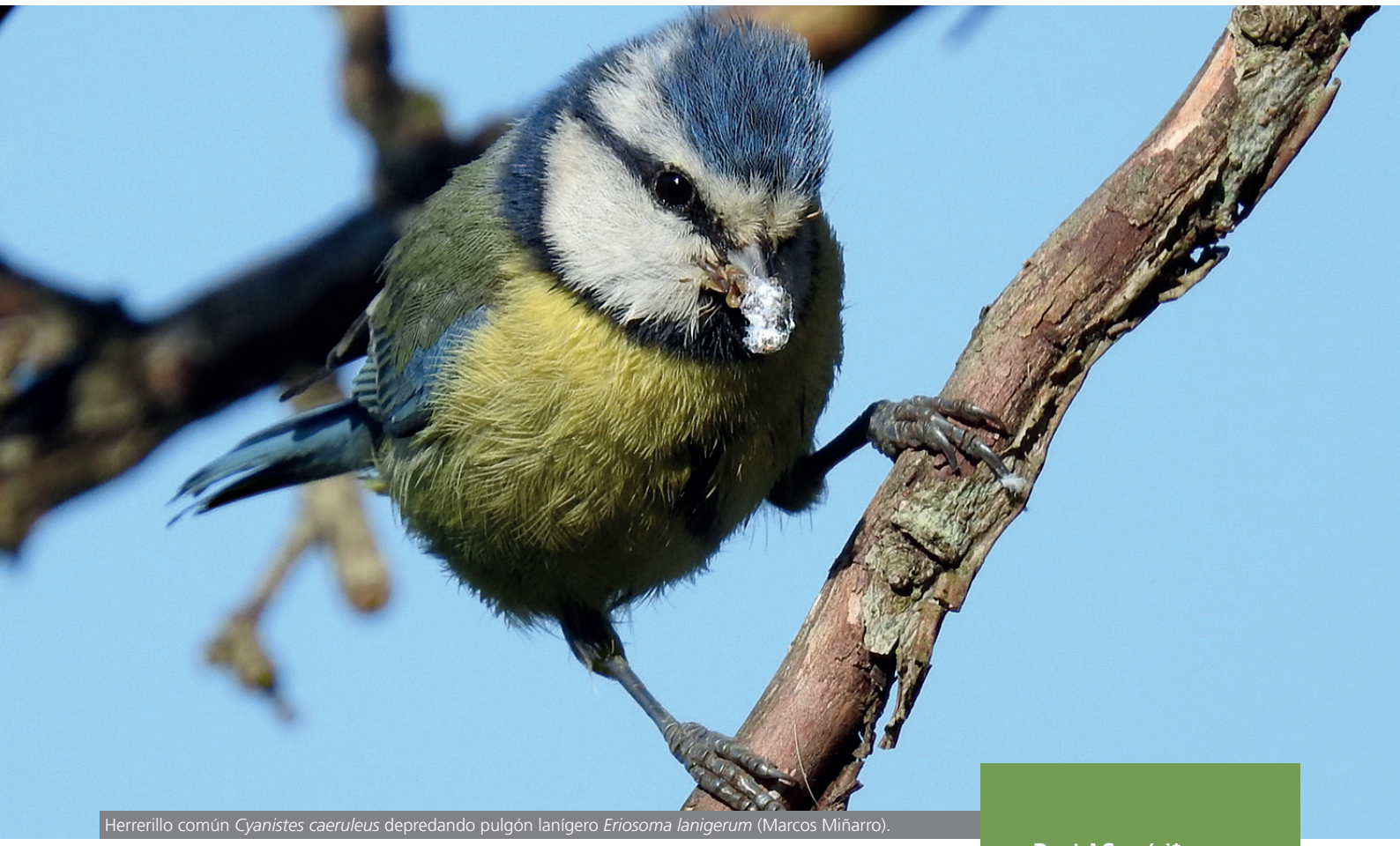

Herrerillo común *Cyanistes caeruleus* depredando pulgón lanígero *Eriosoma lanigerum* (Marcos Miñarro).

