EL OLIVAR Y LA BIODIVERSIDAD

La resistencia comportamental y su uso en la caracterización de los tipos de manejo del olivar

J. A. Gómez-Guzmán, F. J. García-Marín, J. M. Barragán Barrera, M. Sáinz-Pérez y R. González-Ruiz
(Universidad de Jaén. Dpto. de Biología Animal, Vegetal y Ecología).

Numerosos estudios se han destinado a los mecanismos de resistencia bioquímicos y fisiológicos que los pesticidas desencadenan en los insectos. No obstante, su incidencia en los cambios comportamentales y su potencial utilidad práctica han recibido escasa o nula atención, por lo que constituye el objetivo principal de este estudio. Para ello se han seleccionado olivares cuyo elemento diferenciador radica en la aplicación o no de plaguicidas (régimen convencional y ecológico, respectivamente), centrando la atención en algunas de las especies depredadoras más significativas. Se constata la existencia de un grupo de especies que pueden desarrollar resistencia comportamental cuando sus poblaciones son sometidas regularmente al uso de plaguicidas, en contraste con lo que ocurre en poblaciones presentes en cultivos ecológicos. No obstante, otro grupo de especies carecen de la posibilidad de defenderse de los plaguicidas mediante alteraciones de su comportamiento por cuanto su abundancia es considerablemente escasa. La posibilidad o no de presentar resistencia comportamental, conjuntamente con la aparición de especies del segundo tipo, permite establecer una relación inequívoca con el régimen de manejo al que está sometido el cultivo (ecológico, producción integrada, o régimen convencional).

INTRODUCCIÓN

La aparición de poblaciones de insectos resistentes a los insecticidas ha ocupado el centro de atención de numerosas investigaciones. Si bien la mayor parte de los estudios se han dirigido al estudio de los mecanismos de detoxificación a nivel bioquímico y/o fisiológico (Cardona y col., 2001; Bisset Lazcano y col., 2009; Couso Ferrer, 2012; Vila, 2005; Vila y Pérez de Sande, 2002; Morillo y Notz, 2007; Alyokhin y col. 2008), muy escasa atención se ha prestado a las respuestas conductuales que inducen en los insectos. Estas incluyen un conjunto de alteraciones que en conjunto proporciona la posibilidad de limitar su efecto perjudicial y representan un primer nivel de defensa respecto de los plaguicidas. Por una parte, las especies con esta capacidad muestran una tendencia a escapar y evitar así nuevos contactos con las superficies impregnadas (Carrero, 1996), lo que les permite limitar los efectos del plaguicida, en conjunto con otros síntomas pre-mortem, que incluyen movimientos espasmódicos, excitación e hiperactividad. Esta reacción de escape ha sido utilizada para la evaluación de la toxicidad sobre la comunidad de enemigos naturales de las plagas del olivar (Varela y González-Ruiz, 2000), ejercida por diferentes materias activas frecuentes en olivicultura convencional. Cabe destacar que entre las especies de enemigos naturales se ha constatado la existencia de un muy diferente comportamiento en los insectos frente a los tratamientos químicos, de los que solo una parte de ellos manifestó claramente poseer esta adaptación comportamental. En estos enemigos naturales, el efecto perturbador del tratamiento se reflejaba en un aumento en el número de efectivos capturados en trampas cromáticas utilizadas para su monitorización, respecto de lo que habría sido de esperar en zonas no tratadas, con independencia de su afinidad cromática. Dado que a la atracción cromática se suma el efecto de huida hacia las trampas (exentas de plaguicida) consecuencia de la alteración comportamental, en las especies con resistencia comportamental esta perturbación se refleja en un incremento en los niveles de captura en las trampas cromáticas. No obstante, el comportamiento anormal implica la ausencia de especificidad cromática, por cuanto se presentan en cualquier superficie adherente exenta del tóxico, independientemente del color. Por otra parte, un segundo grupo de enemigos naturales carecían de este tipo de adaptaciones, y en éstas el efecto del plaguicida se manifiesta en una reducción significativa en las superficies adherentes respecto de lo que habría sido de esperar y se mantiene la especificidad cromática. Sobre estas especies el efecto perturbador del tratamiento provoca un mayor 'efecto tumbador', por lo que resultan mucho más vulnerables a los tratamientos. Estas constataciones permitieron acuñar el término 'resistencia comportamental' (Varela y González-Ruiz, 1999b), el cual posteriormente ha atraído la atención de numerosos investigadores sobre una amplia gama de especies plaga y parásitos de animales. Su aplicación en el olivar ha permitido caracterizar a las diferentes especies de enemigos naturales en función de su vulnerabilidad a las diferentes materias activas de entre las que comúnmente suelen aplicarse en cultivos convencional e integrado (Varela y González-Ruiz, 1999b; González-Ruiz, 2011). No obstante, dadas las expectativas que abre este tipo de conocimiento, se plantea ahora determinar la respuesta comportamental de los enemigos naturales a los plaguicidas cuando sus poblaciones han estado libres de este tipo de lucha, como ocurre en el régimen de cultivo ecológico.

