CONAMA2014
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Control aviar de plagas de invertebrados en cultivos leñosos mediante restauración ecológica estratégica

Autor: Jorge Meltzer Gómez-Escalonilla

Institución: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE)

Otros autores: Daniel de las Heras Bravo (Universidad de Alcalá); Laura Jiménez de las Heras (Universidad de Alcalá); José María Rey Benayas (Universidad de Alcalá y Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas)

Resumen

El fin de este trabajo fue evaluar si el aumento de las poblaciones de aves insectívoras mediante actuaciones de restauración ecológica estratégica en agroecosistemas es capaz de reducir la incidencia de plagas agrícolas causadas por invertebrados artrópodos (control biológico). Las actuaciones se llevaron a cabo en diferentes tipos de cultivos leñosos en tres paisajes agrícolas representativos del centro de España: frutales de hueso en Badajoz, viñedos en Valladolid y olivares en Ciudad Real. Estas actuaciones se dividen en aquéllas que benefician (1) de manera directa y específica a las aves insectívoras, en concreto la colocación de nidos artificiales, y (2) a un amplio conjunto de especies de flora y fauna entre las que también se encuentran las aves insectívoras, como son la plantación de setos y la creación de charcas. Se midió la diversidad y la abundancia de las aves insectívoras, las tasas de depredación de orugas-centinela e indicadores de la cantidad y la calidad de las cosechas obtenidas. La ocupación de cajas-nido fue muy variable en las distintas zonas de estudio. Los resultados muestran una mayor tasa de depredación de orugas centinela en el entorno de cajas-nido ocupadas por aves insectívoras. Las avispas que ocuparon algunas cajas-nido también tuvieron una elevada capacidad de depredación de estas orugas. Un meta-análisis global mostró que la respuesta de indicadores de la cantidad y la calidad de las cosechas fue un 40% más positiva en presencia que en ausencia de estas aves. El análisis financiero indica que las aves insectívoras podrían reducir los costes de la lucha contra las plagas agrícolas y aumentar los ingresos gracias a marcas que certifican calidad como 'Campos de Vida'. Las operaciones en campo se enmarcaron en acuerdos de Custodia del Territorio con las diferentes fincas y fueron acompañadas de un programa de formación y capacitación de técnicos y agricultores y de educación ambiental que incluyó jornadas de voluntariado, jornadas de trabajo conjunto con operarios agrícolas, charlas técnicas y en colegios y trabajos académicos de formación de estudiantes. Los resultados de este proyecto podrían suponer una referencia para la generalización del control aviar de plagas agrícolas en cultivos leñosos y los beneficios ecológicos y socioeconómicos asociados

Palabras clave: Aves insectívoras; Avispas; Cajas-nido; Charca; Control biológico; Orugas centinela; Revegetación

INTRODUCCIÓN

Pocas actividades humanas tienen un carácter tan paradójico en lo referente a la conservación de la biodiversidad como la agricultura. Mientras los cambios en los paisajes agrícolas constituyen uno de los procesos de origen antrópico con mayor impacto sobre la biodiversidad, muchos sistemas agrícolas tienen un importante valor para la conservación, particularmente en España. Este proyecto tiene su origen en la necesidad de conciliar la producción agrícola con la conservación de la biodiversidad y con los servicios que ésta provee a los humanos (Foley *et al*. 2011, Rey Benayas & Bullock 2012). El principal problema ambiental que lo justifica es la generalizada utilización de pesticidas químicos para eliminar las plagas de los cultivos causadas por artrópodos y la falta de esquemas alternativos. Los pesticidas químicos son nocivos porque, entre otras razones: (1) contaminan el suelo y el agua, (2) disminuyen la fertilidad edáfica, (3) alteran los ciclos biogeoquímicos, (4) contribuyen al calentamiento global, (5) disminuyen la biodiversidad en general, (6) producen resistencias en las especies que causan las plagas y (7) eliminan los enemigos naturales de dichas plagas. El fin de este proyecto es estudiar la eficacia del control de plagas agrícolas utilizando sus depredadores naturales, en particular las aves insectívoras. Las actividades de este proyecto se han desarrollado en diferentes tipos de cultivos leñosos, que en el conjunto de España ocupan aproximadamente el 20% de la superficie agraria útil. Varios estudios han demostrado que estas aves tienen una elevada capacidad de consumo de especies-plaga y, en consecuencia, de aumentar la calidad y/o la cantidad de las cosechas (Mols & Visser 2002, Jedlicka *et al*. 2011). Sin embargo, con frecuencia los cultivos leñosos no son adecuados para la reproducción de las aves insectívoras porque carecen de los huecos necesarios para anidar y de vegetación natural o semi-natural que ofrezca refugio y recursos tróficos en invierno, y puntos de agua que sirvan como bebederos, así como por ubicarse en paisajes agrícolas extraordinariamente simplificados.

