



Tecnología Agroalimentaria

Boletín informativo del SERIDA

Número 21 - 2018

Control plagas manzano ■ Aves insectívoras en pumaradas de sidra ■ Faba asturiana y cambio climático
Fermentación sidras de hielo ■ Levaduras autóctonas ■ La fiebre Q ■ III Festival arándano y frutos rojos





Control de plagas del manzano de sidra por aves silvestres

DANIEL GARCÍA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. danielgarcia@uniovi.es

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

RODRIGO MARTÍNEZ SASTRE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Investigación en Fruticultura. rmsastre@serida.org

ROCÍO PEÑA GARCÍA. Departamento Biología de Organismos y Sistemas. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad. Universidad de Oviedo. rocpengar@gmail.com

Mediante experimentos de campo, demostramos el importante papel de las aves insectívoras como predadores de artrópodos del manzano de sidra de Asturias. La presencia de aves en las pumaradas reduce notoriamente la cantidad y el daño de insectos plaga en el manzano. Eso sucede incluso teniendo en cuenta que algunos de los artrópodos consumidos por las aves son, a su vez, potenciales predadores de las plagas. Aves y artrópodos auxiliares actúan, en cualquier caso, de forma aditiva y complementaria sobre las plagas del manzano. La biodiversidad animal en las pumaradas asturianas proporciona, por tanto, un notorio servicio ecosistémico de control biológico de plagas.



Carbonero común
depredando insectos en
una pumarada.

Foto © Marcos Miñarro

Las aves insectívoras silvestres son tradicionalmente consideradas como beneficiosas para la agricultura, al depredar sobre invertebrados herbívoros (moluscos, insectos, etc.) que resultan dañinos para las plantas de cultivo. Este papel de control biológico de plagas determina

que la función ecológica proporcionada por la biodiversidad de aves se clasifique como un servicio ecosistémico (Whelan et al., 2008). Investigaciones recientes (García et al., 2018) subrayan la alta diversidad de aves insectívoras de las pumaradas de Asturias, pero ¿ejercen estas



aves un control efectivo sobre las poblaciones de artrópodos que viven sobre el manzano de sidra? Para tener una primera idea acerca de esta cuestión, podemos visitar una pumarada con cajas-nido para aves, y observar a los pájaros adultos cuando ceban a sus polluelos (Figura 1). Nos sorprenderá la altísima frecuencia con la que, por ejemplo, herrerillos y carboneros aportan alimento al nido y, sobre todo, nos resultará llamativa la variedad de sus presas (Figura 1A-C), que incluye importantes plagas del manzano, como pulgones o gorgojos de la flor (Miñarro et al., 2011). Sin embargo, también notaremos que las aves consumen artrópodos auxiliares, como arañas o tijeretas (Figura 1D), también enemigos naturales de las mencionadas plagas (Miñarro et al., 2011). ¿Cuál es, entonces, el efecto final de las aves sobre las plagas del manzano? En este artículo, respondemos esta pregunta partiendo de la teoría ecológica sobre redes tróficas y exponiendo resul-

tados de experimentos que permiten cuantificar, de forma precisa, el efecto de las aves sobre los artrópodos (García et al. 2018). Así mismo, distinguimos experimentalmente el papel de aves y artrópodos auxiliares como enemigos naturales de plagas del manzano (Miñarro y García, 2018).

