



CAPÍTULO 10

POLINIZACIÓN

Mery Rocío Fonseca Lara

Juan Sebastián Chiriví Salomón

Angélica Rocío Guzmán Lenis

Yolvi Prada Millán, Juliana Moraes Boldini¹⁹

Silvia Eugenia Barrera Berdugo²⁰

10.1. Introducción

En términos generales, la polinización es la transferencia de polen desde los estambres (masculino) hasta el estigma (femenino) de la flor, efectuando así la fecundación y, por lo tanto, la producción de frutos y semillas (FAO, 2014). Dicha transferencia se puede realizar por medio del viento, agua y agentes bióticos (IP-BES, 2016). Las angiospermas en su gran mayoría dependen de los agentes bióticos, únicamente el 2.7% depende del agua como vector de polen y el 13% del viento (Buchmann & Nabhan, 1996). Kearns & Inouye en 1997, ofrecieron información donde establecen que esta función aparece desde el Cretácico, influyendo así en la evolución de las angiospermas.

El 35% de la producción agrícola mundial depende prácticamente de un agente polinizador. Cuando se habla de agente polinizador pueden ser aves o insectos quirópteros, himenópteros, dípteros, lepidópteros e incluso coleópteros (FAO, 2014). Las abejas (*Insecta: Hymenoptera*) son quienes por excelencia se encargan de esta labor (Pantoja *et al.*, 2014). Adicional a esto, la funcionalidad de un ecosistema no solo depende de su diversidad sino de la interacción entre aquellos que lo conforman, en ese sentido la polinización juega un papel primordial en dicha dinámica (Parra *et al.*, 2016). Teniendo en cuenta lo anterior, no se puede dejar por fuera la polinización cuando se discute sobre seguridad alimentaria, pues

¹⁹ Docentes Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente.

²⁰ Investigadora Universidad Industrial de Santander.

Correos electrónicos de contacto: mery.fonseca@unad.edu.co, juan.chirivi@unad.edu.co

cultivos como el cacao, tomate, aguacate, frijol, café, maracuyá, gulupa, mango, manzana, entre otros, dependen de este servicio ecosistémico. Adicional a esto, se estima que el valor monetario de este servicio se encuentra entre los ciento cincuenta y tres (153) billones de euros anuales (casi más de quinientos mil billones de pesos colombianos), representando así, aproximadamente el 9,5% del valor total de la producción alimentaria a nivel mundial (Baptiste, 2016).

En los últimos años, las actividades antrópicas han generado un declive considerable y acelerado en los agentes polinizadores, tanto así que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), advirtió una inminente disminución de los mismos, los cuales juegan un papel importante en la agricultura a nivel mundial. Actividades antrópicas como la fragmentación del hábitat, introducción de especies, crecimiento demográfico y calentamiento global amenazan la preservación de este servicio ecosistémico (Allen *et al.*, 1998). Colombia ratificó, mediante la Ley 165 de 1994, el Convenio de Diversidad Biológica, donde se compromete a dar cumplimiento a los compromisos y mandatos pactados en su momento; de acuerdo a esto, la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, Capítulo Abejas, surge en primera medida en cabeza de la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Posteriormente, el mismo instituto plantea la Estrategia Nacional de Polinizadores, la cual se encuentra en construcción. Dichos trabajos coinciden en la necesidad de conservar y enfatizar el uso adecuado de los polinizadores en el país, generar conocimiento sobre el estado actual de los polinizadores y finalmente incluir a la polinización dentro de las principales políticas referentes a conservación y uso de la biodiversidad.

Este capítulo tiene el objetivo de dar a conocer, mediante un enfoque introductorio, las experiencias identificadas en cuanto a la información, manejo y conservación del servicio ecosistémico de la polinización con un énfasis particular en los insectos y los cultivos agrícolas a nivel nacional dando a conocer casos específicos en el occidente colombiano.

