



Figura 2.-Composición de la comunidad de insectos polinizadores del manzano de sidra en cada una de las 26 plantaciones muestreadas.

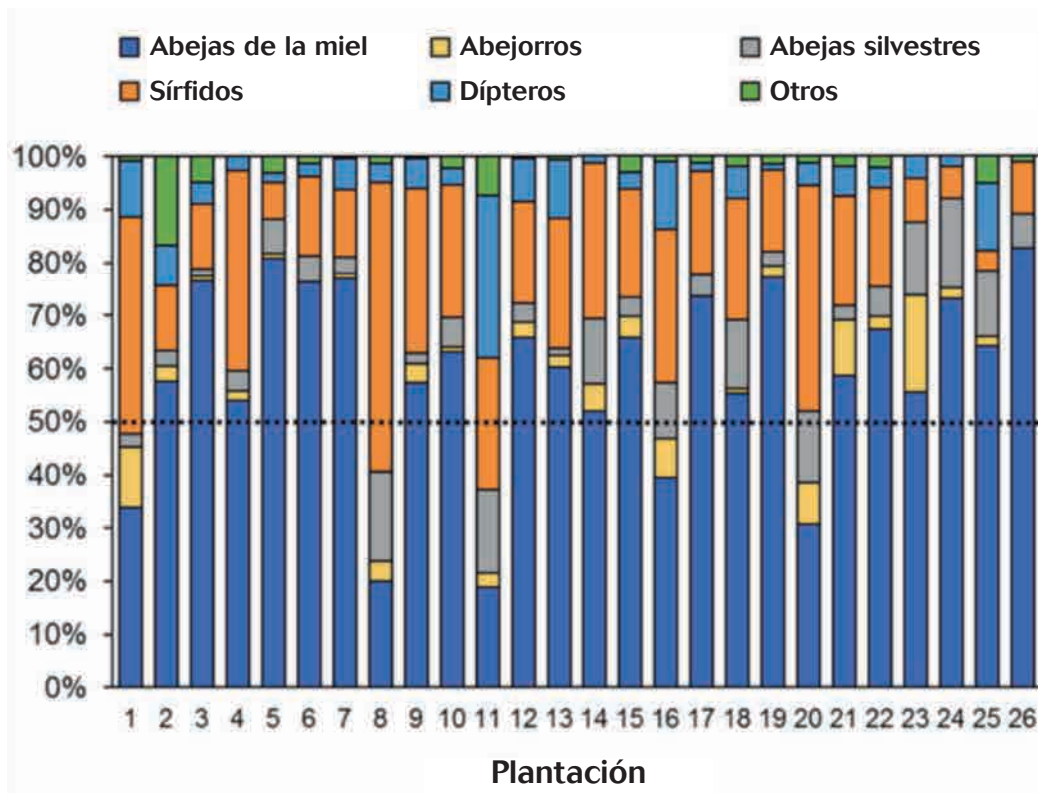


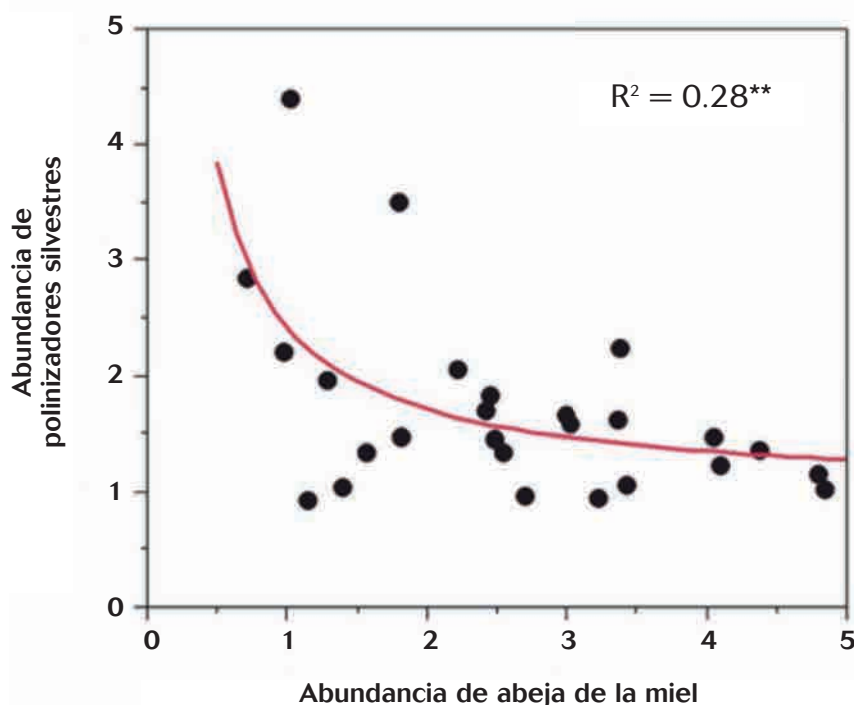
Figura 3.-Relación entre la abundancia de la abeja de la miel y la de polinizadores silvestres en las 26 plantaciones muestreadas. Cada punto representa una pumarada. Ajuste no lineal ($y = 0.98 + 1.43/x$; $F_{1,24} = 9.34$; $P = 0.005$).

