

Los insectos polinizadores: una aproximación antropocéntrica

José Luis VIEJO MONTESINOS¹
y Concepción ORNOSA GALLEGO²

¹ Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

² Departamento de Biología Animal I. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Resumen: La entomogamia es con diferencia el principal sistema de polinización de las plantas. Los insectos polinizadores juegan un papel fundamental en la reproducción vegetal, de tal forma que puede afirmarse que éstos han contribuido decisivamente en la evolución de la flora y, con ello, en el diseño actual de la mayor parte de los ecosistemas terrestres. Sin los insectos polinizadores, la mayoría de las plantas desaparecerían rompiendo el equilibrio natural y poniendo en serio peligro la supervivencia del planeta. La especie humana, que sí ha sabido comprender los beneficios de la polinización entomogámica, no parece muy consciente de los riesgos asociados a la pérdida de entomodiversidad.

La polinización es un fenómeno biológico que permite el transporte del polen desde los órganos masculinos de una flor, donde se forma, hasta los órganos femeninos, bien de la misma flor (autogamia), bien a otra de la misma planta (geitonogamia), bien a otra de una planta distinta (polinización cruzada). Aunque muchas plantas son autógamas o geitonógamas, la evolución ha favorecido la polinización cruzada, de modo que son habituales los mecanismos que impiden o dificultan la autopolinización.

En la naturaleza se dan distintos procesos que aseguran la polinización de las diferentes especies de plantas:

- La anemogamia, cuyo agente es el viento, sistema propio de la mayoría de las gimnospermas, así como de algunos grupos de angiospermas, entre las que se hallan las fagáceas, betuláceas, juglandáceas, juncáceas o las gramíneas y el olivo, cuyos efectos alérgicos conocen bien y padecen las personas sensibilizadas a estos últimos tipos de pólenes.
- La hidrogamia tiene como agente al agua; una familia típicamente hidrógama está constituida por las zosteráceas.
- La zoogamia utiliza como agentes a los animales y, a su vez, en función del grupo de que se trate, recibe distintas denominaciones: quiropterogamia, llevada a cabo por los murciélagos y de importancia restringida a los trópicos, ornitogamia a través de las aves y la entomogamia, realizada por los insectos, con mucho el mecanismo más frecuente y ventajoso, que materializa un verdadero mutualismo y numerosos ejemplos de coevolución. Los insectos son organismos especialmente apropiados para polinizar, ya que tienen un tamaño relativamente semejante al de las flores, son muy numerosos y, probablemente su mayor ventaja,

son voladores y, por tanto, muy móviles. Para una planta, el uso de vectores de polen selectivos tiene la ventaja de que se evita 'despilfarrar' grandes cantidades de polen, con el consiguiente ahorro, en particular de elementos tan preciados para un vegetal como el nitrógeno (Mattson, 1980).

Los insectos florícolas (que aparecen en las flores) pueden dividirse en dos grupos: polinizadores, que a cambio del alimento efectúan el proceso polinizador, y no polinizadores: insectos (e incluso araneidos) que encuentran en las flores alimento, cobijo, camuflaje o un lugar esporádico de descanso, que son visitantes estrictos y no practican ningún tipo de mutualismo. Entre los primeros se encuentran varias familias de coleópteros (*Oedemeridae*, *Chrysomelidae*, *Dermestidae*, *Dasytidae*, *Cetoniidae*, *Mordellidae*, *Malachidae*, *Cantharidae* y *Cerambycidae*), de dípteros (*Tipulidae*, *Bibionidae*, *Chironomidae*, *Empididae* y sobre todo *Syrphidae* y *Bombyliidae*), de lepidópteros (numerosas familias, como *Lycaenidae*, *Nymphalidae*, *Pieridae* y especialmente *Sphingidae* y *Papilionidae*) y de himenópteros (fundamentalmente las abejas de la superfamilia *Apoidea*). Entre los segundos hay desigual representación de colémbolos, heterópteros, homópteros, mantodeos, blatodeos, ortópteros, fasmátodeos, tisanópteros, plecópteros, tricópteros y, ya fuera de los insectos pero frecuentes en las flores, aparecen familias de araneidos como las arañas cangrejo (*Thomisidae*), crípticas con las flores en que se hallan, o las arañas saltadoras (*Salticidae*). Por lo tanto, entre los animales y, en concreto, entre los insectos florícolas suelen despreciarse como polinizadores los muy pequeños, los que presentan baja o nula movilidad entre las distintas flores o los que carecen de algún tipo de estructura que posibilite el transporte del polen (pubescencia, por ejemplo).