10.2. Polinización como servicio ecosistémico

La polinización desempeña un papel fundamental en la regulación de los procesos ecológicos y los componentes de soporte que son de vital importancia en el planeta (de Groot *et al.*, 2002). En términos generales, la polinización es un proceso que ocurre en las angiospermas (plantas con flores), donde se transporta

el grano de polen desde la antera para finalmente llegar al estigma de la misma especie (Amaya, 2016), generando así la fecundación y, por consiguiente, la producción de flores y semillas (Pantoja *et al.*, 2014). Un agente polinizador puede ser abiótico (viento), o biótico como algunos insectos, mamíferos (algunas especies de murciélagos) e incluso aves, como por ejemplo algunas especies de colibríes. Estos polinizadores visitan las flores principalmente por su néctar o polen como alimento; sin embargo, adicional a esto se ha reportado que estos animales en algunas ocasiones también recolectan aceites, resinas o fragancias (IPBES, 2016). En cuanto a las flores, estas son estructuras complejas que cuentan con órganos fértiles como los estambres y carpelos, y a su vez están constituidas por partes infértiles, como los pétalos y sépalos; estos últimos le ofrecen protección a la parte reproductiva de la flor, adicionalmente atraen a los visitantes florales y polinizadores como tal (Amaya, 2016). En este orden de ideas, las plantas atraen a quienes las visitan por medio de su forma, el néctar, el color y los aromas para su reproducción y defensa (Pacini *et al.*, 2008).

Raguso (2008), menciona que los volátiles de los aromas florales son por excelencia la forma de comunicación entre la planta y su polinizador, así mismo, entre sus depredadores. Grajales-Conesa & colaboradores (2011), concluyen que los volátiles pertenecientes a cada planta poseen una estrecha relación con su polinizador, en algunas ocasiones es específica. De acuerdo con lo anterior, se ha identificado que los compuestos de los volátiles referente a los aromas de las flores y que están relacionados con la polinización inciden considerablemente en la producción y desarrollo de frutos que para la humanidad tienen importancia económica (Grajales *et al.*, 2011).

Teniendo en cuenta lo anterior, Aizen & colaboradores (2009), coinciden en que una gran mayoría de frutales y vegetales de interés agropecuario a nivel mundial dependen de la polinización. De 1.330 cultivos tropicales, aproximadamente el 70% obtiene mejor calidad y cantidad gracias a la polinización (Roubik, 1995). En consecuencia, es evidente que la polinización podría llegar a influir de forma directa en la seguridad alimentaria a nivel mundial, independiente del tipo de cultivo y/o posición geográfica. Además de contribuir con la producción alimentaria, incide también en la producción de medicamentos, biocombustibles (aceite de palma), fibras como el algodón y materiales de construcción como la madera. Culturalmente también es importante pues, por ejemplo, las abejas son protagonistas de las principales religiones del mundo (IPBES, 2016).

Las cifras antes mencionadas hacen que los investigadores inicien con la valoración de este indispensable servicio ecosistémico y estiman que, tan solo en Estados Unidos, el valor de los polinizadores es de 400 mil millones de dólares al año (Arismendi, 2009). Para los países de América Latina, por ejemplo, los cultivos de café en Costa Rica que se encuentran cerca de los bosques, pueden ser hasta 20% más productivos generando unas ganancias netas de 229 mil dólares por hectárea al año (Bovarnik *et al.*, 2010). Según Baptiste en 2016, a nivel global se estima que la polinización contribuye con aproximadamente 153 billones de euros al año a nivel mundial, representando así un 9.7% de la producción total de alimento.

Cabe resaltar que la valoración de este servicio depende de cada condición y característica propia de donde se evalúe (Hein *et al.*, 2006). Asimismo, esta valoración debe entenderse como una estrategia más para la conservación y uso sostenible de los servicios ecosistémicos (Herrera, 2009), siendo esta una herramienta más en la toma de decisiones.

