



Manzana, kiwi y arándano: sin insectos no hay frutos ni beneficios

MARCOS MIÑARRO PRADO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. mminarro@serida.org
DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. danielgarcia@uniovi.es

↓
Figura 1.-Insectos polinizando flores de manzano (abeja silvestre *Halictus cf tumulorum*), kiwi (abeja de la miel *Apis mellifera*) y arándano (abejorro *Bombus terrestris*).

La cosecha de muchos cultivos depende en gran medida de la transferencia de granos de polen entre sus flores, o sea, de la polinización. El polen puede depositarse en las flores tras ser transportado por el viento (polinización anemófila) o por animales, mayormente insectos (polinización entomófila). Al visitar las flores para recolectar polen y/o néctar, los insectos polinizadores se impregnan accidental-

mente de granos de polen que son transferidos a una nueva flor en su próxima visita. En concreto, la producción de la mayoría de vegetales que consumimos depende en mayor o menor medida de los insectos polinizadores (Klein et al., 2007). Se dice, por tanto, que los insectos dan un servicio de polinización. El manzano, el kiwi y el arándano son cultivos dependientes de dicho servicio (Figura 1).



Esos tres frutales tienen una importancia notable en Asturias. La manzana, con unas 10.000 ha dedicadas a su cultivo es una fruta de larga tradición en esta región, y su producción está íntimamente ligada a la de la sidra, un producto emblemático. El kiwi y el arándano son cultivos más recientes, pero ambos están en franco crecimiento y tienen muy buenas perspectivas de futuro (De Pablo et al., 2016; Rodríguez, 2016).

La importancia económica de manzana, kiwi y arándano en Asturias y su dependencia de los insectos polinizadores justifican la necesidad de mejorar el conocimiento sobre la polinización entomófila. Esto se hace imprescindible para desarrollar y proponer estrategias de gestión de polinización que sirvan para aumentar el rendimiento de estos frutales y, así, las rentas de los agricultores. Aunque existen estudios de polinización por insectos en estos cultivos en otras regiones, es difícil extrapolar sus resultados a Asturias, ya que el paisaje, la meteorología y la comunidad de insectos polinizadores son muy diferentes. Es necesario, por tanto, llevar a cabo estudios que ofrezcan resultados realistas, asociados a las condiciones locales de nuestros cultivos.

El primer paso para valorar el papel de los insectos polinizadores en los cultivos de manzanas, kiwis y arándanos es cuantificar su contribución a la producción. Ese fue el objetivo de los experimentos que se resumen a continuación.

¿Cómo medimos el papel de los insectos en la polinización?

Para cuantificar la contribución de los insectos se comparó el potencial para

cuajar frutos y semillas de flores a las que accedían los insectos libremente (tratamiento control) con el de otras a las que se impedía su acceso (tratamiento exclusión) mediante bolsas de redcilla que sí permiten el paso al aire y al agua (Figura 2). Las flores del tratamiento control pueden ser fecundadas por los insectos, por polen de esa misma flor (autopolinización) o por polen transportado por el viento. En el tratamiento de exclusión, únicamente por estas dos últimas vías. Por tanto, la diferencia entre ambos tratamientos reflejará la contribución de los insectos a la polinización.

La metodología empleada fue muy similar en los tres frutales, con los matices que imponen las particularidades de cada cultivo (ver resumen en Tabla 1).

Para cada cultivo se obtuvieron dos medidas de éxito en la polinización (Tabla 1): una cuantitativa (la tasa de cuajado) y otra cualitativa (el peso medio del fruto, en kiwi y arándano, o el número de semillas por fruto, en manzano). Para comparar entre tratamientos usando un valor único, se calculó un índice de efectividad (IE) como el producto de esas dos medidas de éxito. En los casos del kiwi y el arándano, resulta evidente que cuanto mayores sean el cuajado y el peso del fruto mayor será la producción total. El número de semillas, en manzano y en general, está asociado a un mayor tamaño de fruto, lo que justifica su empleo para estimar un valor de producción (Buccheri y Di Vaio, 2004). La contribución de los polinizadores (%) se estimó como: $(IE_{\text{control}} - IE_{\text{exclusión}}) / IE_{\text{control}} * 100$.

