *Bombus* y *Osmia* son utilizadas como polinizadores gestionados en cultivos de durazno bajo invernadero, en Asia (Zhang *et al.* 2019); sin embargo, a nivel general, se reconoce a la especie de abeja *Apis mellifera*, como el polinizador más importante del duraznero (Randhawa *et al.* 1963).

La incorporación de abejas *Apis mellifera* en plantaciones de durazno genera efectos positivos en el cultivo, especialmente, sobre la formación de frutos (Niyéki *et al.* 2000), lo cual, conlleva a que la relación de dependencia de polinización en la planta de durazno sea calificada con orden de un 70 % (Gallai & Vaissière, 2009); por ejemplo, Tanda (2021) describió que el porcentaje de flores cuajadas cuando se presenta autopolinización es cercano al 40 % y aumenta significativamente a 75 %, al ser polinizadas por abejas *A. mellifera*.

Con el fin de aumentar la tasa de visita (pecoreo) de las abejas al cultivo de interés se utilizan diversas técnicas, entre las cuales, se reporta un método sencillo y de bajo costo, denominado osmoguido (Lesser Preuss, 2004; Vásquez Romero *et al.* 2006; Munchara Pouz, 2017). Esta técnica parte de la hipótesis que, al proporcionar a las abejas jarabes obtenidos por la maceración o cocción de flores del cultivo de interés, se estimula a que los insectos presenten mayor atracción hacia la flor utilizada. Esto, a su vez, genera un aumento en la tasa de visitas, mejor polinización y, en consecuencia, mejoras en la calidad y cantidad de los frutos.

En Colombia existen documentos técnicos que sugieren el uso de esta técnica cuando se realiza polinización dirigida en cultivos comerciales (Cortes Conde, 2015; Vásquez Romero *et al.* 2006, 2021); sin embargo, hasta el momento, no se reporta de forma cuantitativa el efecto del proceso de osmoguido sobre la frecuencia de pecoreo de las abejas, en un cultivo agrícola. Por tal razón, el objetivo del presente estudio se centró en establecer el efecto de un protocolo de osmoguido como estrategia para potencializar la polinización asistida con abejas *Apis mellifera*, en un cultivo de durazno, establecido en condiciones altoandinas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Condiciones del cultivo.** El estudio se llevó a cabo en el municipio de Tuta – Boyacá, Colombia, en un cultivo comercial de durazno, con las variedades Dorado y Diamante, ubicado en las coordenadas N 5°42'5.0", W 73°11'24.3". El cultivo estaba compuesto por 180 plantas, de 12 años.

**Disponibilidad de flores de durazno.** Para verificar la disponibilidad de flores de durazno, semanalmente, se escogieron 30 plantas de forma aleatoria, de las cuales, se seleccionó una rama al azar y se contó el número de flores abiertas. Los conteos se realizaron durante las cinco semanas del ensayo.

**Condiciones del apiario.** Se estableció el apiario, ubicado en una zona cercana al cultivo de durazno, cuya distancia al árbol más alejado fue de 170 metros. El apiario estuvo compuesto por seis colonias de híbridos africanizados de abejas *A. mellifera*. Las reinas utilizadas en las colonias del experimento se obtuvieron a partir de la misma madre, por tanto, fueron medio hermanas, reduciendo el efecto de la variabilidad genética, lo cual, podría generar diferencias en la preferencia de pecoreo de la flor del durazno. La fecundación de las reinas se dio de forma natural. Al momento del experimento, las reinas tenían seis meses de edad. Las colmenas contaron con una cámara de cría, en la cual, se verificó permanentemente la presencia de reina y, al menos, seis cuadros con cría. En todos los casos, el alto volumen de abejas de la colonia condujo a que se instalará una segunda alza, que se mantuvo durante todo el ensayo.

En el periodo experimental, todas las colmenas fueron alimentadas semanalmente con 1,5 litros de jarabe. El jarabe se elaboró con azúcar comercial, mezclando 1 kg de azúcar por cada 750 ml de agua. El jarabe se proporcionó en alimentadores plásticos internos, dispuestos en la segunda alza de las colmenas. Este jarabe tuvo como finalidad mantener la fortaleza de las colonias durante el periodo experimental y este no hizo parte del método de osmoguiado.

**Proceso de osmoguiado.** El inductor de osmoguiado se elaboró fundamentado en el principio descrito por Vásquez Romero *et al.* (2012, 2021). Para esto, se realizó la recolección de 30 flores de durazno abiertas (variedad Diamante), que fueron sometidas a maceración y cocción en 400 ml de agua, a 90 °C, por un periodo de 20 minutos. Posteriormente, se incorporó la mezcla a una solución de 400 ml de jarabe, elaborado con 1 kg de azúcar, por cada 750 ml de agua; la mezcla resultante se dispuso en un atomizador. El inductor se preparó cada semana, el día anterior a su aplicación.