Foto 1. Vista general del olivar en régimen ecológico.

Foto 2. Vista general del olivar en régimen convencional.

Material y Métodos

1. Diseño experimental.

El estudio se ha llevado a cabo en olivares de la provincia de Jaén durante la primavera y el verano de 2016. Se seleccionaron dos modelos de olivares:

- Manejo convencional. En este olivar se aplican regularmente herbicidas de preemergencia, y las plagas se controlan mediante la aplicación programada de insecticidas organofosforados.

- Manejo ecológico. En este olivar no se aplica ningún tipo de producto químico sintético y se mantiene una cubierta herbácea adventicia durante el otoño, invierno y primavera. El control de plagas depende exclusivamente de la actividad entomófaga de los enemigos naturales.

En ambos olivares (tradicional y ecológico) se establecieron aleatoriamente tres pares de parcelas de 30 m x 30 m (900 m^2), cada una de ellas con 16 olivos y distanciadas más de 100 m entre sí. Para el tratamiento experimental se seleccionaron al azar tres de las parcelas de cada uno de los dos olivares (tradicional y orgánico), mientras que las restantes tres parcelas de cada olivar se consideraron parcelas control. Dado que en la primavera se lleva a cabo una de las dos aplicaciones de pesticidas más relevantes, en este caso su objetivo es la generación antófaga de *Prays oleae*, para el estudio nos hemos centrado en esta aplicación, habiéndose utilizado dimetoato (40%) durante la etapa fenológica FI (comienzo de la apertura de los botones florales), cuando el porcentaje de flores abiertas fue del 5% al 10%.

2. Muestreos.

Inmediatamente tras la aplicación del pesticida, se instalaron trampas adherentes cromáticas en los olivos de cada una de las seis parcelas (en el olivar tradicional y en el ecológico). Las trampas, de 20 cm x 14 cm de diámetro y color amarillo, se localizaron en el S-E de los olivos, a 1,70 cm del suelo, y fueron renovadas a intervalos de cinco días (7-12; 12-17; 17-22 y 22 -27 de junio). Tras ser retiradas, las trampas fueron examinadas en laboratorio, donde se procedió a la determinación taxonómica y cuantificación.