10.3. Polinización y agricultura en Colombia

Como se mencionó, la polinización es un proceso indispensable para la producción de alimentos, pues un gran porcentaje de los productos agrícolas a nivel mundial dependen, directa o indirectamente, de sus agentes polinizadores. Según el Censo Nacional Agropecuario del 2014, un total de 43.024.740 hectáreas son de uso agropecuario, es decir un 38,6% del territorio nacional. De esos 43 millones de hectáreas, un 19% corresponde a un uso netamente agrícola; de los cuales, ocho grupos de cultivo corresponden a: flores y follajes (0,2%), plantas aromáticas y medicinales (0,8%), hortalizas (4,2 %), plantaciones forestales (6,8%), frutas (14,6%), cereales (16%), tubérculos y plátanos (22,3%) y agroindustriales (35,1%) (DANE, 2016) (Figura 10.1).

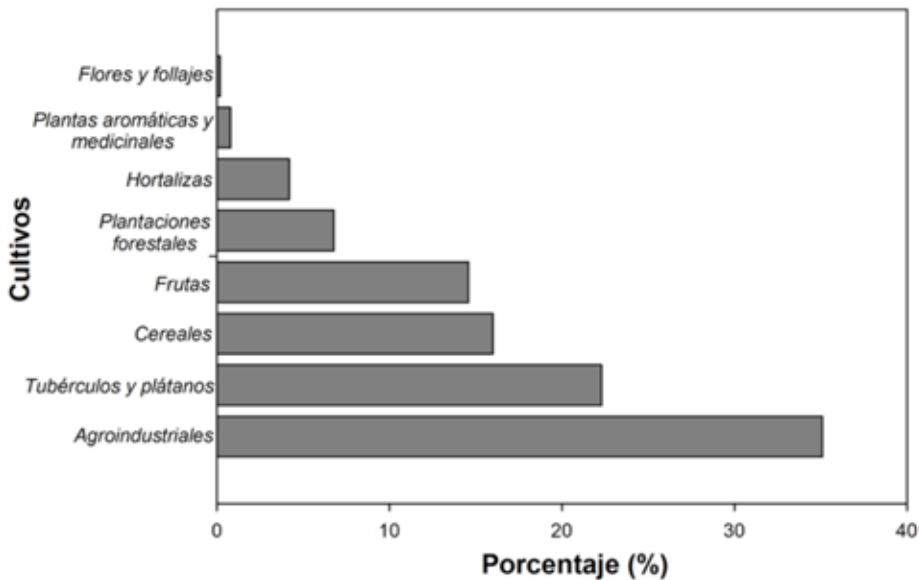


Figura 10.1. Participación (%) de grupos de cultivos por hectáreas en suelos de uso agrícola.

Fuente: Autor.

Dentro de estos grupos, se destacan productos de interés económico nacional que son tipo exportación como el café, el cacao, el banano, la palma aceitera y bastantes tipos de flores (Batipste, 2016); al café lo polinizan abejas como la *Apis mellifera* y *Paratrigona eutaeniata* (Cepeda *et al.*, 2014); en cuanto al cacao la mosquita *Forcipomyia* spp. es quien se encarga de polinizar (Winder, 1978). Adicional a esto, productos de consumo interno como los cítricos, el aguacate, la gulupa y el maracuyá, también dependen de un agente polinizador (Batipste, 2016). Para el aguacate, *A. mellifera* (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999), la gulupa es polinizada por el abejorro del género *Xylocopa* (Ocampo & Posada, 2012) y el colibrí diamante de frente azul, *Amazilia cyanifrons* (Parra *et al.*, 2016). Para lo referente al maracuyá, nuevamente el abejorro del género *Xylocopa*, se reporta como polinizador.

La abeja de la especie *A. mellifera* es una de las más estudiadas. En el capítulo abejas de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, sus autores resaltan la importancia de esta especie como polinizadora en diferentes cultivos que se producen en Colombia, incluso algunos mencionados en el párrafo anterior. En el mismo documento y citando a Roubik, (1995), la especie se considera como el principal agente polinizador en varios cultivos de interés agrícolas (Tabla 10.1).