La distinta longitud de las piezas bucales de los grupos polinizadores determina el que unas u otras flores sean

polinizadas por las diferentes especies. Así, los coleópteros, con aparatos bucales cortos, se alimentan del polen o néctar al que pueden llegar, es decir, de flores con nectarios accesibles, mientras que las largas probóscides de los lepidópteros o las largas lenguas de algunos apoideos les permiten alimentarse de nectarios situados en zonas profundas de la flor. Esto, tan aparentemente sencillo y elemental, ha determinado modificaciones en la organización y la forma de la flor a lo largo de la historia de las angiospermas.

Las tendencias evolutivas hacia una relación más especializada entre plantas y ciertos grupos de insectos incluyen (Davies, 1991): flores hermafroditas, grandes y con mucho polen; reducción del número de pétalos y sépalos; formación de corolas tubulares o espolonadas, en cuya base estén protegidos los nectarios, de modo que sólo sean accesibles a los insectos con piezas bucales alargadas; tendencia a desarrollar flores irregulares, más fácilmente reconocibles por el insecto, con vías de entrada predeterminadas que favorecen el contacto con los sacos polínicos o el estigma femenino; potenciación de coloraciones visibles y marcas guía, así como de olores atractivos, que dirigen al polinizador a la fuente de néctar, forzando, de nuevo, la polinización.

La importancia de este fenómeno para el hombre radica en que los insectos polinizan tanto especies vegetales silvestres como plantas de interés agrario, no sólo con una mayor eficacia y productividad, sino que, además, la selección adecuada de la especie de polinizador que puede utilizarse en un cultivo, maximiza la fortaleza y resistencia de las plantas y reduce el uso de plaguicidas.

Los himenópteros constituyen el principal grupo de insectos antofilo. Los más primitivos pertenecen al suborden *Symphyla* y a la superfamilia *Xyeloidea*; aparecen en el Triásico y se les supone asociados a coníferas, en las que perforarían conos o yemas, pero no se les atribuye un carácter polinizador. Aunque se conocen algunas especies de sínfitos, la mayoría de los himenópteros polinizadores pertenecen al suborden *Apocrita*, en particular al grupo de los aculeados, con la notable excepción de algunos calcidoideos: los pequeños agaónidos y las inflorescencias de las higueras (*Ficus*). De entre todos los himenópteros (e incluso de los insectos en general), las abejas forman el grupo polinizador por antonomasia. Las abejas evolucionaron a partir de antepasados depredadores, como las avispas alfareras (*Sphecidae*) y otras avispas solitarias hacia mediados del Cretácico (hace unos 100 millones de años), cuando las plantas con flores se convirtieron en la vegetación predominante en el planeta. Probablemente, los primeros representantes de las angiospermas fueran polinizadas primeramente por coleópteros, que existían antes de la radiación de las angiospermas. Los primeros coleópteros surgen en el Pérmico (suborden *Archostemata*), aunque se supone que estos primitivos escarabajos debían ser xilófagos.

Existen abejas sociales y solitarias. En las primeras, se da una organización social basada en castas y jerarquía, con una reina, o hembra ponedora, y una casta obrera, encargada del aprovisionamiento, alimentación de las larvas, mantenimiento y construcción del nido, higiene y limpieza del nido y compañeros y defensa. La población masculina sólo se produce cuando la sociedad decae, si es anual, o si ha de dispersarse, cuando se dan excedentes poblacionales. Las obreras pueden distinguirse de la reina sólo por las tareas que realizan o, además de por sus funciones, por rasgos morfológicos evidentes. Se dan muy distintos niveles evolutivos de sociabilidad y, por lo tanto, de grados de complejidad. Entre

los grupos más evolucionados del Hemisferio Norte se encuentran la mayoría de los componentes de la familia *Apidae*: los abejorros (especies del género *Bombus* Latreille, 1802 y sus parásitos sociales, las especies del género *Psithyrus* Lapeletier, 1832) y, por supuesto, la conocida abeja de la miel (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758), originaria de los trópicos y hoy en día introducida en casi todo el mundo. Asimismo, con distribución mayormente tropical y como importantes polinizadores en esas áreas, están las abejas inermes o sin aguijón (*Meliponinae*).