Para aplicar inductor en las colonias, se retiró cada marco de la colmena y se procedió a asperjar directamente. Se verificó visualmente que ambas caras del marco estuvieran completamente húmedas con el inductor. En los casos donde los cuadros presentaban abejas, se realizó la aspersión directamente sobre ellas.

Como tratamientos experimentales se establecieron dos grupos, cada uno compuesto por tres colonias:

- Con osmoguiado: aspersión semanal del inductor en las colmenas 1, 3 y 4, durante las cinco semanas del ensayo.
- Control: sin aplicación del inductor en las colmenas 5, 7 y 10.

**Valoración de la efectividad del método de osmoguiado.** Para verificar de manera indirecta la eficiencia del método de osmoguiado, a las seis colonias se les instalaron colectores de polen, que fueron cosechados semanalmente. La recolección de datos se llevó a cabo durante cinco semanas, posteriores a la primera aplicación del inductor.

El polen obtenido cada semana, por cada colmena, fue recolectado y almacenado por separado en bolsas plásticas y mantenidas en refrigeración, a 4 °C.

Para establecer la presencia de polen de durazno por colmena, se procedió a unificar el contenido de cada bolsa, para obtener muestras representativas y uniformes. A continuación, se colectaron 30 g de polen de cada bolsa, para desarrollar análisis palinológicos, mediante la técnica de acetólisis de Erdtman (1969). En este procedimiento, se agregó ácido acético, para degradar el protoplasma y solución acetolítica, para la hidrólisis ácida del material. Posteriormente, se montó una submuestra del material en láminas permanentes, usando gelatina glicerizada. Cada lámina fue etiquetada y observada al microscopio en 400 aumentos. Se realizaron conteos de palinomorfos en, al menos, 30 campos, hasta no encontrar nuevos tipos por lámina o hasta alcanzar una abundancia total de 400 granos de polen.

**Análisis de datos.** Los conteos de flores de durazno entre semanas se compararon con la prueba Kruskal-Wallis y la riqueza de palinomorfos entre tratamientos, con la prueba U de Mann-Whitney. Se consideró estadísticamente significativo, cuando  $p < 0,05$ . La red de interacción entre las especies de plantas y las colmenas se elaboraron con el paquete bipartite (Dormann *et al.* 2021), para determinar la conectividad, el anidamiento, la especialización y la robustez de la interacción. Los análisis de datos y gráficas se ejecutaron con los paquetes ggplot2 (Wickham *et al.* 2021) y ggalluvial (Brunson & Read, 2020), en el ambiente estadístico R Core Team v 4.1.2 (2021), con la plataforma RStudio v 1.4.1717 (2021).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Disponibilidad de flores de durazno.** Los conteos de flores de durazno realizados permitieron confirmar la disponibilidad de este recurso, durante todo el periodo del ensayo. Los resultados obtenidos en las cinco semanas indicaron un promedio de flores por rama, que varió entre 9,5 y 13,2, dependiendo de la semana. El máximo de flores obtenidas en la rama fue 36 y el mínimo de 2 (Figura 1). No se presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de flores por semana ( $H=22,65$ ,  $gl=24$ ,  $p=0,5405$ ).

**Valoración de la efectividad del método de osmoguiado.** Los análisis palinológicos desarrollados sobre el polen corbicular de las seis colmenas evidenciaron la presencia de palinomorfos, provenientes de 21 familias de plantas. De estas, la familia Fabaceae representó el 17 %, Asteraceae 10 %, Malvaceae 7 % y Passifloraceae 7 %; las demás familias fueron representadas solo por una especie de planta, equivalente al 3 %, para cada caso (Tabla 1).

Respecto a la riqueza de plantas, en total, se cuantificaron 29 palinomorfos diferentes. Entre estos, no se detectó la presencia de polen de durazno (*Prunus persica*), independientemente, de que la colmena incluyera o no el proceso de osmoguiado. La riqueza obtenida por cada colmena, en cada semana, varió entre 7 y 14 especies (Figura 2). No se presentaron diferencias estadísticas significativas en la riqueza de palinomorfos entre tratamientos ( $U=81,5$ ,  $p=0,308$ ).

