

Efectos de las técnicas conservacionistas sobre la fauna del suelo y fitófagos

El resultado de cada caso es impredecible, por lo que requiere su estudio particular

En las técnicas de no laboreo y laboreo mínimo, además de provocar un cambio a nivel del suelo de la parcela, se aumentan los restos de cosecha en superficie y la cantidad de malas hierbas en algunos cultivos. Esto afecta a los elementos biológicos del ecosistema y puede causar efectos indeseados que se han de prevenir, como son el riesgo de aparición de nuevas plagas o la mayor incidencia de las ya conocidas.

E. Vargas Osuna.

Entomología Agroforestal. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Edificio Celestino Mutis. Campus de Rabanales. Universidad de Córdoba.

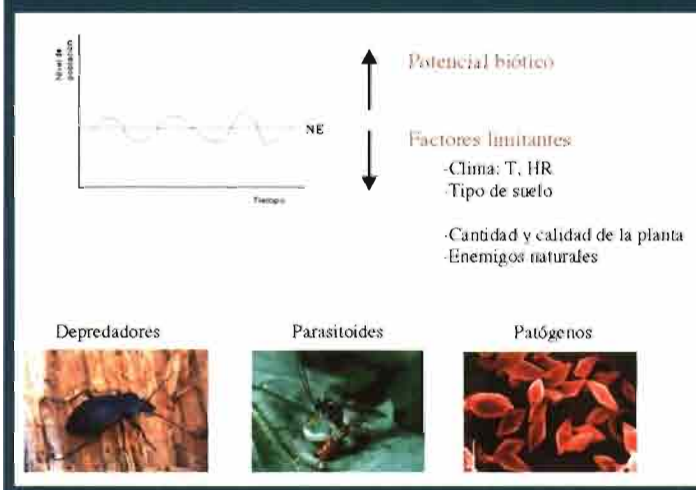
Los ecosistemas están constituidos por grupos de poblaciones interdependientes de plantas, animales y microorganismos que comparten un medio físico común y forman una estructura trófica completa. El principio de cualquier cadena trófica es un organismo autótrofo o productor primario, generalmente un vegetal que transforma por fotosíntesis la energía procedente de una fuente abiótica en moléculas orgánicas. El resto de los organismos de la cadena trófica se conocen como heterótrofos y dependen para su suministro energético de las moléculas orgánicas ricas en energía producidas por los autótrofos.

El primer heterótrofo de la cadena trófica es un herbívoro, le sigue una serie de carnívoros que se alimentan de éste o de otro carnívoro y, finalmente, el último heterótrofo es un organismo descomponedor, que juega un papel importante en la transformación de la materia vegetal y animal muerta en nutrientes para su utilización por los organismos autótrofos. La cadena trófica no es lineal y simple. En realidad, cada planta o animal, independientemente de su nivel trófico, no tiene sólo uno sino varios organismos diferentes que pueden alimentarse de él. Además, la mayoría de los animales se alimentan de distintos organismos y, por tanto, pueden situarse en dos o más niveles tróficos a la vez. Todas estas relaciones tróficas constituyen una estructura compleja que caracteriza a los ecosistemas naturales.

En los ecosistemas no alterados, las comunidades de plantas y animales interactúan entre sí y con el medio físico o abiótico de forma compleja. Según un axioma de la ecología, las comunidades complejas tienden a ser estables porque incorporan muchos elementos que se controlan entre sí produciendo un equilibrio en el que ninguna de las especies es capaz de destacar en abundancia (Altieri, 1994). En los ecosistemas agrícolas se reduce la biodiversidad natural, por lo que se simplifican y se hacen menos estables.

Si nos referimos a una especie de insecto en un ecosistema, se observa que sus niveles poblacionales sufren oscilaciones a lo largo del tiempo, generalmente, alrededor de una media o nivel de equilibrio constante por largos períodos de tiempo. Estas oscilaciones se originan por el continuo e intenso enfrentamiento entre el potencial biótico de la especie y la resistencia del ambiente o ecorresistencia (Price, 1975). Los factores de ecorresistencia pueden ser abióticos (tipo de suelo, temperatura, humedad, lluvia, viento, espacio) o bióticos (enemigos naturales, resistencia del vegetal, cantidad de alimento). La mayoría de los ecólogos están de acuerdo en que los factores principales que limitan tales oscilaciones temporales son los llamados dependientes de la densidad, entre los que destacan los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y patógenos) que actúan incluso con bajos niveles poblacionales de la especie considerada (figura 1).

FIGURA 1.
Fluctuaciones poblacionales de los fitófagos y factores que limitan su crecimiento.