Aves insectívoras y control biológico de plagas en cultivos de manzano de sidra de Asturias

Daniel García[1]*, Marcos Miñarro[2], Rocío Peña[1], Juan Carlos Illera[1], Gemma Palomar[3] y Beatriz Rumeu[4]

[1] Universidad de Oviedo e Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (IMIB, CSIC-Universidad de Oviedo-Principado de Asturias)

[2] Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario de Asturias (SERIDA)

[3] Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences, Poland

[4] Universidad de Cádiz

* danielgarcia@uniovi.es; www.beslab.net

Las pomaradas de sidra de Asturias son cultivos no intensivos capaces de albergar una fauna rica y abundante, con potencial para proporcionar relevantes servicios ecosistémicos como el control biológico de plagas. En este artículo, resumimos nuestras investigaciones sobre sus aves insectívoras e identificamos acciones de gestión agroambiental para fomentar el control biológico de plagas por parte de los agricultores. Concretamente, caracterizamos la biodiversidad de aves en las pomaradas y evaluamos sus condicionantes ambientales, cuantificamos el efecto neto de las aves sobre la abundancia de artrópodos y, finalmente, revelamos el papel concreto de distintas especies en el control de plagas del manzano. Nuestros estudios demuestran que la instalación de cajas nido dentro de las plantaciones y la conservación de setos de vegetación natural leñosa en sus lindes son herramientas eficaces para promover la biodiversidad de aves insectívoras y favorecer el control de plagas. Además, estas medidas agroambientales son susceptibles de recibir ayudas públicas en el marco de la PAC 2023-2030. Consideramos que nuestros resultados científicos, y su esquema de transferencia hacia la sociedad agrícola, son aplicables a otros cultivos leñosos no intensificados.

Aves y control biológico

El control biológico reduce el ataque de las plagas en los cultivos gracias a predadores y patógenos, representando una alternativa a los plaguicidas químicos con ventajas agronómicas y medioambientales. Frecuentemente basado en el uso de insectos especialistas con abundancias fácilmente manipulables mediante cría comercial, el control biológico busca ahora fundamentarse en enemigos naturales silvestres, presentes de forma espontánea en los agroecosistemas. En este sentido, las aves insectívoras están siendo identificadas como importantes proveedoras del servicio ecosistémico de control de plagas en numerosos cultivos de distintas latitudes (Díaz-Siefer y col., 2021). No obstante, para llegar a un manejo efectivo del control de plagas por aves es necesario saber: 1) ¿Qué diversidad de aves insectívoras existe en el cultivo y de qué depende?; 2) ¿Cuál es el efecto neto global de las aves sobre las plagas?; 3) ¿Cómo afectan distintas especies de aves sobre distintas plagas? En este artículo, abordamos estas tres cuestiones esenciales para el caso de las pomaradas (plantaciones de manzano) de sidra de Asturias, ejemplificando cómo la investigación en biodiversidad y servicios ecosistémicos puede traducirse en acciones de gestión agrícola apoyadas por políticas públicas.

Diversidad de aves insectívoras en pomaradas de sidra de Asturias

Las pomaradas de sidra de Asturias son cultivos no intensificados de variedades autóctonas de manzana (recogidas en la Denominación de Origen Protegida "Sidra de Asturias") con alto grado de resistencia a enfermedades. Aparecen en fincas de pequeño tamaño inmersas en un paisaje de campiña rico en hábitats como bosques, matorrales y pastizales. Estas características determinan la presencia de plagas (siendo las más relevantes la carpocapsa *Cydia pomonella*, el antonomo *Anthonomus pomorum*, el pulgón cenicienta *Dysaphis plantaginea* y el pulgón lanígero *Eriosoma lanigerum*), pero también de niveles altos de biodiversidad en distintos grupos de enemigos naturales. En el caso de las aves, los censos realizados en distintas épocas y pomaradas nos dibujan una rica comunidad de más de 60 especies, la mitad de las cuales pueden clasificarse como insectívoras de hábito forestal; es decir, que tienen una dieta basada en invertebrados y utilizan el arbolado, incluidos los manzanos, como hábitat principal. La distribución de abundancias relativas entre especies es muy desigual, con cinco especies (petirrojo europeo *Erithacus rubecula*, mirlo común *Turdus merula*, carbonero común *Parus major*, curruca capirotada *Sylvia atricapilla* y chochín común *Nannus troglodytes*) acumulando el 65% de las observaciones (Figura 1; García y col., 2018). No obstante, el conjunto de aves alberga especies muy diferentes en comportamiento ecológico: desde pequeños reyezuelos (*Regulus* spp.) y mosquiteros (*Phylloscopus* spp.), que se alimentan en el follaje arbóreo, a pájaros carpinteros (e.g. *Picus sharpei*) y agateadores europeos (*Certhia brachydactyla*) que rastrean los troncos, pasando por mirlos y zorzales (*Turdus* spp.) que se mueven por el suelo y por el ramaje (Figura 1). La biodiversidad de aves de las pomaradas depende de las características de las fincas y de su entorno ambiental (García y col., 2018; Martínez-Sastre y col., 2020). Así, aquellas plantaciones con las copas de los manzanos más anchas y formando un dosel continuo sobre la finca albergan más especies y una mayor abundancia total de aves insectívoras forestales. La riqueza de especies y la abundancia de aves también se ven favorecidas si las fincas tienen lindes con setos vivos leñosos (las denominadas *sebes* en Asturias) y están inmersas en paisajes con abundante bosque autóctono.