Este proyecto ha perseguido contribuir a solucionar en varios casos concretos (viñedos, frutales de hueso y olivares) estos problemas mediante actuaciones de restauración ecológica estratégica, desarrolladas sobre todo a lo largo del año 2013, aunque forma parte de una línea de acción e investigación de la FIRE más amplia que continua en la actualidad. Para suplir el déficit de los recursos aludidos se han ejecutado actuaciones tales como la introducción de nidos artificiales, la revegetación de las fincas agrícolas con setos y la creación de charcas.

ACTUACIONES Y ACTIVIDADES

Instalación de cajas nido para aves insectívoras

El objetivo fue facilitar la nidificación para aumentar la abundancia de las poblaciones de aves insectívoras que contribuyen a la regulación de plagas en los cultivos.

Todas las fincas, excepto el olivar más pequeño, se dividieron en tres zonas: (1) tratamiento con cajas nido, (2) zona de amortiguación o buffer de 50 m de anchura y (3) sin cajas nido o control. En las zonas de tratamiento, las cajas nido se localizaron a lo largo de una línea, existiendo entre ellos una distancia de 25 m. Además, las fincas de frutales y viñedos se dividieron en sectores caracterizados por distintas variedades de fruta y uva. El olivar más pequeño fue utilizado para ensayar la ocupación de las cajas nido en pértigas sin cubierta de vegetación. En Abadía Retuerta se instalaron 164 cajas nido en el borde de la vegetación natural o semi-natural (encinar y pinar, sobre todo) del entorno de los viñedos. En los frutales de hueso de HaciendasBio, se instalaron un total de 111 cajas nido en la finca "Concejiles" y 101 en la finca "El Chaparrito". En el olivar de Valdepeñas (Ciudad Real), que carece de cubierta arbórea dada la juventud de sus olivos (tres años de edad), en febrero de 2012 se instalaron 17 pértigas metálicas con una caja nido en su extremo, a una altura aproximada de 2,5 m, distribuidas en una malla de 30 m de lado. Finalmente, en el olivar de San Carlos del Valle, en la zona de tratamiento se distribuyeron un total de 24 cajas nido en una malla de 30 m de lado, lo que hace un total de 417 cajas nido con las que finalmente hemos trabajado.

2. Plantación de setos.

El objetivo fue aumentar la diversidad de las fincas y proporcionar zonas de refugio y alimentación en invierno a las aves insectívoras.

Las actividades de plantación se iniciaron durante la primavera de 2013 y sirvieron, además, como test inicial para la elección de especies a emplear en las plantaciones y en las reposiciones de marras del otoño de 2013. Se plantaron un total de 3.000 m lineales de setos en lindes y bordes de camino, con una superficie aproximada de 9.000 m², habiendo introducido unas 4.500 plantas de una veintena de especies.

En Abadía Retuerta, se plantaron 1.680 m lineales de seto con 2.495 plantas de 12 especies diferentes (*Quercus rotundifolia, Pinus pinea, Juniperus thurifera, Retama sphaerocarpa, Colutea brevialata, Populus alba, Rosa canina, Crataegus monogyna, Lavandula latifolia, Salvia latifolia, Jasminum fruticans* y *Genista scorpius*). La tasa de supervivencia post-estival fue del 65,4%.

Foto 1. Seto recién plantado entre un viñedo y un pinar en Abadía Retuerta (Valladolid).

En HaciendasBio-Concejiles, se plantaron 400 m lineales de seto con un total de 550 plantas de las especies *Q. rotundifolia, Q.coccifera, Colutea arborescens, R. canina, C. monogyna* y *Rhamnus alaternus*. La tasa de supervivencia fue tras el verano del 60%.

En HaciendasBio-El Chaparrito se plantaron 750 m lineales de seto con un total de 1.304 plantas de 12 especies (*Q. rotundifolia, Q. coccifera, Arbutus unedo, Tamarix gallica, Viburnum tinus, Phyllirea angustifolia, C. arborescens, R. canina, C. monogyna, R. alaternus, J. fruticans* y *Dapnhe gnidium*). La tasa de supervivencia post-estival fue del 63%.

En el olivar FIRE-Campo de Vida en Valdepeñas se repusieron las marras del seto plantado en años anteriores, es decir, 165 plantas de *Q. rotundifolia*, *Genista scorpius*, *R. canina, R. alaternus* y *C. arborescens*.

3. Creación de charcas.

El objetivo principal fue crear puntos de agua para aumentar el atractivo de los cultivos agrícolas para las aves insectívoras.

