

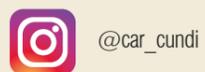


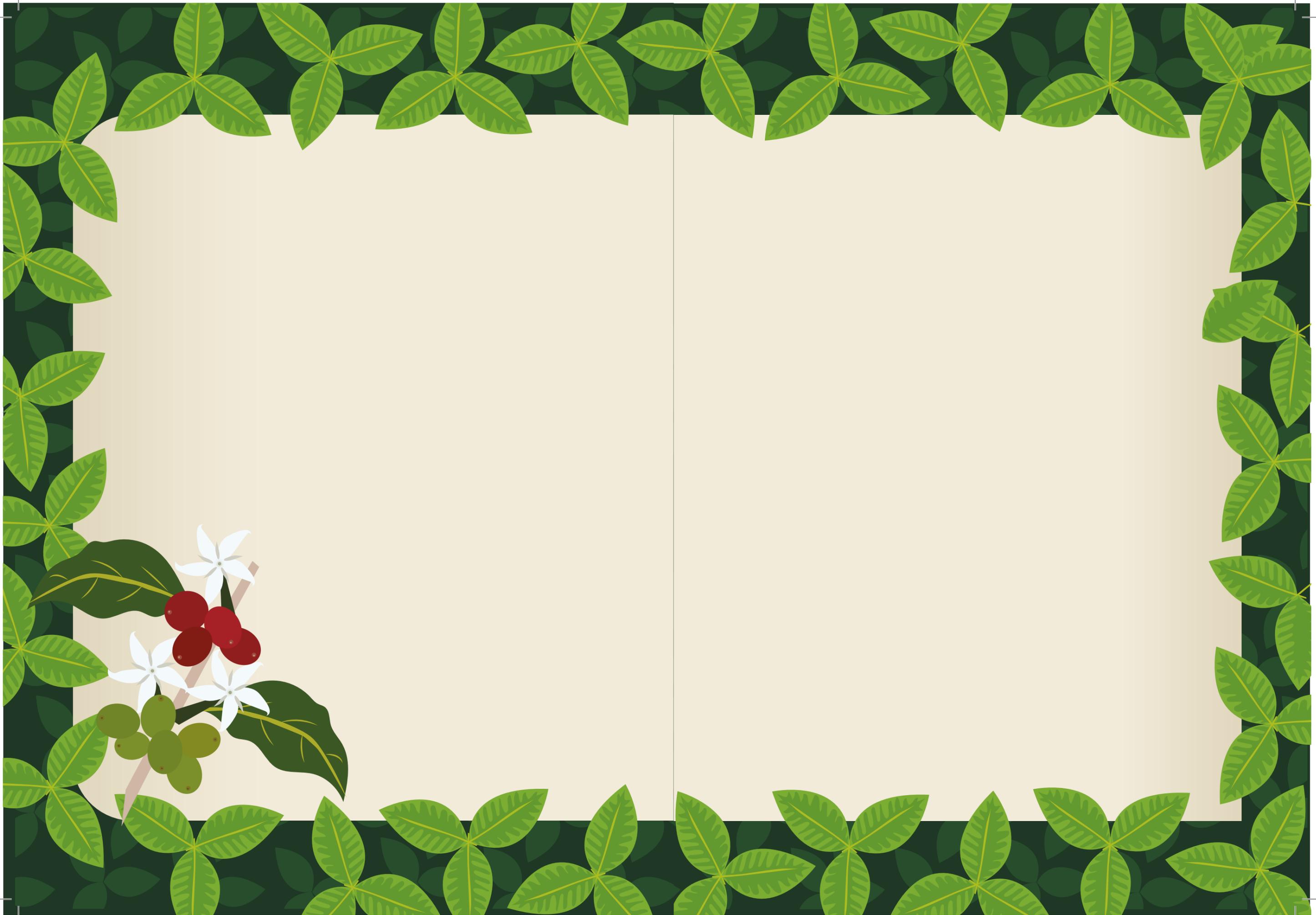
www.car.gov.co

Av. La Esperanza # 62-49 Costado Esfera. Pisos 6 y 7. PBX: 5801111
Bogotá, D. C. - Colombia
sau@car.gov.co

La polinización

un servicio ecosistémico







La polinización

un servicio ecosistémico



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)

Director General 2016-2019

Néstor Guillermo Franco González

Directora Cultura Ambiental y Servicio al Ciudadano

Martha Mercedes Carrillo Silva

Gestor de Conocimiento

Carlos Daniel Melo Ortiz

Adriana Beatriz García Hernández

Revisión Técnica y Correcciones

Gestión del Conocimiento y la Innovación Ambiental

Oficina Asesora de Comunicaciones

Diseño y Diagramación

María Alexandra Benítez Gómez

Fotografía

Carlos Daniel Melo Ortiz

Óscar H. Marín Gómez

Guiomar Nates Parra

Alejandro Parra Hinojosa

Ilustraciones

Juliana Serrano Pérez

Amazink Studio/CAR



Los servicios ecosistémicos



1

1

Racimo de frutos silvestres de agraz. Las flores del agraz son polinizadas por abejas y abejorros; por lo tanto, la conservación de estos polinizadores es fundamental para que los pobladores del bosque altoandino obtengan ingresos por la venta de estos frutos.

Con el fin de presentar el servicio ecosistémico de polinización, es necesario abordar el concepto de ecosistema y los servicios que se derivan; en ese sentido, el World Resources Institute (2003) afirma:

Un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y el medio ambiente, los humanos son parte integral de los ecosistemas.

2

2

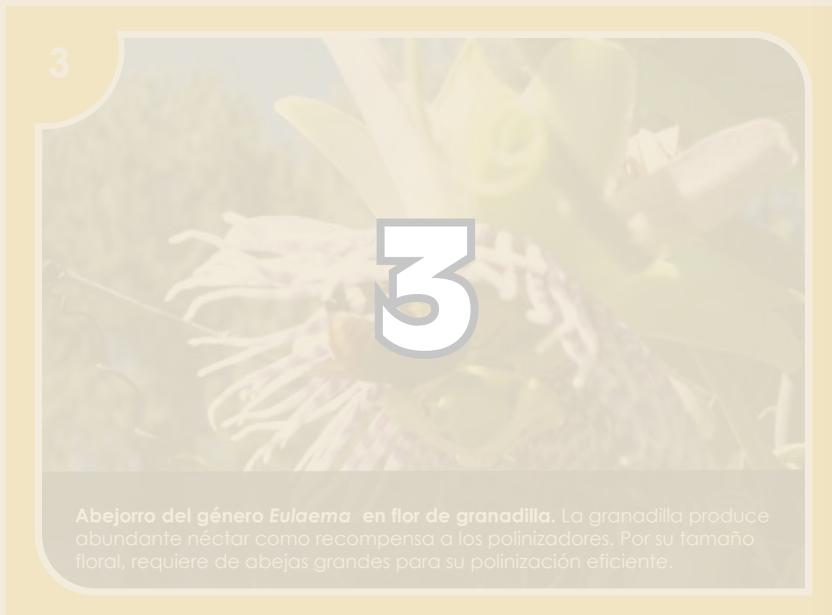
Abejorro nativo del género *Eulaema* polinizando flores de gulupa. Esta es una fruta de exportación que aunque es autocompatible requiere de polinizadores para formar buena cosecha.

Según Daily (1997), los servicios ecosistémicos son condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y las especies que los constituyen sostienen y satisfacen la vida humana.

1. Los servicios de suministro son los productos que las personas obtienen de los ecosistemas, como los alimentos, los combustibles, las fibras, el agua pura y los recursos genéticos.
2. Los servicios de regulación son los beneficios que las personas obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas, entre los que se incluyen el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, la regulación de las enfermedades humanas y la purificación del agua.
3. Los servicios culturales son los beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas mediante el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas.
4. Los servicios de base son los procesos necesarios para la producción de todos los otros servicios de los ecosistemas, como la producción de materias primas, la producción de oxígeno y la formación del suelo (World Resources Institute, 2003).



El servicio ecosistémico de polinización

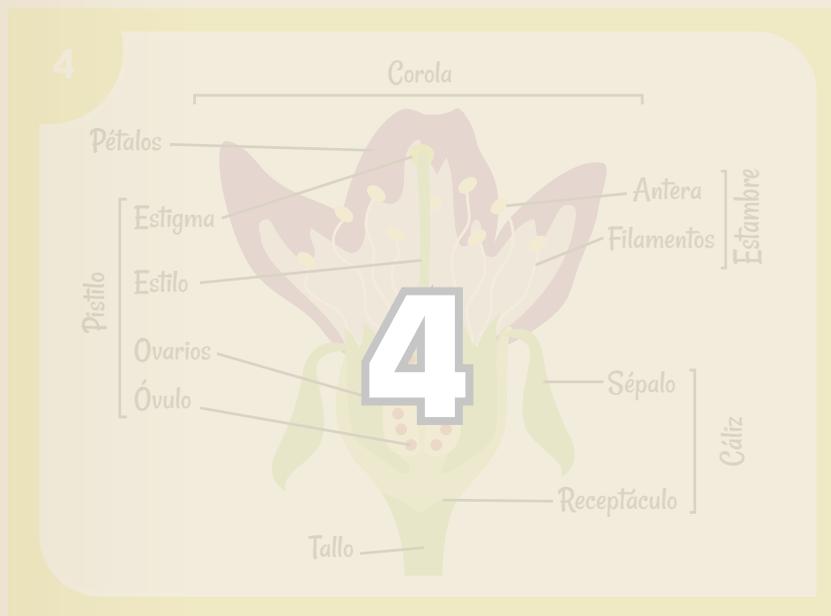


Abejorro del género *Eulaema* en flor de granadilla. La granadilla produce abundante néctar como recompensa a los polinizadores. Por su tamaño floral, requiere de abejas grandes para su polinización eficiente.

En el proceso reproductivo de las plantas puede ocurrir que algunas pueden utilizar mecanismos asexuales que generan individuos sin necesidad de fecundación. Sin embargo, esto puede causar pérdida de variabilidad genética de las poblaciones.