Las aves como controladoras de plagas: una visión basada en las redes tróficas

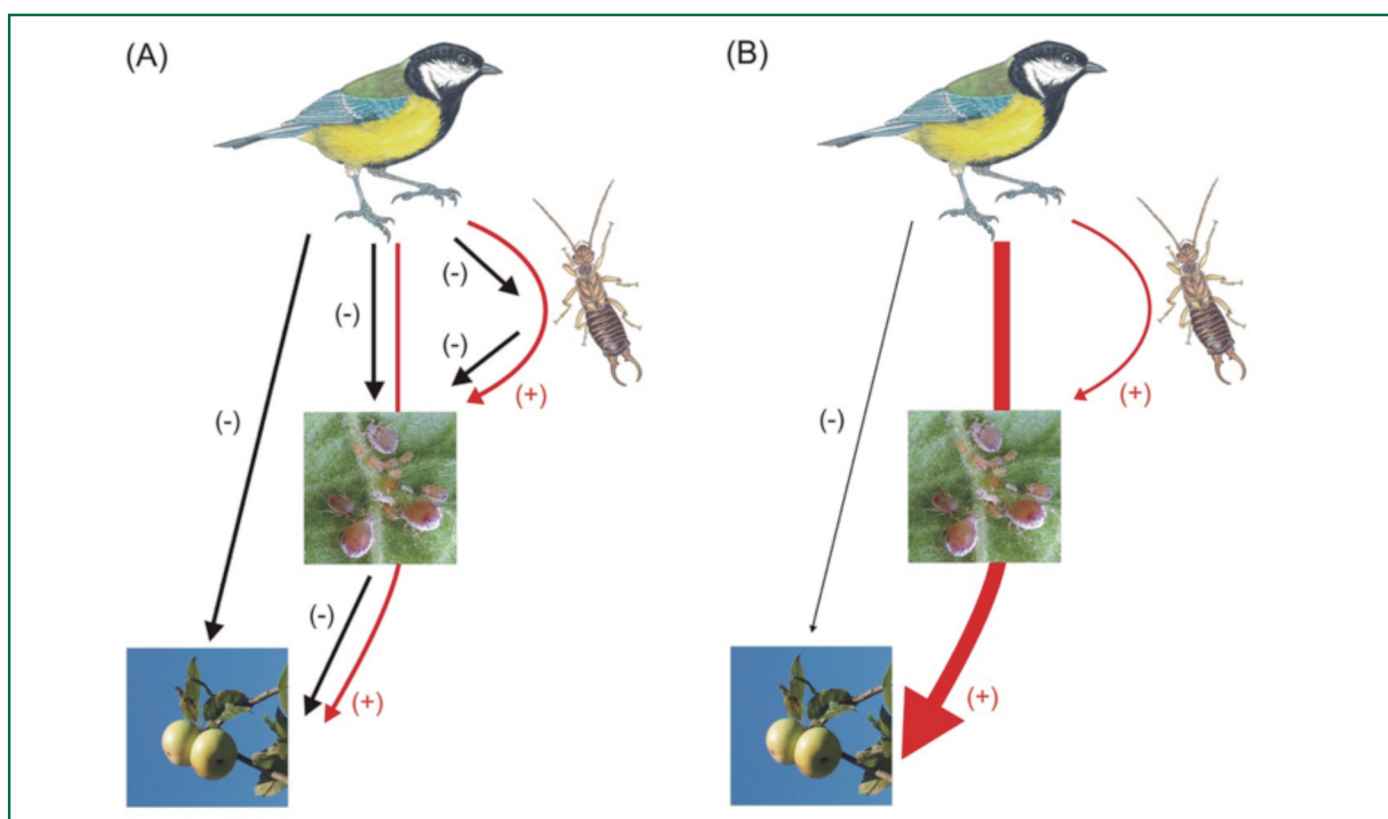
Para entender el efecto de las aves insectívoras sobre el manzano, necesitamos situar a aves y manzano en los niveles extremos de una red trófica donde plagas y artrópodos auxiliares ocupan posiciones intermedias (Maas et al., 2016; Whelan et al., 2016). La red representa cómo los organismos de un nivel, a través de la depredación y el consumo, pueden disminuir la abundancia de los



←
Figura 1.-Ejemplos de depredación de aves sobre artrópodos, tanto perjudiciales como beneficiosos para el manzano de sidra.
A) herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*) con curculiónidos verdes (*Polydrusus formosus*);
B) herrerillo común con larva del gorgojo de la flor del manzano (*Anthonomus pomorum*);
C) herrerillo común con pulgones cenicientos (*Dysaphis plantaginea*);
D) carbonero común (*Parus major*) con araña.

Fotos © Marcos Miñarro.





↑
Figura 2.—Representación de red trófica incluyendo, como distintos niveles, el manzano, sus plagas, los artrópodos predadores de plagas (p.ej., tijereta *Forficula auricularia*) y las aves (p.ej., carbonero común *Parus major*). A) Esquema teórico señalando, en negro, las interacciones directas, de efecto negativo (en cuanto que el aumento de actividad del nivel superior impacta negativamente en el inferior) y, en rojo, las interacciones indirectas, de efecto positivo (por concatenación de efectos negativos a través de un nivel intermedio). B) La misma red que en A) subrayando los efectos globales principales observados en el manzano de sidra, y con grosores de flecha proporcionales a la importancia de cada efecto.
 Fotos © Marcos Miñarro.
 Dibujos © Daniel García.

del nivel inmediatamente inferior (Figura 2A). Llamamos a estas relaciones de consumo “interacciones directas”, y les asignamos un signo negativo para representar que su efecto lleva a una *reducción* de la abundancia. Por ejemplo, tanto las aves como los artrópodos auxiliares son capaces de reducir las poblaciones de insectos herbívoros pueden disminuir la producción de manzana. También podemos pensar en una interacción directa entre aves y manzano, cuando estas picotean el fruto en otoño. Por otra parte, las aves actuarían como predadores apicales, situados en el vértice de la red, capaces de atacar no sólo a las plagas sino también a los artrópodos auxiliares. Como consecuencia de esa complejidad, en la red surgen “interacciones indirectas” entre aquellos niveles relacionados entre sí a través de otro nivel intermedio (flechas rojas, Figura 2A). Una interacción indirecta sería, por ejemplo, la influencia de las aves en el manzano a través de su efecto sobre las plagas. Paradójicamente, estas interacciones indirectas conducen a efectos de signo opuesto a los de las directas. Así, al co-