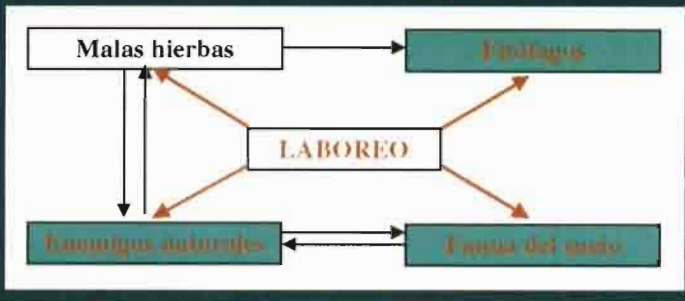


La agricultura de conservación y las plagas

La agricultura de conservación incorpora un conjunto de técnicas que incluyen el laboreo mínimo o no laboreo con objeto de reducir la erosión, conseguir una mayor eficiencia en el uso del agua y disminuir los costes de producción. Este cambio medioambiental, junto a la mayor disponibilidad de restos de cosecha y de malas hierbas en muchos de los cultivos, afectará a los elementos biológicos del ecosistema y puede causar efectos inde-

FIGURA 2.

Esquema de la influencia del laboreo sobre componentes de un agroecosistema y sus interacciones.



seados que se han de prevenir. Entre éstos se encuentra el riesgo de aparición de nuevas plagas o la mayor incidencia de las ya conocidas.

El sistema de laboreo, además del posible efecto directo sobre las poblaciones de fitófagos, puede tener un efecto indirecto al afectar a sus enemigos naturales (Brust *et al.*, 1986). Asimismo, muchos de los recursos alimenticios de esta fauna auxiliar proceden de fuentes distintas a los fitófagos, tales como malas hierbas y artrópodos detritívoros presentes en el suelo, los cuales a su vez son afectados por el laboreo (Castro *et al.*, 1996). Estas interacciones quedan representadas esquemáticamente en la **figura 2**.

Efectos en la fauna del suelo

La fauna del suelo está constituida por:

- 1) Microorganismos (bacterias, protozoos, nematodos) que utilizan compuestos orgánicos de bajo peso molecular.
- 2) Mesofauna (Colémbolos, Proturos, Dipluros y Ácaros), que viven en el sistema de poros del suelo y se alimentan de hongos, partículas minerales, material vegetal en descomposición o son depredadores de otros artrópodos.
- 3) Macrofauna (Gasteropoda, Lumbricidae, Arachnida, Iso-poda, Myriapoda, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera), que se encuentran entre los microagregados del suelo alimentándose de la fauna y flora, así como de materia orgánica. Tienen la capacidad de remover el suelo y, por tanto, afectan a la porosidad y al movimiento de agua y aire.

La gran mayoría de las especies que constituyen la llamada "fauna del suelo" son beneficiosas para la agricultura y contribuyen a la formación del suelo y a la movilización de nutrientes. Artrópodos y otros invertebrados saprófagos colaboran en la descomposición de los restos vegetales, directamente a través de la ingestión, digestión y redistribución de la materia orgánica, e indirectamente al influir en la dinámica de los hongos y bacterias (Moore *et al.*, 1988).

Las labores agrícolas influyen directamente sobre la fauna presente en el suelo afectando físicamente al organismo, pero también pueden influir de forma indirecta modificando la cantidad de los restos de cosecha o regulando las poblaciones de malas hierbas. De forma general, podemos afirmar que el laboreo afecta poco a las especies de microfauna del suelo con ciclos de vida cortos, dispersión rápida y tamaño pequeño; sin embargo, hace disminuir de forma muy grave a otros grupos, tales como las poblaciones de arácnidos, muchos insectos y lombrices, que utilizan el suelo como hábitat al menos durante par-

te de su ciclo biológico (Edwards y Lofty, 1978).

Los gasterópodos, isópodos y miriápodos son los grupos de la macrofauna más favorecidos por el laboreo de conservación, debido a que los restos de cosecha permanecen disponibles en la superficie del suelo y no se altera la estructura física, facilitando así su movimiento (Holland, 2004).

Hay considerable evidencia de que las poblaciones de lombrices de tierra se ven afectadas directamente por el laboreo, pero el impacto varía entre especies y según los tipos de suelo y clima (Chan, 2001). El laboreo mínimo puede causar una mayor abundancia de lombrices y de su actividad (MacKay y Klavdivko, 1985), siendo este efecto de gran interés por el papel principal que representan estos anélidos en la descomposición y distribución de la materia orgánica y en las características físicas del suelo.