La reproducción sexual requiere intercambio de material genético (masculino y femenino) para originar un nuevo individuo. En las plantas, la flor es el órgano donde se realiza la donación de polen y se fecundan los óvulos. En estos procesos, la polinización es el transporte de polen desde los estambres hasta el estigma, donde germina el tubo polínico y fecunda

los óvulos, haciendo posible la producción de semillas y frutos (Rodríguez et al., 2015).



De acuerdo con la FAO (2015), la polinización es un proceso esencial para los ecosistemas terrestres naturales y los gestionados por el hombre. Es un servicio crucial que depende en gran medida de la simbiosis entre especies, la polinizada y la polinizadora. En muchas ocasiones, es el resultado de intrincadas relaciones entre plantas y animales, y la pérdida o disminución de cualquiera de ellas repercutirá en la supervivencia de ambas. La polinización es vital para la producción de alimentos y los medios de vida de los seres humanos; relaciona directamente los ecosistemas silvestres con los sistemas de producción agrícola.

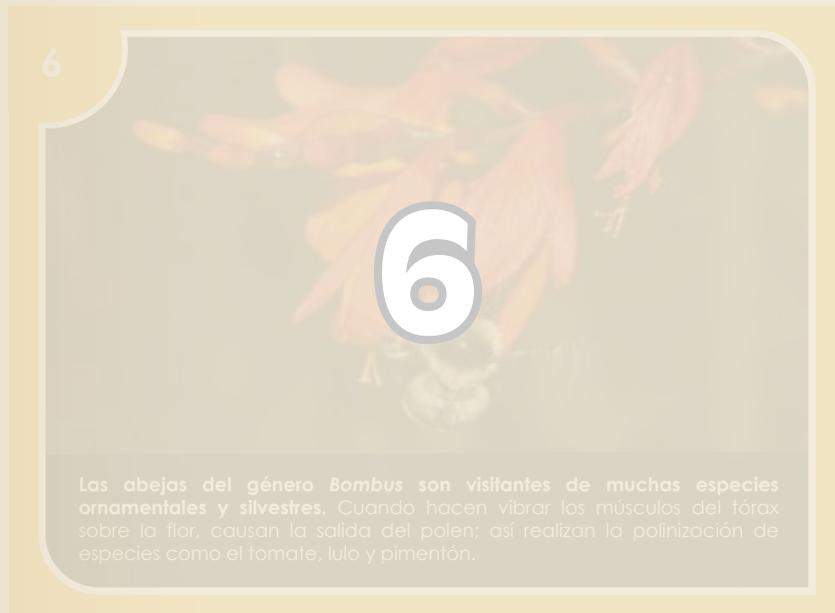
Es necesario hacer énfasis en que existen diferentes vectores o agentes que pueden realizar la polinización; en este sentido, Michener (2000) afirma que el viento y las abejas son los agentes polinizadores más importantes del mundo. Las abejas son

actualmente tanto benéficas como esenciales para la polinización y por lo tanto para la reproducción sexual de gran parte de la vegetación natural en el mundo y también para muchas plantas cultivadas.

Los polinizadores son principalmente abejas hembras, que colectan polen para su propio alimento y especialmente para alimentar sus larvas. Las flores producen no solo néctar y algunas veces aceites, también producen polen en exceso como cebo o recompensa. El polen que puede fertilizar óvulos es aquel que las abejas pierden inadvertidamente sobre el estigma floral cuando van de un lugar a otro colectando néctar, polen u otro material.

De acuerdo con Bawa (citado por Garibaldi *et al.*, 2011), la polinización por animales juega un papel vital para la reproducción de las plantas en los trópicos, donde se estima que más del 98 % de las plantas son polinizadas por animales.





Las abejas del género *Bombus* son visitantes de muchas especies ornamentales y silvestres. Cuando hacen vibrar los músculos del fórax sobre la flor, causan la salida del polen; así realizan la polinización de especies como el tomate, lulo y pimentón.

Rodríguez *et al.* (2015) afirman que un polinizador se caracteriza por ser un visitante frecuente, tener alta preferencia por la especie de planta y generar transferencia de polen hacia el estigma. Los principales animales que actúan como polinizadores son los insectos, dentro de este grupo de encuentran abejas, avispas, mariposas, polillas, cucarrones y moscas. En el grupo de las aves, los colibríes son los más representativos. En el grupo de los mamíferos se pueden destacar los murciélagos.

Según Garibaldi *et al.* (2011), los polinizadores pueden proveer beneficios directos por el incremento de la cantidad y la estabilidad interanual de la cantidad de cosecha producida (kilo de producto por hectárea) y calidad (tamaño del fruto, forma y peso) e indirectos, como el mantenimiento de la biodiversidad de plantas y animales y sus beneficios asociados para el bienestar humano.

Sin embargo y de acuerdo con Michener (2000), en muchos países las poblaciones de abejas nativas han sido seriamente reducidas por la actividad humana. La destrucción de hábitats naturales que ocasionan flores hospederas, la destrucción de sitios de nidificación (muchas veces en suelo) por la agricultura, carreteras, etc., el uso excesivo de insecticidas, entre otros, parecen ser los factores principales que afectan de forma adversa a poblaciones silvestres de abejas.



La polinización

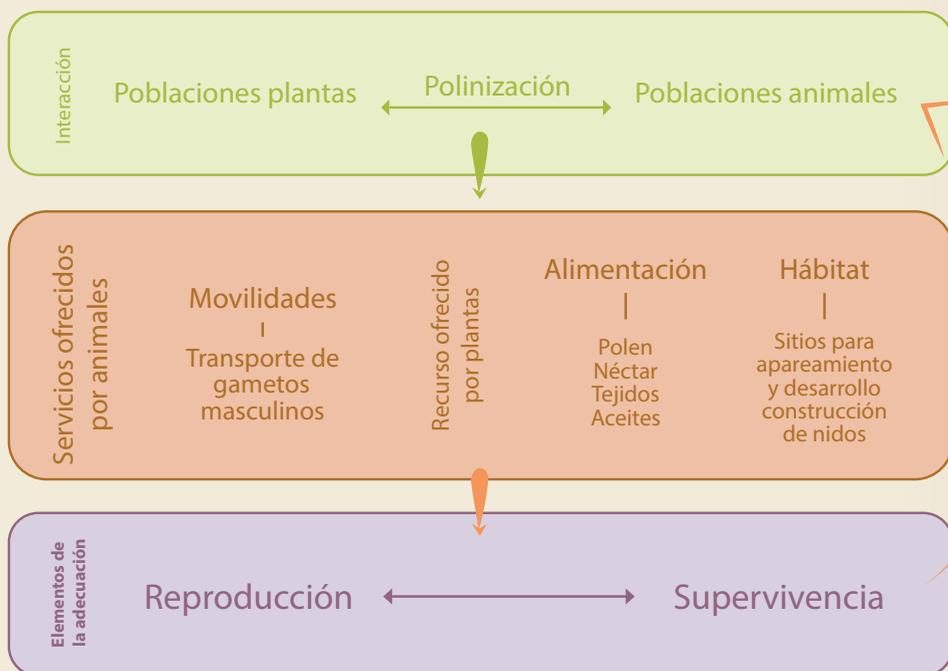


Consiste en el transporte del grano de polen desde la antera (órgano masculino) hasta el estigma (órgano femenino) de

una flor de la misma especie. Esta transferencia generalmente requiere de un vector de polen, el cual puede ser un agente abiótico –como el viento o el agua– o un agente biótico, es decir, un polinizador (Nates-Parra, 2016).



El grano de polen, antes de alcanzar el estigma, está sujeto a diferentes factores, tales como la depredación, la humedad, la temperatura, deposición en lluvia de polen, rechazo molecular en el estigma; posteriormente, en el tejido estilar compete por alcanzar la ovocélula mediante el desarrollo del tubo polínico. Todos estos factores afectan el desempeño biológico de la función masculina, por lo que deben ser contemplados en los estudios de ecología reproductiva de las plantas. La fecundación exitosa incrementa la probabilidad de formación de semilla, siendo este último proceso contingente a la disponibilidad de recursos nutricionales por parte de la planta para desarrollar el fruto y a otras variables ambientales (Nates-Parra, 2016).



Modelo conceptual de los recursos y elementos involucrados en la interacción planta-polinizador. Tomado de Iniciativa Colombiana de Polinizadores-Abejas (ICPA) (Nates-Parra, 2016).

En el gráfico anterior se observa que en la interacción las plantas necesitan que los animales movilicen sus gametos masculinos, para lo cual les ofrecen recursos para su supervivencia como hábitat, alimentación y sitios de reproducción. Asimismo el uso que las plantas y animales hacen de los recursos puede afectar su reproducción y supervivencia (Nates-Parra, 2016).

Importancia de los polinizadores



Obrera de *Bombus atratus* polinizando flores de agraz. Estas abejas son responsables de la producción de muchos frutos silvestres promisorios.

Kevan *et al.* (1990), Kearns *et al.* (1998), Kremen *et al.* (2002), como se citó en Nates-Parra (2016, p. 19), afirman que los polinizadores desempeñan una función ecológica fundamental en el mantenimiento de los bancos de semillas de las plantas con flores, convirtiéndose en seres indispensables para la persistencia de la mayor parte de los ecosistemas terrestres y por lo tanto fundamentales para el bienestar y el futuro de la humanidad.

Ollerton *et al.* (2011), como se citó en MADS, CAR & IH (2018, p. 19) mencionan que, sin polinizadores, muchas de las plantas no podrían producir semillas ni reproducirse. Sin plantas para proveer polen, néctar y otras recompensas, muchas poblaciones animales disminuirían, lo que afectaría el manteni-

miento y conservación de otras especies. En una estimación de 352.000 plantas con flores, en comunidades de zonas estacionales el 78 % de las especies son polinizadas por animales y en comunidades tropicales el 94 % (globalmente, el 85 % en promedio). Estas cifras demuestran que el servicio provisto por los polinizadores es esencial para los ecosistemas naturales y agrícolas, así como para el sostenimiento de muchos de los seres que habitan el planeta, incluyendo los humanos, y en general para la vida en la Tierra. Si la interacción planta-polinizador se rompe, podríamos dejar de tener acceso a cientos de frutas, verduras y legumbres que hacen parte de nuestra dieta actual; se generaría erosión genética y se afectarían los servicios ambientales derivados de la función ecológica de la polinización.