está formada mayoritariamente por la abeja de miel (61 % de abundancia), seguida por sírfidos (21 %), abejas silvestres (7 %), otros dípteros distintos de los sírfidos (moscas, a partir de ahora) (6 %) y abejorros (3 %), siendo el 2 % restante escarabajos, mariposas y otros insectos.

En la Figura 1 se muestra además de qué especies/taxones se compone cada uno de esos grandes grupos de polinizadores.

El número total de especies registradas durante los muestreos fue de 82, pero contabilizando especies de otros estudios de nuestro grupo, ese número se eleva hasta 101 (enlace a la lista completa al final). El orden de los himenópteros fue el más rico en especies (53), seguido de los dípteros (33) y los coleópteros (12). Las abejas silvestres, el grupo más rico, estuvo dominado por abejas de las familias Halictidae (23) y Andrenidae (16). El grupo de los sírfidos, con 23 especies, fue el más rico entre los dípteros.

Así pues, en términos de abundancia, la comunidad de polinizadores del manzano estuvo dominada por la abeja melífera, a pesar de que sólo dos pumaradas tenían colmenas de abejas. La presencia común de colmenas para autoconsumo de miel en el campo asturiano, así como la presencia de algunas poblaciones de abeja de la miel asilvestradas, explicaría el predominio de estas abejas en el cultivo. Sin embargo, aunque la abeja de la miel estuvo presente en todas las plantaciones,



su dominancia no fue generalizada: en varias pumaradas las abejas melíferas representaban menos del 20% de los visitantes florales, y en más de un tercio de las plantaciones, casi el 40% de las visitas eran de polinizadores silvestres (Figura 2).

En resumen, a pesar de ser un cultivo dominado -de forma cuantitativa- por las abejas melíferas, la manzana de sidra en Asturias se beneficia de una rica comunidad de polinizadores silvestres que pueden garantizar altas tasas de visita cuando la abeja es rara. Así, pumaradas con pocas abejas de la miel presentan abundancias

elevadas de polinizadores silvestres (Figura 3). Como resultado de este “recambio” de especies, estas pumaradas se aseguran tasas de visita similares a las dominadas numéricamente por las abejas melíferas.

Todos estos datos representan la diversidad taxonómica de los polinizadores del manzano, es decir, la abundancia y la riqueza de especies, que en comparación con otros estudios podemos considerar como elevada o muy elevada (Figura 4). Pero para entender el papel de los polinizadores hay que atender además a su diversidad funcional.



Figura 4.-Ejemplo de polinizadores del manzano de sidra en Asturias.



La comunidad de polinizadores es también diversa funcionalmente

La diversidad funcional representa la variedad existente entre los insectos a la hora de ejercer su rol como polinizadores, y se mide a través de diferencias de rasgos morfológicos (p.ej. tamaño corporal, longitud de la lengua) o características comportamentales (p.ej. hora de vuelo, comportamiento de recolección de polen y néctar) que influyen claramente en dicho papel polinizador.

En este estudio representamos la diversidad funcional de los polinizadores del manzano de sidra a través de distintos aspectos del comportamiento de alimentación, como la tasa de visita a las flores, la legitimidad de la visita, el comportamiento de recolección de polen o néctar y la preferencia por visitar distintas partes de la copa. Además, registramos los patrones de actividad horaria de los polinizadores. Estos resultados se pueden ver con más detalle en Miñarro y García (2018).

La tasa de visita y los movimientos de los polinizadores entre árboles y filas se registraron en 2016, en una pumarada

con una comunidad de polinizadores abundante y diversa. Para ello, cada insecto localizado visitando una flor fue seguido hasta perderlo de vista, registrando el tiempo que duró el seguimiento, el número de flores visitadas y si cada flor visitada estaba en el mismo u otro árbol y en la misma o en otra fila de árboles. Así, pudimos calcular la tasa de visita (número de flores visitadas por minuto).