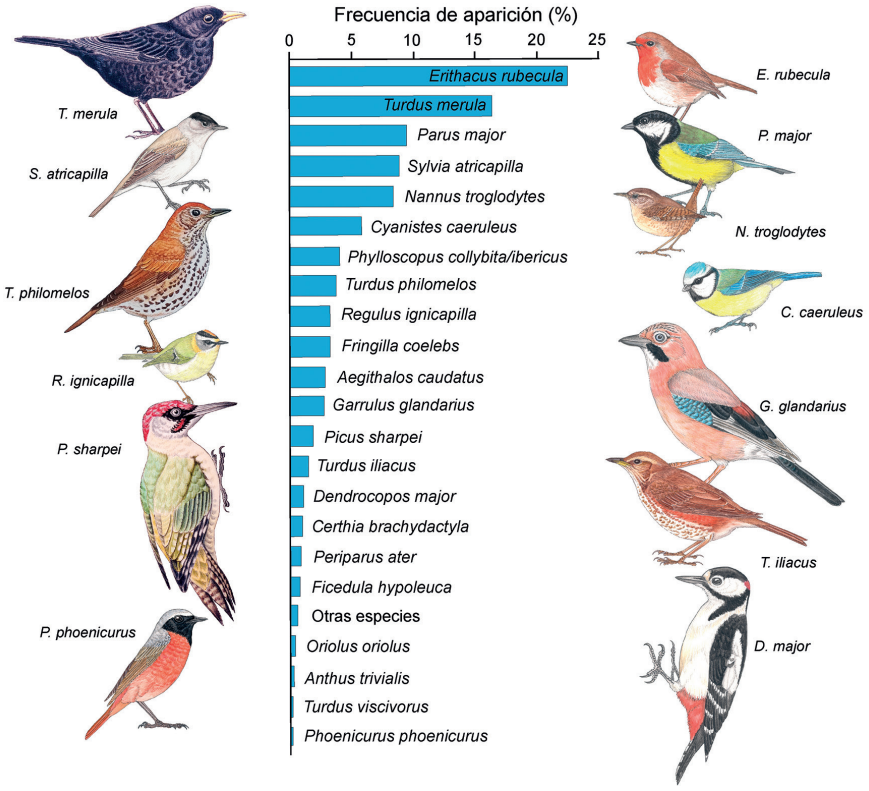

Figura 1. Frecuencias de aparición de aves insectívoras forestales (aprox. 10.000 observaciones) en 25 pomaradas de sidra de Asturias durante 2 años. La categoría "otras especies" agrupa 11 especies con frecuencias ≤0.1%. Aves representadas a escala aproximada (dibujos de Daniel García).

Efecto de las aves sobre las plagas del manzano

Hemos evaluado la capacidad de control de plagas por parte de las aves mediante experimentos que analizan su papel insectívoro desde perspectivas complementarias. En primer lugar, evaluamos el *efecto colectivo neto* de las aves sobre la abundancia de artrópodos en los

manzanos. Para ello, estimamos la abundancia de artrópodos y el daño por plagas en ramas de manzano en las que impedimos, mediante jaulones, el acceso de las aves durante la primavera y el verano, en comparación con ramas control, no manipuladas, de los mismos árboles. La eliminación de las aves multiplicó casi por 4 la abundancia de artrópodos en los manzanos (Figura 2A), suponiendo cambios similares en abundancia de plagas y daños provocados por las mismas (García y col., 2018). En otro experimento, aumentamos la presencia de aves insectívoras durante su época de cría instalando cajas nido en las plantaciones, y comparamos la abundancia de artrópodos y plagas en estas fincas con las encontradas en otras plantaciones equiparables sin cajas nido. De nuevo, la incorporación de aves insectívoras anidando en las plantaciones disminuyó la abundancia de artrópodos en más de un 50% (Figura 2B) y redujo la probabilidad de ataque por plagas en los árboles en un 35% (García y col., 2021). En segundo lugar, estimamos el *efecto de la diversidad* de aves insectívoras en el control de plagas. Para ello, comparamos la abundancia de artrópodos a lo largo de distintas fincas que representan un gradiente de riqueza de especies de aves insectívoras. Encontramos un efecto positivo de la diversidad de aves en el control de plagas, a juzgar por el hecho de que las menores abundancias de artrópodos aparecieron en aquellas fincas con más especies aviares (Figura 2C; Martínez-Sastre y col., 2020). Por otra parte, relacionamos la tasa de ataque a plagas, estimada a partir de señuelos de plastilina simulando orugas de carpocapsa *Cydia pomonella*, con la diversidad funcional de aves insectívoras. Esta es una medida global de cómo de diferentes son en tamaño y morfología las especies de aves en cada pomarada. Por ejemplo, una pomarada con petirrojo europeo, reyezuelo listado *Regulus ignicapilla*, y pico picapinos *Dendrocopos major* (tres especies muy dispares entre sí, Figura 1), mostraría más diversidad funcional que una con petirrojo europeo, curruca capirotada y carbonero común (tres especies parecidas entre sí en tamaño). Encontramos que la tasa de ataque a plagas fue mayor en aquellas fincas que albergaban mayor diversidad funcional de aves (Figura 2D).