Los colibríes habitan en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4.000 metros de altura. En Colombia, que alberga cerca de 140 especies, se han registrado cerca de 50 familias de aves visitantes de flores. Son polinizadores de flores como la curuba.

El 70 % de los principales cultivos alimenticios para los seres humanos incrementa la producción de frutas o semillas con polinización animal (Klein *et al.*, 2007). La polinización animal mantiene o incrementa los rendimientos en cultivos agrícolas y hortícolas y por lo tanto impacta la producción de alimentos, la seguridad alimentaria, calidad de la dieta y sustento de los agricultores (Lebuhn, *et al.*, 2012). Se calcula que sin los polinizadores no se podría tener uno de cada tres bocados de comida que se consume (Coro Arizmendi, 2009). Asimismo, desde el punto de vista de seguridad nutricional y dietas saludables para el ser humano, las plantas polinizadas por animales son una importante fuente de lípidos, vitaminas A, C y E y de una amplia porción de minerales, como calcio, fluoruro y hierro (Eilers *et al.*, 2011).

Existe una gran diversidad de grupos de polinizadores, entre ellos colibríes, murciélagos, mariposas, dípteros (moscas), coleópteros (escarabajos), y otros organismos polinizadores, que son valorados por la función que desempeñan en la mayor parte de los ecosistemas continentales. Sin embargo, se ha

dato especial énfasis a las abejas por ser un grupo de insectos altamente diverso, dependiente totalmente de las flores para completar sus ciclos de vida, y por ello visitantes florales obligados y polinizadores de un sinnúmero de especies vegetales (Nates-Parra, 2016).

Colombia tiene una alta variedad de especies frutales, muchas de estas aún no explotadas comercialmente, pero con un gran potencial para el desarrollo económico; posee el mayor número de especies de colibríes en el mundo, importantes polinizadores de linajes de plantas neotropicales, de cuyos frutos a su vez se alimentan otras especies de aves y mamíferos (Nates-Parra, 2016).

Del servicio ecosistémico de la polinización depende la sostenibilidad y el incremento en la producción de una gran cantidad de cultivos utilizados como alimento por el hombre, la producción natural y no económica de otra buena cantidad de plantas que también son alimento de animales que brindan otros servicios, como aves que dispersan semillas, anfibios que consumen insectos plaga, etcétera (Garibaldi *et al.*, 2012).





Planta y polinizador

13

13

Abejas del género *Peponapis*. Son polinizadoras de flores de la familia Cucurbitaceae, como la auyama, calabaza, calabacín, etc.

Las flores

Son la parte de la planta altamente especializada en la reproducción sexual, está compuesta por los órganos florales; son estructuras complejas cuyo plan organizacional está muy conservado, constituido por unas piezas infértiles, sépalos y pétalos, o tépalos, cuyas funciones son dar protección a las estructuras fértiles y atraer a los polinizadores, y por unas piezas fértiles con la función reproductiva, estambres y carpelos (Nates-Parra, 2016).

Polinizador

Un polinizador es un animal, generalmente volador, que usa las flores de manera obligada o facultativa para extraer algún beneficio de estas; usualmente en forma de recursos alimen-

tarios (néctar, polen), aceites, perfumes, precursores de feromonas, sitio para dormir o descansar, aparearse, ovipositar, o simplemente incrementar su temperatura; en todos los casos, el polinizador transporta efectivamente las gametas de las plantas y obtiene el recurso floral sin dañar los órganos reproductivos femeninos de la planta. Esta conducta lo diferencia de un visitante floral no polinizador o de un organismo antagonista (Nates-Parra, 2016).



Interacción planta-polinizador

Crane *et al.* (1995), Buchmann & Nabhan (1996) y Schemske (2009), como fueron citados en Nates-Parra (2016, p. 26), mencionan que la relación entre la planta y el polinizador es de mutuo beneficio y le confiere estabilidad ecológica y evolutiva a la interacción, lo cual se evidencia en aspectos como

1. Su antigüedad, registrada al menos desde el Cretácico.
2. La gran mayoría de plantas con flores depende de vectores (medios) bióticos para la polinización; tan solo el 2,7 % de estas utilizan el agua como vector de polen y el 13 % el viento, cifras que señalan un beneficio para la supervivencia y el éxito reproductivo de las plantas con flores derivado de la interacción ecológica con los polinizadores.
3. Las interacciones mutualistas han sido consideradas uno de los factores explicativos de la mayor biodiversidad encontrada en los trópicos comparada con latitudes mayores, señalando la fuerza del proceso ecológico en los procesos de especiación.





Síndromes de polinización

16

16

Las moscas también son polinizadores importantes. Plantas como el diente de león crecen en potreros y cultivos, tienen flores vistosas que ofrecen recursos para el sostenimiento de muchos polinizadores, como moscas y abejas.

Según Nates-Parra (2016), un síndrome de polinización es el conjunto de características que presenta una flor con relación al tipo de vector (medio) que la poliniza. El concepto de síndrome es la adaptación de la planta para obtener el mayor beneficio en la reproducción sexual gracias a la acción del vector. En el caso de vectores bióticos, se habla de coadaptación debido a que el ajuste de rasgos entre los dos grupos de organismos conlleva un incremento en su desempeño biológico. Hay tantos síndromes de polinización como vectores de polen; cada uno ha sido caracterizado, se le ha asignado un nombre:

Cantarofilia



Los coleópteros o escarabajos son el grupo de insectos más abundante sobre la Tierra, son polinizadores de plantas como la guanábana.

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por los coleópteros (escarabajos). Se cree que este fue uno de los primeros grupos de insectos en visitar las plantas con flores. Los coleópteros presentan partes bucales paralelas al eje del cuerpo, lo cual limita su capacidad para obtener polen o néctar ubicados profundamente en la corola; son animales con una amplia variedad de tamaño, los grandes pueden tener una demanda moderadamente alta de proteínas y carbohidratos, poseen visión pobre en color y un fuerte sentido del olfato.

Este síndrome de polinización se registra principalmente en las plantas con flores primitivas, como el magnolio, y algunas monocotiledóneas. Las características del síndrome floral son:

- Hay numerosas anteras productoras de polen.

18

18

Las abejas sin aguijón utilizan cavidades en árboles y edificaciones para construir sus nidos.

- Las flores pueden ser grandes y solitarias, como las de las magnolias o las nympháceas, o muy pequeñas agrupadas en inflorescencias densas, como las de las palmas. Es frecuente la corola en forma de taza o disco, donde el polen o los cuerpos alimenticios son de fácil acceso para el insecto.
- Las recompensas florales son polen, cuerpos alimenticios o néctar, o simplemente exudados dulces del estigma.
- Corolas de color blanco, crema o verde.
- Producen aromas fuertes, como de frutales fermentados, o dulces.
- Antesis diurna o nocturna.
- Flores usualmente capaces de termogénesis, pudiendo elevar la temperatura entre 5 y 25 grados centígrados por encima de la temperatura ambiental.



19



19

Los Halictidos son abejas pequeñas –de 5 a 10 milímetros de largo–, de colores metálicos, algunas son atraídas por el sudor, por eso son llamadas "abejas del sudor".

Miofilia

20



20

Las moscas del género *Forcipomyia* son responsables de la polinización del cacao; sin estas moscas no es posible obtener frutos y semillas de cacao, con las que se fabrican los chocolates.

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las moscas. Aunque la polinización por moscas no ha sido valorada suficientemente, este grupo de organismos puede ser uno de los más importantes dado que son visitantes comunes de miles de especies de angiospermas (plantas con flores). Son animales persistentes a lo largo de las estaciones; muchas plantas dependen de estos insectos para su reproducción todo el año. No alimentan a sus crías y usualmente presentan cuerpos más livianos que otros insectos, por lo que no necesitan gran cantidad de alimento. En general, presentan una visión más aguda que los escarabajos. Las flores que atraen a las moscas tienen una gran variación, las moscas son también un grupo muy diverso en tamaño y forma corporal, al igual que en hábitos.



Los principales rasgos de este síndrome floral son

- Colores de la corola: blanco, crema y amarillo, usualmente con guías de néctar.

22

22

Bombus atratus. Visita muchas plantas nativas, por lo que es fundamental para la producción de semillas en estas especies.

- Fragancia mínima.
- Flores pequeñas.
- Poca producción de néctar.
- La producción de polen es regular o abundante.

