



El rendimiento del cultivo de kiwi depende de una buena polinización por insectos

MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. mminarro@serida.org

ROCÍO ROSA GARCÍA. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. rociros@serida.org

DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo. Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (CSIC-Universidad de Oviedo-Principado de Asturias). danielgarcia@uniovi.es

La rentabilidad del cultivo de kiwi depende tanto de la cantidad (número) como de la calidad (tamaño) de los frutos producidos, para lo cual estos frutos deben cuajar tras la indispensable polinización de las flores. La polinización del kiwi tiene requerimientos particulares relacionados con su propia biología reproductiva. En primer lugar, el kiwi es una especie dioica, con flores masculinas y femeninas en distintos árboles (Figura 1), lo que obliga al polen a viajar una distancia mayor que en especies con flores masculinas y femeninas en la misma planta. En segundo lugar, el tamaño de un kiwi depende en gran medida del número de semillas que contiene, que a su vez depende del número de granos de polen que llegan y fecundan los óvulos. Por tanto, las flores

de kiwi necesitan recibir notables cantidades de polen para producir frutos de buen tamaño. Los insectos polinizadores son el principal vehículo de transporte de este polen entre las flores masculinas y las femeninas y los responsables de los buenos tamaños de fruto (Miñarro y García, 2016). Conscientes de ello, gran parte de los kiwicultores introducen en sus cultivos colonias de polinizadores. Sin embargo, estos polinizadores prefieren a menudo visitar las flores de otras plantas que las del kiwi porque estas últimas no producen néctar, una fuente de azúcar vital para estos insectos. Por todo ello, el cultivo del kiwi presenta en ocasiones limitaciones de polen, lo que significa que sus flores no reciben todo el polen que necesitan para obtener las mejores producciones.



←
Figura 1.-Flor femenina (A) y flor masculina (B). La flor femenina tiene un ovario bien desarrollado en el centro con estigmas largos que recogen el polen para la fecundación y un anillo de estambres que producen polen estéril, no funcional. La flor masculina tiene numerosos estambres que producen polen fértil, funcional.

Ante este escenario, realizamos un estudio de polinización para responder a estas preguntas:

1) ¿Qué insectos están polinizando los kiwis en Asturias y cuáles son más eficaces?

2) ¿Sufre el kiwi limitaciones de polinización que afecten al rendimiento del cultivo?

3) ¿Depende el rendimiento del cultivo de las comunidades de polinizadores?

4) A su vez, ¿afectan el manejo de colmenas y el paisaje circundante a dichas comunidades?

Las plantaciones de estudio

En 2015 y 2016 cuantificamos la abundancia y el número de especies de polinizadores en 15 y 14 plantaciones de kiwi asturianas, respectivamente. Todos los árboles hembra fueron de la variedad “Hayward”, mientras que los árboles macho fueron de diferentes variedades, incluso en una misma plantación. La proporción macho:hembra en cada plantación osciló entre 1:10 y 1:3. El 73% (2015) y el 66% (2016) de las plantaciones tuvieron colmenas de abeja doméstica o melífera (*Apis mellifera*) y/o de abejorros comerciales (*Bombus terrestris*) para fomentar la polinización. El número de colmenas en estas plantaciones fue muy variable, con diferencias de hasta 10

veces entre la de mayor y la de menor densidad.