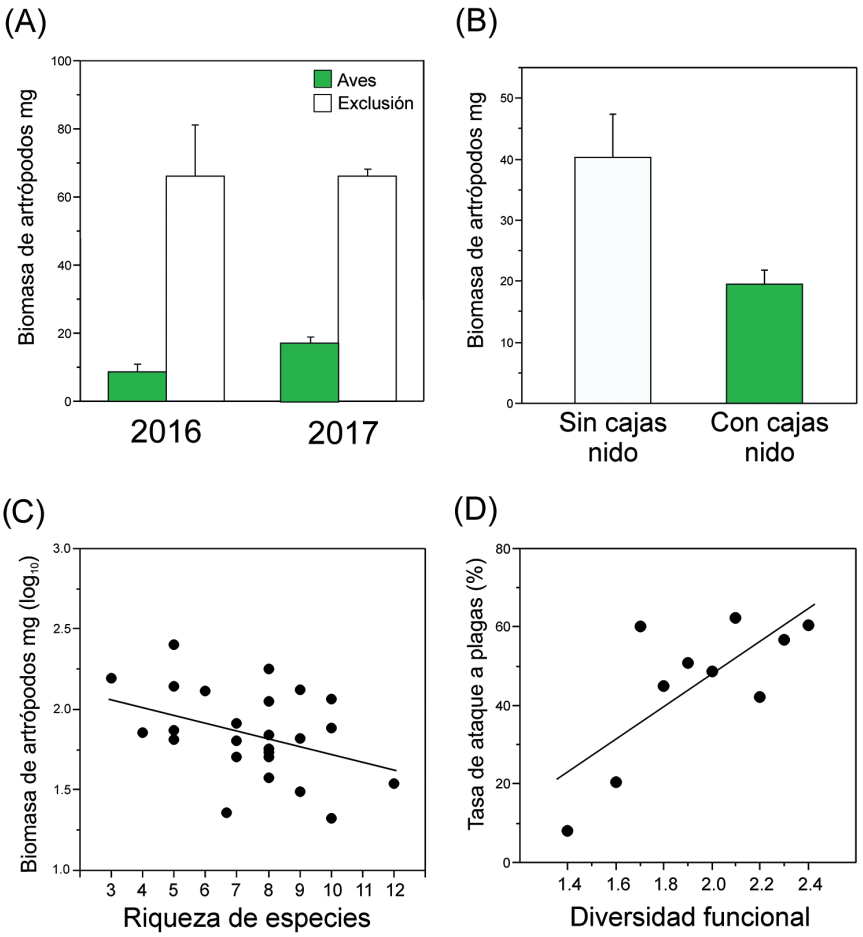

Figura 2. Efecto de las aves insectívoras en: (A) experimento comparando la biomasa de artrópodos (media ± error estándar) en ramas de manzano accesibles a las aves, no manipuladas, y ramas inaccesibles, excluidas mediante jaulones; (B) experimento comparando la biomasa de artrópodos (media ± error estándar) en fincas con cajas nido ocupadas por aves insectívoras y fincas sin cajas nido; (C) muestreo comparando la biomasa de artrópodos en fincas con distinto número de especies de aves insectívoras (se indica ajuste lineal); (D) experimento evaluando la tasa de ataque sobre señuelos de plastilina simulando orugas de *Cydia pomonella* en fincas con distinta diversidad funcional (se indica ajuste lineal; cada punto puede corresponder a datos agrupados de varias fincas).

En resumen, las aves insectívoras silvestres tienen un claro efecto en el control de las plagas y la salud vegetal de las pomaradas de sidra de Asturias. Este efecto está mediado por la propia biodiversidad de aves, lo que sugiere que distintas especies juegan papeles aditivos al complementarse unas a otras gracias a sus distintos comportamientos ecológicos. Las aves también consumen otros tipos de artrópodos, incluyendo enemigos naturales de las plagas, como las arañas. No obstante, esta depredación sobre predadores no diluye el efecto de las aves sobre las plagas, de forma que artrópodos auxiliares y aves juegan con frecuencia papeles complementarios (Miñarro y García, 2018).