10.4. Polinización en ecosistemas urbanos en Colombia

En ambientes urbanos y semi-rurales, los agentes polinizadores desempeñan un papel fundamental en términos de resiliencia, pues no sólo ejercen un papel de conectividad reproductiva entre individuos de la misma especie mediante el transporte de polen (Ramírez-Segura & Wallace, 2016), también efectúan un papel de conservación de los programas de silvicultura urbana al ser reguladores genéticos naturales de diferentes especies arbóreas que conforman las ciudades (Hall *et al.*, 2016).

A pesar de que estos ecosistemas son en extremo aberrantes para la biodiversidad, pues corresponden a alteraciones importantes de los ecosistemas naturales (McKinney, 2002), es notorio que las ciudades se han vuelto nichos naturales o reservorios de animales, plantas y microorganismos, que son derivados de ambientes naturales y que se han adaptado a estas condiciones extremas de contaminación gracias a los parques y los corredores verdes (Goddard *et al.*, 2010; Ramírez-Segura & Wallace, 2016), especialmente de aquellas ciudades como Bogotá y Medellín, que presentan altos niveles de material particulado (Nación, 2016).

Tabla 10.1. Cultivos polinizados por *Apis mellifera* en Colombia.

Nombre común	Especie	Autor/es del estudio
Café	<i>Coffea arabica</i>	Jaramillo (2012) Cepeda <i>et al.</i> , (2014).
Chamba	<i>Campomanesia lineatifolia</i>	Rodríguez <i>et al.</i> , (2015).
Cholupa	<i>Passiflora maliformis</i>	Rodríguez <i>et al.</i> , (2015).
Curuba	<i>Passiflora tripartita var. mollissima</i>	Mosquera (1994). Tello (2005).
Fresa	<i>Fragaria chiloensis</i>	Vásquez <i>et al.</i> (2006; 2011).
Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>	Girón (1990).
Gulupa	<i>Passiflora edulis f. edulis</i>	Medina-Gutiérrez <i>et al.</i> , (2012).
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Vásquez <i>et al.</i> , (2011).
Manzana	<i>Malus sp. cv Anna</i>	Botero & Morales (2000).
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	Botero & Morales (1995). Santana (2000) Vásquez <i>et al.</i> , (2006; 2011).
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	León-Ruiz & Moreno-Sepúlveda (2006). Vásquez <i>et al.</i> , (2011). Castañeda <i>et al.</i> , (2012).
Pepino cohombro	<i>Cucumis sativus</i>	Mosquera (1989).
Pitaya	<i>Selenicereus megalantus</i>	Weiss <i>et al.</i> , (1994).
Uchuva	<i>Physalis peruviana</i>	Mosquera (2002). Chautá-Mellizo <i>et al.</i> , (2012)

Fuente: adaptado de: Iniciativa Colombiana de polinizadores. Capítulo abejas (2016). Capítulo 6. A. *mellifera* como polinizador de cultivos en Colombia

Particularmente, en el valle de Aburrá del Departamento de Antioquia, donde las concentraciones de material particulado de diámetro menor a 2.5 μm son más altas y donde se presentan altos índices de afectación a grupos sensibles, los polinizadores como los cucarrones de las familias *Dascillidae* y *Curculionidae* (*Insecta: Coleoptera*), avispas de la familia *Vespidae* (*Insecta: Hymenoptera*), la abeja *Augochloropsis metallica*, individuos de la familia *Apidae* (*Insecta: Hymenoptera*) como *Bombus* sp. y *A. mellifera*, mariposas de la familia *Lycaenidae* (*Insecta: Lepidoptera*), colibríes de la especie *Amazilia tzacatl* y murciélagos de la especie *Glossophaga soricina*, tienen un papel importante en la regulación de los jardines (Alcaldía de Medellín & Secretaría de Medio Ambiente, 2017).

10.5. ¿Qué problemáticas ambientales afectan el servicio ecosistémico de la polinización?

Pese a tener clara la importancia de la polinización en términos de regulación y ciclado de nutrientes en cuanto al aspecto económico y social, este servicio ecosistémico no es ajeno a las diferentes problemáticas ambientales evidenciadas en los últimos años. El cambio climático ha causado alteraciones en cuanto a la distribución geográfica de algunos polinizadores (Sandoz & Román, 2016), por otro lado, Chacoff & Morales (2007), mencionaron que esta problemática ha incidido en la desestabilización entre la relación intraespecífica planta-polinizador, ya que como mencionan Torres, & colaboradores (2007), para algunos polinizadores las condiciones microclimáticas pueden llegar a ser incluso más importantes que la densidad de las flores.