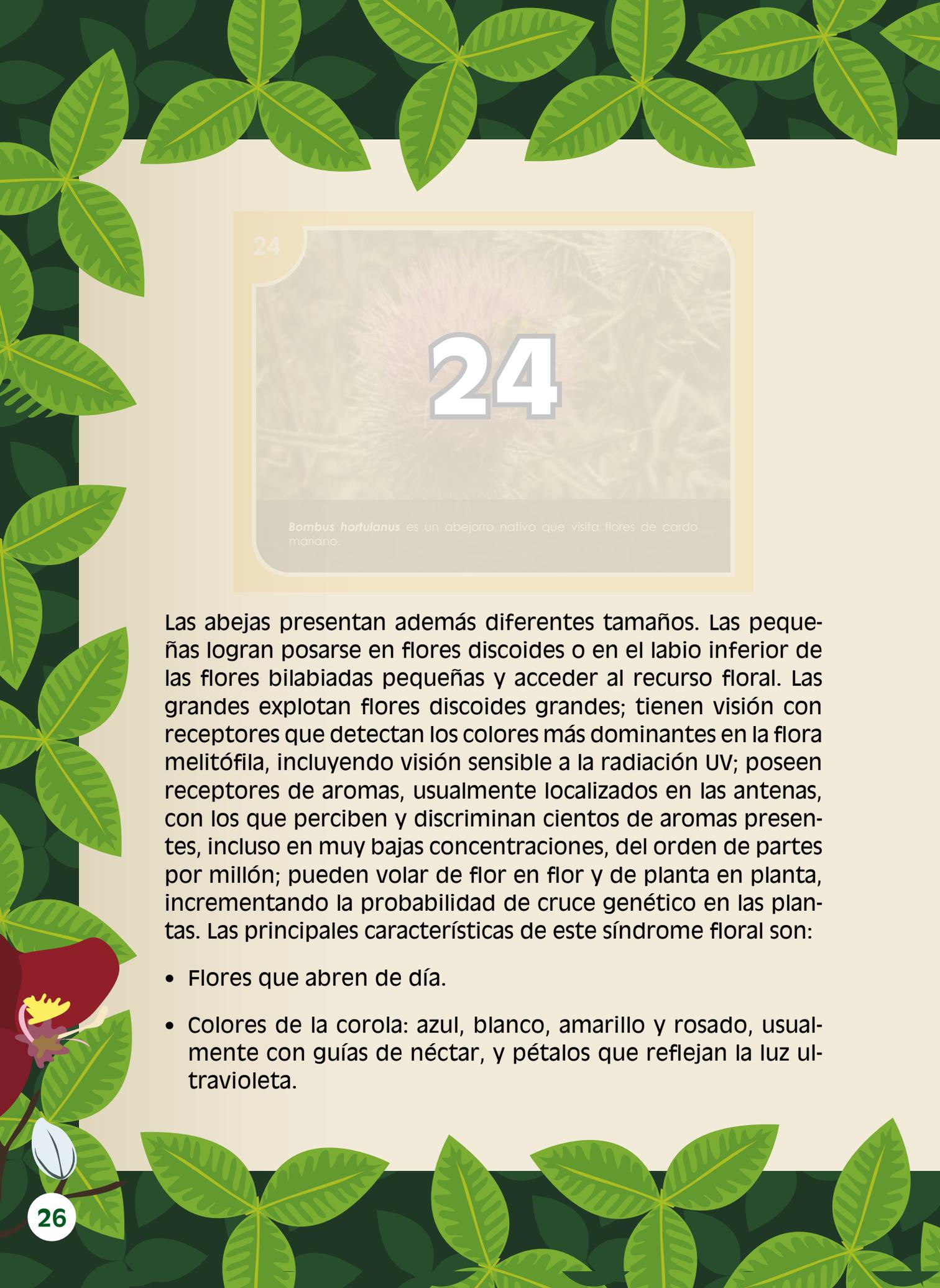
Melitofilia

De acuerdo con Nates-Parra (2016), es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las abejas. Este síndrome cobija una red de interacciones ecológicas que involucra entre cerca de 20.000 especies de abejas y un sinnúmero de plantas con flores. Las abejas pueden ser el grupo de polinizadores más importantes debido a que evolucionó en hábitos vegetarianos, requiriendo del polen como recurso para alimentar a sus larvas y del néctar para satisfacer necesidades metabólicas diarias o para almacenarlo y elaborar miel. Poseen distintas estructuras para recoger el polen y aparatos bucales de dife-

rente longitud, rasgo con el cual se caracterizan al menos dos grupos ecológicos, las abejas de lengua larga y las de lengua corta, con su respectiva implicación en el tipo flores que cada grupo puede usar.

En la familia *Colletidae*, el polen es cargado en el buche junto con el néctar; en las *Megachilidae* ha evolucionado una escopa (grupo de pelos plumosos en el abdomen); mientras que en grupos como el género *Andrena* se encuentran “cepillos de polen” en las patas posteriores o en los lados del abdomen. En Apoidea ha evolucionado la corbícula, parte de la tibia de la pata posterior de las abejas especializada en llevar el polen; se observa en la abeja melífera, en los euglosinos (abejas de las orquídeas), en los abejorros (*Bombus* spp.) y en las abejas sin aguijón.





24

24

Bombus hortulanus es un abejorro nativo que visita flores de cardo mariano.

Las abejas presentan además diferentes tamaños. Las pequeñas logran posarse en flores discoides o en el labio inferior de las flores bilabiadas pequeñas y acceder al recurso floral. Las grandes explotan flores discoides grandes; tienen visión con receptores que detectan los colores más dominantes en la flora melitófila, incluyendo visión sensible a la radiación UV; poseen receptores de aromas, usualmente localizados en las antenas, con los que perciben y discriminan cientos de aromas presentes, incluso en muy bajas concentraciones, del orden de partes por millón; pueden volar de flor en flor y de planta en planta, incrementando la probabilidad de cruce genético en las plantas. Las principales características de este síndrome floral son:

- Flores que abren de día.
- Colores de la corola: azul, blanco, amarillo y rosado, usualmente con guías de néctar, y pétalos que reflejan la luz ultravioleta.

- Ofrecen como recompensa néctar concentrado 30 y 50 %, polen o ambos.
- El néctar es de difícil acceso; usualmente, los nectarios tienen una posición escondida dentro de la flor.
- Flores de varias formas: discoidea o rotácea, tubular pequeña de limbo bilabiado, acampanada, papilionada, o en forma de cepillo. Usualmente, las flores con simetría zigomorfa presentan un área floral que funciona como plataforma de aterrizaje, y las de simetría actinomorfa pueden presentar una estructura central con anteras conniventes, de donde se sostienen las abejas.
- Flores fragantes, con aromas generalmente dulces, suaves, frescas y agradables. Nates-Parra (2016, p. 30).

25

25

Colonia artificial de abejorros del género *Bombus*. Varias empresas a nivel mundial han logrado desarrollar colonias artificiales de estas abejas, son comercializadas para polinizar cultivos bajo invernadero, como fresa, pimentón y tomate. La cría masiva se debe promover con abejorros nativos y evitar importar las colonias de otros países.

Psicofilia



Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las mariposas. Estos insectos son importantes polinizadores en las regiones templadas. No alimentan a su descendencia; son livianos y se posan en las flores, lo que reduce sus requerimientos de energía; tienen largas probóscides (órgano bucal); no tienen un gran sentido del olfato; el sentido del gusto está en las patas; tienen buena visión en color y pueden ver el rojo. Las principales características de este síndrome floral son

- Flores que abren de día.
- Colores de la corola: brillantes, anaranjado, azul, morado, rojos amarillos, con o sin guías del néctar.
- Flores poco fragantes.
- Producen una gran cantidad de néctar usualmente rico en aminoácidos.
- Néctar usualmente escondido en la base de la corola.

- Producción de polen regular.
- Formas tubulares profundas, con plataformas de aterrizaje. (Nates-Parra, 2016, p. 31).

27

27

Las flores de pitahaya abren en la noche, son grandes y son polinizadas principalmente por murciélagos; producen abundante néctar, razón por la cual son visitadas también por escarabajos y abejas.

28

28

Apis mellifera. Puede polinizar flores de gulupa debido a que son medianas y autocompatibles; es decir, pueden ser polinizadas con polen de la misma flor.

29

Ornitofilia



Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las aves. Se presenta particularmente en América, África, y Australia en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4.000 m. La diversidad contenida en la interacción entre plantas y aves polinizadoras es considerable. Se han registrado cerca de 50 familias de aves visitantes de flores; en Colombia, las principales aves polinizadoras son los colibríes (*Trochilidae*), con cerca de 140 especies. Estas aves varían en tamaño –de 5 a 20 cm de largo–, con pesos entre 3 y 10 g y con picos entre 1 y 20 cm de longitud; la curvatura del pico también varía desde recto hasta muy recurvado. Estos polinizadores tienen buena visión de color, presentan picos fuertes y en muchos casos largos, con los que se pueden alimentar mientras mantienen un vuelo suspendido frente o bajo las flores (flores péndulas). La polinización por colibríes solo ocurre en el neotrópico; este podría ser el grupo de organismos responsable de la alta bio-

diversidad registrada en las plantas con flores en esta región del mundo. (Nates-Parra, 2016, p. 32).



Las principales características de este síndrome floral son

- Las flores que abren de día.
- Corola de colores vivos, usualmente escarlata contrastando con los verdes.
- Labio en el margen de la flor, ausente o curvado hacia atrás.
- Flor tubular, péndula, o tipo cepillo.
- Pared externa de la flor cerosa y firme.
- Filamentos estaminales rígidos o unidos.
- Ovario súpero o ínfero siempre protegido.
- Fragancia ausente.

- Néctar abundante.
- Flores con forma tubular o con espolón profundo y más ancho que en las flores de mariposas.
- Separación de la reserva de néctar de estigmas receptivos y anteras poliníferas relativamente grandes (Nates-Parra, 2016, p. 32).

Quiropterofilia



Es el síndrome de las plantas polinizadas por los murciélagos. Cerca del 25 % de las especies de murciélagos usa los recursos florales como parte de su dieta; algunas dependen totalmente de las flores. Este tipo de polinización se presenta principalmente en el trópico, en donde se encuentra una sucesión de especies florales apropiadas para los murciélagos a lo largo del año; en los Andes se ha registrado hasta los 3.400 m s. n. m. Los murciélagos son animales grandes y pesados que a veces

se posan sobre las flores; no distinguen colores, por lo que estos son irrelevantes en la atracción; tienen desarrollado el sentido del olfato. Los nectarívoros de la subfamilia *Glossophaginae* tienen la cavidad nasal de mayor tamaño que la de los insectívoros y la lengua larga y delgada. Las plantas polinizadas por murciélagos son generalmente leñosas, árboles, arbustos o lianas, aunque también pueden ser epifitas de hábito herbáceo (Nates-Parra, 2016, p. 32).



Las principales características de este síndrome floral son

- Flores que abren en la noche, usualmente duran una noche.
- Corola de color blanco, crema, ocre o sombras lúgubres de verde o púrpura.
- Producen aroma fuerte como de frutal, ácido, rancio, a repollo o que indica fermentación.

33

33

Los abejorros del género *Xylocopa* son importantes polinizadores de flores de la familia *Passifloraceae*, como la gulupa. Estas abejas construyen sus nidos en madera muerta; es frecuente encontrar sus nidos en los postes de madera que se utilizan para construir la estructura sobre la cual el cultivo se desarrolla.

- Las flores son robustas, grandes y generalmente se encuentran expuestas sobresaliendo del follaje.
- Flor en forma de campana amplia, péndula.
- Producen abundante néctar diluido, dominado por glucosa, a veces viscoso.
- Producen gran cantidad de polen (Nates-Parra, 2016, p. 32).