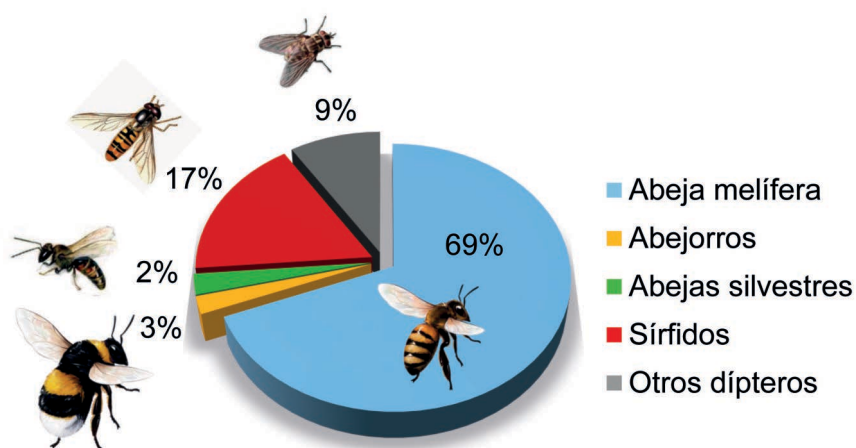
El paisaje circundante en el radio de 1 km alrededor de las plantaciones estuvo dominado por prados, con un 46% de la superficie, seguido de hábitats leñosos seminaturales (bosques, sebes y brezales; 26%), plantaciones de eucalipto (10%), suelo urbanizado (8%), plantaciones frutales (7%) y otros hábitats como ríos o roquedales (3%). No obstante, hubo mucha variación entre sitios. Por ejemplo, la cobertura de prados alrededor de las plantaciones osciló entre el 20% y el 69%.

La abeja melífera es el polinizador más abundante

Cada plantación fue visitada una vez al año durante la floración, y durante esa visita se muestreó la actividad de los polinizadores a tres horas diferentes (12, 14 y 16 horas) para cubrir un amplio rango de actividad de los polinizadores. En cada muestreo registramos el número de visitas de insectos a las flores del kiwi durante 5 minutos en un área de 1 m de diámetro de la copa de 5 árboles distintos. Las observaciones en cada plantación supusieron 75 minutos de observación cada año (3 censos * 5 árboles * 5 min).

Después de 2273 observaciones de insectos visitando flores podemos concluir, en primer lugar, que las flores del kiwi son visitadas por una **comunidad de**

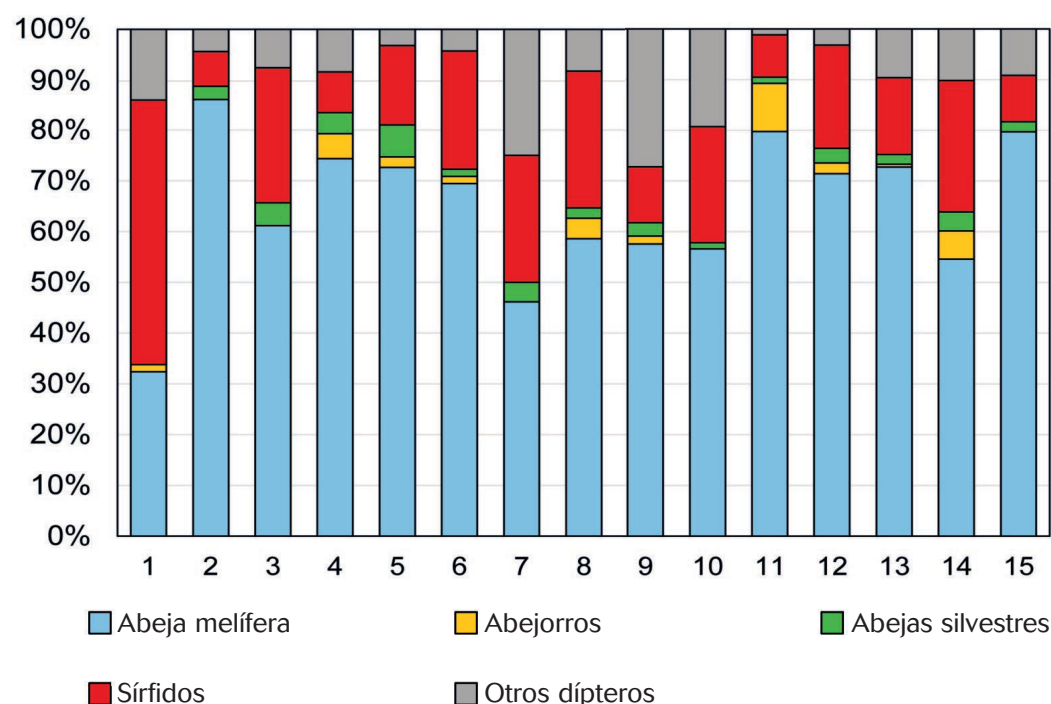




↑
Figura 2.—Composición de la comunidad de insectos polinizadores del kiwi en Asturias. Datos de 2 años en 15 plantaciones.