Durante el estudio de la abundancia de polinizadores, registramos la forma en que en cada visita el polinizador se acercó a las flores, distinguiendo dos tipos de visita: 'superior', cuando los insectos se acercaron por la parte superior de la flor, lo que aumenta la probabilidad de contactar con los órganos reproductores de la flor -anteras (parte productora del polen) y estigma (parte receptora del polen)-, y 'lateral', cuando los polinizadores aterrizaron en los pétalos y se acercaron a la flor desde un lado, insertando su lengua en la base de los estambres para recolectar el néctar (los nectarios, órganos que producen el néctar, están en la base de la flor). En las visitas laterales, el insecto rara vez entra en contacto con las anteras o el estigma, lo que supone una visita 'ilegítima' (el insecto toma néctar sin contribuir a la polini-



Figura 5.-Abeja de la miel tomando néctar en una visita lateral, no legítima porque consume néctar sin contribuir a la polinización.



zación del cultivo; Figura 5). Así, para cada grupo de polinizadores calculamos la frecuencia de visitas legítimas, es decir la aproximación a la flor por la parte superior.

Para estudiar la distribución de las visitas de polinizadores entre las diferentes partes de la copa del árbol nos paramos frente a un árbol dado durante un minuto, registrando para cada visita de un polinizador si la flor visitada estaba en la mitad superior o inferior de la copa. De esta forma, pudimos estimar la frecuencia de las visitas a la mitad superior e inferior de la copa.

Los patrones de actividad horaria de los polinizadores se determinaron tras

observar la distribución de las visitas a las flores del manzano en diferentes momentos del día (de 09:00 a 18:00 h), a lo largo de 22 días. En cada censo, un observador registró, durante un minuto en 20 árboles diferentes, el número y la identidad de los insectos que visitaban las flores del manzano.

Los polinizadores mostraron una notable diversidad funcional, con diferencias en el comportamiento de alimentación y en los patrones de actividad. Primero, difirieron en la velocidad con que visitan las flores, es decir, en el número de flores visitadas por minuto (Figura 6A). Los abejorros fueron los más rápidos, visitando