La crisis de polinizadores

El aporte del servicio de polinización animal a la producción de cultivos agrícolas usados directamente para alimento humano se estima en 153 billones de euros a nivel global, lo cual representa alrededor del 9,5 % del valor total de la producción de alimentos en el mundo. Para suplir la demanda alimenticia futura, de acuerdo con el crecimiento estimado



de la población, se requerirá para el 2050 de un aumento del 70 % en la producción de alimentos, que si se hace a costa de aumentar el número de hectáreas destinadas a la agricultura, genera mayor escasez de hábitat silvestre apto para las poblaciones de polinizadores, incrementando la crisis (Nates-Parra, 2016).

Aizen y Harder, citados por Nates-Parra (2016), señalan que en los últimos años se ha documentado un acelerado declive del servicio de polinización silvestre, gratuito y espontáneo, con el riesgo de alcanzar una crisis de polinización a nivel global. Científicos, políticos y el público en general han mostrado su preocupación al respecto.

Lautenbach *et al.* (2012), como se citó en MADS, CAR & IH (2018, p. 22), menciona que dentro de los factores que pueden afectar a los polinizadores y el servicio que estos prestan se destacan la pérdida y fragmentación de hábitats naturales, los

disturbios causados por el incremento en el uso de pesticidas y herbicidas; predominio de monocultivos que sacrifican la diversidad floral; la propagación de patógenos, virus y parásitos remueven recursos alimenticios y destruyen sitios de anidación por prácticas productivas inadecuadas, por prácticas productivas inadecuadas; la introducción de especies (especies alternativas de plantas, competidores o enemigos) y finalmente el cambio climático.



La polinización entonces no es solamente un servicio ecosistémico, sino también un insumo esencial en la producción agrícola al lado de otros más convencionales, como los fertilizantes y el agua. Si no lo garantizamos, lo más seguro es que observaremos cada vez con mayor frecuencia efectos directos e indirectos en la agricultura y la producción de alimentos.

Si los polinizadores siguen disminuyendo drásticamente, como a la fecha se ha evidenciado, perderemos una propor-

36

36

Las abejas del género *Trigona* son importantes para la polinización de plantas cultivadas, como el cilantro, que aunque se consumen sus tallos y hojas, se requieren semillas para iniciar nuevos cultivos.

ción sustancial de la flora mundial (Ollerton et al., 2011), lo cual hace urgente y prioritario que se definan e implementen alternativas viables para la gestión de los polinizadores y del servicio ecosistémico de polinización (Nates-Parra, 2016).



Iniciativas de polinizadores



Esta situación ha hecho que los polinizadores sean reconocidos por su importancia estratégica. Debido a la evidencia de su declive y a los consecuentes efectos en el bienestar de la humanidad, se han venido generando iniciativas en distintos países que buscan sensibilizar a la sociedad y proponer acciones para conservar los polinizadores y el servicio que prestan (Nates-Parra, 2016).

37

37

Las abejas del género *Melipona* construyen sus nidos en cavidades de árboles, en edificaciones o en el suelo; las entradas de los nidos son muy elaboradas, se caracterizan por el uso de cera, barro, resina y semillas.

Según Nates-Parra (2007), los polinizadores bióticos, como muchas especies de abejas, colibríes, escarabajos y murciélagos, son un componente esencial de la biodiversidad; a pesar de su evidente importancia, están expuestos a factores causantes de su disminución o pérdida. Con el objetivo de proteger a los polinizadores y sus interacciones, desde hace más de dos décadas hay campañas en todos los continentes; en el año 2000 se estableció la Iniciativa Internacional de Polinizadores (IPI), coordinada por la FAO y los países firmantes del Convenio de Diversidad Biológica (CDB).

En el marco de la Convención de Diversidad Biológica también se definieron los objetivos de la Iniciativa Internacional de Polinizadores. Como un aspecto importante para definir políticas en torno a la protección del servicio ecosistémico de polinización, CDB (2000) afirma:

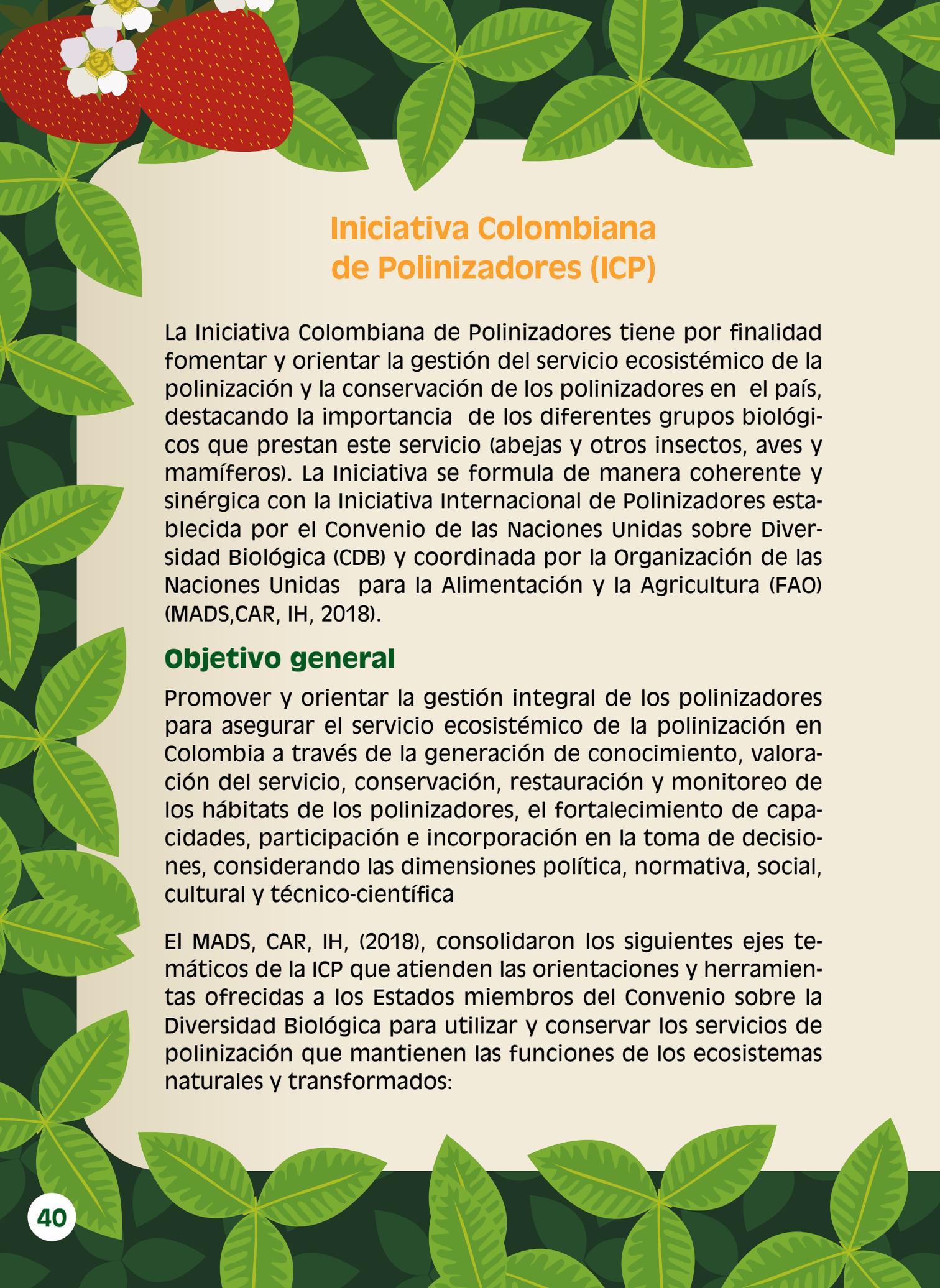
Los objetivos de la Iniciativa Internacional de Polinizadores (IPI) son promover acciones coordinadas alrededor del mundo para

1. Monitorear la disminución de los polinizadores, sus causas y su impacto en los servicios de polinización.
2. Enfrentar la falta de información taxonómica sobre polinizadores.
3. Calcular el valor económico de la polinización y el impacto económico de la disminución de los servicios de polinización.
4. Promover la conservación, restauración y uso sostenible de la diversidad de polinizadores en la agricultura y ecosistemas relacionados (p. 1).

38

38

Xylocopa frontalis. Es el polinizador más eficiente de los cultivos de maracuyá. En zonas de cultivo que no tienen parches de bosque cercanos, la polinización debe hacerse de forma manual, lo que incrementa los costos de producción.



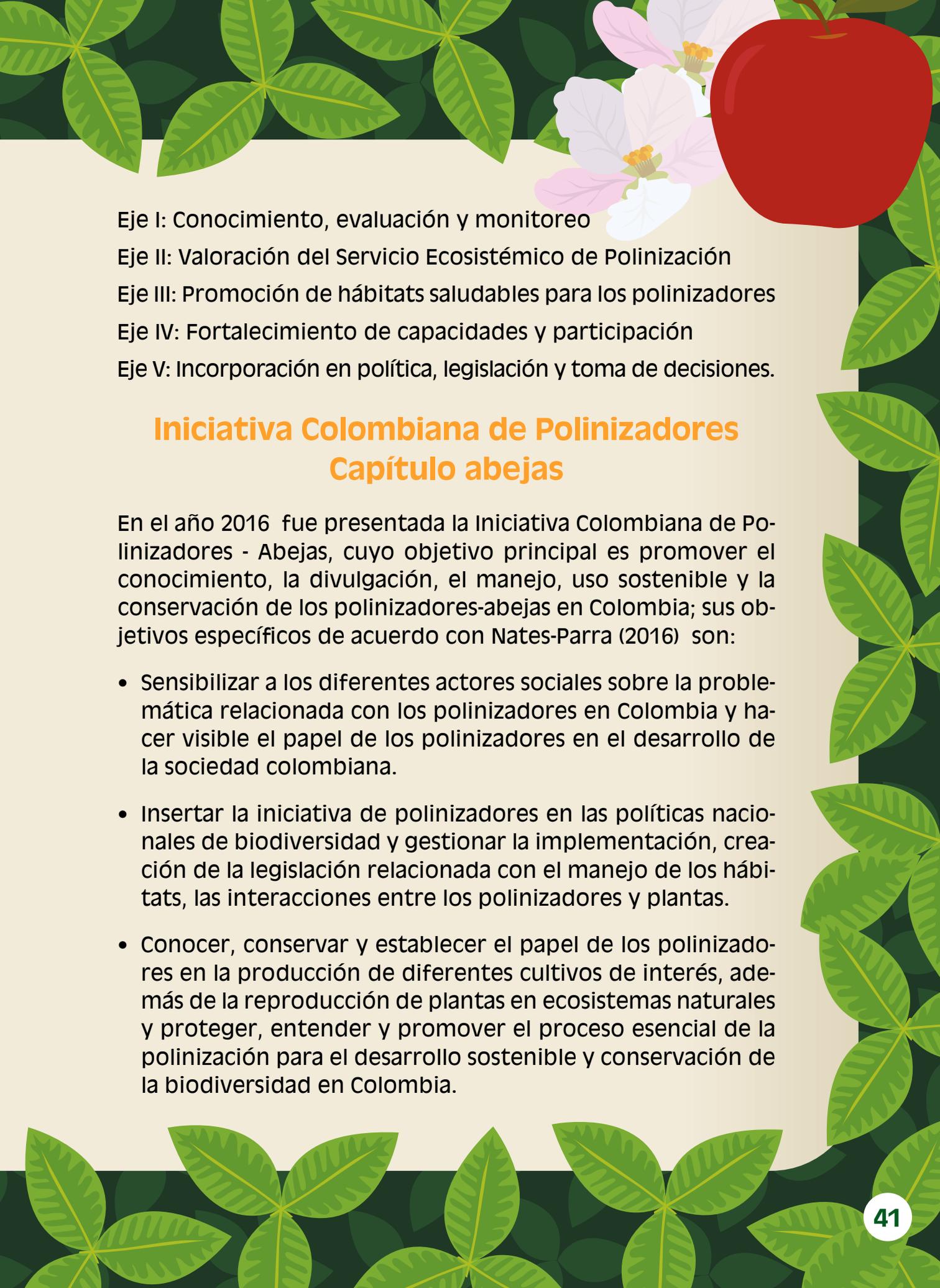
Iniciativa Colombiana de Polinizadores (ICP)