Resultados y Discusión

1. Depredadores capturados.

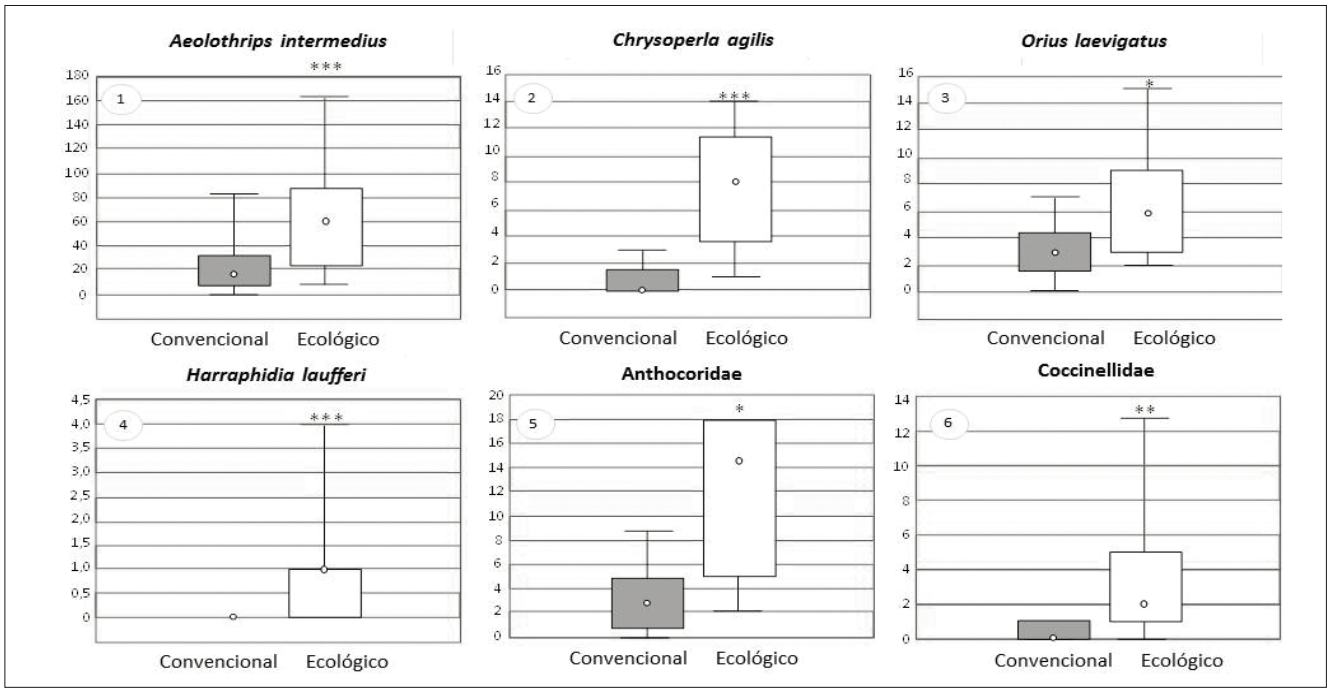
Un total de 4.439 ejemplares pertenecientes a diez especies de depredadores han sido identificados. El depredador más abundante (85%) ha sido *Aeolothrips intermedius* Bagnall (Thysanoptera: Aeolothripidae). Este depredador está presente en una amplia gama de cultivos (De Liñán Vicente, 1998; Nikolova y col., 2015), atacando a varias especies, tisanópteros preferiblemente, así como a ácaros fitófagos (De Liñán Vicente, 1998).

Los neuropteroides han representado un 5,4% del total de capturas. Entre ellos destacan *Chrysoperla agilis* (Neur., Chrysopidae) y *Harraphidia laufferi* (Navás, 1915) (Raph., Raphidiidae). Los hemípteros depredadores alcanzaron un 6% del total, y entre estos destacan *Anthocoris nemoralis* F., *Orius laevigatus* (Fieber) y *Temnostethus pusillus* (Horváth). Estas especies son comunes en una amplia gama de cultivos y tanto adultos como ninfas son considerados depredadores generales que consumen una gran variedad de plagas, incluyendo ácaros, trips, áfidos, pequeñas orugas, psílidos y moscas blancas. En una proporción inferior, las mariquitas (Col., Coccinellidae) y los sírfidos también fueron capturados respectivamente (2,3% y 0,7%).