Por otra parte, se ha evidenciado un declive en el hábitat de los polinizadores debido a la fragmentación de los ecosistemas y el uso desmedido de pesticidas (Arizmendi, 2009). De igual forma, el Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad de México, afirma que el crecimiento poblacional desproporcionado y el cambio del uso del suelo han generado presión sobre los polinizadores y probablemente incide en su dinámica poblacional. Otro factor relevante es la introducción de especies foráneas a los ecosistemas nativos, una dinámica que puede fragmentar la diversidad de los polinizadores, tal como fue evidenciado por Traveset & Santamaría (2004), en Estados Unidos, donde la introducción de abejas africanizadas generó una crisis en las plantaciones de almendros por falta de polinización (Arizmendi, 2009).

10.6. Consideraciones finales

Como se mencionó anteriormente, la polinización es indispensable en la dinámica propia de los ecosistemas ofreciendo servicios ambientales que inciden incluso en la seguridad alimentaria y en el mantenimiento de la biodiversidad a nivel global. Si bien en los últimos años el número de estudios ha aumentado considerablemente, aún se desconoce como tal la biología y fenología de algunos agentes polinizadores. Así mismo, se han evaluado e identificado los impactos, riesgos y presiones que la actividad antrópica ha generado en la alteración del comportamiento de los polinizadores, con el fin de tener herramientas para generar estrategias de gestión y así minimizar, controlar y/o evitar los impactos identificados. La articulación entre los entes territoriales pertinentes y los diferentes actores que inciden directa o indirectamente en la protección y/o uso adecuado de los polinizadores es un factor indispensable para un adecuado ejercicio en cuanto a la toma de decisiones ya sean locales, regionales, nacionales o globales.

10.7. Estudio de caso: abejas silvestres como polinizadoras en Colombia. Caso occidente

Mediante la ley 165 de 1994, Colombia ratifica el Convenio de Diversidad Biológica, comprometiéndose a los diferentes acuerdos y mandatos pactados. De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de generar una Iniciativa Colombiana de Polinizadores (ICPA), Capítulo Abejas, que se publicó en el año 2016. Dentro de este documento, se evidencian variables como conservación, gestión, estado del conocimiento, riesgos hacia los polinizadores, entre otros.

En uno de los capítulos, Rodríguez (2016), presenta a los polinizadores del maracuyá, específicamente el abejorro del género *Xylocopa*, y da a conocer información recopilada de varios autores en cuanto al comportamiento de este género referente y sus preferencias del sustrato para la nidificación. Por ejemplo, en un cultivo de maracuyá en el Valle del Cauca, concluyeron que el sustrato preferido era la madera muerta, específicamente de Eucalipto (Caicedo *et al.*, 1993 citado en Rodríguez, 2016). En Guarne, Antioquia (Franco *et al.*, 2007 citado en Rodríguez, 2016), encontró nidos de *Xylocopa* en *Bejaria aestuans*, *Cupressus* sp. y *Lecythis* sp.

En otros estudios, se menciona que para Colombia existen reportes de aproximadamente 1000 especies de abejas, estas a su vez se encuentran agrupadas en 90 géneros y cinco familias: Apidae, Andredinae, Colletidae, Halictidae y

Megachilidae. Se habla de abejas silvestres, cuando sus especies no han sido sometidas a alguna domesticación como en el caso de *A. mellifera*; generalmente son solitarias, sin embargo, la familia de las meliponias, o angelitas como lo llaman en algunas zonas del país, son sociales (Nates-Parra & González 2000).