Las abejas solitarias, sin embargo, son mucho más abundantes. De hecho, suponen más del 85 por ciento de las aproximadamente 20.000 especies de abejas que existen y se reparten entre las familias *Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae* (también con algún representante con comportamiento social complejo), *Melittidae*, *Megachilidae* y *Anthophoridae*, todas ellas con representantes en nuestra fauna, más dos familias de distribución tropical (*Oxeidae* y *Fidelidae*) y las denominadas abejas de las orquídeas (ápidos de la tribu *Euglossini*) de América del Sur.

Solitarias o sociales, las abejas han de hacer frente al medio hostil y a la acción de depredadores, sobre todo en la época más vulnerable del desarrollo: en las fases juveniles (huevo, larva y pupa) y especialmente en los estadios larvarios, que se han de proteger. Como consecuencia, construyen nidos subterráneos o superficiales, en el suelo, en madera, en grietas en las rocas, en huecos de troncos o cavidades naturales, que perforan, excavan o delimitan, que forran con vegetación circundante, con hojas que recortan, con secreciones o néctar y que responden a una unidad casi común: la celda o celdilla. Éstas pueden ser muy variables en su forma (cilíndricas, aovadas, semiesféricas, prismáticas de sección hexagonal...) o en distribución (aisladas, independientes como ramales desde una galería principal, agrupadas en serie, a modo de tubos paralelos, en peines..., etc.). Los abejorros, sin embargo, son la excepción, ya que, menos en un caso, no construyen celdas, sino que hacen masas de polen, recubiertas de néctar (en las que hacen la puesta de huevos, proceso que se repite varias veces, en varias hornadas). Lo que sí construyen algunas especies de abejorros son recipientes para la miel, al igual que las meliponas, que además hacen otros de forma distinta para polen. De manera equivalente, las abejas de la miel guardan sus reservas en celdas vacías.

Todas las abejas tienen en común haberse desprendido del hábito depredador y alimentarse principalmente de polen y néctar. Este último pueden modificarlo por medio de secreciones glandulares y convertirlo en miel. Especializaciones alimentarias más complicadas aún se dan, además, en las abejas melíferas, cuyas jóvenes obreras secretan jalea real, que suministran a la reina y a las larvas en las primeras fases de su existencia y siempre a aquéllas que se convertirán en reinas. La jalea real es una sustancia muy rica en ácido pantoténico y bioproteínas, sustancias que parecen contribuir a las transformaciones morfogénicas que conducen a la aparición de la reina (Winston, 1987). De cualquier modo, bien por alimentación progresiva en los grupos sociales, bien por medio de un aprovisionamiento único, previo a la emergencia, las larvas de estos animales tienen una dieta a base de una mezcla de néctar, más o menos transformado en miel, y polen. Esto supone que las hembras adultas, además de para su propio consumo, constantemente han de volar a buscar una o varias fuentes de alimento, lo que implica el transporte de polen de una planta a otra, y materializa la polinización.

Como hemos visto, las flores simétricas, coloreadas y olorosas de las plantas superiores evolucionaron para atraer a los animales dispersadores de polen. Las abejas son sus polinizadores más eficaces, entre otras razones por su abundancia, su vuelo rápido, su tendencia a visitar varias flores de la misma especie, su necesidad de grandes cantidades de néctar y polen y sus pelos especializados, que pueden atrapar y mantener hasta 15.000 granos de polen por abeja (Batra, 1984). De hecho todas tienen pelos plumosos que les recubren el cuerpo, combinados con otros, acanalados, ramificados, con crestas en espiral, con puntas ganchudas o espatuladas, etc., que permiten enganchar los diferentes granos de polen y que, generalmente, se hallan más profusamente dispuestos en zonas concretas (escopas), bien en las patas, en el gáster e incluso asociados a estructuras cuticulares especializadas (peines, castillos o corbículas).