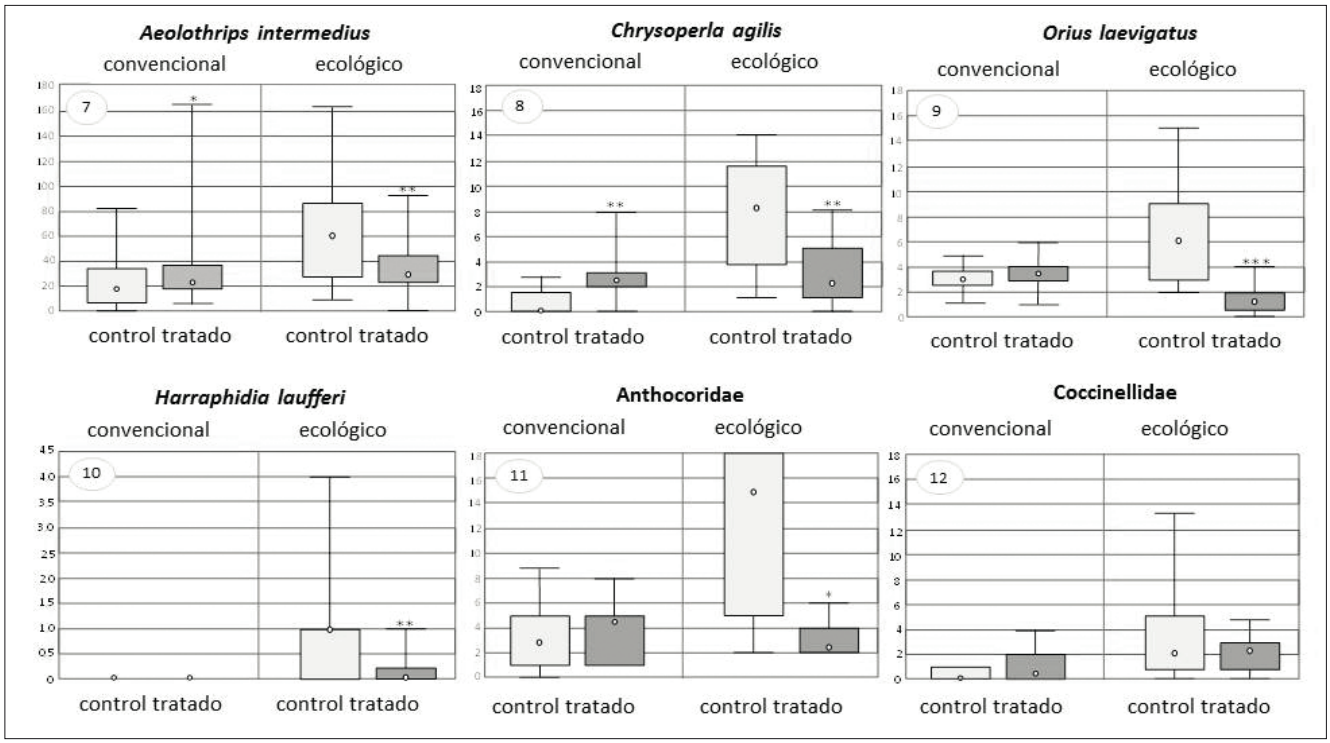
2. Influencia del manejo agrícola en la abundancia de depredadores.

Como se muestra en las Gráficas 1 a 6, en todos los casos (*Aeolothrips intermedius*; *Chrysoperla agilis*; *Harraphidia laufferi*; *Coccinella septempunctata*; *Orius laevigatus* y *Anthocoris nemoralis*) se observa una mayor abundancia en el olivar ecológico, consecuencia obvia de la ausencia de pesticidas. Esto se ha observado en *Aeolothrips intermedius*, *Coccinella septempunctata* (Nikolova y col., 2015) y en antocóridos (Pascual y col., 2014). Como se ha informado por diversos autores, las crisopas han mostrado capacidad de desarrollar resistencia fisiológica a los pesticidas (Pathan y col., 2008; Bozsik, 2010). A pesar de ello, nuestros resultados muestran una reducción significativa de su abundancia en el ecosistema tradicional, sometido a una aplicación regular de pesticidas.