En agroecosistemas del Valle del Cauca, se identificaron abejas silvestres visitando diferentes plantaciones y especies vegetales. Géneros como *Centris*, *Epicharis* y *Xylocopa* visitaron y polinizaron plantaciones de granadilla; *Thygater*, *Eulaema* y *Augochloropsis* en el lulo (Rosso, 2003). El autor insiste en la importancia de mantener la diversidad de los cultivos para mayor efectividad en la polinización de los mismos.

En el departamento de Antioquia (Jaramillo, 2012), estudió el efecto de las abejas silvestres en café, concluyendo que la presencia de estas en los cultivos de café, puede favorecer el incremento en cuanto al rendimiento y calidad del producto, adicional a esto la presencia circundante de relictos de bosques a los cultivos podrían ser una variable interesante frente a la presencia de las abejas, ya que en estos bosques es donde establecen sus nidos.

10.8. Evaluación del capítulo

La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos (IPBES) en el año 2016, mencionó tres estrategias que pueden aportar considerablemente a la conservación de los polinizadores: el fortalecimiento de los sistemas agrícolas existentes, la inversión en infraestructura ecológica y la intensificación ecológica.

La intensificación ecológica se traduce en cómo las funciones propias de la naturaleza se pueden gestionar para obtener mejoras en las diferentes producciones agrícolas.

El fortalecimiento de los diversos sistemas agrícolas consiste por ejemplo en enfatizar actividades como por ejemplo la rotación de cultivos, las huertas y la silvicultura en pro de la conservación y fomento de los polinizadores.

Finalmente, la inversión en infraestructura ecológica hace referencia a mantener los relictos de bosques o parches seminaturales que proporcionan lugares óptimos para la anidación (IPBES, 2016). Teniendo en cuenta lo anterior, surgen los siguientes interrogantes.

1. ¿Colombia actualmente aplica estas tres ambiciones?
2. ¿Existe articulación entre los tomadores de decisiones y los actores directos en cuanto a la protección de la polinización?
3. ¿Cómo se encuentra el estado de conocimiento frente a los polinizadores que no son abejas? Ejemplo: algunas especies de murciélagos o aves.

Referencias

- Arizmendi, C. (2009). La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, 85, 1-5.
- Alcaldía de Medellín & Secretaría de Medio Ambiente, (2017). *Visitantes florales urbanos*. Medellín, Colombia: Alcaldía de Medellín.
- Allen, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J. & Inouye, D. (1998). The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12(1), 8-17.
- Amaya, M. (2016). Polinización y biodiversidad. En G. Nates-Parra (Ed). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores-Abejas (ICPA)*, (pp. 21-42). Bogotá, D. C.: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A. & Klein, A.M. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103,1579–1588.
- Batipste, B. (2016). Agonía de polinizadores, una amenaza para Colombia. Revista Semana. Recuperado de <https://www.semana.com/opinion/articulo/brigitte-baptiste-baja-de-polinizadores-amaneza-ecosistema-de-colombia/464530>
- Botero, N., & Morales, G. (1995) Flower visitation patterns of *Apis mellifera* on the Andean blackberry. *Revista Colombiana de Entomología*. 21(3),153-157.
- Botero, N., & Morales, G. (2000). Producción del manzano (*Malus* sp. cv Anna) en el oriente antioqueño con la abeja melífera, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín*, 53(1), 849-862.
- Bovarnick, A., Alpizar, F., & Schnell, C. (2010). *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and the Caribbean: An economic valuation of ecosystems*. New York: United Nations development programme.
- Buchmann, S.L., & Nabhan, G.P. (1996). *The Forgotten Pollinators*. Washington, D. C: Island Press.
- Caicedo, G., Vargas, H., Gaviria, J. (2003). Evaluación de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) como polinizadores en el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). *Revista Colombiana de Entomología*, 19(3), 107-110.
- Castañeda-Vildózola, A., Equihua-Martínez, A., Valdés-Carrasco, J., Barrientos-Priego, A.F., Isham, G., & Gazit, S. (1999). Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 129-136.