El valor de las abejas en la polinización de plantas silvestres y cultivadas es incalculable (Batra, 1984). Es imposible evaluar los beneficios de esta acción polinizadora sobre plantas silvestres. En EE.UU., se ha estimado que el valor de unos 90 cultivos distintos, que dependen de la polinización de los insectos para alcanzar una cosecha máxima, es de 17.000 millones de dólares anuales. Si se incluyen en el cálculo las semillas de las plantas forrajeras para el ganado que polinizan los insectos, resulta que un tercio, aproximadamente, de los recursos alimentarios de los Estados Unidos dependen directa o indirectamente de la polinización por insectos, principalmente abejas (Batra, 1984), tanto sociales como solitarias. Aunque no disponibles, es muy probable que en España las cifras sean en proporción semejantes.

La importancia de la polinización como proceso eficaz para la obtención de especies vegetales concretas no es un hecho de conocimiento reciente. En la antigua Asiria, entre los bajorrelieves que describen escenas cotidianas, históricas y de caza, de los tiempos de Asurbanipal (668-662 a.C.) hay uno en el que aparece un sacerdote del templo de este rey polinizando el árbol de la vida.

La asociación del hombre con la abeja de la miel se remonta a la prehistoria, incluso quizá antes de que nuestros antepasados fueran humanos (Seely, 1985). La fase inicial, probablemente, consistió en cazar las colonias salvajes de abejas, como un predador, al igual que hacen otros mamíferos. El siguiente paso sería la recolección extensiva de miel de los nidos naturales de los troncos de los árboles, lo que el hombre ha venido practicando sistemáticamente durante largo tiempo a lo largo de la historia. Los primeros documentos gráficos al respecto aparecen reproducidos en las pinturas rupestres del Mesolítico de África, India y España, que muestran la recolección de la miel, nítidamente ilustrada. Así, en el Levante español, en la cueva de la Araña (Bicorp), aparecen dibujados los detalles de esa apicultura temprana con toda precisión. Por ejemplo, en la cueva de Bicorp aparece un recolector, provisto de un recipiente a modo de cesto, y encaramado a un árbol, y a su alrededor hay representadas abejas volando (ver Bellés, en este volumen). Este método, más o menos elaborado, manejando las colonias silvestres y reuniéndolas para incorporarlas a los ambientes humanos, fue desarrollado hasta el siglo XVII, cuando se empezaron a fabricar los primeros apiarios. Éstos, muy rudimentarios, eran simples cajones contruidos con materiales baratos, de difícil o imposible manejo, hasta 1851, año en el que L. Langstroth inventó un apiario en el que los bastidores, donde las abejas construyen los panales, podían extraerse para inspeccionarlos o incluirlos en otro nuevo. Así se estableció la base de la moderna apicultura (ver Domínguez en este volumen).

Por otro lado, el manejo de diferentes especies de abejas para su explotación en la horticultura, según las características de unos o de otras, permite aún una mayor rentabilidad que la que se obtiene de la polinización con abejas silvestres e, incluso, en el caso de la abeja melífera, los beneficios repercuten, además, en los apicultores, ya que el precio obtenido por el alquiler de las colmenas, puede exceder con mucho del conseguido por la comercialización de sus productos. Por ejemplo, en muchos lugares del mundo, la polinización de manzanos, cuando la población de abejas nativas es escasa, se realiza con colonias de abejas melíferas. Ésta es una especie muy versátil que puede polinizar eficazmente muchas plantas, pero no otras, aunque se alimente del néctar de ellas, como la alfalfa, cuya flor posee un mecanismo de resorte que se dispara cuando un insecto mete la cabeza y espolvorea el polen sobre él. Sin embargo, las abejas, aprenden pronto a evitar el golpe y extraen el néctar introduciendo la lengua por la zona lateral de la flor, con lo que el proceso polinizador no se logra (Batra, 1984). Por lo tanto, la alfalfa tendrá que ser polinizada por otras especies, como varias de abejorros, o algunos megaquílidos y halcítidos. *Megachile rotundata* (Fabricius, 1787), originaria de Europa, o *Nomia melanderi* Cockerell, 1908 se utilizan hace años en EE.UU. y Canadá con este fin y los agricultores les acomodan emplazamientos o les fabrican nidos artificiales en el interior de los campos de alfalfa, que en el caso de la segunda forman agregaciones enormes y pueden llegar a 2.100 nidos por metro cuadrado (Batra, 1984). Igualmente, en Japón utilizan especies autóctonas de megaquílidos para mejorar la polinización de los manzanos y, en otras partes del mundo, son usados estos mismos insectos para polinizar almendros y otros frutales. En España, entre los megaquílidos, se utilizan con buen rendimiento *Megachile rotundata* y *Osmia cornuta* (Latreille, 1805).