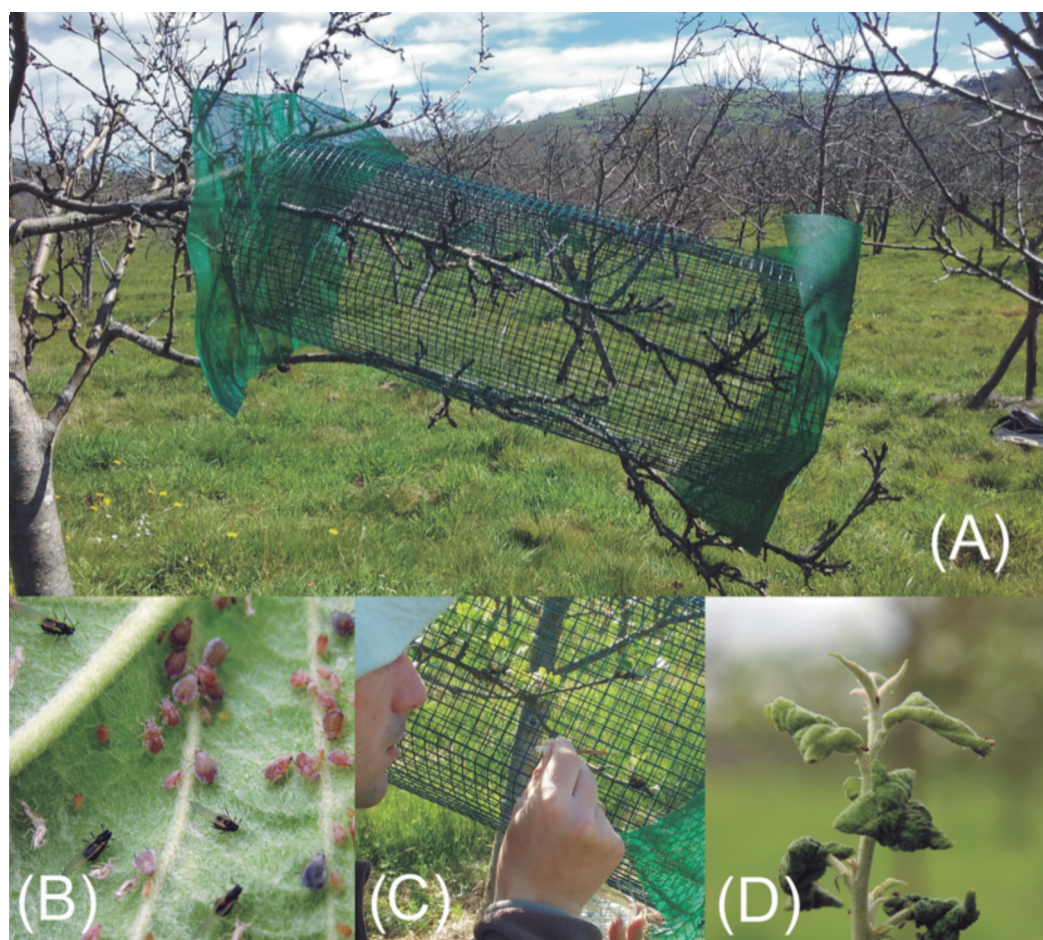
mer plagas, las aves permitirían un *aumento* (i.e. un efecto de signo positivo) en la producción del manzano. Siguiendo la misma lógica, al comer artrópodos auxiliares las aves podrían llegar a beneficiar incluso a las propias plagas, al librarlas de sus predadores intermedios. Por tanto, la influencia global final de las aves insectívoras sobre el manzano dependerá de sus efectos sobre plagas, predadores intermedios y el propio manzano, y también del papel de los artrópodos auxiliares sobre las plagas. Así, podría ocurrir que las aves perjudicaran al manzano si dañaran frecuentemente la manzana y apenas ejercieran control de plagas, por ejemplo, al consumir más artrópodos intermedios que plagas. Como demostraremos a continuación, este no parece ser el caso de las pumaradas asturianas. Al contrario, las aves parecen tener un efecto global positivo sobre el manzano de sidra, ya que su capacidad para controlar plagas importantes y, de rebote, disminuir sus daños, compensaría los picoteos esporádicos de manzana y la relajación del control biológico que también ejercen los artrópodos auxiliares (Figura 2B).



¿Cómo de importante es el efecto de las aves? Evidencias experimentales

Para comprobar experimentalmente si las aves controlan las poblaciones de artrópodos en el manzano de sidra, comparamos los artrópodos encontrados en ramas donde habíamos impedido el acceso de las aves con los muestreados en ramas de los mismos árboles pero sin ningún tipo de manipulación (Cuadro 1). Asumimos que lo único que diferenciaba las ramas "excluidas" de las ramas "control" era la presencia de aves, y que el resto de condiciones eran similares. Las exclusiones se construyeron con jaulas de malla metálica y plástica, que dejaban pasar a los insectos pero no a las aves, y que no alteraban el microclima alrededor de la rama (Cuadro 1A). Este esquema se replicó, en la primavera de 2016, en 40 árboles distribuidos en 4 pumaradas. Además, en este primer experimento, tratamos de verificar el efecto de las aves