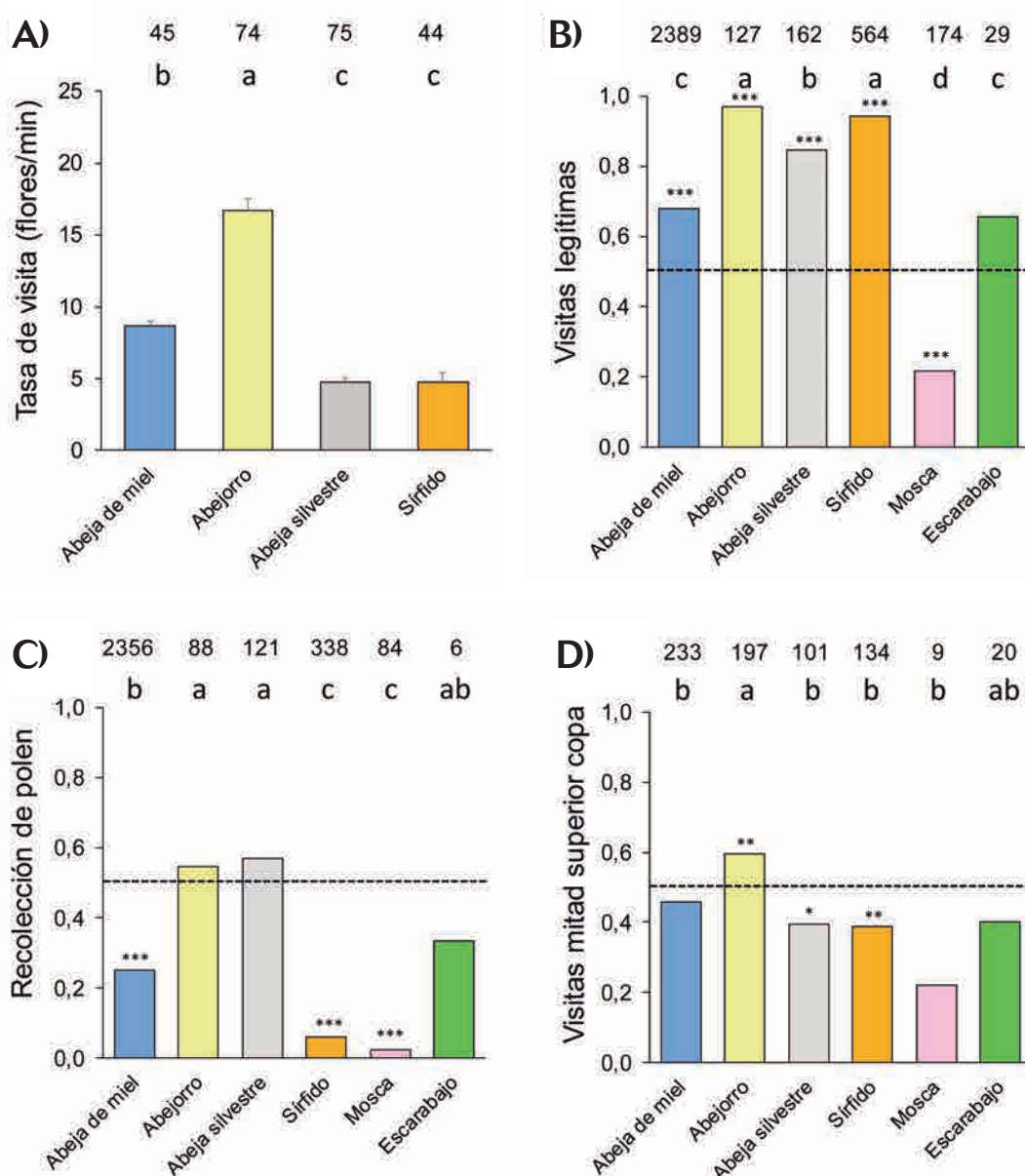


Figura 6.- Comportamiento alimenticio de polinizadores del manzano de sidra. A) Tasa de visita (número medio de flores visitadas por minuto), B) visitas legítimas (contacto con órganos reproductores de la flor), C) frecuencia de individuos que recolectan polen y D) frecuencia de visitas registradas en la mitad superior de la copa. Los números en la parte superior de cada columna indican el tamaño de muestra. Diferentes letras indican diferencias entre grupos de polinizadores. Las barras sobre las columnas en A) indican el error estándar. Los asteriscos sobre las columnas en B), C) y D) reflejan desviaciones de la relación 1:1 (50%) para cada polinizador (***: $P < 0.001$, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$).



16.7 flores por minuto, casi el doble que las abejas de la miel (8.7). Las abejas silvestres y los sírfidos fueron los que pasaron más tiempo en cada flor visitada, ya que sólo visitaron 4.8 y 4.7 flores por minuto, respectivamente.

Segundo, los polinizadores se diferenciaron en cómo se aproximaron a las flores: la abeja de la miel, los abejorros, los sírfidos y las abejas silvestres lo hicieron más desde la parte superior (lo que supone visitas legítimas; Figura 6B) que lateralmente, aunque con diferentes frecuencias (abejorros = sírfidos > abejas silvestres > abejas de la miel). Las moscas fueron observadas en su mayoría o descansando en los pétalos o recogiendo el néctar en visitas laterales. Para los escarabajos no detectamos diferencias en la frecuencia de las visitas superiores y laterales.

Tercero, observamos diferencias entre polinizadores en la frecuencia con que recogían polen y néctar: abejorros y abejas silvestres mostraron mayor preferencia por recolectar polen que la abeja de la miel, los sírfidos o las moscas (Figura 6C). Los insectos que recolectan polen siempre contactan con los órganos sexuales de la flor (al menos las anteras), y tales visitas pueden considerarse legítimas en