Existen especies de plantas que pueden ser polinizadas por distintas especies de insectos, mientras que otras dependen de unas pocas, o incluso sólo una, lo que da lugar a relaciones insecto-planta muy especializadas. Las especies de acónitos son polinizadas, casi con exclusividad, por una sola especie de abejorro. Entre las orquídeas se dan los mecanismos de polinización más singulares. Así, en estas plantas los granos de polen se reúnen en estructuras mayores que se denominan polinias y que son pegadas al insecto cuando éste extrae el néctar. Las polinias giran inmediatamente y quedan en posición de entrar en contacto con el estigma de la siguiente flor. A partir de este esquema general se dan todo tipo de atrayentes florales para asegurarse la polinización, desde colores y formas que inducen a los insectos, generalmente himenópteros, a alimentarse de esas plantas y no otras, hasta olores afrodisíacos y aspecto semejante al de las hembras de las distintas especies del polinizador que inducen a los correspondientes machos a 'pseudocopular' con la orquídea, que se garantiza así el transporte y transmisión de sus polinias. Especializaciones de naturaleza equivalente se dan entre las especies de avispa calcidoidea (*Chalcidoidea*, *Agaonidae*) y las plantas del género *Ficus* que mencionamos antes, en que existe especificidad planta-insecto y un elaborado ciclo que incluye el que la planta sacrifica parte de la producción de semillas, para asegurarse la polinización, dando refugio y alimento al insecto.

El uso de abejorros para la polinización de cultivos tiene un indudable valor económico y creciente interés. Por ejemplo, hasta que en 1885 no se introdujeron abejorros (*Bombus* sp.) en Nueva Zelanda, procedentes de Gran

Bretaña, no se consiguieron semillas de trébol (*Trifolium pratense*) (Gauld, Collins & Fitton, 1990). Los primeros estudios de cría artificial de estos animales datan del primer cuarto de siglo (Frison, 1926), si bien, su aplicación comercial es reciente. Son varias las empresas en Europa occidental, concretamente de los Países Bajos, que producen colonias de abejorros por su indiscutible rentabilidad (Ortiz-Sánchez, 1994), así como en Canadá, Nueva Zelanda e Israel (Ortiz-Sánchez, 1997). Por ejemplo, de acuerdo con Ortiz-Sánchez (1994) la polinización manual del tomate en invernadero supone un coste de 300.000 pesetas/año, mientras que la polinización realizada a base abejorros reduce los costes a 100.000 pesetas/año. De este modo, fuera de nuestras fronteras, es habitual el uso de estos insectos para polinizar cultivos, fundamentalmente de invernadero, de tomate, pimiento, trébol rojo, alfalfa, fresa y kiwi. No es así, sin embargo, en España donde aún tal uso está poco extendido, se limita a cultivos de tomates de invernadero del sur peninsular y las colmenas son suministradas por empresas extranjeras, a las que revierten las crecientes ganancias que mueve el sector (Ortiz-Sánchez, 1994). Esto sin abundar en que tales empresas no siempre manejan colonias de abejorros ibéricos, lo que se ha constatado al comprobar la introducción en nuestra fauna de subespecies foráneas (Ortiz-Sánchez, 1992; Ornos, 1996). En cualquier caso, hoy en día no debería contemplarse una apicultura moderna que no valore en su justa medida los beneficios que la polinización con abejorros supone y, sobre todo, los que podría suponer si la producción de colonias se materializara en nuestro país y si su empleo por los usuarios se extendiera a otros cultivos.