sobre alguna plaga concreta cuyos daños en las plantas fueran también fáciles de evaluar. Elegimos el pulgón ceniciento (*Dysaphis plantaginea*), cuyas hembras, inoculadas en los brotes, formaron rápidamente colonias notorias por provocar el enrollamiento del extremo de las hojas en crecimiento (Cuadro 1B-D). Los resultados del experimento, recogidos en García et al. (2018), fueron rotundos: la presencia de aves supuso una reducción del daño por pulgón (medido como proporción de brotes atacados) cercana al 70% (Figura 3). La exclusión de las aves supuso, además, que la abundancia global de artrópodos (medida como biomasa) se multiplicara por siete (Figura 4A). Replicamos el experimento en 2017, sin inocular pulgones e incluyendo 125 árboles distribuidos por 25 pumaradas, y encontramos el mismo patrón de diferencias: las aves redujeron la biomasa de artrópodos en el manzano en un 80% (Figura 4B). Ambos experimentos sirvieron también para diferenciar el efecto de las aves en



↙ Cuadro 1.-Cómo evaluamos el efecto depredador de las aves sobre las plagas y el daño en el manzano

Para medir el efecto depredador de las aves comparamos la abundancia de artrópodos en ramas de manzanos donde, de forma natural, las aves pueden acceder sin restricciones, con la de ramas de los mismos árboles donde impedimos el acceso de las aves, mediante jaulones (A) colocados a mediados de abril (antes de la emergencia de los brotes nuevos). A finales de junio vareamos todas las ramas para hacer caer a los artrópodos en una bandeja y así recolectarlos. En 2016, realizamos un primer experimento sobre 40 árboles, distribuidos en 4 pumaradas. En este experimento, quisimos también evaluar el efecto de control biológico sobre el pulgón ceniciento (*Dysaphis plantaginea*) (B), inoculando, a mediados de mayo, 6 hembras sobre las ramas control y las excluidas (C). Cuantificamos los daños sobre la planta a través de los brotes atacados por los pulgones (D). En 2017, quisimos verificar la extensión de los resultados anteriores, y repetimos el experimento (sin añadir pulgones) sobre 125 árboles distribuidos en 25 pumaradas de la región central de Asturias.

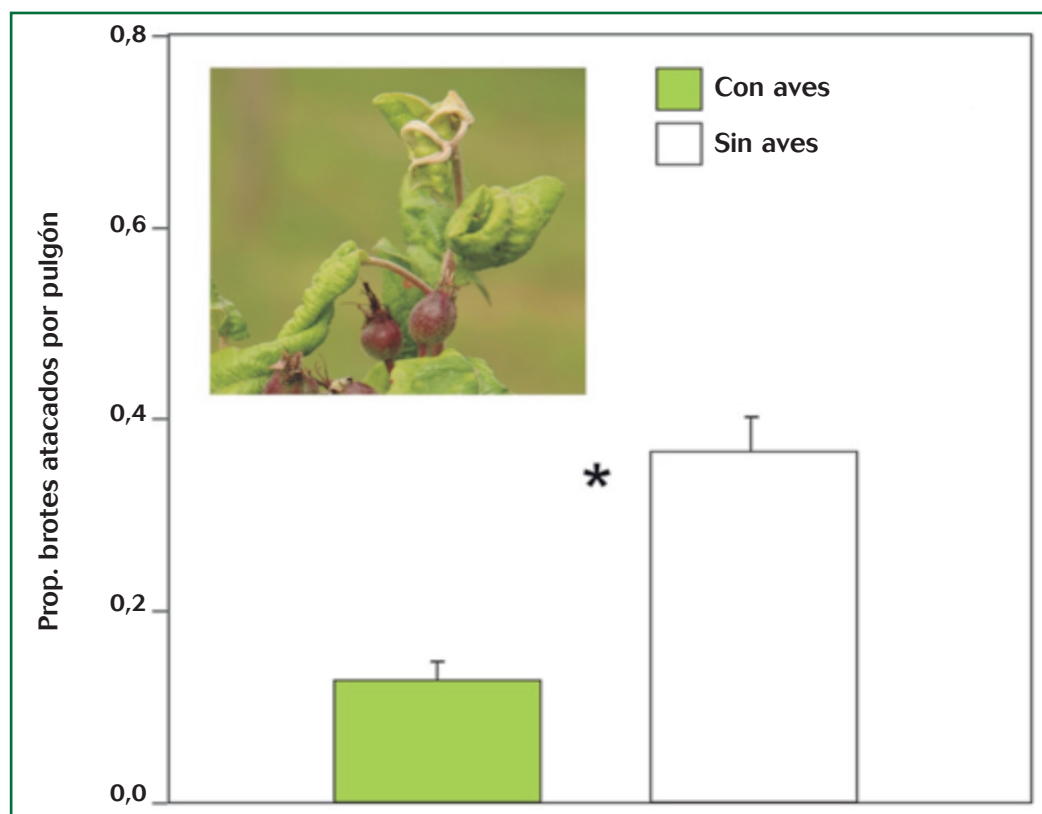
© Fotos Daniel García (A-C) y Marcos Miñarro (B-D).