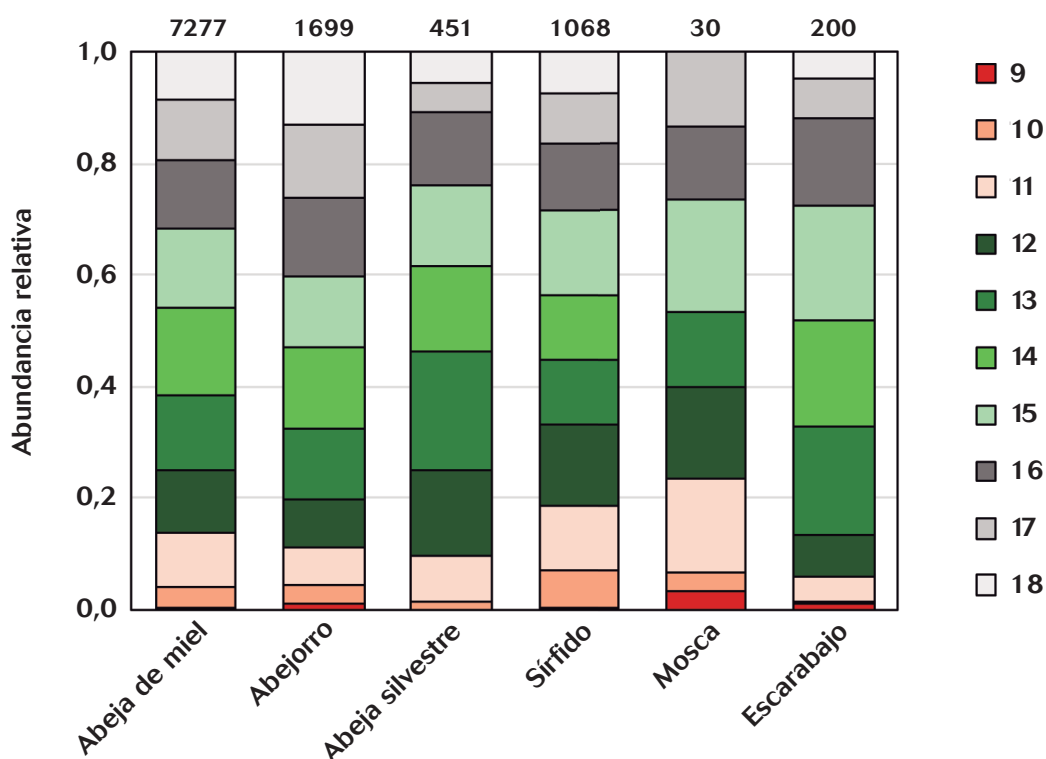
términos de polinización, ya que contribuyen a la transferencia de polen. Por el contrario, los insectos recolectores de néctar pueden acercarse desde un lado (visita ilegítima) o desde la parte superior (visita legítima).

También registramos cierta segregación espacial de los polinizadores dentro de las copas de los árboles, con los abejorros observados con mayor frecuencia en la parte superior o las abejas silvestres y los sírfidos en la parte inferior, mientras que observamos abejas de la miel repartidas por igual en toda la copa (Figura 6D).

Finalmente, encontramos diferencias en cómo los polinizadores distribuyeron sus visitas a las flores a lo largo del día (Figura 7). Por ejemplo, la abeja de la miel, los sírfidos y las moscas fueron más activos que otros grupos en las primeras horas del día (09:00 h - 11:00 h), las abejas silvestres y los escarabajos concentraron la mayor parte de su actividad en las horas centrales y los abejorros fueron quienes presentaron con mayor frecuencia actividad vespertina.

A la vista de las diferencias entre grupos de polinizadores en el comportamiento alimenticio y los patrones de actividad

→ **Figura 7.**-Distribuciones de frecuencias de visitas a las flores de manzana de cada grupo de polinizadores durante todo el día (de 09:00 a 18:00 h). Los números en la parte superior de cada columna indican el número de polinizadores observados en cada grupo.





podemos considerar que, aunque la comunidad de polinizadores esté dominada numéricamente por la abeja de la miel, el manzano de sidra en Asturias está lejos de ser un cultivo dependiente de abejas melíferas. Esto se debe a que los polinizadores silvestres muestran comportamientos diversos que pueden compensar, gracias a su calidad, sus abundancias generalmente más bajas. Por ejemplo, la alta tasa de visitas de los abejorros, menos comunes, supondría finalmente una alta proporción de flores polinizadas por estos insectos. De manera similar, es esperable una mayor eficiencia en la polinización por abejorros, abejas silvestres y sírfidos, gracias a sus mayores frecuencias de visitas legítimas y de comportamiento de recolección de polen. Por lo tanto, la magnitud del servicio de polinización se beneficiaría de la abundancia y la diversidad de especies de polinizadores en el cultivo. También surgiría complementariedad funcional entre los grupos de polinizadores a partir de la segregación espacial dentro de la copa del árbol (flores de diferentes partes de la copa darían fruto gra-

cias a diferentes insectos) y de la segregación temporal a lo largo del día (se incrementaría el periodo en que las flores son visitadas). En definitiva, pumaradas que albergan comunidades de polinizadores más diversas recibirían un mejor servicio de polinización, porque las distintas especies de insectos se complementarían generando un efecto aditivo (Miñarro y García, 2018). Esto incluye a la abeja melífera, cuya su presencia es indudablemente beneficiosa para la polinización del cultivo siempre que la gestión de las colmenas no afecte de manera negativa a las poblaciones de polinizadores silvestres.