La Iniciativa Colombiana de Polinizadores tiene por finalidad fomentar y orientar la gestión del servicio ecosistémico de la polinización y la conservación de los polinizadores en el país, destacando la importancia de los diferentes grupos biológicos que prestan este servicio (abejas y otros insectos, aves y mamíferos). La Iniciativa se formula de manera coherente y sinérgica con la Iniciativa Internacional de Polinizadores establecida por el Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (CDB) y coordinada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (MADS, CAR, IH, 2018).

Objetivo general

Promover y orientar la gestión integral de los polinizadores para asegurar el servicio ecosistémico de la polinización en Colombia a través de la generación de conocimiento, valoración del servicio, conservación, restauración y monitoreo de los hábitats de los polinizadores, el fortalecimiento de capacidades, participación e incorporación en la toma de decisiones, considerando las dimensiones política, normativa, social, cultural y técnico-científica

El MADS, CAR, IH, (2018), consolidaron los siguientes ejes temáticos de la ICP que atienden las orientaciones y herramientas ofrecidas a los Estados miembros del Convenio sobre la Diversidad Biológica para utilizar y conservar los servicios de polinización que mantienen las funciones de los ecosistemas naturales y transformados:



Eje I: Conocimiento, evaluación y monitoreo

Eje II: Valoración del Servicio Ecosistémico de Polinización

Eje III: Promoción de hábitats saludables para los polinizadores

Eje IV: Fortalecimiento de capacidades y participación

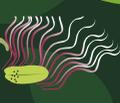
Eje V: Incorporación en política, legislación y toma de decisiones.

Iniciativa Colombiana de Polinizadores

Capítulo abejas

En el año 2016 fue presentada la Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas, cuyo objetivo principal es promover el conocimiento, la divulgación, el manejo, uso sostenible y la conservación de los polinizadores-abejas en Colombia; sus objetivos específicos de acuerdo con Nates-Parra (2016) son:

- Sensibilizar a los diferentes actores sociales sobre la problemática relacionada con los polinizadores en Colombia y hacer visible el papel de los polinizadores en el desarrollo de la sociedad colombiana.
- Insertar la iniciativa de polinizadores en las políticas nacionales de biodiversidad y gestionar la implementación, creación de la legislación relacionada con el manejo de los hábitats, las interacciones entre los polinizadores y plantas.
- Conocer, conservar y establecer el papel de los polinizadores en la producción de diferentes cultivos de interés, además de la reproducción de plantas en ecosistemas naturales y proteger, entender y promover el proceso esencial de la polinización para el desarrollo sostenible y conservación de la biodiversidad en Colombia.

- 
- 
- Posicionar a los polinizadores como elementos fundamentales de la biodiversidad relacionados con seguridad alimentaria.
 - Identificar prácticas de uso y manejo sostenible de los polinizadores e implementar estrategias tendientes a la restauración y conservación de la función de polinización y de los hábitats naturales de los polinizadores.
 - Promover la valoración económica de polinizadores de interés para la producción de diferentes cultivos. • Generar y divulgar conocimiento científico y tradicional de los polinizadores en Colombia.

39

39

Las abejas del género *Eufriesea* se caracterizan por su larga lengua y sus colores metalizados, son exclusivas del Neotrópico. En la foto se observa el polinario, que es una estructura reproductiva de las orquídeas; visitan estas plantas para coleccionar fragancias que guardan en las patas posteriores y a su vez polinizanlas.



Agricultura amigable y manejo de ecosistemas para la conservación de los polinizadores



40

40

Las abejas del género *Xylocopa* son importantes polinizadores del cultivo de granadilla. Son las más eficientes por su tamaño y comportamiento dentro de la flor y tienen la capacidad de visitar varias flores dentro del mismo vuelo, lo que favorece la polinización cruzada.

De acuerdo con Eardley, Roth, Clarke, Buchmann & Gemmill (2006), una mayor conciencia ambiental, conocimiento y valor de los múltiples bienes y servicios que proveen los polinizadores puede ayudar a hacer bosques y agricultura más sostenibles y mejorar la productividad en los agroecosistemas. Las tecnologías que promueven los impactos positivos y mitigan los negativos de los humanos sobre la diversidad de polinizadores deben ser identificadas y transmitidas a las comunidades agrícolas y forestales.



Eardley *et al.* (2006) señalan que una agricultura amigable con los polinizadores y los ecosistemas naturales requiere

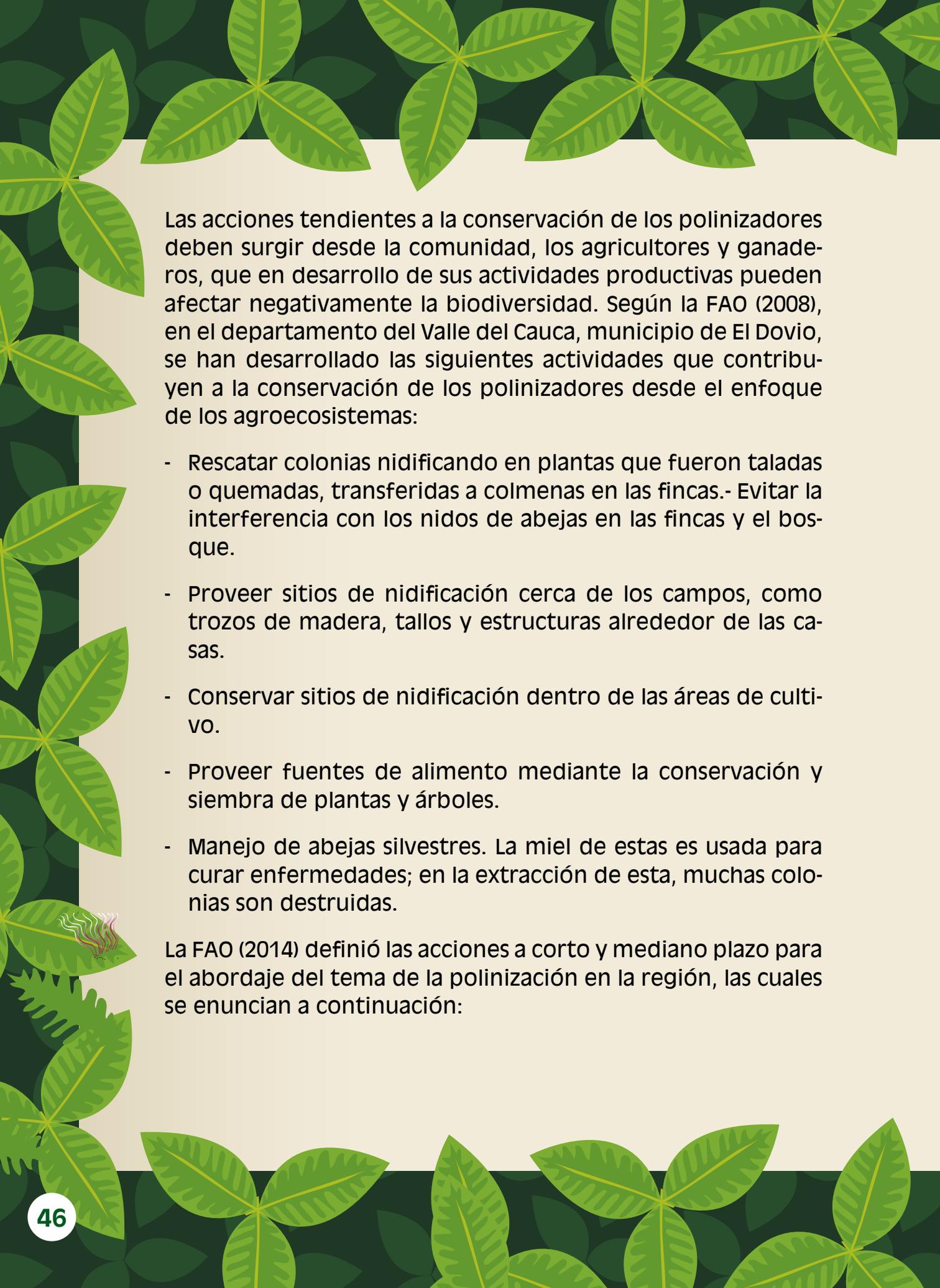
1. Identificación de interacciones entre polinizadores y plantas que soportan el funcionamiento efectivo del polinizador.
2. Conservación de áreas naturales necesarias para optimizar servicios de polinización.
3. Desarrollar tecnología de manejo de polinizadores, cría y manejo de abejas, por ejemplo, de los géneros *Bombus*, *Melipona*, etc.
4. Desarrollo de listas de plantas que ofrezcan néctar y polen para varias regiones, incluyendo plantas huéspedas de larvas de mariposas y polillas.