polinizadores diversa, compuesta por al menos 51 especies de insectos. Entre ellas, registramos 21 especies de sírfidos, 18 especies de abejas (la melífera más 17 especies silvestres) o 4 especies de abejorros. En segundo lugar, concluimos que **la abeja melífera**, con el 69% de las visitas, es el **polinizador más abundante en el cultivo del kiwi en Asturias** (Figura 2). Esta abeja fue el polinizador dominante en todas las plantaciones menos en una (Figura 3). Los dípteros, sobre todo sírfidos, fueron el segundo polinizador más abundante, con el 26% de las visitas. Las abejas silvestres (3%) y los abejorros (2%) completaron la comunidad de polinizadores.

→
Figura 3.—Composición de la comunidad de insectos polinizadores del kiwi en cada una de las 15 plantaciones.



Pero los abejorros son mejores polinizadores que la abeja de la miel

Para evaluar qué insecto es mejor polinizador del kiwi comparamos la eficacia polinizadora de la abeja melífera frente al abejorro *B. terrestris*, evaluando el efecto de una única visita a las flores sobre el cuajado (porcentaje de flores que dan lugar a fruto) y el peso de los frutos (Miñarro y Twizell, 2014). Para ello, envolvimos flores femeninas aún cerradas con una redcilla que impedía el paso a los insectos. Una vez que una flor se abría exponiendo sus órganos reproductores retiramos la redcilla y esperamos a que recibiera una primera visita, bien de una abeja o bien de un abejorro. Tras esa visita volvimos a cubrir la flor y, una vez caídos los pétalos, cuando la flor ya no era receptiva, retiramos la redcilla. Durante la cosecha se comprobó si la flor había cuajado dando lugar a un fruto, en cuyo caso, se recogía y se pesaba. De este modo determinamos la eficacia de cada polinizador tras una única visita. Estos resultados fueron comparados con los de flores que estuvieron siempre cubiertas, de modo que no recibieron visitas de ningún insecto.

De manera complementaria, estudiamos el comportamiento de alimentación

de abejas melíferas, abejorros y sírfidos registrando la tasa de visita (el número de flores visitadas por minuto) y la legitimidad de las visitas (si en la visita a una flor femenina el insecto contacta con los estigmas la visita es considerada legítima pues el insecto puede transferir polen a la flor).

Los abejorros son polinizadores más eficaces que la abeja melífera en la medida en que el 100% de las flores que recibieron su visita dieron frutos (frente al 91% en el caso de las abejas; Figura 4A) y en que esos frutos resultaron un 34% más pesados (79,7 g frente a 59,4 g) (Figura 4B). En ambos casos los pesos fueron inferiores a los de un kiwi comercial estándar, lo que puede deberse en parte a que una única visita no es suficiente para una polinización del todo satisfactoria y en parte a que la plantación del estudio no fue regada, lo que limitó el engorde de los frutos. Es necesario señalar que el cuajado (44%) y el peso del fruto (35,8 g) en las flores que no recibieron visitas de insectos fueron aún menores, lo que confirma la **importancia de los insectos para la polinización** de este cultivo (Figura 4A y B).

Las abejas fueron polinizadores más rápidos que los abejorros, visitando 4,5 flores por minuto (frente a 3,1; Figura 3C). Sin embargo, los abejorros mostraron un comportamiento polinizador más eficiente porque contactaron con los órganos reproductores femeninos con más frecuencia (86,3% de los casos) que las abejas melíferas (67,5 %) y que los sírfidos (34,2%) (Figura 3D). Esto concuerda con los mejores resultados en términos de cuajado y peso del fruto en las visitas de abejorros, pues el aumento de la frecuencia de los contactos con los estigmas de la flor contribuye a una mejor polinización.