→

Figura 3.-Efecto de las aves en el daño del pulgón ceniciento (*Dysaphis plantaginea*) en el manzano de sidra, cuantificado como la proporción de brotes foliares atacados por pulgones (identificables por la curvatura de las hojas). Se representan los valores promedio (+ EE) de 40 árboles, para ramas excluidas (sin aves) y sin excluir (con aves), así como la significación estadística de la diferencia entre tratamientos (*: $P \leq 0.05$; modelo lineal generalizado mixto).

Foto © Marcos Miñarro.

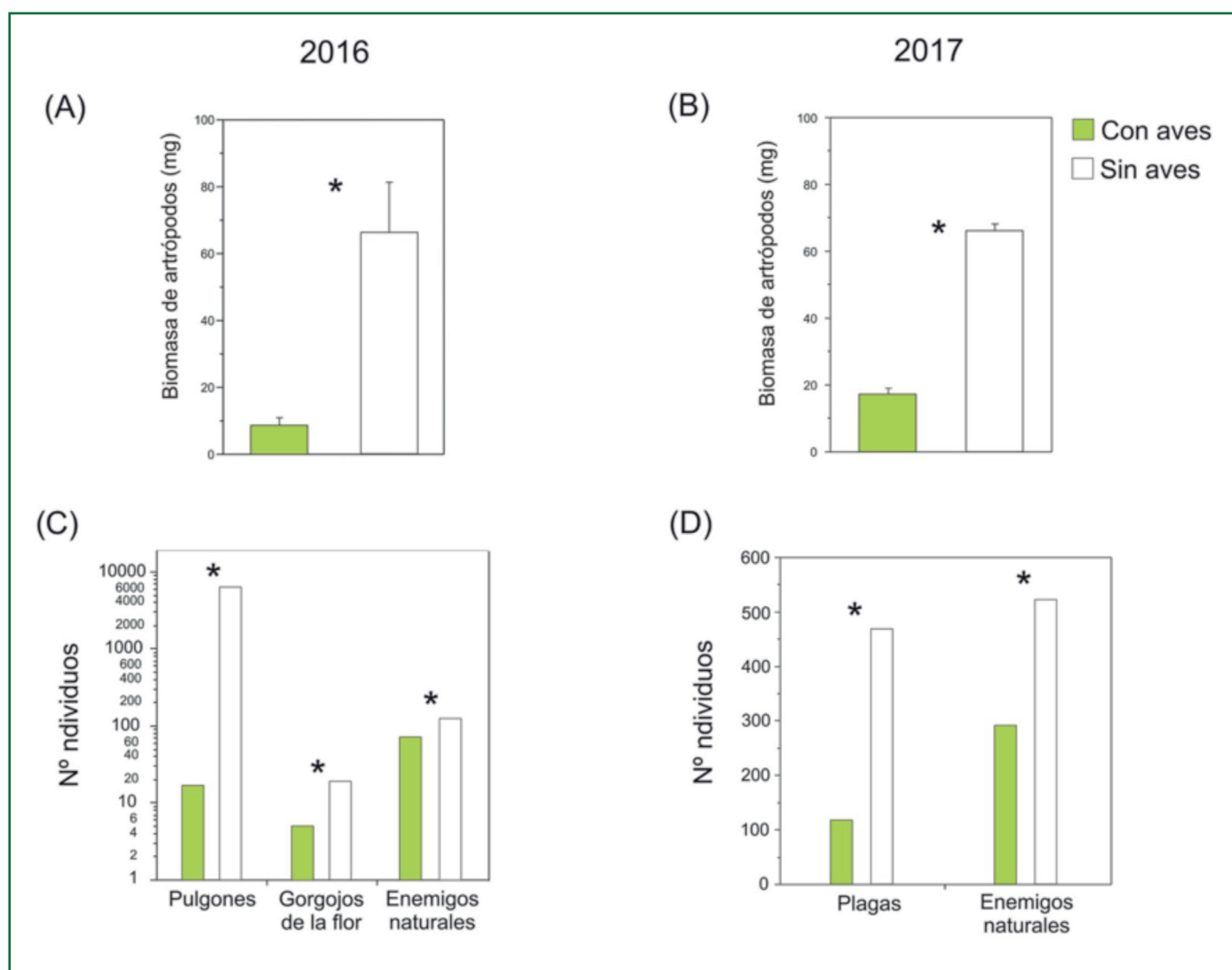


el número de individuos de distintos tipos de artrópodos, tanto plagas, como pulgones y gorgojos de la flor, como enemigos naturales de dichas plagas, como arañas y tijeretas (Figura 4C-D). La presencia de aves supuso una reducción importante de la abundancia, tanto de la de plagas como de la de sus enemigos naturales. No obstante, esta reducción fue más marcada en el caso de las plagas. Aunque en 2016 esta diferencia podía estar, en cierto modo, exagerada por el efecto de las poblaciones inoculadas de pulgón ceniciento (Figura 4C), también fue patente en 2017 (Figura 4D). Es esperable que las aves consuman con mayor intensidad los insectos plaga, habitualmente poco móviles y más abundantes (p.ej. los pulgones), que los artrópodos predadores, relativamente más escasos y capaces de escapar o defenderse con facilidad (p.ej. las arañas). En resumen, los experimentos demuestran que las aves ejercen un importante papel de control biológico sobre las plagas del manzano, disminuyendo sus daños, a pesar de que también depredan sobre otros enemigos naturales en la red trófica. El efecto indirecto de reducir la presión de estos predadores in-

termedios no parece lo suficientemente fuerte como para compensar el efecto directo de las aves sobre plagas.