- Castañeda, S., Vásquez, R. & Ballesteros, H. (2012). Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la cantidad y calidad del fruto en cultivo de naranja *Citrus sinensis*. *Vitae*, 19(1), 66-68.
- Cepeda, 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.
- Chacoff, N.P., & Morales, C.L. (2007). Impacto de las alteraciones antrópicas sobre la polinización y la interacción planta-polinizador. *Ecología austral*, 17(1), 3-5.
- Chautá-Mellizo, A., Campbell, S.A., Bonilla, M.A., Thaler, J.S., & Poveda, K. (2012). Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology*, 13(6), 524-532.
- DANE, (2016). *Tercer Censo Nacional Agropecuario*. Tomo 2. Resultados. Bogotá D.C.: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A., & Boumans, R.M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. doi: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7
- FAO. (2014). *Principios y avances sobre polinización*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>
- Franco, Y., Alzate, F., & Peláez, J.M. (2007). Factores ambientales incidentes en la población de *Xylocopa* y su efecto en el cultivo de granadilla en tres veredas del municipio de Guarne (Colombia). *Revista de la Universidad Católica de Oriente*, 24, (4), 73-86.
- Girón, M. (1990). *Biología floral de dos especies de pasifloras*. Memorias I Congreso Internacional de Passifloras. Palmira, Colombia.
- Goddard, M.A., Dougill, A.J., & Benton, T.G. (2016). Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(2), 90-98.
- Grajales-Conesa, J., Meléndez-Ramírez, V., & Cruz-López, L. (2011). Aromas florales y su interacción con los insectos polinizadores. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1356-1367. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400033&lng=es&tlng=pt.
- Hall, D.M., Camilo, G.R., Tonietto, R.K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., Ascher, J.S., Baldock, K.C.R., Fowler, R., Frankie, G., Goulson, D., Gunnarsson, B., Hanley, M.E., Jackson, J.I., Lange-Iotto, G., Lowenstein, D., Minor, E.S., Philpott, S.M., Potts, S.G., Sirohi, M.H., Spevak, E.M., Stone, G.N., & Threlfall, C.G. (2016). The city as refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, 31(1), 24-29.
- Hein, L., van Koppen, K., de Groot, R.S., & van Ierland, E.C. (2006). Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, 57(2), 209-228. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.04.005>
- Herrera, A.C. (2009). La valoración económica de bienes y servicios ambientales como herramienta estratégica para la conservación y uso sostenible de los ecosistemas: Caso Ciénaga la Caimanera. Coveñas-Sucre, Colombia. *Criterio Libre*, 7(10), 73-91.
- IPBES (2016). *Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

- Jaramillo, A. (2012). *Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (Coffea arabica: Rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, Colombia.
- Kearns, C.A., & Inouye, D.W. (1997). Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience*; 47(5), 297-307.
- León-Ruiz, Y. & Moreno-Sepúlveda, J.C. (2006). *Evaluación del efecto de la polinización dirigida a cultivos de Naranja (Citrus sinensis) "Valencia" y "Omblogona" con el uso de la Abeja Apis mellifera en el municipio de Sasaima, Cundinamarca* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Facultad de zootecnia. Bogotá, Colombia.
- Mckinney, M.L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 52(10), 883-890.
- Medina-Gutiérrez, J., Ospina-Torres, R. & Nates-Parra, G. (2012). Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis f.edulis*). *Acta Biológica Colombia*. 17(2), 379-394.
- Mosquera, C. A. (1989). Polinización forzada con abejas *Apis mellifera* L., del pepino cohombro *Cucumis sativus* L., cultivado hidropónicamente bajo invernadero, en el altiplano de pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 65-75.
- Mosquera, C.A. (1994). *Estudio de la antesis en curuba (Passiflora mollissima (H.B.K.) Bailey) conducente a la optimización de la calidad del fruto mediante la polinización inducida con abejas (Apis mellifera L.)* (Tesis para optar a profesor titular). Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Mosquera, C. (2002). Polinización entomófila de la uvilla (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 19(1), 140-156.
- NACIÓN, (2016). ¿Cuáles son las ciudades más contaminadas de Colombia? Revista Semana. Recuperado de <https://www.semana.com/nacion/articulo/cuales-son-las-ciudades-mas-contaminadas-de-colombia/506372>
- Nates-Parra, G., & González, V.H. (2000). Las abejas silvestres de Colombia: por qué y cómo conservarlas. *Acta Biológica Colombiana*, 5(1), 5-37.
- Ocampo, J., & Posada, P. (2012). *Ecología del cultivo de la Gulupa*. En J. Ocampo & K. Wyckhuys (Eds). Tecnología para el cultivo de la Gulupa en Colombia (*Passiflora edulis f. edulis* Sims) (pp.29-32). Bogotá D. C.: Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia.
- Pacini, E., Viegi, L., & Franchi, G. (2008). Types, evolution and significance of plant–animal interactions. *Rendiconti Lincei* 19,75–101.
- Pantoja, A., Smith-pardo, A., García, A., Sáenz, A., & Rojas, F. (2014). *Sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Principios y avances*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>
- Parra, A., Moreno, R. & Claro, R. (2016). *Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Estrategia Nacional de Polinizadores*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2015/cap3/301.html>