Hay margen para mejorar la polinización

Para valorar los efectos de la polinización en el rendimiento del cultivo, comparamos el cuajado y el peso de los frutos obtenidos de flores “normales”, accesibles a los polinizadores, con los de flores que además de las visitas de los insectos recibieron un suplemento de polen que aportamos manualmente. Para ello, cada flor femenina fue rozada con

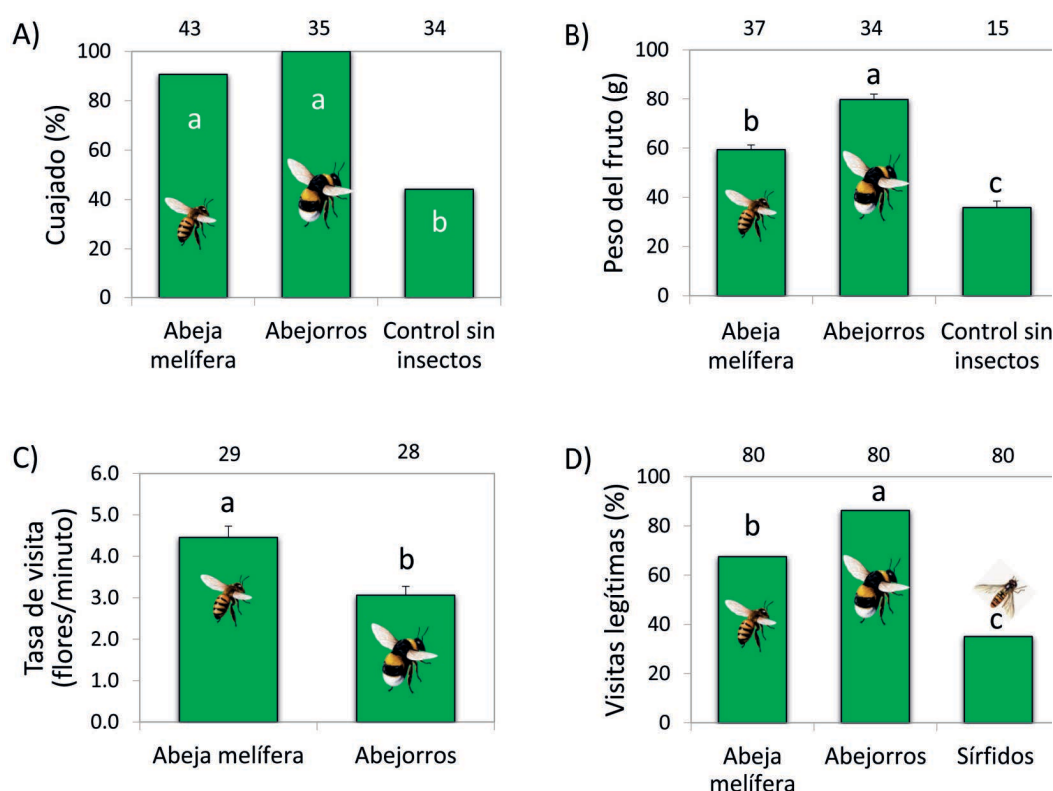


Figura 4.-Eficacia polinizadora y comportamiento alimenticio de diferentes polinizadores. (A) Cuajado de frutos (porcentaje de flores que dan lugar a frutos) y (B) peso medio de los mismos tras una única visita de un polinizador a las flores del kiwi y comparación con flores que no recibieron visitas de insectos. (C) Tasa promedio de visita (número medio de flores visitadas por minuto) y (D) visitas legítimas (contacto con órganos reproductores de la flor). Los números en la parte superior de cada columna indican el tamaño de muestra. Para cada gráfica, diferentes letras indican diferencia estadística entre especies y/o el control. Las barras sobre las columnas en B) y C) indican el error estándar.



Figura 5.-Producción de kiwis en flores que recibieron (izquierda) y que no recibieron (derecha) un suplemento manual de polen. Se puede apreciar un mayor cuajado (20 frutos en 20 flores) y un tamaño mayor y más homogéneo con el suplemento de polen. Esto es señal de que en esta plantación había una limitación de polinización.

tres flores masculinas cortadas de árboles de la propia plantación. Si no encontramos diferencias en el cuajado o el peso de los frutos entre flores “normales” y “suplementadas” podríamos concluir que las flores, en condiciones normales, están recibiendo el aporte de polen correcto y necesario para maximizar la producción. Sin embargo, si al suplementar con polen encontramos incrementos en el cuajado o el peso de los frutos, concluiríamos que las plantas, en condiciones normales, sufren una limitación de polinización; dicho de otro modo, si recibiesen más polen darían más y/o mayores frutos.