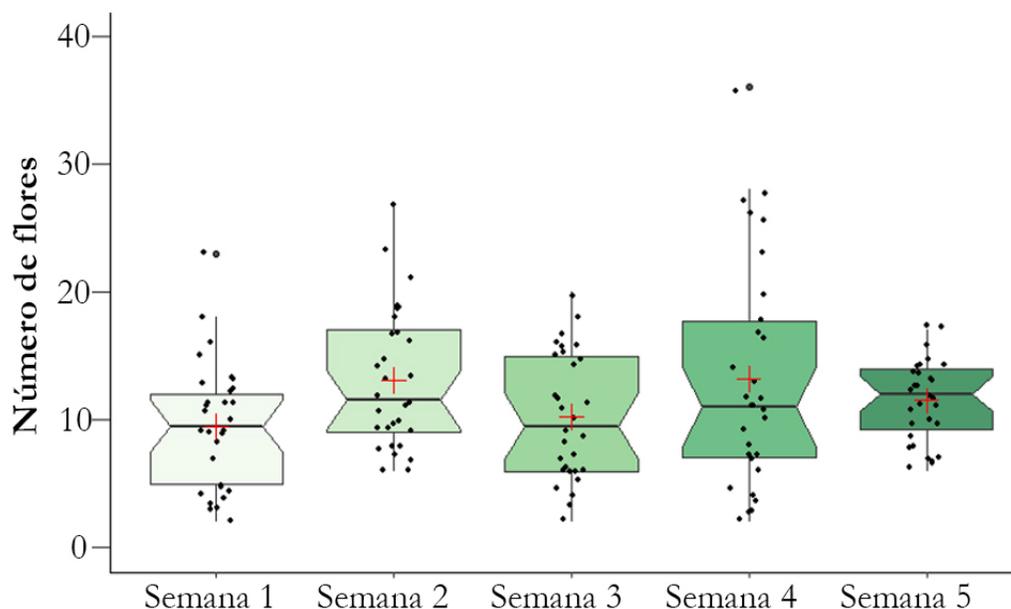


Figura 1. Disponibilidad de flores de durazno *Prunus persica* durante el periodo experimental. Se contabilizaron las flores abiertas de una rama de cada uno de los 30 árboles.

Tabla 1. Especies vegetales registradas en los análisis palinológicos, a partir del polen colectado de colmenas de abejas (*Apis mellifera*) con osmoguiado y sin osmoguiado, dispuestas en un cultivo de durazno (*Prunus persica*).

FAMILIA	ESPECIE
Fabaceae: Caesalpinioideae	<i>Senna reticulata</i>
Fabaceae: Faboideae	<i>Aeschynomene americana</i>
Fabaceae: Faboideae	<i>Trifolium pratense</i>
Fabaceae: Faboideae	<i>Trifolium repens</i>
Fabaceae: Mimosoideae	<i>Acacia cf. decurrens</i>
Asteraceae	<i>Baccharis trinervis</i>
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i>
Malvaceae	<i>Abutilon</i> sp.
Malvaceae	<i>Triumphetta bogotensis</i>
Passifloraceae	<i>Passiflora bogotensis</i>
Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>
Actinidaceae	<i>Saurauia cf. scabra</i>
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>
Asparagaceae	<i>Sansevieria trifasciata</i>
Arecaceae	Arecaceae sp.
Balsaminaceae	<i>Impatiens walleriana</i>
Bombacaceae	Aff. <i>Quararibea cordata</i>
Brassicaceae	<i>Brassica</i> sp.
Cleomaceae	Tipo <i>Cleome</i> sp.
Ericaceae	Ericaceae sp.
Euphorbiaceae	<i>Acalypha macrostachya</i>
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.
Poaceae	<i>Zea mays</i>
Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.
Saxifragaceae	<i>Escallonia pendula</i>
Solanaceae	<i>Solanum</i> aff. <i>quitoensis</i>
Indeterminada	Indeterminado 1