Quién come a quién: aves concretas frente a plagas concretas

Identificar el papel concreto de distintas especies de aves respecto a distintas especies de plagas requiere sofisticados métodos de observación. Tras un año de muestreo capturando aves en tres pomaradas, hemos detectado, mediante técnicas moleculares, ADN de artrópodos en 546 muestras fecales individuales de 26 especies de aves. En el 30% de estas muestras fecales (23 especies de aves), encontramos ADN perteneciente a 49 especies de plagas. El papel de las distintas aves en el consumo de plagas es muy dispar: el carbonero acapara la cuarta parte de las plagas detectadas y depreda sobre casi todos los tipos de plagas (Figura 3). La curruca capirotada, el

petirrojo y el herrerillo común *Cyanistes caeruleus* también son especies con un importante papel en el consumo de un amplio abanico de plagas. Las técnicas moleculares nos permiten, además, identificar las especies de aves que depredan las plagas más relevantes. Por ejemplo, hemos encontrado hasta diez especies de aves consumiendo carpocapsa en distintas épocas del año, lo que nos sugiere ataque tanto en la fase larvaria como en la fase adulta de la polilla. Por otra parte, aves en principio no consideradas como insectívoras, como el jilguero *Carduelis carduelis* y el verderón común *Chloris chloris*, son identificadas ahora, gracias a los métodos moleculares, como enemigos naturales.

Otro método utilizado para distinguir el papel específico de distintas aves en el control de plagas ha sido la observación de las presas acarreadas como cebas por aves que ocupan cajas nido en las pomaradas. A lo largo de tres años, monitoreamos 32 nidadas de carbonero, herrerillo y colirrojo real *Phoenicurus phoenicurus*, realizando un muestreo fotográfico (véase, por ejemplo, foto de portada) de 480 cebas que nos permitió clasificar 587 presas en distintos grupos funcionales. De nuevo, encontramos fuertes diferencias entre especies de aves en la composición de las cebas (Figura 4). Si bien el colirrojo acarrea en su mayor parte artrópodos clasificables como predadores (p. ej. arañas, tijeretas, …), los dos páridos cebaron a sus polluelos con artrópodos herbívoros potencialmente perjudiciales para el manzano en más del 60% de los casos. De hecho, la cuarta parte de las cebas de herrerillo fueron plagas características del manzano, como diversas especies de pulgón y gorgojo (Figura 4).

Estos estudios, unidos a los que caracterizan la comunidad de aves, señalan a carboneros y herrerillos como aves especialmente relevantes en el control de plagas: son especies abundantes y consumen muy frecuentemente plagas del manzano. También refuerzan la importancia de la biodiversidad sobre el control de plagas, al demostrar la complementariedad entre especies de aves desde la perspectiva trófica.