¿Pueden complementarse aves y artrópodos predadores en el control de plagas?

Los experimentos de exclusión también pueden proporcionar información sobre el grado de depredación ejercido por las aves, en comparación al que pueden llevar a cabo, simultáneamente, los artrópodos auxiliares. En este sentido, realizamos un experimento para comparar la depredación de aves y artrópodos “no voladores” (que se desplazan habitualmente caminando por las ramas, p.ej. arañas y tijeretas) sobre el gorgojo de la flor del manzano (Miñarro y García, 2018). El experimento consistió en ofrecer adultos de gorgojo, pegados sobre ramitas de manzano, a aves y artrópodos, en tratamientos que restringían el acceso a uno, otro o ambos tipos de predadores, además de un tratamiento “control” con gorgojos accesibles a cualquier predador



(Cuadro 2). Los gorgojos excluidos de todos los predadores apenas desaparecieron del experimento, mientras que sí fueron notoriamente eliminados de las ramas accesibles a las aves, de las visitables por artrópodos no voladores y de las de acceso libre para ambos (Figura 5). Es más, el experimento mostró con claridad que, cuando actuaban por separado, aves y artrópodos auxiliares depredaron los adultos de gorgojo de la flor con intensidades equivalentes. Cuando actuaban simultáneamente, sus presiones resultaron aditivas (Figura 5). Este efecto aditivo probablemente surgió porque ambos tipos de predadores pueden llegar actuar de forma complementaria, por ejemplo, repartiendo su actividad en distintos momentos, durante el día las aves y durante la noche las tijeretas. En resu-

men, los niveles máximos de depredación sobre el gorgojo de la flor se consiguieron con la combinación de aves y artrópodos auxiliares, incluso a pesar de que, como sugerimos anteriormente, algunos de estos artrópodos sean también presa de las aves.

Conclusiones y recomendaciones de manejo

Nuestros estudios experimentales demuestran que las aves insectívoras silvestres tienen una evidente capacidad de control biológico sobre las plagas del manzano de sidra de Asturias. Las aves, en conjunto, generan una presión depredadora generalista, que afecta a diversas especies plaga del manzano (pulgones,

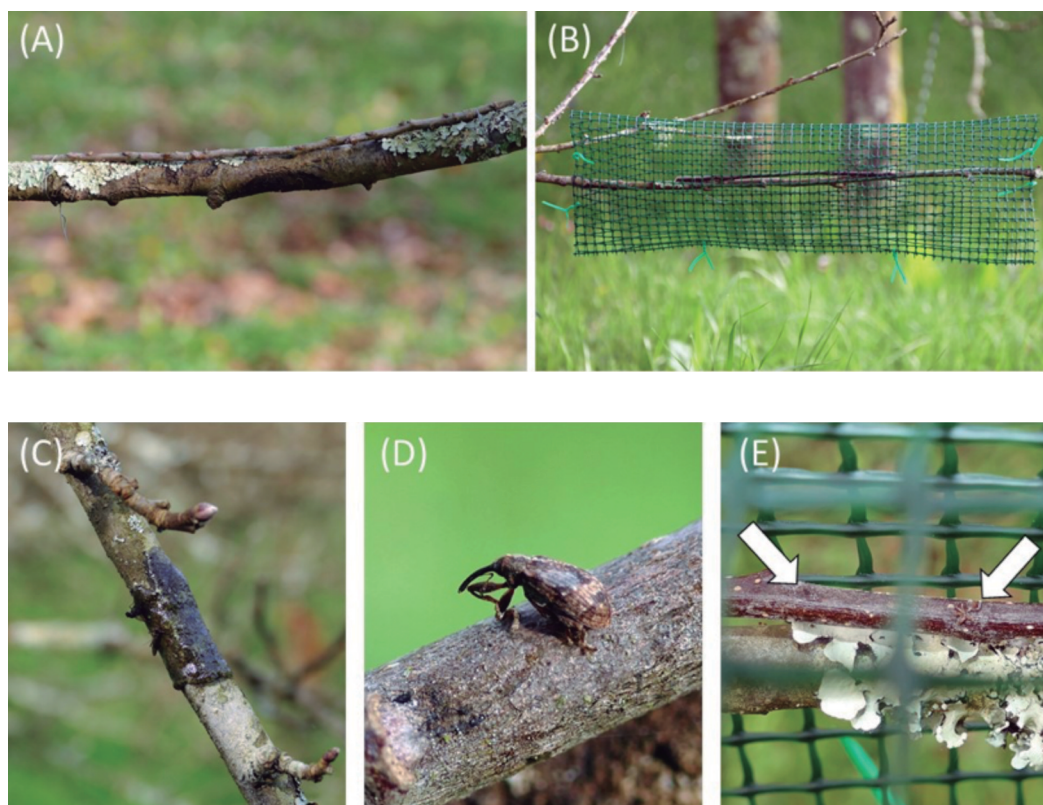
↑
Figura 4.-Efecto de las aves en la abundancia de artrópodos en el manzano de sidra, evaluado a través de experimentos en distintos años de estudio (izda.: 2016; dcha.: 2017). La abundancia se representa (A-B) como biomasa total en mg (media + EE), o (C-D) como número de individuos de distintos grupos funcionales (nótese la escala logarítmica en C), para ramas excluidas (sin aves) y sin excluir (con aves). Se indica la significación estadística de la diferencia entre tratamientos (*: $P \leq 0.05$; modelos lineales generalizados mixtos).