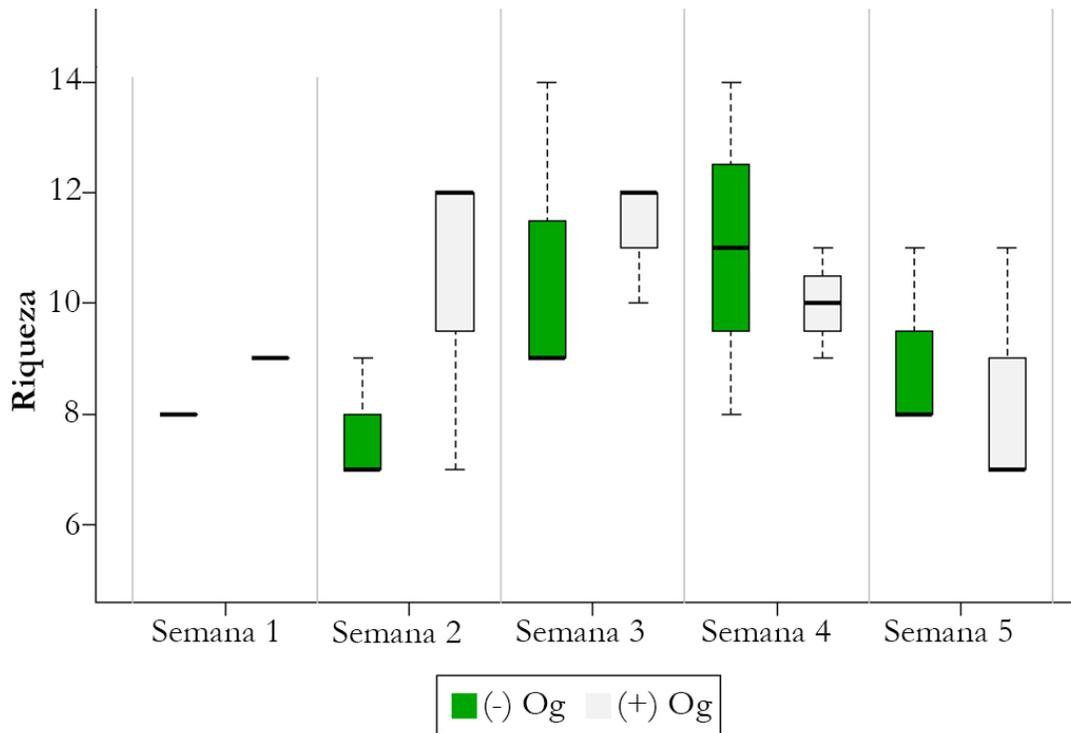


Figura 2. Riqueza semanal de especies de plantas en las muestras de polen apícola colectado de colmenas de abejas (*Apis mellifera*), con osmoguiado y sin osmoguiado, dispuestas en un cultivo de durazno (*Prunus persica*). (-) Og sin osmoguiado; (+) con osmoguiado.

La interacción entre plantas visitadas y colmenas muestra que la mayoría de las plantas fueron visitadas por las seis colmenas, tanto las colmenas del tratamiento sin osmoguiado como las de tratamiento con osmoguiado, es decir, las abejas visitaron, en términos generales, las mismas plantas, independientemente del tratamiento aplicado a la colmena. La red de interacción bipartita (Figura 3) muestra que las seis colmenas son generalistas (baja especialización de 0,086), no muestran anidamiento (29,19) y su conectividad es intermedia (59,77 %), señalando que la interacción es altamente robusta (96,7 %); el número de plantas interactuando con las seis colmenas, con comportamiento generalista, está directamente relacionado con la disponibilidad constante de recursos proteicos por parte de, al menos, 29 especies botánicas.

Al agregar los resultados de las seis colmenas incluidas en el ensayo, las especies de plantas dominantes en, al menos, el 20 % de los 29 muestreos fueron: *Trifolium pratense*, con el 38 %; *Brassica* sp., con el 24 % y *Eucalyptus globulus*, con el 20 % (Figura 4).

El protocolo de osmoguiado utilizado en el presente estudio no estimuló a las abejas para recolectar polen de flores de durazno, lo que se evidenció en la ausencia de granos de polen de la especie de planta y en las muestras analizadas, independientemente, del tratamiento de osmoguiado aplicado (Tabla 2).

Este resultado se podría explicar en la preferencia de las abejas por el recurso néctar sobre el recurso polen, en las flores de durazno

(Zhang *et al.* 2019). Tanda (2021) señaló, sobre la preferencia de recursos obtenidos por *A. mellifera* en flores de durazno, que de cada 100 abejas observadas, 65 recolectaron exclusivamente néctar, 23 exclusivamente polen y 12, los dos recursos.

En el desarrollo del presente estudio, específicamente, en la fase de conteo de flores abiertas, fue posible verificar visualmente la presencia de abejas *A. mellifera* recolectando recursos en la flor de durazno; sin embargo, no se realizó ninguna valoración cuantitativa de dicho comportamiento. Estas observaciones, aunadas a los resultados obtenidos en el análisis palinológico, indican que el estudio del polen obtenido, a través de colectores, como indicador exclusivo de los efectos de técnicas, como el osmoguiado, fue insuficiente para explicar variaciones en el proceso de pecoreo en abejas, para cultivos de durazno.