El nivel de cuajado del kiwi fue muy alto y no hubo diferencias entre tratamientos: el 95,8% y el 95,4% de las flores con y sin suplemento de polen, respectivamente, dieron lugar a frutos. Sin embargo, sí encontramos evidencias de limitaciones de polinización en el peso de los frutos, que, considerando los dos años y el global de plantaciones, resultaron un 7,2% más pesados cuando se añadió polen manualmente (100,9 g y 94,1 g de

media con y sin suplemento de polen, respectivamente; Figuras 5 y 6). La limitación del polen no fue uniforme en todas las plantaciones, en algunas de las cuales el peso de los frutos fue similar entre tratamientos. Por el contrario, en otras plantaciones los frutos resultaron hasta un 40% más pesados con el suplemento de polen (Figura 5).

Estos resultados muestran que, en términos globales, **el cultivo de kiwi en Asturias sufre limitaciones de polinización y que en algunas plantaciones la polinización es mejorable**. Una gestión adecuada de la polinización podría aumentar el peso de los frutos (y el rendimiento y el valor económico asociados) hasta un 40%. El peso del fruto de un kiwi depende en gran medida del número de semillas, que a su vez depende del número de granos de polen que fecundaron los óvulos. Una flor contiene hasta 1500 óvulos y un kiwi de 100 g tiene alrededor de 1200 semillas, lo que significa que la flor recibió al menos 1200 granos de polen compatible. Por lo tanto, la diferencia de peso del fruto refleja que las flores femeninas reciben



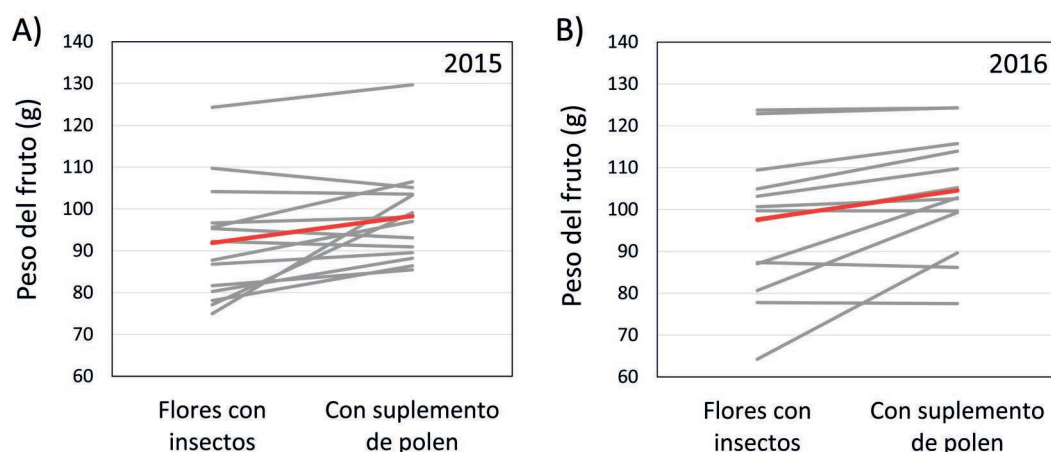


Figura 6.-Comparación del peso de los frutos obtenidos de flores con acceso a insectos polinizadores con los de flores que además de las visitas de los insectos recibieron un suplemento de polen, en los dos años de estudio. Cada línea gris representa una plantación y la línea roja la media del total de plantaciones.

una cantidad insuficiente de polen masculino compatible. Esto podría ser el resultado de la escasez de polinizadores para transferir el polen de las flores masculinas a las femeninas, de una baja disponibilidad de polen en las plantaciones debido a la baja proporción de árboles masculinos o, incluso, de la falta de compatibilidad o sincronización de floración entre las flores masculinas y femeninas.