El proceso de creación de las charcas comienza con la apertura inicial del hoyo se y remodelación del vaso, generando irregularidades en el fondo, zonas con distintas profundidades y adecuación de los márgenes para la entrada y salida de la fauna. Posteriormente se realizó la limpieza del vaso, eliminando cualquier piedra o elemento que pudiese dañar la capa impermeable. Se extendió una doble capa de manta geotextil y sobre ella una lámina plástica impermeabilizante que fue cubierta con tierra y rocas para naturalizar el lecho y los márgenes del vaso. En dos de las charcas se realizó una plantación perimetral (Rodríguez y Rey Benayas 2014).

Foto 2. Una técnico de la FIRE vierte lodo de un arroyo próximo en una charca recién construida para "sembrar" todos los organismos acuáticos que contiene y acelerar la sucesión ecológica de este ecosistema artificial.

Se construyeron cuatro charcas pequeñas en cuatro de las cinco fincas del proyecto cuyas principales características son las siguientes:

- Abadía Retuerta: 40 m² de superficie y 1 m de profundidad máxima.
- HaciendasBio-Concejiles: 50 m² de superficie y 0,75 m de profundidad máxima.
- FIRE-Campo de Vida en Valdepeñas: 36 m² de superficie y 0,6 m de profundidad máxima.
- FIRE-Campo de Vida en San Carlos del Valle: 36 m² de superficie y 1 m de profundidad máxima.

4. Muestreo de las aves insectívoras.

En primer lugar, se realizó un seguimiento periódico de la ocupación de las cajas nido entre los meses de abril y julio de 2013, estimándose la ocupación, el tamaño de las puestas, los huevos eclosionados y los pollos volantones reclutados (Foto 3). Además, se realizaron estaciones de escucha en un círculo de 50 m de radio durante 10 minutos, que se hizo en abril de 2014. En cada finca se muestreó una estación de escucha en la zona con cajas nido de cada sector y otra en la zona control de manera pareada (19 pares en Abadía Retuerta, 14 en HaciendasBio-Concejiles, cinco en HaciendasBio-El Chaparrito y dos en FIRE Campo de Vida en San Carlos del Valle). Además se realizaron dos estaciones de escucha en los remanentes de vegetación natural próximos a los cultivos de cada finca.

Foto 3. Huevos y pollitos recién nacidos de Carbonero común en una caja nido.

En Abadía Retuerta, 42 de las 164 (26%) cajas instaladas en el borde de los viñedos fueron ocupadas con éxito (Figura 1), es decir, los pollos salieron del nido. Además, otras 60 cajas (36,6%) presentaron indicios de utilización por aves. De las 42 cajas ocupadas, la distribución por especies en orden decreciente de ocupación fue la siguiente: 28 cajas fueron ocupadas por Carbonero común (*Parus major*), que sacaron adelante una media de 5,7 pollos/caja y, además, una pareja tuvo una segunda puesta exitosa; nueve por Herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*), con una media de 6,2 pollos; dos cajas por Herrerillo capuchino (*Lophophanes cristatus*), con seis y ocho pollos volados; dos por Gorrión molinero (*Passer montanus*), aunque fue imposible saber el número exacto de pollos que volaron; y, por último, una caja fue ocupada por una pareja de Carbonero garrapinos (*Periparus ater*), que sacó adelante siete pollos.

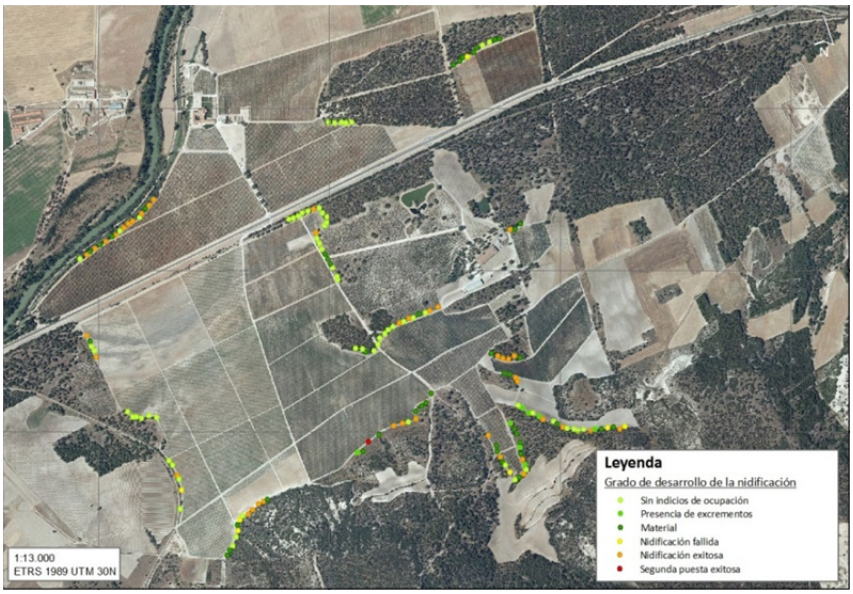

Figura 1. Mapa de ocupación por aves de las cajas nido en Abadía Retuerta en el año 2013 (Sardón de Duero, Valladolid).