Sería recomendable utilizar, adicionalmente, otras metodologías; por ejemplo, el desarrollo de transectos con conteos de abejas sobre las flores a lo largo del día (Vaissière *et al.* 2011), que permite obtener datos directamente sobre las dinámicas de la tasa de visita de los insectos. También, se puede efectuar la evaluación mediante el desarrollo de análisis palinológicos de las mieles, para corroborar su origen botánico (Nates-Parra *et al.* 2013); sin embargo, esta técnica no permite diferenciar, con claridad, los cambios en el pecoreo generados, en un periodo corto de tiempo y solo se obtendría un dato final sobre las colonias con mayor proporción de polen, de la planta de interés. Una opción más precisa podría ser la valoración

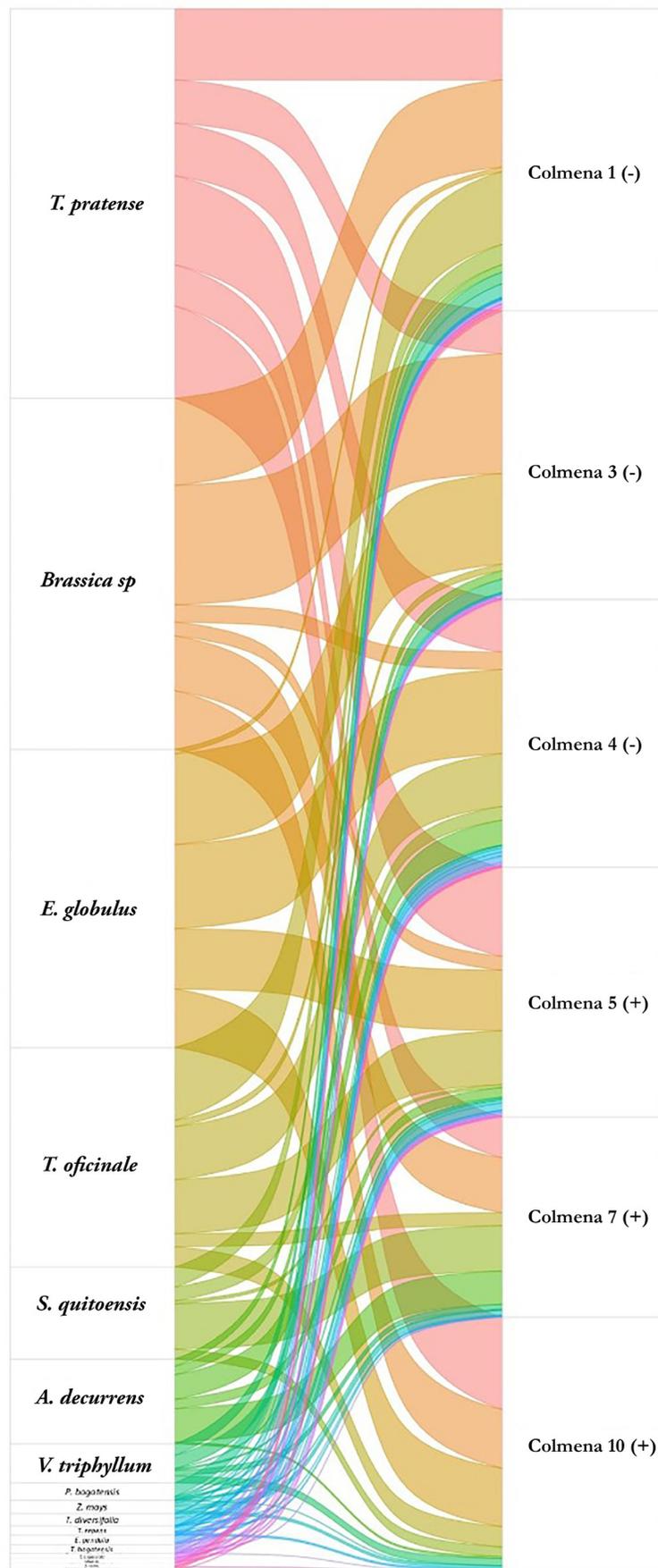


Figura 3. Red de interacción colmenas-plantas, elaborada a partir del polen recolectado en colmenas con osmogiado y sin osmogiado, dispuestas en un cultivo de durazno (*Prunus persica*).