Además, a partir de datos de producción y rendimiento de estos cultivos se estimó la contribución económica de los



↓
Figura 2.-Flores de manzano, kiwi y arándano excluidas mediante bolsas de redcilla.

Característica	Manzano	Manzano	Kiwi	Arándano
Año	2014	2014	2013	2016
Plantaciones	8	1	1	1
Concejos	Colunga, Nava, Sariego, Villaviciosa	Villaviciosa	Villaviciosa	Villaviciosa
Variiedad	Regona	Solarina	Hayward	Ochlockonee
Árboles/plantación	5	20	–	5
Flores / árbol	1 inflorescencia (exclusión) / 1 inflorescencia (control)	1 inflorescencia (exclusión) / 1 inflorescencia (control)	34 flores (exclusión) / 42 flores (control)	1 racimo de flores (exclusión) / 1 racimo (control)
Medidas de éxito de polinización	Tasa de cuajado / número de semillas	Tasa de cuajado / número de semillas	Tasa de cuajado / peso de frutos	Tasa de cuajado / peso de frutos

↑
Tabla 1.-Características de los experimentos.

insectos polinizadores, en función del cambio de cosecha esperable si desaparecieran los insectos.

¿Cuánto contribuyen los insectos polinizadores?

Los resultados fueron muy claros en los tres frutales: **sin la participación de los insectos las cosechas serían prácticamente inexistentes** (arándano-manzano) **o muy reducidas** (kiwi). La contribución de los insectos polinizadores a la cosecha de manzanas, kiwis y arándanos fue estimada, respectivamente, en un 97,4-100 % (según la variedad), 78,5 % y 98,9 % (Tabla 2). Esto es la consecuencia de que el cuajado en las flores embolsadas fue muy bajo, especialmente para el manzano (12 veces menor que en el control) y el arándano (20 veces menor). Las diferencias fueron menores en el kiwi (la mitad). Esto podría deberse a que el polen del kiwi es más ligero y más fácilmen-

te transportable por el viento. Tampoco podemos descartar posibles fallos a la hora de aislar las flores mediante las bolsas, ya que el gran tamaño de dichas flores (Figura 2) podría haber facilitado el contacto de los insectos con los órganos reproductores (estigma floral) aún a través de la bolsa. Dicho contacto es vital para una correcta transferencia de polen. Cada grano de polen que germina y fecunda un óvulo da lugar a una semilla, y como ya se comentó, a mayor número de semillas, mayor tamaño de fruto. Esto es muy evidente en, por ejemplo, el caso del kiwi, donde un fruto puede tener más de 1.000 semillas, para lo que se necesita la transferencia y germinación de otros tantos granos de polen. Por tanto, el menor peso de los frutos (o menor número de semillas, en el caso de la manzana) en las flores aisladas (Tabla 2) se explicaría por el hecho de que las flores no han recibido suficientes granos de polen. Y esto supone una evidente merma productiva para

↓
Tabla 2.-Resultados de los experimentos.

* Las dos manzanas que cuajaron no tenían semillas (asumimos que no llegarían a término).

Variables	Manzano-Regona		Manzano-Solarina		Kiwi		Arándano	
	Control	Exclusión	Control	Exclusión*	Control	Exclusión	Control	Exclusión
Tasa de cuajado (%)	29,6	2,5	24,8	2	92,9	44,1	78,9	4,3
N.º de semillas por fruto	7,4	2,3	5,9	0	–	–	–	–
Peso medio del fruto (g)	–	–	–	–	78,6	35,8	1,19	0,24
Índice de efectividad	219,0	5,8	146,3	0,0	7.301,9	1.578,8	93,9	1,0
Contribución de los polinizadores (%)	97,4		100,0		78,4		98,9	

el cultivo, pues a menor tasa de cuajado y menor tamaño de fruto, menor cosecha.