En los frutales de hueso de HaciendasBio-Concejiles, sólo 14 cajas nido ocupadas de las 111 instaladas (12,6%, Figura 2) tuvieron una reproducción exitosa, mientras que en otras 53 (47,7%) se encontraron indicios de utilización por parte de las aves. La distribución por especies de las cajas ocupadas fue la siguiente: nueve cajas fueron ocupadas por Carbonero común que sacaron adelante una media de 6,7 pollos por caja (hubo una caja adicional ocupada en la que siete pollos murieron a los 12 días de edad; cuatro fueron ocupadas por Gorrión molinero, aunque desconocemos el número exacto de pollos volados; y una fue ocupada por una pareja de Herrerillo común que sacó adelante a cinco pollos.

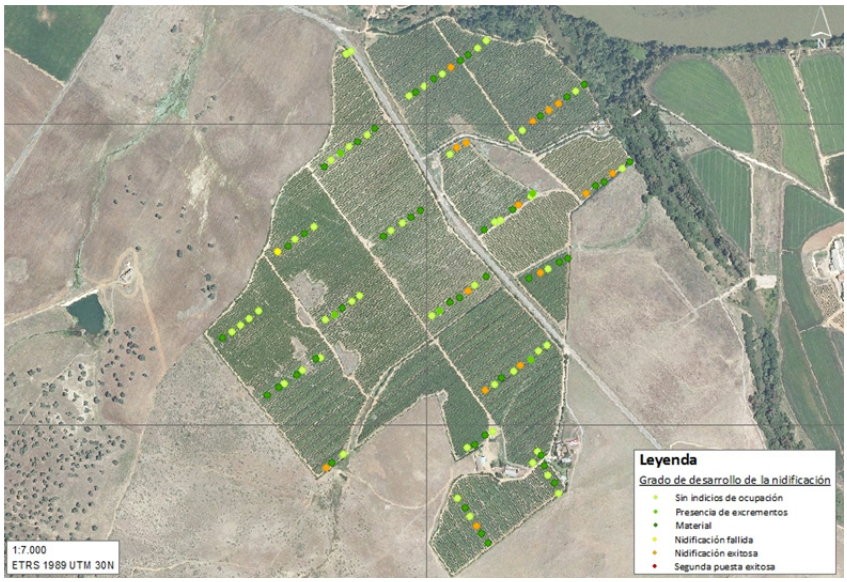

Figura 2. Mapa de ocupación por aves de las cajas nido en la finca "Concejiles" de HaciendasBio (La Zarza, Badajoz) en 2013.

En la finca El Chaparrito de HaciendasBio se colocaron 101 cajas, de las cuales 16 (15,8%, Figura 3) fueron ocupadas por aves de manera exitosa, mientras que en otras 68 (67,3%) se encontraron indicios de utilización por las aves. La distribución por especies fue la siguiente: 12 fueron ocupadas por Gorrión molinero y, además, en siete de ellas hubo una segunda puesta exitosa; dos fueron ocupadas por Herrerillo común con cuatro y nueve pollos volados; y las dos cajas restantes fueron ocupadas por Carbonero común que sacaron adelante cinco pollos en una de ellas y seis en la otra.

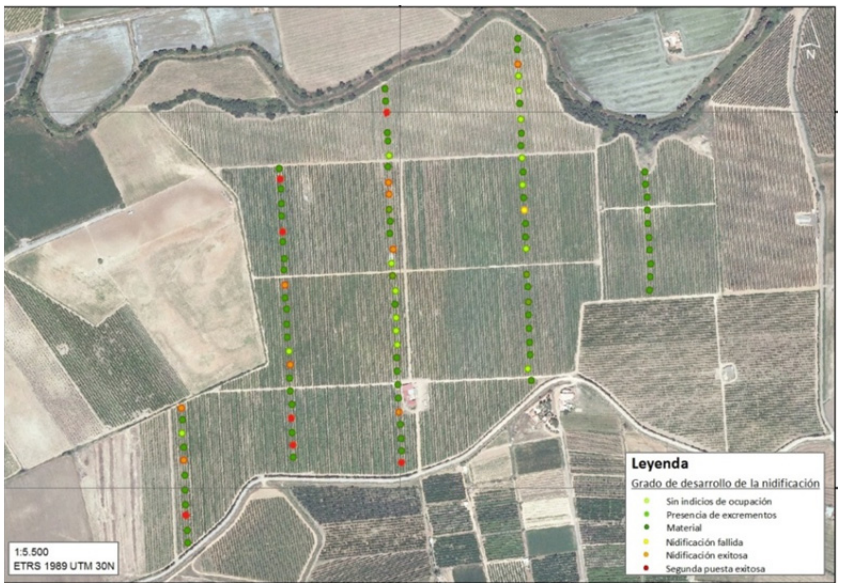

Figura 3. Mapa de ocupación por aves de las cajas nido en la finca "El Chaparrito" de HaciendasBio (Pueblo Nuevo de Guadiana, Badajoz) en 2013.