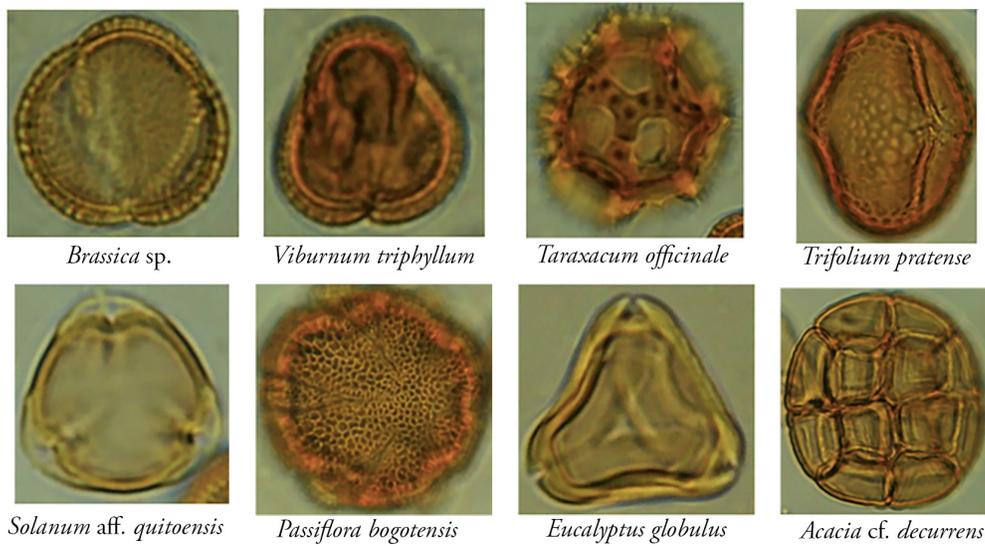


Figura 4. Polen de las especies de plantas dominantes en el análisis palinológico, proveniente de las colmenas de abejas (*Apis mellifera*), con osmoguiado y sin osmoguiado, dispuestas en un cultivo de durazno (*Prunus persica*).

Tabla 2. Especies de plantas predominantes en las muestras de polen colectado en colmenas de abejas (*Apis mellifera*), con osmoguiado (1, 3 y 4) y sin osmoguiado (5, 7 y 10), dispuestas en un cultivo de durazno (*Prunus persica*).

Colmena	Especie de planta	%de granos de polen por semana evaluada				
		S1	S2	S3	S4	S5
1	<i>Brassica</i> sp.	68%	55,1%	19,5%		
	<i>Viburnum triphyllum</i>	9,7%	7,3%			
	<i>Taraxacum officinale</i>	7,9%	19,5%	29,4%	45,7%	16,4%
	<i>Trifolium pratense</i>			30%	26,7%	50,3%
	<i>Solanum</i> aff. <i>quitoensis</i>				16,8%	
	<i>Passiflora bogotensis</i>					17,6%
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	48%	16,7%	42%	36,7%	
	<i>Brassica</i> sp.	22,7%	36,2%	27%	38,8%	76,2%
	<i>Trifolium pratense</i>	17,4%		18%	15,5%	9,3%
	<i>Viburnum triphyllum</i>		10,5%			5,6%
4	<i>Eucalyptus globulus</i>	48%	41,2%	19,9%	26,9%	
	<i>Taraxacum officinale</i>	19,2%	18,4%		19,4%	31%
	<i>Trifolium pratense</i>	16,4%		42,9%	16,4%	
	<i>Brassica</i> sp.		6,2%			16,2%
	<i>Acacia</i> cf. <i>Decurrens</i>			14,1%		
	<i>Solanum</i> aff. <i>quitoensis</i>					13,2%
5	<i>Trifolium pratense</i>	51%	39,8%	24,2%	20,8%	41,1%
	<i>Eucalyptus globulus</i>	26%		22,5%	30,4%	19,8%
	<i>Taraxacum officinale</i>	8,7%	24,8%	35,7	23,5%	13,3%
	<i>Acacia</i> cf. <i>Decurrens</i>		9%			
7	<i>Brassica</i> sp.	SIN DATO	42,9%	22%	22,3%	17,8
	<i>Trifolium pratense</i>		26,9%	33,9%		
	<i>Acacia</i> cf. <i>Decurrens</i>				24,6%	23,4%
	<i>Solanum</i> aff. <i>quitoensis</i>		11,6%	20,8%	23,8%	40,5%
10	<i>Brassica</i> sp.	44,2	15,6%	12,8%		27,9%
	<i>Trifolium pratense</i>	28,6	35,5%	30,6%	30%	53,1%
	<i>Eucalyptus globulus</i>	17,8		35%	27%	7,6%
	<i>Taraxacum officinale</i>		14,9%	12,8%		
	<i>Solanum</i> aff. <i>quitoensis</i>				17,2%	

S= Semana. Se resalta en color azul la especie de planta dominante en cada colmena por semana. Las especies que aparecen en blanco, no estuvieron entre las tres primeras especies dominantes, para la semana reportada.

del polen de contacto, la cual, se obtiene de fijar granos obtenidos del dorso y vientre de las abejas (Cepeda-Valencia *et al.* 2014). Las muestras para dicho indicador permitirían establecer el espectro de las flores visitadas por los insectos, aun cuando el recurso colectado sea néctar.