→
Cuadro 2.-Cómo diferenciamos la depredación por aves y artrópodos sobre plagas del manzano.

Para diferenciar experimentalmente la depredación por aves y por artrópodos, nos centramos en los adultos del gorgojo de la flor del manzano. En una misma pumarada seleccionamos 10 árboles y en cada uno, cuatro ramas. A cada rama atamos con alambre una ramita de manzano de 25 cm con una fila de 10 gorgojos adultos adheridos con pegamento (A) (D, para el detalle de un gorgojo pegado). Los gorgojos habían sido recolectados en campo el año anterior y mantenidos en un congelador. Para impedir el acceso de las aves a los gorgojos, utilizamos jaulas cilíndricas de malla plástica, sostenidas paralelas a la rama y cerradas en ambos extremos (B). Para impedir el acceso de artrópodos no voladores colocamos anillos de cola adhesiva (que no se seca) en la base de la rama, al menos a 50 cm de los gorgojos (C). Al final tuvimos cuatro tratamientos, que fueron aplicados a las cuatro ramas de cada árbol: acceso de aves (sin malla, con anillo adhesivo), acceso de artrópodos (con malla, sin anillo adhesivo), acceso de aves y artrópodos (sin malla, sin anillo adhesivo) y exclusión de aves y artrópodos (con malla, con anillo adhesivo). A los 14 días revisamos el experimento y calculamos la tasa de depredación por rama como la proporción de gorgojos eliminados con respecto al número inicial de gorgojos (E; las flechas indican dónde estaban pegados los gorgojos). El experimento se repitió dos veces, en prefloración (abril-mayo) y en postfloración (junio-julio).

©Fotos Marcos Miñarro.



gorgojo de la flor,...) pero también a otros artrópodos como arañas y tijeretas, a su vez enemigos naturales potenciales de estas plagas. A pesar de estos efectos tróficos indirectos, las aves reducen significativamente las poblaciones de insectos plaga y los daños de las mismas en el manzano. Fomentar la presencia de aves silvestres en las pumaradas es, por tanto, una acción básica para implementar estrategias de control de plagas independientes del uso de pesticidas. Esto puede conseguirse a través de tres medidas (García et al., 2018; Miñarro y García, 2018): 1) la conservación de hábitats circundantes, como bosquetes autóctonos adyacentes y setos naturales (*sebes*), que “viertan” biodiversidad de aves hacia las pumaradas, sin apenas necesidad de intervención directa por parte de los productores; 2) el mantenimiento de una estructura de copa continua de los manzanos dentro de las fincas, que ofrezca protección y facilidad de movimiento a las aves insectívoras mientras consumen plagas; y 3) la atracción activa de aves insectívoras hacia las pumaradas mediante cajas-nido para fomentar la nidificación en primavera y verano (Figura 1).

Nuestros experimentos también revelan el papel, adicional y complementario al de las aves, de los artrópodos auxiliares en el control de plagas en el manzano de sidra, aun sufriendo también ellos la presión depredadora de las aves. La presencia de hábitats naturales, con microambientes que proporcionen refugio y alimento alternativo a estos depredadores intermedios, tanto en las sebes como en el interior de las plantaciones (cubiertas herbáceas con alta diversidad floral, mantenimiento de árboles con troncos rugosos), así como la restricción del uso de pesticidas de amplio espectro, son, entonces, medidas adicionales encaminadas hacia un control de plagas efectivo y, a la vez, de bajo impacto ambiental.