Ninguna de las 17 cajas nido sobre pértigas instaladas en el olivar FIRE-Campo de Vida en Valdepeñas ni de las 24 instaladas en el olivar FIRE-Campo de Vida en San Carlos del Valle fue utilizada para nidificar por las aves insectívoras.

Cabe destacar que algunas cajas fueron ocupadas por avispas. Este resultado es interesante porque, como se indicó, estos insectos son también reguladores de plagas agrícolas, lo que ha abierto una nueva línea de investigación aplicada en la FIRE.

Los resultados de los muestreos mediante estaciones de censo se muestran en la Tabla 1. Nótese como la frecuencia de aparición de varias especies, aunque no de todas, es mayor en las zonas con cajas nido, particularmente en el mosaico agrícola y forestal de Abadía Retuerta. En los remanentes de vegetación natural y semi-natural muestreados en Concejiles y en El Chaparrito se identificaron las mismas especies que las de la Tabla 1.

Tabla 1. Frecuencia relativa (%) de aparición de especies de aves insectívoras en las estaciones de censo realizadas en las zonas con cajas-nido ("Trat.") y en las zonas sin cajas nido ("Control") pareadas.

	Abadía Retuerta		**HaciendasBio-Concejiles**		**HaciendasBio-El Chaparrito**		**FIRE-CV, San Carlos del Valle**	
Especie	**Trat.**	**Control**	**Trat.**	**Control**	**Trat.**	**Control**	**Trat.**	**Control**
Parus major	73,68	15,79	50,00	14,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Cyanistes caeruleus	10,53	5,26	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00
Periparus ater	21,05	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lophophanes cristatus	5,26	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Certhia brachydactyla	5,26	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aegithalos caudatus	0,00	5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5. Cuantificación de los beneficios para la producción agrícola.

Para cuantificar los beneficios en las cosechas se han medido varios indicadores en los tratamientos con actuaciones de restauración ecológica y en los tratamientos control, en particular relacionados con (1) la capacidad de depredación de las aves mediante experimentos de "orugas centinela", (2) la cantidad y (3) la calidad de las cosechas estimadas en el campo y (4) un meta-análisis global de indicadores extraídos de la bibliografía científica. Los indicadores (1), (2) y (3) no se midieron en los olivares del Campo de Montiel debido a que la ocupación de cajas nido por las aves insectívoras fue nula.

(1) Experimentos con orugas centinela.

Se realizaron para testar las tasas de depredación por parte de las aves insectívoras en zonas con cajas nido ocupadas (es decir, cuando contienen huevos o pollos) y en zonas control sin cajas nido. Se colocaron dos muestras de diez gusanos cada una de ellas en el entorno de cada caja nido ocupada. Las muestras fueron colocadas a primera hora de la mañana y revisadas unas 6-8 horas después. En la zona control se colocaron el mismo número de muestras pareadas que las cajas nido ocupadas. En el caso de los frutales, las muestras siempre se localizaron dentro de los cultivos, a una distancia máxima de 15 m de las cajas ocupadas. Sin embargo, dado que en los viñedos las cajas se encontraban en el borde del viñedo y la vegetación natural o semi-natural, se colocó una muestra de orugas en esta vegetación junto a la caja nido y otra en una cepa situada a unos 15 m de distancia de la caja nido ocupada.

Se realizaron tres repeticiones de los experimentos espaciadas unas tres semanas. Los análisis estadísticos de los experimentos de depredación de orugas centinela se basaron en el test no paramétrico de Wilcoxon para muestras pareadas. Los resultados de este test para el conjunto de experimentos, es decir, las tres fincas y los tres momentos del año en que se realizaron, indicaron una tendencia ($p = 0,14$) de mayor depredación en las proximidades de las cajas nido ocupadas (30,68% ± 42,91) que en las zonas control (24,73% ± 41,59). La falta de una diferencia estadísticamente significativa se debe a la gran variación entre muestras del mismo experimento y entre los experimentos en las diferentes fincas y momentos. Así, la tasa de depredación fue un 44,02% superior en los árboles y cepas con cajas nido ocupadas en los viñedos de Abadía Retuerta pero solamente un 10,2% superior en el caso de los frutales de HaciendasBio. Otras posibles explicaciones, que habrá que investigar más en el futuro, pueden tener que ver con la micro-estructura del hábitat y, en el caso de los frutales de hueso, la distancia a los remanentes de vegetación natural y semi-natural. Sin embargo, el test que evaluó sólo las muestras de orugas centinela más próximas a las cajas ocupadas resultó en diferencias significativas (44,38% ± 46,25 frente a 31,92% ± 45,02; $p = 0,05$), lo que refleja el "poder limpiador" de las aves nidificantes alrededor de su nido.