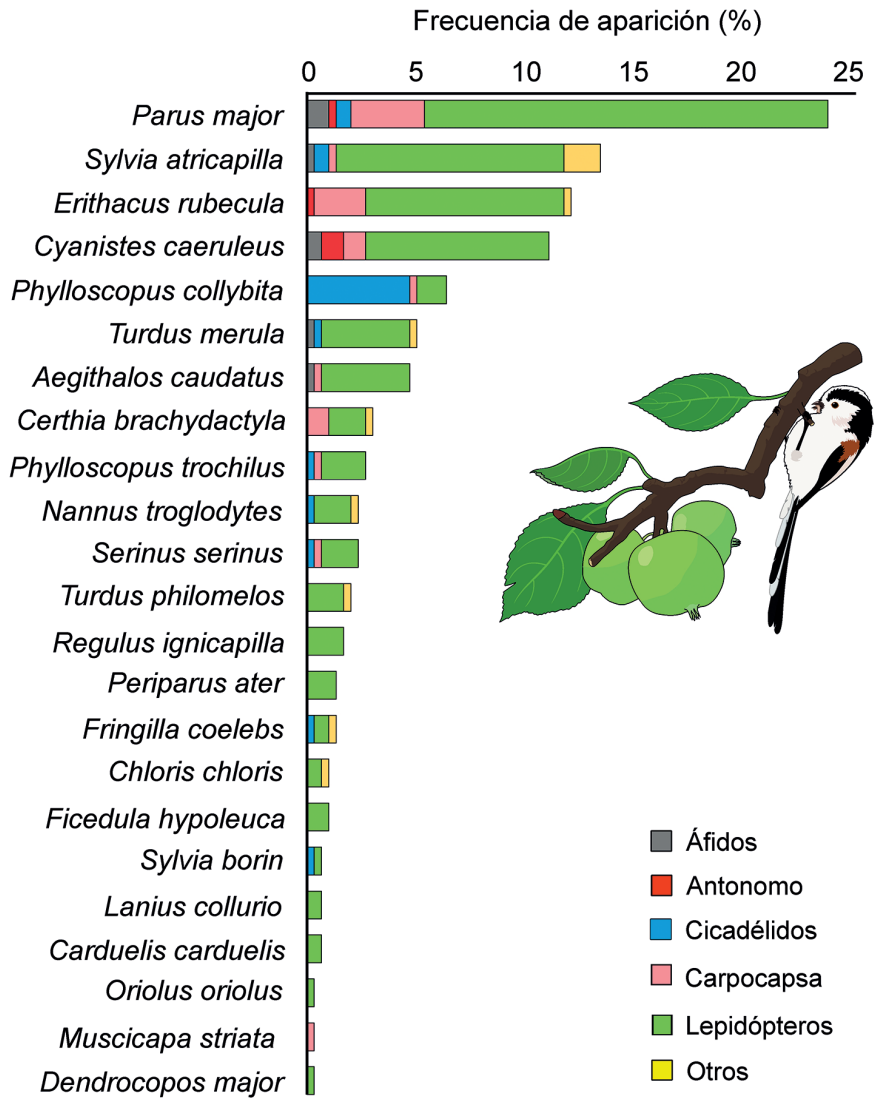

Figura 3. Frecuencias de aparición de distintos tipos de plagas del manzano, detectadas mediante técnicas moleculares a partir de muestras fecales individuales de distintas especies de aves. Los porcentajes se calcularon a partir de 293 ocurrencias de insectos plaga en 163 muestras fecales (dibujo de Daniel Martínez).

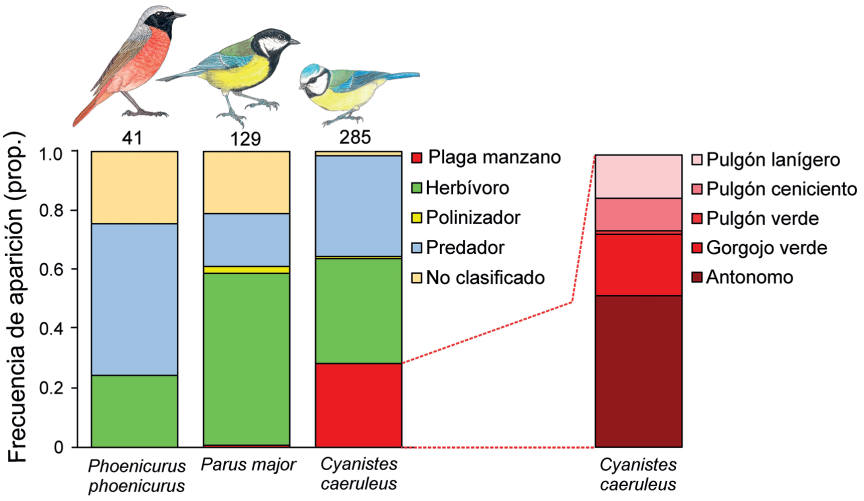

Figura 4. Frecuencias de aparición de distintos tipos funcionales de artrópodos capturados por distintas especies de aves para cebar polluelos en cajas nido (el número de presas se indica sobre cada columna) (dibujos de Daniel García).