La diferencia de abundancia entre los dos tipos de manejo de olivar comparados aquí es especialmente evidente en *Harraphidia laufferi*, la cual ha sido capturada solamente en las parcelas del olivar orgánico. Dado que sus larvas requieren de dos a tres años para su desarrollo completo (Rozas y González-Ruiz, 2013), esto la convierte en una especie particularmente vulnerable, por lo que su relativa



Gráficas 1 a 6. Parámetros estadísticos (mediana, máximo, mínimo e intervalo Q25-Q75) correspondientes a los depredadores capturados en las trampas adherentes de las parcelas control tanto del olivar convencional como ecológico. *Aeolothrips intermedius* (Figura 1), *Chrysoperla agilis* (Figura 2), *Orius laevigatus* (Figura 3), *Harraphidia laufferi* (Figura 4), *Anthocoris nemoralis* (Figura 5) y *Coccinella septempunctata* (Figura 6). Los asteriscos indican el nivel de significancia estadística [prueba de Mann-Whitney, p <0,05 (*); p <0,01 (**), p <0,001 (***)].



Gráficas 7 a 12. Parámetros estadísticos (mediana, máximo, mínimo e intervalo Q25-Q75) correspondientes a los depredadores capturados en las parcelas tratadas con insecticida tanto del olivar convencional como ecológico. *Aeolothrips intermedius* (Figura 7), *Chrysoperla agilis* (Figura 8), *Orius laevigatus* (Figura 9), *Harraphidia laufferi* (Figura 10), *Anthocoris nemoralis* (Figura 11) y *Coccinella septempunctata* (Figura 12). Los asteriscos indican el nivel de significancia estadística [prueba de Mann-Whitney, p <0,05 (*); p <0,01 (**), p <0,001 (***)].

escasez en comparación al resto de depredadores puede muy probablemente ser consecuencia de su mayor susceptibilidad a las aplicaciones de pesticidas.

3. Tratamientos experimentales con insecticidas: Inducción a la resistencia comportamental.

Los resultados de la aplicación experimental del insecticida indican dos situaciones opuestas.

i- **Manejo Convencional.** El nivel de captura de depredadores en las trampas de las parcelas tratadas es significativamente mayor que en las de control (Gráficas 7 a 12). Estos resultados concuerdan con lo observado en estudios previos, por lo que este incremento en las parcelas tratadas del olivar convencional se atribuye a la reacción de escape hacia zonas libres de insecticidas por insectos con resistencia comportamental (Varela y González-Ruiz, 2000).

ii- **Manejo Ecológico.** El número de capturas mostró una disminución significativa con respecto a las parcelas de control. Por lo tanto, dos comportamientos completamente diferentes se muestran para las mismas especies de depredadores, como *A. intermedius* y *Ch. agilis*, dependiendo de la gestión agrícola (gráficas 7 y 8), lo que se debe muy probablemente a su diferente grado de susceptibilidad a los plaguicidas. En el caso de los crisópidos, su amplia gama de resistencia a los plaguicidas ha sido frecuentemente constatada (Venkatesan y col., 2009), indicándose que la resistencia varía según el origen geográfico de los individuos de una misma especie, lo que según nuestras observaciones podría deberse a las prácticas agrícola aplicadas en la zona fuente, y por lo tanto a la presión de selección ejercida en el ecosistema de procedencia.

Conclusiones

Destacamos que todas las especies de depredadores son significativamente más abundantes en el cultivo ecológico. Entre estos, constatamos que las especies que presentan resistencia comportamental en régimen de cultivo convencional se muestran no obstante más vulnerables a los tratamientos cuando su hábitat no es objeto de la aplicación regular de pesticidas. Se desprende de ello que bajo un régimen convencional estas especies tienen la posibilidad de desarrollar mecanismos de resistencia comportamental como un proceso de adaptación a la aplicación sistemática de pesticidas, si bien su abundancia en estos cultivos es inferior a la que presentan en cultivos no tratados.

Por otra parte, cabe destacar que para un segundo tipo de enemigos naturales, entre los que se encontrarían rafidiópteros y antocóridos, la aplicación sistemática de plaguicidas, por el contrario, no parecer inducir modificaciones de su comportamiento que les permitan escapar del tóxico, lo que las convierte en significativamente más vulnerables, incapaces de desarrollar este tipo de adaptaciones. Especialmente notable es el caso de los rafidiópteros, ausentes por completo en cultivos tratados regularmente, lo que les convierte en excelentes bioindicadores de cultivos orgánicos.