En conclusión, basándonos en evidencias empíricas, abogamos por una visión ecológica y sistémica del control biológico de plagas en el manzano de sidra de Asturias, que identifica claramente la biodiversidad animal (formada no sólo por especies, sino también por interacciones ecológicas entre especies) como proveedora de este servicio ecosistémico, y que propone medidas de gestión basadas en

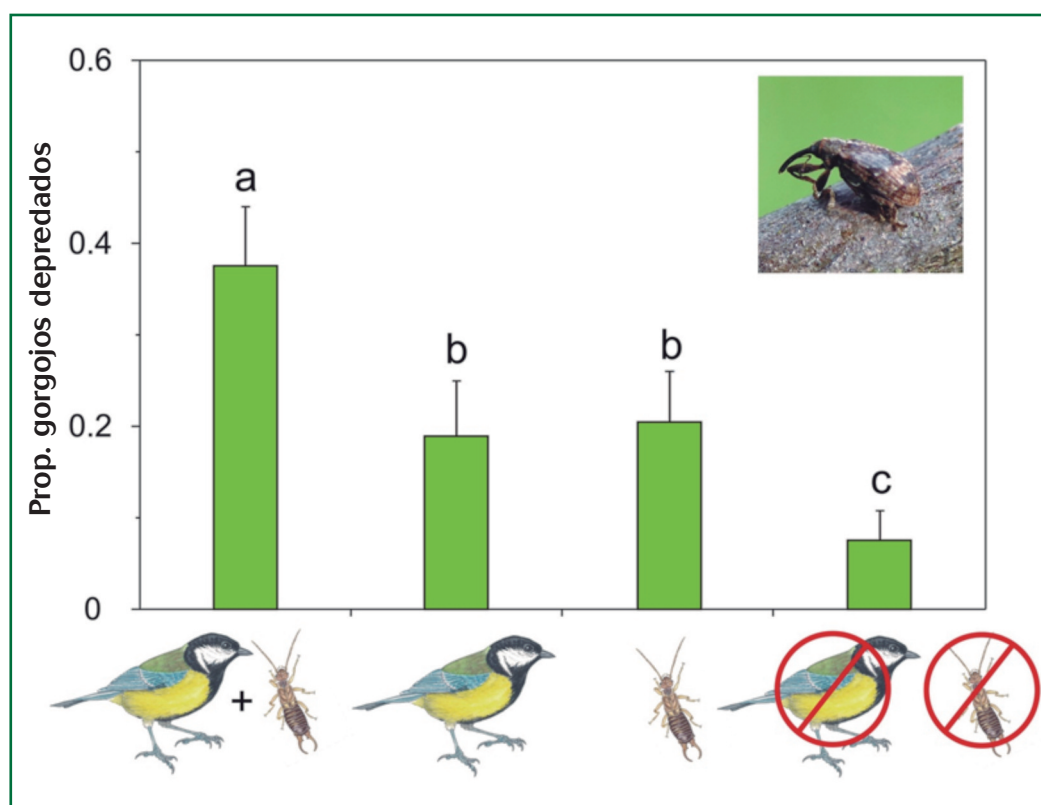


Figura 5.-Efecto de las aves y los artrópodos como predadores del gorgojo de la flor del manzano. Distintas barras representan la proporción de gorgojos depredados (media + EE) en distintos tratamientos experimentales (de izda. a dcha.): acceso de aves y artrópodos, acceso de aves pero no de artrópodos, acceso de artrópodos pero no de aves, y exclusión de aves y artrópodos. Distintas letras de superíndice sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$; modelo lineal generalizado mixto). Foto © Marcos Miñarro; dibujos © Daniel García.

mecanismos naturales. Esta visión proporciona, finalmente, argumentos para la búsqueda de escenarios de compatibilidad y ganancia mutua entre agricultura y conservación de la biodiversidad.

Agradecimientos

Las investigaciones originales se han realizado con financiación de los proyectos PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERsA-FACCE2014-74), CGL2015-68963-C2-2-R (MinECo/FEDER) e INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo/FEDER). Carlos Guardado, Alejandro Núñez y David Luna colaboraron en la toma de datos. Los técnicos de Campoastur S. Coop. Asturiana nos ayudaron en la selección de las plantaciones y muchos productores nos permitieron realizar los estudios en sus pumaradas.

Referencias bibliográficas

GARCÍA, D.; MIÑARRO, M.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. 2018. Birds as suppliers of pest control in cider apple orchards: avian biodiversity drivers and insectivory effect. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254: 233-243.

MAAS, B.; KARP, D.S.; BUMRUNGSI, S.; DARRAS, K.; GONTHIER, D.; HUANG, J.C.C., ... , MORRISON, E.B. 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews* 91: 1081-1101.

MIÑARRO, M.; GARCÍA, D. 2018. Unravelling pest infestation and biological control in low input orchards: the case of apple blossom weevil. *Journal of Pest Science* 91: 1047-1061.

MIÑARRO, M.; DAPENA, E.; BLÁZQUEZ, M.D. 2011. Guía ilustrada de las enfermedades, las plagas y la fauna beneficiosa del cultivo del manzano. Ed. SERIDA. 211 pp. (disponible online: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5019>).

WHELAN, C.J.; WENNY, D.G.; MARQUIS, R.J. 2008. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 25-60.

WHELAN, C.J.; TOMBACK, D.F.; KELLY, D.; JOHNSON, M.D. 2016. Trophic interaction networks and ecosystem services. En: Sekercioglu, C.H., Wenny, D.G., Whelan, C.J. (eds.) *Why Birds Matter: Avian Ecological Function and Ecosystem Services*, pp: 49-72. Chicago UP, Chicago. ■