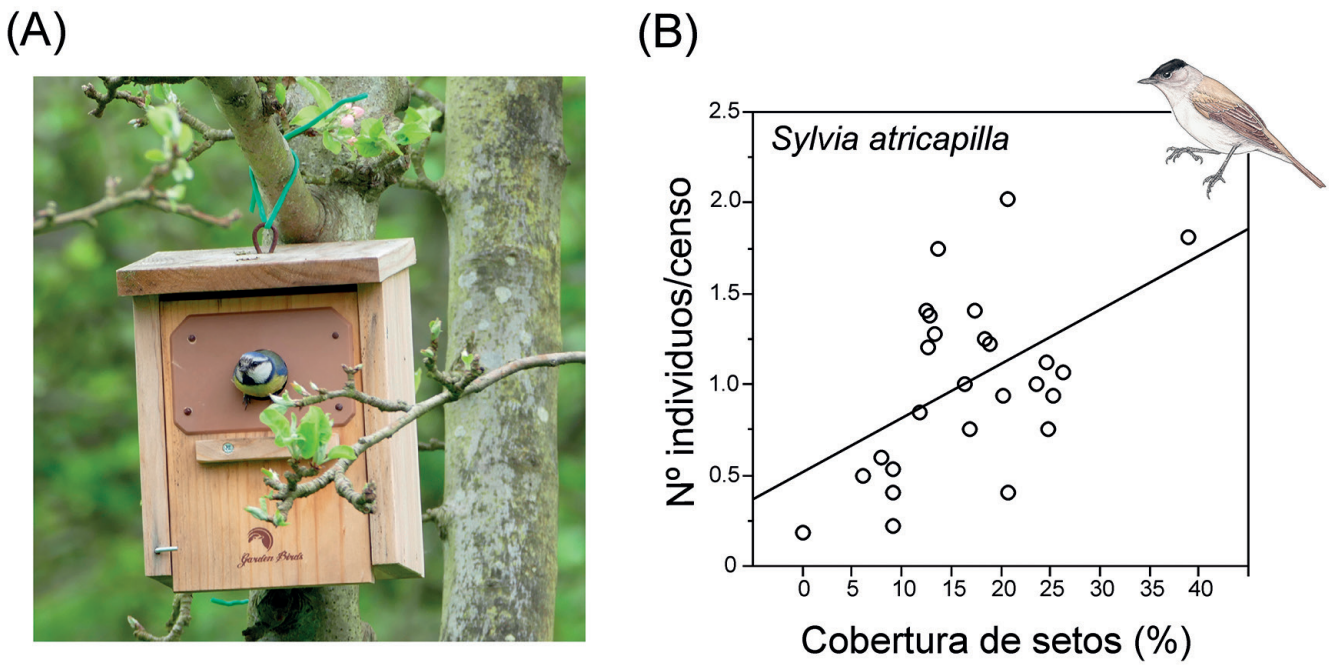

Figura 5. (A) Caja nido ocupada por herrerillo común *Cyanistes caeruleus* en una pomarada (Marcos Miñarro); (B) Abundancia de curruca capirotada *Sylvia atricapilla* en distintas pomaradas en relación a la cobertura de setos vivos de plantas leñosas en las lindes de las pomaradas (dibujo de Daniel García).

De la investigación a la gestión

Las evidencias científicas aquí sintetizadas sirven para plantear acciones de manejo a llevar a cabo por los agricultores en sus plantaciones. Estas acciones se plantean como medidas de *intensificación ecológica* ya que, favoreciendo la biodiversidad de aves, fomentarían el servicio ecosistémico de control de plagas. Se trata, concretamente, de mejorar las pomaradas como hábitat para la comunidad de aves insectívoras, fomentando recursos de alimentación, protección y nidificación. En este sentido, recomendamos:

Eliminación de uso de plaguicidas. Además de acarrear posibles efectos tóxicos directos sobre las aves, muchos plaguicidas provocan la eliminación generalizada de invertebrados (no sólo las plagas). Esto supone la pérdida de la variedad de recursos tróficos que necesitan las aves para mantener poblaciones estables.

Instalación de cajas nido. Recomendamos una densidad de diez cajas por hectárea, colocadas tanto en el interior de las fincas como en sus lindes. Se pueden utilizar distintos modelos de caja nido para atraer a distintas especies de aves. Así, aunque se utilice mayoritariamente el modelo clásico de entrada frontal circular, especialmente adecuado para carboneros y herrerillos (Figura 5A), es conveniente añadir cajas con entrada frontal de ranura, aptas para petirrojos, y cajas estrechas de entrada lateral, orientadas a agateadores.

Conservación de los setos vivos. El mantenimiento o la restauración de las sebes en la periferia de las fincas (en al menos en el 50% del perímetro) es una de las herramientas de manejo más eficientes para proporcionar simultáneamente alimento, refugio y lugares de nidificación a numerosas aves insectívoras. Este efecto es especialmente patente en especies funcionalmente muy relevantes, como la curruca capirotada, cuya abundancia aumenta conforme se incrementa la extensión de setos vivos y bosquetes en las lindes de las plantaciones (Figura 5B). Además de albergar poblaciones de artrópodos, las sebes son ricas en especies leñosas de frutos carnosos (espino albar, endrino, cornejo, saúco, zarzamora, laurel, etc) que suponen un recurso clave para currucas, petirrojos, mirlos o zorzales en otoño e invierno.

Mantenimiento de cobertura de manzanos. Es preferible que las copas de los manzanos proporcionen una cobertura continua con sus doseles, generando un hábitat protector que facilite el movimiento y la alimentación de las aves a través del follaje. Se recomiendan podas moderadas y aplicadas a distintos sectores en distintos años, así como evitar renuevos simultáneos de muchos árboles contiguos que generen claros de gran tamaño en el dosel.