Efectos sobre las poblaciones de fitófagos

Cuando se empezó a desarrollar la agricultura de conservación existía la incógnita de si este cambio medioambiental en los agroecosistemas podría producir un mayor riesgo de aparición de plagas, especialmente de aquéllos que pasan todo o parte de su ciclo biológico en el interior o sobre la superficie del suelo.

En general, las labores suelen afectar negativamente a los fitófagos que habitan en el suelo, ya que además del daño directo producido por los aperos, los exponen a condiciones climáticas más extremas. Sin embargo, las labores también pueden perjudicar a los enemigos naturales de estos fitófagos, que constituyen un importante factor de mortalidad natural. La influencia del laboreo en los daños causados por invertebrados ha sido revisada por Stinner y House (1990); de 51 especies fitófagas de diferentes regiones del mundo, el 28% incrementaron sus daños al reducir el laboreo, el 29% no se vieron afectadas y el 43% disminuyeron los daños. Según se desprende de ésta y otras revisiones (Ferrer-Castel, 1997), el resultado de cada caso es impredecible, por lo que requiere su estudio particular.

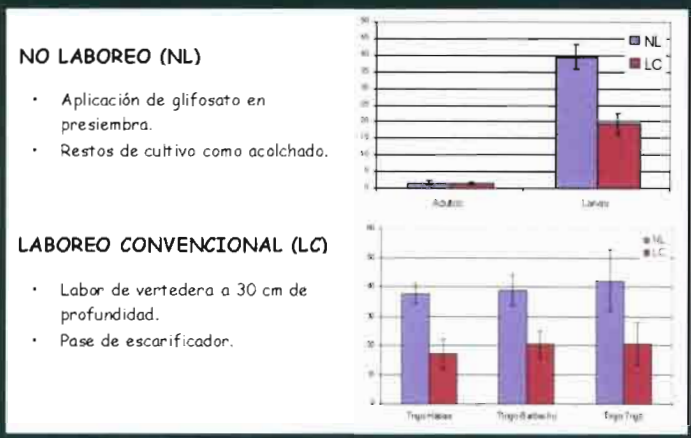
Resultados de los ensayos realizados

En un ensayo de larga duración en parcelas de secano de la campiña de Córdoba sometidas a distintas condiciones de laboreo y rotaciones de cultivo, se ha estudiado la evolución de las poblaciones de fitófagos en los cultivos de trigo, girasol, habas y garbanzo. La única especie que presentó una mayor incidencia en las parcelas de no laboreo fue el trips de los cereales (*Haplothrips tritici*), que mostró un incremento significativo (**figura 3**) en el número de larvas por espiga (Ortiz *et al.*, 1999), coincidiendo con otros estudios (Bielza *et al.*, 1996) en los que se ha encontrado una mayor incidencia de larvas de esta especie en trigos bajo condiciones de no laboreo.

Las babosas pueden requerir medidas de control cuando se adopta el laboreo de conservación (Glen *et al.*, 1996), especialmente si se incorporan al suelo los restos de cosecha. Estos moluscos gasterópodos (**foto 1**) se alimentan principalmente de tejidos vegetales, aunque también pueden consumir deyecciones animales, son de actividad nocturna y sus niveles poblacionales se ven favorecidos por condiciones de alta humedad del aire, alta humedad del suelo (en la capa superficial de cinco centímetros), temperatura entre 15 y 20°C, suelos con alto contenido de materia orgánica, con residuos vegetales y mínimo laboreo (Castillejo, 1996). Los inviernos suaves favorecen la su-

FIGURA 3.

Incidencia del trips de los cereales (*Haplothrips tritici*) en trigos de secano en un ensayo de larga duración en la Campiña del Guadalquivir.



pervivencia de los huevos y las pequeñas babosas, mientras que los inviernos fríos y secos pueden reducir drásticamente las poblaciones. Tienen numerosos depredadores, entre los que destacan las aves, muchos mamíferos (topos y ratas) y los sapos, las ranas y los lagartos. Sin embargo, no parece que ninguno de ellos ejerza una influencia decisiva en la regulación de las poblaciones de babosas cuando las condiciones ambientales les son favorables.

Para impedir la proliferación de babosas se pueden emplear diferentes medios de lucha combinados:

- 1) Trampas construidas utilizando materiales que conserven bien la humedad como, por ejemplo, tejas planas, sacos de plástico o de pita, cartón mojado.
- 2) Lucha biológica, como la practicada en Gran Bretaña y Suiza, en donde se tratan las zonas infestadas de babosas con el nematodo parásito *Phasmarhabditis hermaphrodita*. Este método es difícil de aplicar a zonas extensas y se usa poco a causa de su elevado coste.
- 3) Lucha química, por medio de cebos granulados que contienen molusquicidas como el metaldehído y los carbamatos mercaptodimethur y tiodicarb.