La relevancia de los insectos polinizadores en los cultivos estudiados se puede valorar económicamente, estimando el incremento en la cosecha basado en las contribuciones a la polinización (o a la inversa, calculando cuánta cosecha se perdería si se eliminaran los insectos polinizadores). En el caso del manzano, la contribución de los insectos polinizadores a la cosecha (kg producidos) sería superior a 6.600 €/ha y la aportación al beneficio (ingresos-gastos) mayor de 2.200 €/ha (Tabla 3). Dichas contribuciones son muy superiores en los otros dos cultivos debido al mayor rendimiento de los mismos. En el caso del kiwi la actividad de los insectos polinizadores supondría casi 20.000 €/ha en la cosecha y 7.000 €/ha en los beneficios. En el arándano, casi la totalidad de la cosecha y los beneficios (Tabla 3).

Resumiendo, de cada euro que produce el cultivo de la manzana, el kiwi y el arándano, 97,4-100 (según variedad), 78,5 y 98,9 céntimos, respectivamente, proceden del servicio de polinización de los insectos.

Estos resultados podrían incluso estar infravalorados en el caso del kiwi, ya que los cálculos económicos se han basado en precios de mercado medios, si bien un incremento en el peso del fruto supone un incremento en el valor de mercado.

Comparar estos resultados económicos con los de otros estudios es arriesgado, porque son muchas las características y condiciones que pueden diferir entre los cultivos de distintos trabajos: tamaño de las plantaciones, nivel de intensificación, manejo del cultivo, variedad, comunidad de polinizadores, precio de mercado... No obstante, otros estudios económicos dejan patente la importante contribución de los insectos polinizadores en estos cultivos.

Por ejemplo, aplicando la misma fórmula (cuajado*numero de semillas) Garratt y colaboradores (2014) demostraron que la contribución de los insectos a la polinización de manzana de mesa 'Cox' y 'Gala' en del Reino Unido fue del 92,0 y el 95,3%, respectivamente. Para distintas variedades de manzana, estos mismos autores (Garratt et al., 2016) estimaron los beneficios económicos de los insectos polinizadores entre 8.500 y 14.800 £/ha, lo que llevaría a una aportación de los polinizadores a la producción de manzana en Reino Unido superior a 92 millones de libras.

Por otra parte, en relación al arándano, Tuell e Isaacs (2010) estimaron la contribución de los insectos polinizadores en un 80% sobre la variedad de arándano 'Bluecrop' en Estados Unidos. Aunque este valor es inferior al nuestro, deja bien claro que los polinizadores son indispensables para este cultivo. En consecuencia, se estimó el valor de los polinizadores en la cosecha de arándano en

↓
Tabla 3.-Estimación de la contribución económica de los polinizadores.

Fuente de los datos de producción y económicos: Para el manzano y el arándano, dos informes disponibles online (<http://www.adicap.com/pages/index/oportunidades-para-el-desarrollo-de-la-agricultura-periurbana-en-asturias-leader-2007-2013>). Para el kiwi, técnicos del sector.

Variables	Manzano-Regona		Manzano-Solarina		Kiwi		Arándano	
	Control	Exclusión	Control	Exclusión	Control	Exclusión	Control	Exclusión
Cosecha esperable (kg/ha)	19.000		19.000		30.000		14.000	
Precio (€/kg)	0,36		0,36		0,85		5,50	
Ingresos cosecha (€/ha)	6.840		6.840		25.500		77.000	
Contribución polinizadores a la cosecha (€/ha)	6.660		6.840		19.987		76.154	
Ingresos-gastos (beneficios antes de impuestos) (€/ha)	2.343		2.343		8.925		18.040	
Contribución polinizadores a los beneficios (€/ha)	2.281		2.343		6.995		17.842	

26.500 y 20.600 dólares/ha, en Michigan (EEUU) y British Columbia (Canadá), respectivamente (Gibbs et al., 2016).