Recomendaciones de manejo para fomentar la biodiversidad de polinizadores

Los insectos polinizadores que pueblan los agroecosistemas tienen tres requerimientos básicos: flores para alimentarse, condiciones para criar, y respeto con el uso de pesticidas, de modo que no afecten a sus poblaciones (Miñarro et al., 2018).



←
Figura 8.-Hotel para insectos (izquierda), nido para abejas (derecha arriba) y utilización del mismo (derecha abajo): en sentido horario desde arriba a la izquierda: una abeja *Osmia bicornis*, un tapón de barro sellando un nido, una bola polen para alimento de las crías y un agujero vacío.



Como hemos visto, los polinizadores utilizan las flores del manzano para obtener polen y néctar para autoconsumo, pero también, en el caso de abejas y abejorros, para alimentar a sus crías. Sin embargo, el manzano (al igual que otros cultivos) ofrece recursos alimenticios abundantes pero solo disponibles un periodo de tiempo limitado, mientras que los polinizadores necesitan alimento en una ventana temporal más amplia, tanto antes como después del periodo de floración del manzano. La cubierta vegetal, espontánea y permanente, de las pumaradas alberga una comunidad de flores abundante y diversa que supone un recurso alimenticio para los polinizadores desde antes de la floración del manzano hasta el momento de cosecha (Rosa García y Miñarro, 2014). Promover la floración de la cubierta (espaciando más los segados, dejando una línea sin desbrozar en el centro de la calle, segando las calles alternativamente) contribuiría a fomentar las poblaciones de polinizadores en la pumarada. Un manejo adecuado de *les sebes* (setos) que suelen rodean el cultivo para promover su floración (evitando la poda en la mayor medida posible) también resulta beneficioso para los polinizadores (Miñarro y Prida, 2013).

Muchos insectos polinizadores, como las abejas, crían en nidos donde adultos y larvas se protegen de depredadores, parásitos, condiciones climáticas extremas o daños accidentales (Roulston y Goodell, 2011). La mayor parte de las abejas silvestres nidifica en el suelo, en galerías que ellas mismas excavan; otras nidifican en agujeros y pequeñas oquedades en cañas secas, madera o muros. Promover la nidificación mediante parches de suelo desnudo (el preferido para criar) o la introducción de nidos (Figura 8) facilitará el establecimiento de comunidades de insectos polinizadores.

Por último, los pesticidas a emplear deberían ser totalmente compatibles con la preservación de las comunidades polinizadoras y deberían aplicarse a primera o última hora del día, fuera del periodo de máxima actividad de vuelo de estos insectos tan beneficiosos para el cultivo.

Agradecimientos

A los proyectos INIA RTA2013-00139-C03-01 (MinECo y FEDER) y PCIN2014-145-C02-02 (MinECo, BiodivERSA-FAC-CE2014-74) por la financiación. A Alejandro Núñez, David Luna, Carlos Guardado y Aitor Somoano por su colaboración en la toma de datos. A los productores por dejarnos realizar los ensayos en sus plantaciones, a los técnicos de CAMPOASTUR por su ayuda en la selección de pumaradas. Y a Luis Óscar Aguado, Pilar Álvarez, Alejandro Núñez y Javier Ortiz por su inestimable contribución a la identificación de los polinizadores.

Referencias bibliográficas

- 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. (2018). Complementarity and redundancy in the functional niche of cider apple pollinators. *Apidologie* DOI: 10.1007/s13592-018-0600-4.
- MIÑARRO, M.; PRIDA, E. (2013). Hedgerows surrounding organic apple orchards in north-west Spain: potential to conserve beneficial insects. *Agricultural and Forest Entomology* 15: 382-390.
- MIÑARRO, M.; GARCÍA, D.; MARTÍNEZ-SASTRE, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas* 72: 81-90.
- ROSA GARCÍA, R.; MIÑARRO, M. (2014). Role of floral resources in the conservation of pollinators in cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 183: 118-126.
- ROULSTON, T.A.H.; GOODELL, K. (2011). The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology* 56: 293-312.

Material suplementario

Enlace a lista completa de polinizadores:
https://www.uniovi.es/danielgarcia/pdfs/Minarro_et_al_2018_TecnoAlim_MS.pdf ■