Respecto a las plantas identificadas en los análisis palinológicos, los resultados coinciden con estudios realizados previamente, en los cuales, se estableció que las familias de plantas predominantes en muestras de polen procedentes de Cundinamarca y Boyacá fueron Asteraceae y Fabaceae (Chamorro *et al.* 2017). A nivel de especie, también se presentaron coincidencias con resultados obtenidos entre las plantas clasificadas como predominantes en el presente estudio y los tipos polínicos clasificados como muy frecuentes, en la región Cundiboyacense; tal es el caso de *Brassica* sp., *E. globulus* y *T. pratense* (Chamorro *et al.* 2017).

La oferta de recursos proteicos constantes durante el periodo de estudio muestra que las colmenas son generalistas, aunque con preferencia por siete de 29 plantas, en las que pecorearon. La disponibilidad del recurso proteico aportado por estas plantas, probablemente, influyó en que no hayan elegido el polen de la flor del durazno como recurso proteico. Además, la vegetación circundante a los cultivos de durazno es la habitual en estos tipos de hábitat y suficiente para el mantenimiento de las colmenas de *Apis mellifera*, siendo este un factor que se deberá tener en cuenta para futuros estudios.

**Agradecimientos.** Los autores expresamos nuestro agradecimiento a la organización Sociedad Agropecuaria del Municipio de Sotaquirá SAT y al productor Jaime Rodríguez, por el apoyo técnico. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, Tecnología y la Innovación Francisco José Caldas, Minciencias y a la gobernación de Boyacá, a través del proyecto “Desarrollo de un sistema de manejo de abejas como polinizadores y vectores de agentes de control biológico en frutales caducifolios de importancia económica en el departamento de Boyacá: caso piloto durazno (*Prunus persica*)”. **Contribución de los autores:** Oswaldo Andrés Sánchez-Alarcón, Saira María Esiponsa Sánchez y Diana María Dueñas Quintero, contribuyeron con la conceptualización del estudio. Camilo Andrés Higuera Higuera y Oswaldo Andrés Sánchez-Alarcón contribuyeron en el proceso de investigación. Víctor Manuel Solarte Cabrera contribuyó en el análisis formal de datos. Mariana Palacios Preciado y Fabio Eleazar Lozano Suarez contribuyeron en la adquisición de fondos. Todos los autores contribuyeron en la escritura original del documento.

## REFERENCIAS

- BRUNSON, J.C.; READ, Q.D. 2020. Alluvial Plots in ‘ggplot2’, v 0.12.3. ggalluvial. Disponible desde Internet en: <http://corybrunson.github.io/ggalluvial/>
- CEPEDA-VALENCIA, J.; GÓMEZ P, D.; NICHOLLS, C. 2014. La estructura importa: Abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. Revista Colombiana de Entomología. 40(2):241-250.
- CHAMORRO, F.J.; LEÓN, D.; MONTOYA-PFEIFFER, P.M.; SOLARTE, V.M.; NATES-PARRA, G. 2017. Botanical origin and geographic differentiation of bee-pollen produced in high mountains from the Colombian eastern Andes. Grana. 56(5):386-397. <https://doi.org/10.1080/00173134.2017.1283440>
- CHAUDHARY, O.P. 2008. Influence of different placement distance on yield and quality parameters of peach (*Prunus persica* L.). Korean Journal of Apiculture. 23(2):89-95.
- CLARO CARRASCAL, R.A.; MONGES, R.; MAMANI, D. 2017. Estado del arte del servicio ecosistémico de la polinización en Chile-Paraguay y Perú. FAO. 118p.
- CORTES CONDE, W.H. 2015. Manual de Apicultura Trashumante. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- DAR, S.A.; WANI, S.H.; JAVEED, K.; MIR, S.H.; YAQOOB, M.; SHOWKAT, A.; KUNDOO, A.A.; HASSAN, R.; FAROOK, U.B.; ISLAM, T. 2020. Mountain landscapes, foraging behaviour and visitation frequencies of insect pollinators on peach (*Prunus persica*). International Journal of Chemical Studies. 8:42-49. <http://dx.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i6a.10916>
- DORMANN, C.; FRUEND, J.; GRUBER, B. 2021. Visualising bipartite networks and calculating some (ecological) indices, v 2.16. bipartite. Disponible desde Internet en: <https://rdrr.io/cran/bipartite/>
- ERDTMAN, G. 1969. Handbook of palynology: Morphology - Taxonomy - Ecology an Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores. Hafner Publishing Co. 486p.
- GALLAI, N.; VAISSIÈRE, B. 2009. Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale. FAO. 17p.
- LESSER PREUSS, R. 2004. Manual de apicultura moderna. Cuarta edición. Editorial Universitaria SA. (Chile). 223p.
- MARYAM, H.; RAFI, M.A.; ZIA, A.; RASUL, G.; SHEIKH, M.K.; QASIM, M.; PARVEEN, G. 2020. Insect pollinator fauna of apricot from Gilgit-Baltistan, Pakistan. Pakistan journal of agricultural research. 33(2):202-211. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.2.202.211>
- MAS, F.; HORNER, R.M.; BRIERLEY, S.; BUTLER, R.C.; SUCKLING, D.M. 2020. Selection of key floral scent compounds from fruit and vegetable