Estrategias para promover la conservación de polinizadores



1. Fijar políticas y acciones para promover las especies nativas de polinizadores.
2. Aumentar el uso de manejo integrado de plagas.
3. Uso racional de pesticidas.
4. Restauración y conservación de hábitats para nidificación de polinizadores.
5. Diversificar las plantas que proveen alimento para polinizadores a través de rehabilitación de tierras degradadas y reforestación con plantas preferidas por las abejas, que les brinden recursos alimenticios (polen y néctar).



Las acciones tendientes a la conservación de los polinizadores deben surgir desde la comunidad, los agricultores y ganaderos, que en desarrollo de sus actividades productivas pueden afectar negativamente la biodiversidad. Según la FAO (2008), en el departamento del Valle del Cauca, municipio de El Dovio, se han desarrollado las siguientes actividades que contribuyen a la conservación de los polinizadores desde el enfoque de los agroecosistemas:

- Rescatar colonias nidificando en plantas que fueron taladas o quemadas, transferidas a colmenas en las fincas.- Evitar la interferencia con los nidos de abejas en las fincas y el bosque.
- Proveer sitios de nidificación cerca de los campos, como trozos de madera, tallos y estructuras alrededor de las casas.
- Conservar sitios de nidificación dentro de las áreas de cultivo.
- Proveer fuentes de alimento mediante la conservación y siembra de plantas y árboles.
- Manejo de abejas silvestres. La miel de estas es usada para curar enfermedades; en la extracción de esta, muchas colonias son destruidas.

La FAO (2014) definió las acciones a corto y mediano plazo para el abordaje del tema de la polinización en la región, las cuales se enuncian a continuación:

Acciones con los agricultores

Crear prácticas de cultivo amigables con los polinizadores nativos que incluyen

- Establecimiento de franjas de vegetación nativa que ofrezcan recursos alimenticios y de nidificación para los polinizadores nativos (o abejas melíferas), ubicadas entre franjas del cultivo o en sus bordes. Adicionalmente, se sugiere el uso de cercas vivas que, como en el caso de arbóreas como el matarratón (*Bocconia frutescens* - *Fabaceae*), ofrecen alimento y recursos para la nidificación de abejas durante todo el año.
- Limitar el uso de insecticidas en los cultivos (en particular los neonicotenoides, de amplio uso en la actualidad; también los organofosforados y carbamatos), ya que estos afectan directa (envenenamiento) o indirectamente (contaminación de recursos alimentarios: polen y néctar) a los polinizadores nativos, principalmente abejas, pues numerosos estudios recientes han demostrado una alta correlación entre el síndrome del colapso de colonias y el uso de neonicotenoides en cultivos polinizados por abejas melíferas.
- Conservar parches de vegetación nativa (bosques) que sirven de reservorios y permiten el sostenimiento de poblaciones de polinizadores nativos que visitan el cultivo.
- Tratar de diversificar el número de cultivos en producción en una misma finca, de manera que existan recursos alimenticios para los polinizadores a lo largo del tiempo: floraciones anacrónicas que ofrecen recursos alternados en el tiempo.

Acciones con asociaciones / federaciones de productores locales

- Capacitación a sus afiliados/miembros sobre la importancia de la presencia y los métodos de conservación de los polinizadores para el desarrollo sostenible de la agricultura.
- Incentivos para los productores que utilicen prácticas más amigables con los polinizadores (equivalentes a los incentivos ofrecidos a productores agrícolas orgánicos). Que los consumidores compensen con precios un poco más altos en el producto final las pérdidas o menor producción que se obtiene cuando se dejan de utilizar agroquímicos, se reservan áreas sin cultivar para vegetación nativa o cuando la producción se hace a menor escala.
- Recursos (materiales y económicos) para investigación en universidades, ONG y organismos internacionales (para el establecimiento de iniciativas de cooperación) para el estudio de los polinizadores asociados a los diferentes cultivos, bajo diferentes prácticas agronómicas y en condiciones ambientales diferentes (biomas, zonas de vida).



Acciones con organismos gubernamentales

- Establecer políticas claras que estén dirigidas a la conservación y protección de los polinizadores nativos.
- Capacitación al personal en los diferentes departamentos sobre agricultura, medio ambiente, desarrollo rural o a nivel de gobiernos locales en secretarías de Agricultura, unidades de transferencia agropecuaria, etc., sobre la importancia de los polinizadores no solo para los ecosistemas nativos, sino para los diferentes agroecosistemas. Los oficiales estatales o departamentales deberán luego transferir este conocimiento a las diferentes asociaciones o federaciones de agricultores y firmar convenios en los que el Estado participe asesorando estudios sobre mejores prácticas de cultivo y realizando los inventarios de los polinizadores asociados a dichos cultivos.
- Promoción y creación de becas o recursos para el estudio de los polinizadores en los diferentes cultivos que sean entregados a grupos de investigación reconocidos, mediante convocatorias nacionales o internaciones.

44

44

Abeja del género *Anthidium* visitando flores de albahaca. Son abejas solitarias, poseen una estructura en la región ventral del abdomen llamada escopa; los pelos plumosos de la escopa los usan para coleccionar granos de polen de las flores.

45

45

Bombus atratus es la especie más común de abejorros, ampliamente distribuida en el país; se encuentra en todas las regiones naturales, en altitudes que van de 150 a 3.500 m.

Referencias Bibliográficas

Arizmendi, C. (2009). *La crisis de los polinizadores*. Biodiversitas, 85, 1-5.

Convention on Biological Diversity. (2000). The International Initiative for the Conservation and Sustainable Use of Pollinators - COP decision V/5. Recuperado de <https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7147><https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7147>.

FAO. (2008). Tools for Conservation and Use of Pollination Services, Initial survey of good pollination practices. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-at522e.pdf>.

FAO.(2014). Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de latinoamérica y el caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>

Garibaldi, L. A., Morales, C., Ashworth, L., Chacoff, N. P., & Aizen, M. A. (2012). Los polinizadores en la agricultura. *Ciencia Hoy*, 21(126), 34-43.

Daily G.(1997). Introduction: What are ecosystem services? pp. 1-10. In Daily, G. C. (ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C.

Eardley, C., Roth, D., Clarke, J., Buchmann, S., & Gemmill, B. (2006). *Pollinators and pollination: a resource book for policy and practice*. Agricultural Research Council (ARC).

Eilers, E. J., Kremen, C., Greenleaf, S. S., Garber, A. K., & Klein, A. M. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS one*, 6(6), e21363.

Garibaldi L., Muchhala, N., Motzke, L., Bravo-Monroy, L., Olschewski, R. & Klein, A. (2011). Services from plant-pollinator interactions in the Neotropics. En: Rapidel, B., DeClerck, F., Le Coq, J. & Beer, J. (Eds.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry: measurement and payment* págs. 119-139. *Earthscan*: London.

Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274, 303-313

Lebuhn, G., Droege, S., Connor, E. F., Gemmill Herren, B., Potts, S. G., Minckley, R. L., ... & Cane, J. (2013). Detecting insect pollinator declines on regional and global scales. *Conservation Biology*, 27(1), 113-120.

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

Nates-Parra, G. (ed.). (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas* - ICPA. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Nates-Parra, G. (2007). Estudio de caso: polinización como un servicio ecosistémico en Colombia. Recuperado de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/gruposdeinvestigacion/caracgeneticainmunologia/documentos/Nates__Abstract.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2018). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores*. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidad-yServiciosEcosistemicos/pdf/Planes-para-la-conservacion-y-uso-de-la-biodiversidad/INICIATIVA_COLOMBIANA_DE_POLINIZADORES_-_ICP_2018.pdf.

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.

Rodríguez-C, A. T., Chamorro, F. J., Calderón, L. V., Pinilla, M. S., Henao, M. 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*). *Laboratorio de Investigaciones en Abejas*, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

World Resources Institute. (2003). Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación. Recuperado de <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.3.aspx.pdf>

La polinización un servicio ecosistémico

1



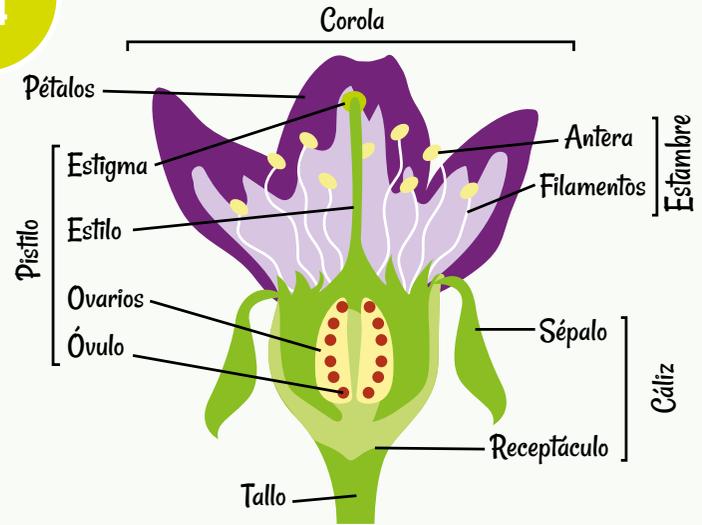
Racimo de frutos silvestres de agraz. Las flores del agraz son polinizadas por abejas y abejorros; por lo tanto, la conservación de estos polinizadores es fundamental para que los pobladores del bosque altoandino obtengan ingresos por la venta de estos frutos.

2



Abejorro nativo del género *Eulaema* polinizando flores de gulupa. Esta es una fruta de exportación que aunque es autocompatible requiere de polinizadores para formar buena cosecha.

4



3



Abejorro del género *Eulaema* en flor de granadilla. La granadilla produce abundante néctar como recompensa a los polinizadores. Por su tamaño floral, requiere de abejas grandes para su polinización eficiente.