El objetivo de nuestros estudios fue mostrar la dependencia de estos cultivos de los insectos polinizadores y no tanto cuantificar la aportación económica de los mismos a escala regional. Por tanto, las valoraciones económicas deberían tomarse con reservas porque los estudios se hicieron en todos los casos (excepto en manzano) en una sola localización y en una sola variedad, y las diferencias entre sitios y variedades podrían ser notables. En cualquier caso, los datos aportados, con las salvedades anteriores, muestran claramente que sin insectos polinizadores apenas se producirían manzanas, kiwis o arándanos.

Finalmente, queremos resaltar que gran parte de los insectos polinizadores en manzana, kiwi y arándano son insectos silvestres como abejorros y multitud de abejas salvajes. Es decir, animales no manejados por el hombre, que viven de forma espontánea en las plantaciones y sus hábitats circundantes, y que hacen un servicio ecosistémico, la polinización agrícola, de una manera totalmente gratuita. Conservarlos e incrementar su abundancia y su diversidad en los cultivos debería ser una prioridad para los agricultores.

El potencial, presente y futuro, de la manzana, el kiwi y el arándano, y la certeza de la indispensable contribución económica de los insectos polinizadores, justifican la necesidad de continuar investigando para mejorar la polinización ento-

mófila de estos tres cultivos. El SERIDA y la Universidad de Oviedo están trabajando conjuntamente para mejorar el servicio de polinización en nuestros cultivos.

Agradecimientos

A los proyectos INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo y FEDER) y PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERsA-FACCE2014-74) por la financiación. A Alejandro Núñez, David Luna, Rodrigo Martínez, Carlos Guardado y Kent Twizell por su colaboración en la toma de datos. A los productores por dejarnos realizar los ensayos en sus plantaciones.

Referencias bibliográficas

- BUCCHERI, M.; DI VAIO, C. (2004). Relationship among seed number, quality and calcium content in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1735-1746.
- DE PABLO, J.; GARCÍA, T.; GIACINTI, M. A.; GIACINTI, N. S. (2016). Competitividad internacional en fresa y frutos rojos de España. *Revista de Fruticultura* 51: 52-80.
- GARRATT, M. P. D.; BREEZE, T. D.; JENNER, N.; POLCE, C.; BIESMEIJER, J. C.; POTTS, S. G. (2014). Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184: 34-40.
- GARRATT, M. P. D.; BREEZE, T. D.; BOREUX, V.; FOUNTAIN, M. T.; MCKERCHAR, M.; WEBBER, S. M.; COSTON, D. J.; JENNER, N.; DEAN, R.; WESTBURY, D. B.; BIESMEIJER, J. C.; POTTS, S. G. (2016). Apple pollination: demand depends on variety and supply depends on pollinator identity. *PLoS one* 11(5): e0153889.
- GIBBS, J.; ELLE, E.; BOBIWASH, K.; HAAPALAINEN, T.; ISAACS, R. (2016). Contrasting pollinators and pollination in native and non-native regions of highbush blueberry production. *PLoS one* 11(7): e0158937.
- KLEIN, A. M.; VAISSIERE, 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 of London B: Biological Sciences* 274: 303-313.
- RODRÍGUEZ, D. (2016). Las 'otras frutas' se apuntan a la rentabilidad. *Revista de Fruticultura* 51: 102-105.
- TUELL, J. K.; ISAACS, R. (2010). Weather during bloom affects pollination and yield of highbush blueberry. *Journal of Economic Entomology* 103: 557-562. ■

↓
Mosca del género
Eristalis sobre flores
de manzano.