Conservación de paisajes ricos en bosque. Aunque es una acción que no depende sólo de los propietarios de las pomaradas, se trata de fomentar ordenaciones del territorio que mantengan al menos un 20% de su extensión ocupada por rodales de bosque autóctono (robledal, castañar, sauceda). Es preferible además una estructura en mosaico de grano fino, con los bosques distribuidos en distintos rodales pequeños en vez de en un único parche continuo, que permita mayor conexión biológica (es decir, el intercambio de individuos y especies silvestres) entre los bosques y las pomaradas.

Los agricultores no están solos ante la necesidad de aplicar estas medidas. Dentro de la actual Política Agraria Común, y más aún en la inminente PAC 2023-2030 (Díaz y col., 2021), se pueden articular sub-

venciones públicas para propietarios que se comprometan a aplicar este tipo de medidas agroambientales ("ecoesquemas", en terminología PAC). De hecho, en el Principado de Asturias, nuestras investigaciones han servido de base científica para el Programa de "Ayudas a las plantaciones de manzano para fomentar la biodiversidad" (BOPA nº 53, 17-III-2020), que subvenciona con hasta 900 €/ha a fincas que apliquen medidas como las aquí expuestas.

Consideración final

En este artículo, utilizamos la teoría ecológica sobre las interacciones depredador-presa, el efecto del paisaje sobre la biodiversidad, y la relación entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas para demostrar el papel de las aves en el control de plagas en las pomaradas de sidra de Asturias. Evaluando los condicionantes ambientales de las aves, identificamos acciones de gestión para el fomento del control biológico por los agricultores. Consideramos que nuestros resultados científicos, y su esquema de transferencia hacia el sector agrícola, son generalizables tanto a plantaciones de manzano en otras áreas geográficas, como a otros cultivos frutales leñosos (en Asturias, p.ej., kiwi, arándano) no intensificados. Animamos a los colectivos agricultores y a las administraciones a aplicar estos conocimientos.

Agradecimientos

Estos estudios se financiaron con los proyectos(MinECo/FEDER)CGL2015-68963-C2 -2-R, BES - 2016-078260, APCIN2016-000064-00-00, RTA2017-00051-C02-01, GRUPIN IDI / 2018 /000151 (Gobierno del Principado de Asturias) y ClaveSER 044-2019 (Fundación BBVA). Carlos Guardado, Antonio López, Cristina de Castro, Alejandro Núñez y Rodrigo Martínez colaboraron en la toma de datos. Agradecemos a los productores por permitirnos realizar los estudios en sus pomaradas.

Bibliografía

Díaz, M., Concepción, E.D, Morales, M.B., Alonso, J.C., Azcárate, F.M., Bartomeus, I., Bota, G., Brotons, L., García, D., Giralt, D., Gutiérrez, J.E., López-Bao, J.V., Mañosa, S., Milla, R., Miñarro, M., Navarro, A., Olea, P.P., Palacín, C., Peco, B., Rey, P.J., Seoane, J., Suárez-Seoane, S., Schöb, C., Tarjuelo, R., Traba, J., Valera, F., Velado-Alonso, E. 2021. Environmental objectives of Spanish agriculture: Scientific guidelines for their effective implementation under the Common Agricultural Policy 2023-2030. Ardeola, 68: 445-460.

Díaz-Siefer, P., Olmos-Moya, N., Fontúrbel, F. E., Lavandero, B., Pozo, R. A., Celis-Diez, J. L. 2021. Bird-mediated effects of pest control services on crop productivity: a global synthesis. J. Pest Sci., 00: 000-000. DOI:10.1007/s10340-021-01438-4.

García, D., Miñarro, M., Martínez-Sastre, R. 2018. Birds as suppliers of pest control in cider apple orchards: avian biodiversity drivers and insectivory effect. Agric. Ecosyst. Environ. 254: 233-243.

García, D., Miñarro, M., Martínez-Sastre, R. 2021. Enhancing ecosystem services in apple orchards: nest boxes increase pest control by insectivorous birds. J. Appl. Ecol. 58: 465-475.

Martínez-Sastre, R., Miñarro, M., García, D. 2020. Animal biodiversity in cider apple orchards: simultaneous environmental drivers and effects on insectivory and pollination. Agric. Ecosyst. **Environ.** 295: **106918**

Miñarro, M., García, D. 2018. Unravelling pest infestation and biological control in low-input orchards: the case of apple blossom weevil. J. Pest Sci. 91: 1047-1061.