- Ramírez-Segura, O., & Wallace, R. (2016). Insectos polinizadores en ambientes urbanos: perspectivas de su estudio en México. *Entomología mexicana*, 3, 183-190.
- Raguso, R.A. (2008). Wake up and smell the roses: The ecology and evolution of floral scent. *Annual Review in Ecology, Evolution and Systematics* 3, 549-569.
- Rodríguez, A.T., Chamorro, F.J., Calderón, L.V., Pinilla, M.S., Henao, M, Ospina, R., & Nates-Parra G. (2015). Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*). Bogotá D. C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, C.A.T. (2016). Abejas del maracuyá: Género *Xylocopa* Latreille, 1982. En G. Nates-Parra (Ed). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores-Abejas (ICPA)*, (pp. 173-184). Bogotá, D. C.: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Rosso, J. (2003). *Diagnóstico para el aprovechamiento y manejo integrado de abejas silvestres en agroecosistemas andinos en el Valle del Cauca* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., Colombia.
- Roubik, D.W., (Ed). (1995) *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Rome: FAO Agricultural Services Bulletin Vol. 118.
- Sandoz, M.A.M., & Román, G.J. (2016). Efecto del cambio climático sobre las interacciones planta-animal y sus consecuencias sobre los ecosistemas. *Biocenosis*, 30(1-2).
- Santana, G.E. (2000.) *Estudio preliminar de biología floral en mora de castilla*. Manizales, Colombia. Seminario de frutales de clima frio moderado.
- Tello, J. (2005). *Empleo de las abejas Apis mellifera africanizada en la polinización inducida de la curuba (Passiflora mollissima)*. Memorias I Congreso Internacional de Apicultura, San Cristóbal, Venezuela
- Torres, C., Cavieres, L.A., Muñoz-Ramírez, C., & Arroyo, K. (2007). Consecuencias de las variaciones microclimáticas sobre la visita de insectos polinizadores en dos especies de Chaetanthera (Asteraceae) en los Andes de Chile central. *Revista chilena de historia natural*, 80(4), 455-468.
- Traveset, A., & Santamaría, L. (2004). Alteración de mutualismos planta-animal debido a la introducción de especies exóticas en ecosistemas insulares. En J.M. Fernández-Palacios & C. Morici (Eds). *Ecología Insular* (pp. 251-276). España: Asociación española de ecología terrestre (aeet)-cabildo insular de la palma
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Ortegón, Y., & Castro, U. (2006). Polinización dirigida con *Apis mellifera* en un cultivo comercial de fresa (*Fragaria chiloensis*). *Corpoica*, 7(1), 50-53.
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Castañeda, S., Riveros, L., Ortega, C. & Calvo, N. (2011). *Polinización dirigida con abejas Apis mellifera: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador*. Bogotá: Corpoica.
- Weiss, J., Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1994). Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. *HortScience*, 29(12), 1487-1492.
- Winder, J.A. (1978). Flor de cacao, dípteros, su identidad, actividad de polinización y criaderos. *Sartenes*, 24(1), 5-18.