Efectos sobre las poblaciones de parasitoides y depredadores de los fitófagos

El suelo soporta una amplia diversidad de artrópodos depredadores, (principalmente Coleoptera y Arácnida) que son vulnerables a las labores, bien al causar mortalidad directa, bien al modificar el hábitat y la disponibilidad de sus presas. El laboreo de conservación, además de favorecer a estos grupos de insectos, mantiene el material vegetal en el suelo y retiene la materia orgánica, por lo que incrementa los organismos saprófagos, de los cuales dependen estos depredadores.

Los coleópteros de la familia *Carabidae* son los más estudiados debido a su abundancia y presencia en muy diferentes agroecosistemas. La mayoría de los estudios indican que el laboreo de conservación tiene un efecto favorable para la supervivencia de muchas de estas especies (Cole *et al.*, 2002), pudiendo incre-

mentar sus poblaciones hasta cuatro veces con respecto al laboreo convencional (Stinner y House, 1990).

Brust *et al.* (1986) encontraron una disminución significativa de plantas de maíz atacadas por gusanos grises (*Agrotis ipsilon*) debido a la conservación de sus depredadores mediante sistemas de no laboreo. Entre estos depredadores se encontraban coleópteros (carábidos y estafilínidos), himenópteros y arácnidos. Asimismo, se ha observado que en cultivos de maíz bajo condiciones de laboreo mínimo *Meteorus rubens*, parasitoide de la rosquilla gris (*Agrotis segetum*), vive más tiempo, ataca más huéspedes y se reproduce más activamente en presencia de ciertas malas hierbas (Foster y Ruesink, 1984).

La presencia de plantas espontáneas o de cubierta vegetal en cultivos perennes (foto 2) puede contribuir también al control biológico de las plagas, al beneficiar a parasitoides que utilizan estas plantas herbáceas como fuente de alimento o como refugio (Norris y Kogan, 2000). Al mismo tiempo, en la cubierta vegetal se mantiene un cierto número de especies de insectos, que pueden servir como alimento alternativo para depredadores y parasitoides (Altieri, 1999).

La lucha contra las plagas

En agricultura de conservación los métodos de control de las plagas no difieren de los utilizados en agricultura convencional, por lo que sigue las pautas de la lucha integrada. En la agricultura actual, la protección de los cultivos ante el ataque de fitófagos se caracteriza por un enfoque ecológico del problema de las plagas y de la forma de luchar contra ellas.

El desarrollo de tal estrategia requiere previamente:

- 1) Conocer las plagas principales y potenciales del cultivo, es decir, los fitófagos que están causando o pueden causar daños con repercusión económica.
- 2) Estudiar la dinámica de sus poblaciones, sus fluctuaciones estacionales y periódicas, así como los factores medioambientales que intervienen en dichas oscilaciones.
- 3) Establecer programas de lucha contra las plagas principales en donde tengan preferencia los métodos culturales y bio-



Foto 1. Las babosas pueden requerir medidas de control específicas en agricultura de conservación.

cultivos "SIN"

Sin sorpresas, sin comparación, sin excusas, sin trampa ni cartón, sin gastos añadidos, sin complicaciones, sin trabajo extra, sin sustos, sin problemas, sin improvisaciones, sin ninguna duda:

Sin malas hierbas

NUEVO

**TOUCHDOWN
PREMIUM**

System

**4
TECHNOLOGY**



El herbicida cargado de tecnología.

syngenta



Foto 2. La presencia de cubierta vegetal en el olivar puede contribuir al control biológico de las plagas.



Foto 3. Larva de noctuido infectada por el hongo *Beauveria bassiana*, un patógeno que se ve favorecido en suelos que mantienen una mayor humedad y restos de cosecha.

lógicos sobre los métodos químicos, que en todo caso consistirán en la utilización de insecticidas selectivos y con el menor impacto medioambiental, los cuales serán aplicados teniendo en cuenta los umbrales de intervención.

Las modificaciones de las condiciones ambientales originadas por la agricultura de conservación pueden influir en el impacto medioambiental de los pesticidas. Diferentes estudios han puesto de manifiesto que la adsorción y degradación de los pesticidas en el suelo es mayor y más rápida en laboreo de conservación debido al mayor contenido en materia orgánica. Además, las más altas tasas de infiltración y la presencia de los restos de cosecha asegurará una reducción de la escorrentía y pérdida del sedimento y, por tanto, reducirá el riesgo del transporte directo de los pesticidas a corrientes de agua. Sin embargo, esto depende también de las características del suelo y de las precipitaciones de la zona (Holland, 2004).