Indicadores de (2) cantidad y (3) calidad de las cosechas estimados en el campo.

Abadía Retuerta: En esta finca contamos con información que incluye la evolución del peso de 100 uvas como indicador del tamaño y madurez, la cantidad de antocianos, el grado alcohólico y la afección por la polilla de la vid (*Lobesia botrana*), que es el principal insecto que causa daños en el viñedo. La zona alta de la parcela denominada “Jabalina 2”, con uva de la variedad tempranillo, fue la que menos daños presentó, siendo la afección por polilla inferior al 20%. La calidad de esta uva fue extraordinaria, y se obtuvo un gran vino. Esta zona tuvo una nidificación especialmente exitosa de aves insectívoras en las cajas nido instaladas, aunque es aventurado establecer una relación causa-efecto.

HaciendasBio: Para cada caja nido ocupada y en los árboles con fruta disponible para recoger, se seleccionaron al azar dos árboles contiguos a la caja ocupada en la zona con este tratamiento y otros dos árboles en la zona control. En cada árbol se contó el número de frutas que tenía con la ayuda de un contador manual. A continuación, se recolectó el 10% de las frutas del árbol que fueron pesadas y examinadas para identificar los posibles daños por picaduras. Nuestros datos de campo son coincidentes con los proporcionados por la empresa, que nos ha comunicado la prácticamente nula afectación por plagas en el año 2013. La empresa realiza inspecciones periódicas de varias plagas, siendo las principales las de la polilla (*Anarsia lineatella*), cuyas larvas atacan sobre todo al melocotonero y, en menor medida, al albaricoquero y al ciruelo, y la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*).

(4) Meta-análisis global de la incidencia de las aves insectívoras en los indicadores de las cosechas.

Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica que resultó en 1.211 artículos de los cuales solo 13 incluyeron información cuantitativa útil. De ellos se extrajeron 51 medidas pareadas de indicadores bajo la influencia o en ausencia de la influencia de las aves insectívoras, que se analizaron mediante un test de Wilcoxon. Además se calcularon tasas de consumo por aves insectívoras a partir de ocho de los trabajos primarios de este meta-análisis. Los resultados indicaron que la respuesta de los indicadores de la cantidad y la calidad de las cosechas fue un 40% más positiva en presencia que en ausencia de aves insectívoras, con un nivel de significancia estadística de $p < 0.0001$.

El dato más relevante sobre tasas de consumo por parte de aves insectívoras es el de Mock *et al*. (1991), ya que la especie estudiada, el Azulejo de garganta azul (*Sialia mexicana*) tiene un tamaño y peso relativamente similares a los del Carbonero común, que ha sido la especie más abundante y favorecida en nuestro proyecto, que tiene un peso promedio de 19 g (aproximadamente el 70% del Azulejo de garganta azul). A partir de las tasas de consumo proporcionadas por estos autores, hemos calculado para el caso del Azulejo de garganta azul un consumo de 38,19 kg año-1 por pareja nidificante y recluta promedio de cinco individuos con una tasa de supervivencia del 50%. Así, por ejemplo, para una pareja nidificante de Carbonero común, corrigiendo por un factor de 0,7 debido al peso inferior, la cifra resulta en un consumo de 26,73 kg año-1. Teniendo en cuenta las parejas nidificantes de las diferentes especies, su recluta promedio y su peso, así como la mencionada tasa de supervivencia del 50% de la recluta, obtenemos las cifras de consumo estimada en cada finca de la Tabla 2.

Tabla 2. Estimación del consumo anual de artrópodos por las aves insectívoras nidificantes en las cajas nido instaladas y su recluta en las cinco fincas estudiadas en este proyecto.

Finca	Pares nidificantes/ Recluta promedio/ Consumo (kg año^{-1}) (Carbonero común)	Pares nidificantes/ Recluta promedio/ Consumo (kg año^{-1}) (Gorrión molinero)	Pares nidificantes/ Recluta promedio/ Consumo (kg año^{-1}) (Herrerillo común)	[1]Consumo final (kg año^{-1})
Abadía Retuerta	[2]29/5,7/853,09	2/-/-	9/6,2/155,96	1.009,06
HaciendasBío-Concejiles	9/6,7/286,41	4/-/-	0	286,41
HaciendasBío-Chaparrito	2/5,5/56,46	12/-/-	2/6,5/35,69	92,14
[2]FIRE-CVida Valdepeñas	0	0	0	0
[2]FIRE-CV San Carlos	0	0	0	0

[1]Excluye el gorrión molinero por desconocer su recluta y porque es sobre todo granívor.
[2]La ocupación de cajas nido fue nula.