A más abejas, menos limitación de polinización

La cosecha de kiwis se vio afectada por la abundancia local de polinizadores. Por un lado, **la limitación de la polinización en el peso de los frutos disminuyó cuando aumentó la abundancia de abejas melíferas** (Figura 7A). Es decir, las plantaciones con más visitas de abejas obtuvieron frutos con un peso similar a los obtenidos con el suplemento de po-

len. Esto sugiere que la gran abundancia de este polinizador puede compensar su baja eficacia en términos de visitas legítimas y eficacia polinizadora (Figura 4).

Por otro lado, la abundancia de polinizadores silvestres se relacionó negativamente tanto con el cuajado de frutos como con su peso (Figura 7B). Dado el elevado número de granos de polen necesarios para obtener un fruto comercial, es probable que el rendimiento de este cultivo esté más relacionado con la contribución particular del polinizador más abundante (la abeja melífera) que con la contribución global de los polinizadores silvestres, al contrario de lo que ocurre por ejemplo en el manzano (Miñarro et al., 2018a) o en el arándano (Miñarro y García, 2022). Hay que tener en cuenta que el 57% de las especies de polinizadores en el presente estudio fueron dípteros, que representaron el 26% de las visitas (Figura 2). Estas especies aumen-

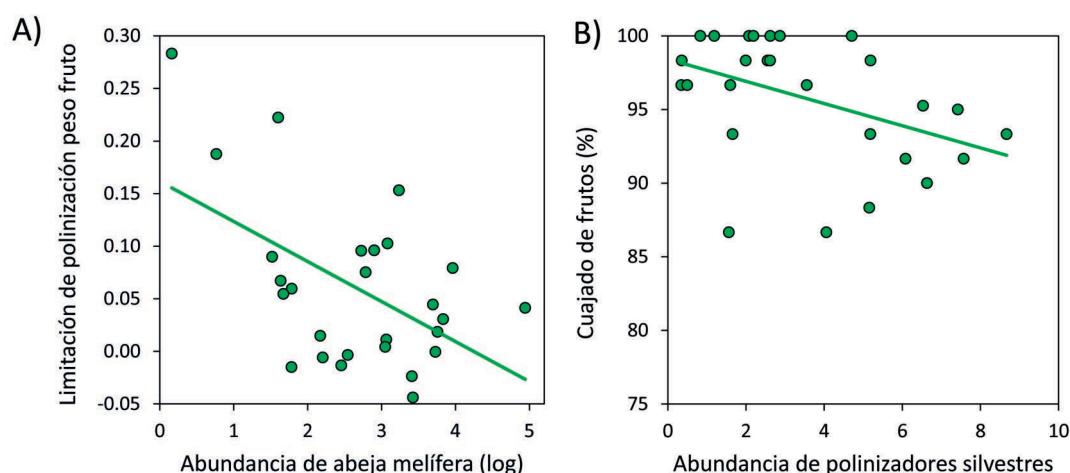


Figura 7.-Ejemplo de los efectos de la abundancia de polinizadores sobre la producción del kiwi de acuerdo a los modelos estadísticos. (A) Incrementos de la abundancia de abeja melífera suponen una reducción de la limitación de polinización observada en el peso del fruto. (B) Incrementos en la abundancia de polinizadores silvestres suponen una disminución del porcentaje de cuajado de frutos.



Figura 8.-Efectos de la densidad de colmenas en el cultivo y de la estructura del paisaje sobre la abundancia de polinizadores de acuerdo a los modelos estadísticos.

(A) Abundancia de abeja melífera y polinizadores silvestres en función de la densidad de colmenas en el cultivo. Se puede observar que la abundancia no aumenta con la densidad de colmenas, lo que indica que la abundancia de polinizadores es independiente del uso de colmenas en el cultivo. (B) Disminución de la abundancia de abeja melífera con el incremento de la cobertura de prados alrededor del cultivo. (C) Incremento de la abundancia de polinizadores silvestres con el incremento de la cobertura de hábitat leñoso seminatural (bosques, sebes, matorral).

taron notablemente la abundancia de polinizadores silvestres en ciertas plantaciones (Figura 3), pero probablemente contribuyeron poco a la polinización del kiwi debido a su comportamiento polinizador muy pasivo y a las bajas tasas de visitas legítimas (Figura 4D).