BIBLIOGRAFÍA

Cardona, C.; Rendón, F.; García, J.; López-Ávila, A.; Bueno, J. y Ramírez, J. 2001. Resistencia a insecticidas en *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en Colombia y Ecuador. Revista Colombiana de Entomología, vol. 27(1-2), pp. 33-38.

Bisset Lazcano, J. A.; Rodríguez, M.M.; San Martín, J. L.; Romero, J.E. y Montoya, R. 2009. Evaluación de la resistencia a insecticidas de una cepa de *Aedes aegypti* de El Salvador.

Couso Ferrer, F. 2012. Bases moleculares de la resistencia a insecticidas en la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Doctoral dissertation, Agrónomos.

Vila, L. M. T. 2005. La resistencia insecticida de *Helicoverpa armigera* Hübner en España: un enfoque agroecológico. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, vol. 173, pp. 51-57.

Vila, L. M. T. y Pérez de Sande, J. 2002. Prospección de la resistencia insecticida al dimetoato en la mosca del olivo Bactrocera oleae Gmelin (Diptera: Tephritidae) en Extremadura. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, vol. 28, pp. 281-286.

Morillo, F. y Notz, A. 2007. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. Entomotropica, vol. 16(2), pp. 79-87.

Alyokhin, A.; Baker, M.; Mota-Sanchez, D.; Dively, G. y Grafius, E. 2008. Colorado potato beetle resistance to insecticides. American Journal of Potato Research, vol. 85(6), pp. 395-413.

Carrero, J. M. 1996. Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 256.

Varela, J. L. y González-Ruiz, R. 1999b. Bases metodológicas para la evaluación del impacto ocasionado por los insecticidas sobre los enemigos naturales de las plagas del olivo. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, vol. 111-112-115, pp. 15-23.

González-Ruiz, R. 2011. Atracción cromática y resistencia comportamental: un método para la determinación de especies bioindicadoras del olivar. Comunicación VII Congreso Nacional de Ent. Aplicada. XII Jornadas Científicas de la SEEA. Univ.Int.Baeza, Jaén.

Varela, J. L. y González-Ruiz, R. 2000. La lucha química contra *Prays oleae* (Lep., Yponomeutidae) y su influencia en los enemigos naturales de las plagas del olivar. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, vol. 115.

De Liñán Vicente, C. 1998. Entomología Agroforestal. Ed. Agrotécnicas, S. L. Madrid. pp. 1294.

Nikolova, I.; Georgieva, N. y Tahsin, N. 2015. Of neem and pyrethrum products applied alone and in combination with different organic products to some predators and their population density. Romanian Agricultural Research, vol. 32, pp. 291-301.

Bozsik, A. 2010. Pesticide testing on adults of the *Chrysoperla carnea*-complex (neuroptera: Chrysopidae) and the sibling species problem in the toxicology of common green lacewings. 2008 Proceedings of the Thenth International Symposium on Neuropterology. Maribor, Slovenia, pp. 113-120.

Rozas, L. y González-Ruiz, R. 2013. Primeros datos sobre la influencia de las cubiertas vegetales en la presencia de Raphidioptera (Insecta: Neuropteroidea) en olivares de Jaén. XVI Scientific-Technical Symposium on Olive Oil. Fundación del Olivar.

Pascual, S.; Cobos, G.; Seris, E. y González-Nuñez, M. 2014. Spinosad bait sprays against the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Rossi): effect on the canopy non-target arthropod fauna. International Journal of Pest Management, vol. 60(4), pp. 258-268.

Pathan, A. K.; Sayyed, A. H.; Aslam, M.; Jilani, G. y Saleem, M. A. 2008. Evidence of Field-Evolved Resistance to Organophosphates and Pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Journal of Economic Entomology, vol. 101 (5), pp. 1676-1684.

Venkatesan, T.; Jalali, K.; Murthy, K. S.; Rabindra, R. J. y Lalitha, Y. 2009. Ocurrence of insecticide resistance in field populations of *Chrysoperla zastrowi arabica* (Neuroptera: Chrysopidae) in India. Indian Journal of Agricultural Science, vol. 79 (11), pp. 910-912.