El control biológico de plagas mediante algunos organismos de suelo, como nematodos y hongos entomopatógenos, pueden encontrar mejores condiciones de persistencia y de eficacia en suelos que mantienen una mayor humedad y restos de cosecha. Así, por ejemplo, el inóculo natural del hongo *Beauveria bassiana* es mayor en sistemas de no laboreo que en laboreo convencional (Sosa-Gomez y Moscardi, 1994), por lo que el de-

sarrollo de programas de lucha integrada con la aplicación al suelo de este patógeno puede tener eficacia en sistemas de laboreo de conservación.

En resumen, el control de plagas en sistemas de laboreo de conservación puede requerir la aplicación de métodos de lucha sobre nuevos problemas de plagas. Pero también ocurre que otras plagas van a ser mejor controladas por sus enemigos naturales (parasitoides, depredadores y patógenos) al ser favorecidos por la agricultura de conservación. Por lo tanto, el resultado global en cada cultivo es difícil de predecir sin el estudio previo de los principales componentes y de sus interacciones. ■

Agradecimientos

Deseo agradecer a Carmen Yolanda Terrazas su colaboración en la recopilación de información bibliográfica.

Bibliografía

- Altieri, M.A. 1994. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Haworth Press, New York, 185 pp.
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 19-31.
- Bielza, P., Torres-Vila, L.M. y Lacasa, A. 1996. Efecto del laboreo en la supervivencia de las larvas invernantes de *Haplothrips tritici* Kurd. (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Bol. San. Veg. Plagas* 22: 289-295.
- Brust G.E., Stinner B.R. y McCartney D.A. 1986. Predator activity and predation in corn agroecosystems. *Environ. Entomol.* 15: 1017-1021.
- Castillejo, J. 1996. Las babosas como plagas en la agricultura: claves de identificación y mapas de distribución. *Revista de la Real Academia Galega de Ciencias*, 93-142.
- Chan, K.Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. *Soil Till. Res.* 57, 179-191.
- Cole, L.J., McCracken, D.I., Dennis, P., Downie, I.S., Griffin, A.L., Foster, G.N, Murphy, K.J., Waterhouse, T. 2002. Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 323-336.
- Edwards, C.A. y Loft, J.R. 1978. The influence of arthropods and earthworms upon root growth of direct drilled cereals. *J. Appl. Ecol.* 15: 789-795.
- Fereres Castiel A. 1997. Control de insectos-plaga en el laboreo de conservación. En: *Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos*. (L. García Torres y P. González Fernández, Eds.). AELV/SV. Córdoba. pp.145-155.
- Glen, D.M., Wiltshire, C.W., Walker, A.J., Wilson, M.J., Shewry, P.R., 1996. Slug problems and control strategies in relation to crop rotations. *Aspects Appl. Biol.* 47, 153-160.
- Foster, M.A. y Ruesink, W.G. 1984. Influence of flowering weeds associated with reduced tillage corn: a black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoid, *Meteorus rubens* (Nees von Esenbeck). *Environ. Entomol.*, 13: 664-668.
- Holand, J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103: 1-25.
- MacKay, A.D. y Kladvik, E.J. 1985. Earthworms and rate of breakdown of soybean and maize residues in soil. *Soil. Biol. Biochem.* 17: 851-857.
- Moore, J.C., Walter, D.E. y Hunt, H.W. 1988. Arthropod regulation of micro and mesobiota in below-ground detrital food webs. *Annu. Rev. Entomol.* 73:419-439.
- Norris, R.F. y Kogan, M. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Sci.*, 48:94-158.
- Ortiz J.F., López Bellido L. y Vargas Osuna E. 1999. Influencia del sistema de laboreo y de la rotación de cultivos en las poblaciones de *Haplothrips tritici* Kurd. (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en condiciones de secano mediterráneas. Congreso Nacional de Entomología Aplicada. VII Jornadas Científicas de la SEEA Almería, 8-12 Noviembre.
- Price, P.W. 1975. *Insect Ecology*. John Wiley & Sons. New York.
- Sosa-Gomez, D.R. y Moscardi, F. 1994. Effect of till and no-till soybean cultivation on dynamics of entomopathogenic fungi in the soil. *Fla. Entomol.*, 77: 284-287.
- Stinner B.R. y House G.J. 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 299-318.