6. Muestreo de la fauna distinta a las aves insectívoras y flora silvestre.

La metodología utilizada para estimar la diversidad y la abundancia de las aves se explicó en la Actividad 4. En el futuro se realizará el seguimiento de la fauna y flora de las cuatro charcas creadas durante este proyecto, ya que éste sólo ha durado un año. No obstante, este seguimiento se realizó en dos charcas más antiguas y aledañas de los olivares en el Campo de Montiel, que se visitaron seis veces en los años 2012 y 2013. En estas dos charcas se comprobó la presencia o ausencia de anfibios reproductores. Además, un experto en odonatos determinó las especies que potencialmente podrían utilizar las charcas en algún momento de su ciclo de vida. Del mismo modo, un botánico profesional realizó inventarios de vegetación espontánea en los setos del olivar en Valdepeñas, plantados en 2011 y 2012 y completado en 2013 (Foto 4).

Foto 4. Un botánico realiza un inventario de la rica comunidad herbácea que se ha establecido en un seto joven plantado por la FIRE.

Los censos de aves resultaron en el registro de 47 especies de aves no insectívoras. En las charcas estudiadas pudo constatarse la reproducción de Sapo corredor (*Epidalea calamita*) y Sapo común (*Bufo spinosus*). Existen 16 especies de odonatos que potencialmente podrían utilizar las charcas creadas en los olivares en algún momento de su ciclo de vida. En los setos del olivar se inventariaron 15 especies de hierbas perennes, 92 especies adicionales de plantas anuales o bianuales y un individuo de endrino (*Prunus spinosa*) reclutado de forma natural a partir de nuestras plantas introducidas.

7. Formación y educación y sensibilización ambiental en el mundo rural.

Se realizaron dos tipos de actividades de formación: (1) Impartición de charlas técnicas y jornadas de trabajo de campo conjunto con agricultores y técnicos (Foto 5); y (2) Prácticas universitarias, que están siendo realizadas por una estudiante de Grado de Ciencias Ambientales y un estudiante de máster.

Foto 5. Jornada de formación de técnicos con un grupo de estudiantes del Máster U. en Restauración de Ecosistemas y de la asignatura "Conservación y restauración de Ecosistemas" del Grado en Biología de la Universidad de Alcalá que visitaron el olivar FIRE-Campo de Vida en Valdepeñas.

Además se han realizado dos tipos de actividades de educación y sensibilización ambiental en el mundo rural: (1) Charlas a escolares sobre la importancia de las aves como aliados del agricultor en dos centros escolares de las áreas de actuación; y (2) Jornadas de voluntariado ambiental, una de las cuales consistió en una plantación realizada por estudiantes de secundaria y la otra en la construcción de dos charcas en los olivares de Campo de Montiel.

8. Establecimiento de acuerdos de custodia del territorio.

Se han firmado dos acuerdos de custodia del territorio gracias a este proyecto, uno con Abadía Retuerta y otro con HaciendasBio. Además se ha seguido el éxito de estos acuerdos utilizando el protocolo de evaluación realizado por la FIRE en colaboración con la Fundación Biodiversidad y la Fundación Global Nature disponible en http://www.fundacionfire.org/images/pdf/manual_custodia.pdf.

9. Promoción de actividades y difusión de resultados.

Las actuaciones de promoción de actividades y difusión de resultados son las siguientes: (1) Etiquetado de productos agroalimentarios con la marca registrada de la FIRE "Campos de Vida" (Fotos 2 y 3); (2) Publicación de noticias y difusión de actividades y resultados mediante los diferentes canales de la FIRE: sitios web (http://www.fundacionfire.org/), Facebook (http://www.facebook.com/pages/Fundaci%C3%B3n-Internacional-para-la-Restauraci%C3%B3n-de-Ecosistemas/171464959542676?fref=ts), Twitter (@FundacionFire) y lista de distribución de correo-e de su treintena de miembros; (3) Informe Ejecutivo de la Memoria Técnica del proyecto también publicado en la página web de la FIRE; (4) Edición, impresión y distribución de 500 carteles divulgativos sobre el

proyecto, descargable en el enlace http://www.fundacionfire.org/images/pdf/poster%20MD%20sin%20sangrado.pdf; (5) Nota de prensa con una síntesis de los resultados del proyecto, que tuvo una notable repercusión en los medios de comunicación; y (6) Publicación de un artículo en la revista *Quercus* (nº 337, marzo de 2014) titulado "Cómo instalar charcas artificiales para anfibios en agrosistemas mediterráneos", que evalúa siete charcas construidas por la FIRE en los últimos años, semejantes a las cuatro construidas en este proyecto.