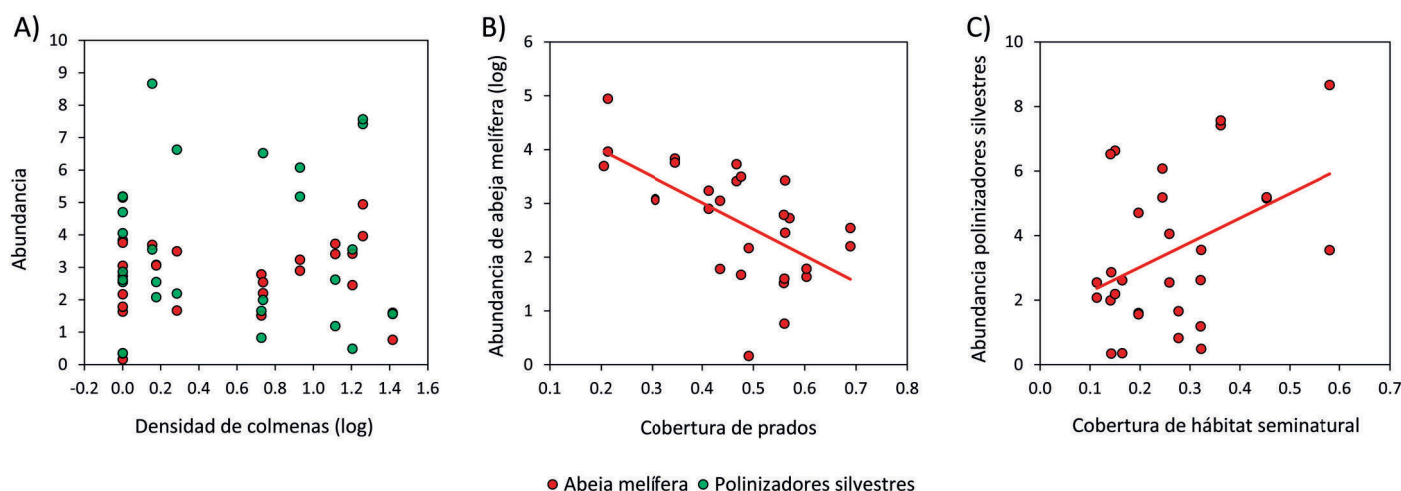
En nuestros análisis también incluimos la proporción de árboles macho y árboles hembra en las plantaciones como factor susceptible de influir en el cuajado y el peso de los frutos, pero no encontramos ningún efecto, lo que indica que las proporciones de sexos empleadas en las plantaciones de Asturias son en general apropiadas.

La composición del paisaje, más que la introducción de colmenas, afecta a las visitas de polinizadores al cultivo

El manejo de colmenas de abejas melíferas y/o abejorros no tuvo ningún efecto significativo sobre las visitas de polinizadores a las flores del kiwi, es decir, que las **plantaciones con más colmenas no recibieron necesariamente más visitas de los insectos ‘domésticos’** que otras con menos e incluso sin éstas. (Figura 8A). Esto sugiere que, en gran medida, los individuos del principal responsable de la polinización del kiwi, la abeja melífera, aparecen en las plantaciones de forma espontánea atraídos desde las zonas circundantes por la floración masiva del kiwi, enmascarando así el efecto espera-

do de las colonias introducidas intencionadamente. Esta circunstancia no es exclusiva de este cultivo, pues ya hemos detectado ese mismo patrón en los cultivos de arándano y manzano (Miñarro et al., 2018a; Miñarro y García, 2022). Por ejemplo, en un estudio de polinización en 26 plantaciones de manzano, encontramos que la abeja melífera fue el polinizador predominante tanto global (61% de abundancia) como localmente (en 21 de las 26 plantaciones) a pesar de que sólo 3 de las 26 tenían colmenas de abejas (Miñarro et al., 2018a). Estas abejas melíferas podrían proceder de los pequeños y profusos colmenares domésticos del paisaje circundante, de las colocadas en otras plantaciones frutales próximas, e incluso de poblaciones asilvestradas.