8



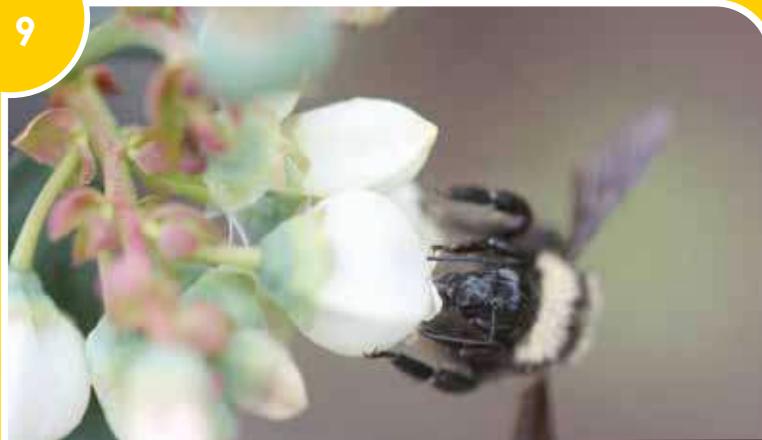
Nido artificial de melipona. Las abejas meliponas no tienen aguijón, pueden ser criadas en cajas de madera para la producción de miel y transportarlas para polinizar cultivos.

13



Abejas del género Peponapis. Son polinizadoras de flores de la familia Cucurbitaceae, como la ayuama, calabaza, calabacín, etc.

9



Obrera de *Bombus atratus* polinizando flores de agraz. Estas abejas son responsables de la producción de muchos frutos silvestres promisorios.

10



Las abejas del género *Epicharis* visitan flores de la familia Malpighiaceae en busca de aceites para alimentar sus crías.

14



Apis mellifera también visita flores de plantas nativas, como el agraz. Contribuye a la polinización de muchas plantas cultivadas y silvestres.

18



Las abejas sin aguijón utilizan cavidades en árboles y edificaciones para construir sus nidos.

15



Abeja del Trigona fulviventris visitando flores ornamentales. Estas abejas son nativas, no tienen aguijón y construyen sus nidos en el suelo.

16



Las moscas también son polinizadores importantes. Plantas como el diente de león crecen en potreros y cultivos, tienen flores vistosas que ofrecen recursos para el sostenimiento de muchos polinizadores, como moscas y abejas.

22



Bombus atratus. Visita muchas plantas nativas, por lo que es fundamental para la producción de semillas en estas especies.

25



Colonia artificial de abejorros del género Bombus. Varias empresas a nivel mundial han logrado desarrollar colonias artificiales de estas abejas, son comercializadas para polinizar cultivos bajo invernadero, como fresa, pimentón y tomate. La cría masiva se debe promover con abejorros nativos y evitar importar las colonias de otros países.

23



Abejorro del género Bombus visitando flores; se observa la masa de polen colectado en la pata posterior.

24



Bombus hortulanus es un abejorro nativo que visita flores de cardo mariano.

27



Las flores de pitahaya abren en la noche, son grandes y son polinizadas principalmente por murciélagos; producen abundante néctar, razón por la cual son visitadas también por escarabajos y abejas.

34



Apis mellifera polinizando flores de botón de oro. Esta planta es utilizada como forraje para alimentar ganado en muchas zonas rurales del territorio CAR.

28



Apis mellifera. Puede polinizar flores de gulupa debido a que son medianas y autocompatibles; es decir, pueden ser polinizadas con polen de la misma flor.

33



Los abejorros del género *Xylocopa* son importantes polinizadores de flores de la familia *Passifloraceae*, como la gulupa. Estas abejas construyen sus nidos en madera muerta; es frecuente encontrar sus nidos en los postes de madera que se utilizan para construir la estructura sobre la cual el cultivo se desarrolla.

37



Las abejas del género *Melipona* construyen sus nidos en cavidades de árboles, en edificaciones o en el suelo; las entradas de los nidos son muy elaboradas, se caracterizan por el uso de cera, barro, resina y semillas.

40



Las abejas del género *Xylocopa* son importantes polinizadores del cultivo de granadilla. Son las más eficientes por su tamaño y comportamiento dentro de la flor y tienen la capacidad de visitar varias flores dentro del mismo vuelo, lo que favorece la polinización cruzada.

38



Xylocopa frontalis. Es el polinizador más eficiente de los cultivos de maracuyá. En zonas de cultivo que no tienen parches de bosque cercanos, la polinización debe hacerse de forma manual, lo que incrementa los costos de producción.

39



Las abejas del género *Eufriesea* se caracterizan por su larga lengua y sus colores metalizados, son exclusivas del Neotrópico. En la foto se observa el polinario, que es una estructura reproductiva de las orquídeas; visitan estas plantas para coleccionar fragancias que guardan en las patas posteriores y a su vez polinizanlas.

41



Melipona nigrescens. Es una abeja sin aguijón nativa de los Andes de Colombia; sus colonias pueden ser criadas para producción de miel y para polinización de cultivos. Se encuentra en zonas de 2.000 a 2.800 metros sobre el nivel del mar.

44



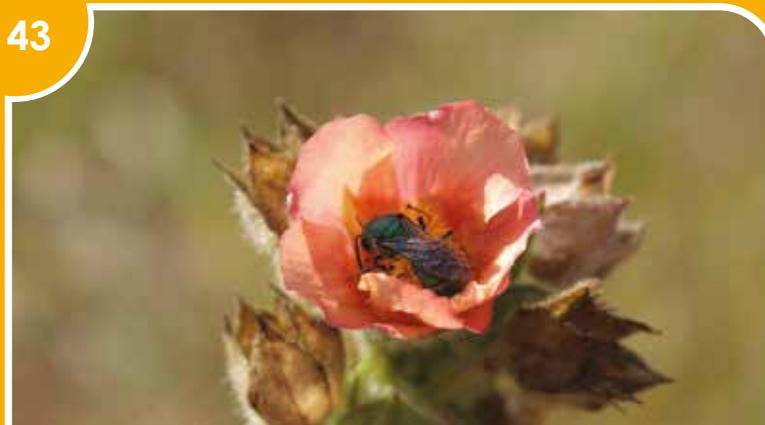
Abeja del género *Anthidium* visitando flores de albahaca. Son abejas solitarias, poseen una estructura en la región ventral del abdomen llamada escopa; los pelos plumosos de la escopa los usan para coleccionar granos de polen de las flores.

42



Las abejas del género *Anthophora* son solitarias, robustas, de vuelo rápido. Nidifican en el suelo en grandes agregaciones.

43



Abeja del género *Auglocloropsis*. Este género corresponde a abejas pequeñas –de 5 a 13 milímetros de longitud–, de colores metálicos, verde, azul, dorado, rojo y negro mate. Construyen sus nidos en el suelo y pueden formar agregaciones de estos.

45



Bombus atratus es la especie más común de abejorros, ampliamente distribuida en el país; se encuentra en todas las regiones naturales, en altitudes que van de 150 a 3.500 m.

11



Los colibríes habitan en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4.000 metros de altura. En Colombia, que alberga cerca de 140 especies, se han registrado cerca de 50 familias de aves visitantes de flores. Son polinizadores de flores como la curuba.

5



Las abejas del género *Euglossa* son abejas que visitan las flores de las orquídeas, tienen la lengua usualmente más larga que el cuerpo. Construyen sus nidos en pequeñas cavidades, en las que pueden vivir hasta 10 hembras; una de ellas, madre o hermana mayor, es dominante y rara vez abandona el nido.

6



Las abejas del género *Bombus* son visitantes de muchas especies ornamentales y silvestres. Cuando hacen vibrar los músculos del tórax sobre la flor, causan la salida del polen; así realizan la polinización de especies como el tomate, lulo y pimentón.

12



Abeja nativa del género *Tetrapedia* visitando flores de plantas nativas.

36



Las abejas del género *Trigona* son importantes para la polinización de plantas cultivadas, como el cilantro, que aunque se consumen sus tallos y hojas, se requieren semillas para iniciar nuevos cultivos.

19



Los Halictidos son abejas pequeñas –de 5 a 10 milímetros de largo–, de colores metálicos, algunas son atraídas por el sudor, por eso son llamadas "abejas del sudor".

32



Abejorro *Eulaema cingulata* colectando néctar de una flor nativa.

30



Se cree que el grupo de los escarabajos fue de los primeros insectos en visitar las plantas con flores en busca de recursos como néctar y polen.

35



Abejas *Trigona fulviventris* colectando néctar de una planta nativa.

21



Las abejas solitarias del género *Caenohalictus* son pequeñas –de 6 a 12 milímetros de largo–, tienen pelos en los ojos. Este género es abundante y diverso en los países de la cordillera de los Andes.

17



Los coleópteros o escarabajos son el grupo de insectos más abundante sobre la Tierra, son polinizadores de plantas como la guanábana.

20



Las moscas del género *Forcipomyia* son responsables de la polinización del cacao; sin estas moscas no es posible obtener frutos y semillas de cacao, con las que se fabrican los chocolates.

26



Las polillas son polinizadores nocturnos y las mariposas son de hábitos diurnos. El síndrome de polinización que representan se llama psicofilia.

29



Existen 164 especies de colibríes en Colombia, concentradas en la zona altoandina. Derivan toda su energía del néctar floral realizando hasta seis mil visitas florales por día para recolectar su alimento.

31



Los murciélagos son mamíferos polinizadores de cactáceas, bromelias y solanáceas. El Chocó es el área más biodiversa de murciélagos en Colombia.

1. Producción del Polen
La flor produce granos de polen (esporas masculinas) en las anteras.

2. Polinización
Los insectos transportan el polen hasta el gineceo de otra flor.



6. Si la semilla encuentra las condiciones adecuadas, da origen a una nueva planta, un nuevo esporófito.

5. Maduración de las semillas, el fruto y germinación
El fruto y las semillas maduran.

3. Fecundación del óvulo
El grano de polen da lugar al tubo polínico (el gametófito masculino), que contiene el gameto masculino. El tubo crece y llega hasta el interior del óvulo, donde se encuentra el gametófito femenino o saco embrionario. El gameto masculino fecunda la oosfera, el gameto femenino.

4. Formación de las semillas y el fruto
El óvulo fecundado se transforma en la semilla, que lleva un embrión en su interior. A su vez, el ovario se transforma en el fruto.