Fotos 2 y 3. Vino y aceite etiquetados con la marca registrada "Campos de Vida" de la FIRE, cuyo lema es "Producimos biodiversidad y alimentos", que supone una garantía de calidad y unos mayores ingresos potenciales por la venta de estos productos a un consumidor exigente y sensibilizado.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este proyecto son las siguientes:

1. La ocupación de las cajas nido con producción de recluta, en la primera estación reproductora después de su instalación, varió entre el 26% en los viñedos de Abadía Retuerta (Valladolid) y el 0% en los olivares de La Mancha. La nula ocupación en estos últimos agrosistemas se atribuye a la juventud de los olivos y a la ausencia de remanentes de vegetación natural y semi-natural en sus proximidades.

2. Las cajas nido también fueron ocupadas por avispas, un resultado interesante porque estos insectos son también reguladores de plagas agrícolas de artrópodos, lo que ha abierto una nueva línea de investigación aplicada en la FIRE. El porcentaje de ocupación por las avispas varió entre el 88,2% de las cajas en pértigas del olivar FIRE-Campo de Vida en Valdepeñas y menos del 1% en las cajas de Abadía Retuerta.

3. Los experimentos con orugas centinela indicaron que éstas eran depredadas con unas tasas del 21,6% en frutales de hueso y del 45,1% en viñedos en las zonas con cajas nido ocupadas y del 19,6% y 31,3%, respectivamente, en los correspondientes controles. En el conjunto de experimentos existe una tendencia ($p = 0,14$) de mayor depredación en las proximidades de las cajas nido ocupadas (30,68% ± 42,91) que en las zonas control (24,73% ± 41,59). Sin embargo, las muestras más próximas a las cajas ocupadas fueron significativamente ($p = 0,05$) más depredadas, lo que refleja el "poder limpiador" de las aves nidifcantes alrededor de su nido.

4. Un meta-análisis global mostró que la respuesta de los indicadores de la cantidad y la calidad de las cosechas fue un 40% más positiva en presencia que en ausencia de aves insectívoras ($p < 0,0001$).

5. Se estimó una tasa de consumo de artrópodos de 26,73 kg año^{-1} por pareja nidificante de Carbonero común, la especie más favorecida por las actuaciones de este proyecto, en el supuesto de una recluta de cinco individuos y una tasa de supervivencia del 50%.

6. Teniendo en cuenta las parejas nidificantes de las diferentes especies y su recluta promedio, se obtuvieron unas cifras de consumo estimadas en las diferentes fincas que fue de 1.009,06 kg anuales en el caso de las 200 ha de viñedos de Abadía Retuerta.

7. Existen efectos positivos de las actuaciones de restauración ecológica estratégica diferentes a los de la regulación de plagas. Así, en las fincas de este proyecto se han registrado un total de 53 especies de aves, seis de ellas insectívoras, dos especies de anfibios que se reproducen y al menos 16 especies de odonatos que potencialmente pueden colonizar las charcas, así como 107 especies de hierbas en un seto plantado (15 de ellas perennes).

8. Las operaciones en campo de este proyecto fueron acompañadas de un programa de formación y capacitación de técnicos y agricultores y de educación ambiental que ha

incluido jornadas de voluntariado, jornadas de trabajo conjunto con operarios agrícolas, un ciclo de charlas técnicas, charlas en colegios y trabajos académicos de formación de estudiantes. Resaltamos el interés que ha despertado este proyecto en los diferentes colectivos a los que nos hemos dirigido.

9. Entre las actividades de difusión de resultados, consideramos relevante la marca registrada "Campos de Vida" de la FIRE, cuyo lema es "Producimos alimentos y biodiversidad", y que se ha asociado a los vinos de Abadía Retuerta y al aceite procedente de los olivares del mismo nombre.

REFERENCIAS CITADAS

Foley, JA, Ramankutty, N, Brauman, KA, Cassidy, ES, Gerber, JS, Johnston, M, Mueller, ND, O'Connell, C, Ray, DK, West, PC, Balzer, CB, Bennett, LM, Carpenter, SR, Hill, J, Monfreda, C, Polasky, S, Rockstrom, J, Sheehan, J, Siebert, S, Tilman, D & Zaks DPM. 2012. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478: 337–342.

Jedlicka, JA, Greenberg, R & Letourneau, DK. 2011. Avian conservation practices strengthen ecosystem services in California vineyards. *PLoS ONE* 6(11): e27347.

Mols, CMM. & Visser, ME. 2002. Great tits can reduce caterpillar damage in apple orchards. *Journal of Applied Ecology* 39: 888–899.

Rey Benayas, JM & Bullock, JM. 2012. Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems* 15: 883–889.

Rodríguez, L. y Rey Benayas, JM. 2014. Cómo instalar charcas artificiales. *Quercus* 337: 48-52.