Al contrario que el uso de colmenas, **la estructura del paisaje que rodea las plantaciones de kiwi sí contribuyó a explicar la variabilidad local de las comunidades de polinizadores**. Hay que tener en cuenta que las abejas melíferas y los abejorros son insectos capaces de desplazarse varios kilómetros en busca de una fuente de alimento. Por tanto, un paisaje con abundantes recursos florales o de nidificación puede albergar poblaciones de polinizadores con mayor número de individuos que luego se desplazan al cultivo atraídos por su floración. Pero también puede ocurrir que las plantas circundantes coincidan con el cultivo en el momento de floración y que, si son más atractivas que el propio cultivo, resten po-





linizadores al mismo. Esto parece haber ocurrido en nuestro estudio, donde la abundancia de abejas melíferas visitando el kiwi fue menor en plantaciones con mayor cobertura de prados a su alrededor (Figura 8B). Como las flores de kiwi carecen de néctar, las abejas melíferas tienen que buscar fuentes alternativas de alimento azucarado, probablemente en las flores de los prados que rodean los cultivos. Por el contrario, las visitas de los polinizadores silvestres se vieron favorecidas por una mayor cobertura de hábitat seminatural (bosques, sebes, matorral; Figura 8C), quizás porque estos hábitats son ricos en recursos de anidación, alimentación y refugio (Miñarro et al., 2018b).

Recomendaciones de manejo para fomentar las visitas de polinizadores al kiwi

La abeja melífera es el principal polinizador del kiwi en Asturias, por lo que los kiwicultores deberían fomentar sus poblaciones, máxime cuando la producción depende de la abundancia de las poblaciones locales de estos insectos. Al mismo tiempo, los productores de kiwis deberían reducir la competencia por los polinizadores con otras plantas de floración simultánea, por ejemplo mediante desbrozado. No obstante, hay que tener en cuenta que esta competencia sucede a escala de paisaje, donde el productor tiene normalmente limitado su radio de acción. En cualquier caso, se deberían **explorar nuevos enfoques en la gestión de las colmenas**, como rociar los árboles de kiwi con fragancias atrayentes o jarabe de azúcar para aumentar la permanencia de las abejas melíferas en el cultivo (De Piano et al., 2022; Meroi Arcerito et al., 2021). Además, distribuir las colmenas uniformemente por la plantación conlleva mejores niveles de fructificación que colocarlas todas juntas en un solo lugar (Li et al., 2022).

Agradecimientos

Al proyecto INIA E-RTA2013-00072-C03 (MinECo y FEDER) por la financiación. A los productores por dejarnos investigar en sus plantaciones. A Alejandro Núñez, David Luna y Rodrigo Martínez por su colaboración en la toma de datos. Y a Alejandro Núñez también por su contribución a la identificación de los polinizadores.

Bibliografía

- DE PIANO, F.G.; MEROI-ARCERITO, F. R.; DE FEUDIS, L.; BASILIO, A. M.; GALETTO, L.; EGUARAS, M. J., & MAGGI, M. D. (2021). Food supply in honeybee colonies improved kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Liang & Ferguson) (Actinidiaceae: Theales) pollination services. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 80: 31-36.
- LI, J.; BROUSSARD, M.; TOMER, N.; JOCHYM, M.; FONSEKA, D.; PEACE, A.; ... & PATTEMORE, D. (2022). Honey bee (*Apis mellifera*) hive placement is more influential than orchard layout on the fruit set of a dioecious crop. *Ecological Modelling* 472: 110074.
- MEROI ARCERITO, F. R.; DE FEUDIS, L. L.; AMARILLA, L. D.; GALETTO, L.; MITTON, G.; FERNÁNDEZ, N., ... & MAGGI, M. (2021). Fragrance addition improves visitation by honeybees and fruit quality in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101: 5082-5088.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D. (2016). Manzana, kiwi y arándano: sin insectos no hay frutos ni beneficios. *Tecnología Agroalimentaria* 18: 4-8.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D. (2022). Los abejorros son imprescindibles para la polinización del arándano. *Tecnología Agroalimentaria* 26: 2-9.
- MIÑARRO, M.; TWIZELL, K.W. (2015). Pollination services provided by wild insects to kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Apidologie* 46: 276-285.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018a). Biodiversidad de polinizadores en el manzano de sidra. *Tecnología Agroalimentaria* 21: 17-24.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018b). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas* 72: 81-90. ■