Los beneficios de la polinización por medio de insectos no se limitan a los cultivos. La ausencia de estos polinizadores tendría un efecto devastador en la flora silvestre porque desaparecerían la mayoría de las plantas de importancia vital para el equilibrio natural y la supervivencia

del planeta. Es, pues, urgente e imprescindible la conservación de la fauna entomológica, lo que debería tenerse más en cuenta en los estudios de impacto ambiental y en los programas generales de protección de la naturaleza. La conservación de los himenópteros es una tarea de indudable repercusión económica y cultural a la que convendría dedicar más esfuerzo en España. Medidas sensatas aplicadas a este campo pueden ser la promoción de los estudios entomológicos básicos (taxonomía y ecología), y de los estudios aplicados a la polinización; asimismo sería muy aconsejable la cautela en el uso de insecticidas para la agricultura y los bosques, pues los plaguicidas son los principales causantes de la desaparición de himenópteros, incluidos los polinizadores (Gauld, Collins & Fitton, 1990; Viejo, 1991).

La historia evolutiva de las plantas no puede entenderse sin considerar el papel polinizador de los insectos. La mayor parte de las flores son como son debido a la presión selectiva ejercida por la polinización entomógama; en otras palabras, la forma, el color, el olor y el néctar de las flores que subjetivamente el hombre tanto aprecia, serían muy diferentes (e incluso no existirían) de no cumplir un papel fundamental como señuelo, atractivo o recompensa para los insectos polinizadores. Aunque parezca una exageración, los insectos polinizadores contribuyen de modo decisivo a la creación, mantenimiento y transformación del paisaje, dado su fundamental papel en la reproducción vegetal. Asimismo, la agricultura y la ganadería son actividades humanas deudoras de los insectos polinizadores, ya que, si bien los cereales son plantas típicamente anemógamas, el resto de las principales plantas agrícolas son en general polinizadas por insectos, incluyendo muchas forrajeras: alfalfa, trébol, etc. Si tenemos en cuenta todo esto, probablemente nuestro próximo paseo por el campo nos invitará más si cabe a la reflexión sobre el papel de los insectos.

Bibliografía

- BARTH, F. G. 1991. *Insects and Flowers. The Biology of a Partnership*. Princeton. University Press. Princeton, New Jersey.
- BATRA, S. W. 1984. Abejas solitarias. *Investigación y Ciencia*, 91: 78-86.
- DAVIES, R. G. 1991. *Introducción a la Entomología*. Mundi-Prensa. Madrid.
- FRISON, T. H. 1926. Experiments in attracting queen bumblebees to artificial domiciles. *J. Econ. Entomol.*, 19: 149-155.
- GAULD, I. D., COLLINS, N. M. & FITTON, M. G. 1990. *L'importance biologique et la conservation des hyménoptères en Europe*. Sauvageard de la Nature 44. Conseil de l'Europe. Strasbourg.
- MATTSON, W. J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11: 119-161.
- ORNOSA, C. 1996. Una nota de atención sobre la introducción de subespecies foráneas de abejorros polinizadores en la Península Ibérica (Hymenoptera: Apidae, Bombinae). *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 20(1-2): 259-260.
- ORTIZ-SANCHEZ, F. J. 1992. *Introducción de Bombus terrestris terrestris* (Linnaeus, 1758) en el sur de España para la polinización de cultivos de invernaderos (Hymenoptera, Apidae). *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 16: 247-248.
- ORTIZ-SANCHEZ, F. J. 1994. Cría de abejorros. XII Feria Apícola de Castilla-La Mancha, Pastrana (Guadalajara), 1994: 13-21.
- ORTIZ-SANCHEZ, F. J. 1997. La cría industrial de abejorros. XV Feria Apícola de Castilla La Mancha. Pastrana (Guadalajara), 1996 (en prensa).
- SEELY, T. D. 1985. *Honeybee Ecology. A Study of Adaptation in Social Life*. Princeton University Press. New Jersey.
- VIEJO, J. L. 1991. Abejas, avispas y hormigas. Notas acerca del interés biológico y la conservación de los himenópteros, *Quercus*, 63: 18-25.
- WINSTON, M. 1987. *The Biology of the Honey Bee*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.