- crops by honey bees depends on sensory capacity and experience. *Journal of Insect Physiology*. 121:104002. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.104002>
14. MCGREGOR, S.F. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. US Department of Agriculture. 419p.
  15. MUNCHARA POUZ, M. 2017. El almendro. Manual técnico. Volumen 1. Ediciones Mundi-Prensa. 452p.
  16. 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.
  17. NIYÉKI, J.; SZABÓ, Z.; BENEDEK, P.; SZALAY, M. 2000. Nectar production and pollination in peach. *International Journal of horticultural Science*. 6(3):123-126. <https://doi.org/10.31421/IJHS/6/3/113>
  18. RANDHAWA, G.S.; YADAV, I.S.; NATH, N. 1963. Studies on flowering, pollination and fruit development in peach grown under subtropical conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 32:129-138.
  19. R CORE TEAM. 2021. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. Disponible desde Internet en: <https://www.R-project.org/>
  20. RSTUDIO TEAM. 2021. RStudio: Integrated development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. Disponible desde Internet en: <http://www.rstudio.com/>
  21. TANDA, A.S. 2021. Pollination Efficacies of *Apis mellifera* L. and *Tetragonula carbonaria* (Smith) on Peach. *Indian journal of entomology*. 83(4):527-529. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8172.2021.00072.9>
  22. VAISSIÈRE, B.E.; FREITAS, B.M.; GEMMILL-HERREN, B. 2011. Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: A handbook for its use. FAO. 82p.
  23. VÁSQUEZ ROMERO, R.E.; BALLESTEROS CHAVARRO, H.H.; MUÑOZ OSORIO, M.E.; CUÉLLAR CHAPARRO, M.E. 2006. Utilización de la abeja *Apis mellifera* como agente polinizador en cultivos comerciales de fresa (*Fragaria chiloensis*) y mora (*Rubus glaucus*) y su efecto en la producción. Corpoica. 78p.
  24. VÁSQUEZ ROMERO, R.E.; BALLESTEROS CHAVARRO, H.H.; TELLO DURAN, J.E.; CASTAÑEDA CARRILLO, S.J.; CALVO CORREDOR, N.E.; ORTEGA FLORÉZ, N.C.; RIVEROS ALEJO, L.E. 2011. Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Corpoica (Bogotá). 88p.
  25. VÁSQUEZ ROMERO, R.E.; MARTÍNEZ SARMIENTO, R.A.; ORTEGA FLÓREZ, N.C.; MALDONADO QUINTERO, W.D. 2012. Manual técnico de apicultura: abeja (*Apis mellifera*). Primera edición. Corpoica. 100p.
  26. VÁSQUEZ ROMERO, R.E.; MARTÍNEZ SARMIENTO, R.A.; ORTEGA FLÓREZ, N.C.; MALDONADO QUINTERO, W.D. 2021. Conceptos fundamentales de producción apícola. Segunda edición. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia. (Colombia) 178p. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404104>
  27. WEINBAUM, S.A.; POLITO, V.S.; KESTER, D.E. 1986. Pollen retention following natural self pollination in peach, almond, and peach × almond hybrids. *Euphytica*. 35(1):193-200. <https://doi.org/10.1007/BF00028557>
  28. WICKHAM, H.; CHANG, W.; HENRY, L.; PEDERSEN, T.; TAKAHASHI, K.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H.; DUNNINGTON, D. 2021 ggplot2: Create elegant data visualizations using the grammar of graphics, v 3.3.5. Disponible desde Internet e: <https://ggplot2.tidyverse.org/reference/ggplot2-package.html>
  29. WINFREE, R.; GROSS, B.J.; KREMEN, C. 2011. Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics*. 71:80-88. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.001>
  30. ZHANG, H.; ZHOU, Z.; AN, J. 2019. Pollen release dynamics and daily patterns of pollen-collecting activity of honeybee *Apis mellifera* and bumblebee *Bombus lantschouensis* in solar greenhouse. *Insects*. 10(7):216. <https://doi.org/10.3390/insects10070216>