

IMPACTO DEL LABOREO CONVENCIONAL FRENTE A LA SIEMBRA DIRECTA EN LOS ORGANISMOS DEL SUELO

La biodiversidad del suelo agrario bajo técnicas de agricultura de conservación

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza cuya diversidad podría ser mayor que la de las especies que viven fuera de la tierra. Se hace difícil entender hoy en día un sistema de manejo de suelo que no sea el defendido por la agricultura de con-

servación, cuyo fundamento considere la importancia de dicho recurso y se centre en mantener su estructura, profundidad, fertilidad, fauna y microflora, mejorando con ello a largo plazo la rentabilidad de las explotaciones.

**Antonio Santos Rufo¹ y
Elena Carrasco Segovia².**

¹Ingeniero Agrónomo. ²Licenciada en Biología.
Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos.

Los conocimientos locales en materia de biodiversidad y gestión de los recursos naturales han permitido a los seres humanos subsistir en condi-

ciones ambientales adversas durante toda la historia. Actualmente, numerosas investigaciones centradas en la obtención de nuevas medidas no químicas para la desinfección de suelo, han llegado a la conclusión de la existencia en el mismo de manera natural de organismos, como son los hongos entomopatógenos y multitud de depredadores y parasitoides, que se encargan de realizar un control biológico natural sobre los principales insectos

que interfieren con las plantas cultivadas. Algunos de estos organismos han comenzado a comercializarse, debido al alto potencial para el control de plagas que guardan. A pesar de ello, en las prácticas y estrategias de manejo de suelo raramente se considera y aprovecha la actividad biológica del suelo, y en muchos de los casos únicamente se hacen recomendaciones de tipo intuitivo. Por ello es necesario un mayor conocimiento del tipo de organismos que lo habitan, de su papel en el control de las principales plagas y en los procesos edáficos de interés para la agricultura, del impacto que suponen las operaciones agrícolas en la estructura del suelo y de la función de dicha actividad biológica del suelo. Este tipo de información es fundamental para el desarrollo de un sistema agrícola sostenible con un impacto ambiental reducido.

Importancia del suelo en los agroecosistemas

Según el Departamento de Agricultura y de Protección al Consumidor de la FAO (*Agriculture and Consumer Protection Department*, 2008) los agroecosistemas son ecosistemas en los que el ser humano ha ejercido deliberadamente una selectividad sobre la composición de los organismos vivos, y a diferencia de los ecosistemas no gestionados, se han alterado en forma intencional y a



guna etapa de su vida en el suelo, como son los insectos geófilos, dentro de los cuales, merece la pena comentar, se incluyen insectos fitófagos como es la mosca del olivo, *Bactrocera oleae* (Gmelin), díptero geófilo de la familia Tephritidae (foto 1).

▶ **Microfauna.** Con una longitud media menor de 0,2 mm, viven en poros y espacios saturados de agua, utilizando compuestos orgánicos de bajo peso molecular y algunos actuando como enemigos naturales de ciertos artrópodos, como es el caso de los nematodos entomopatógenos mediante las bacterias que portan en asociación simbiótica. Incluyen: protozoos, nematodos y resto de invertebrados que cumplan con dichos requisitos.

▶ **Microflora.** Utilizan compuestos orgánicos de bajo peso molecular y algunos, como son los hongos entomopatógenos, son enemigos naturales de ciertos artrópodos. Dichos hongos, según Keller y Zimmerman (1989, citado por Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez, 2008) su hábitat natural es el suelo, en el que constituyen un componente importante de la microflora, como demostró el estudio realizado por Quesada-Moraga et al. (2007), quienes observaron en la Península Ibérica y los archipiélagos balear y canario, que *Beauveria bassiana* y *Metarizium anisopliae* son especies características en suelos de ecosistemas tanto cultivados como naturales. Se incluyen en este grupo a bacterias, hongos y algas verdes.

La fauna del suelo, como observamos, está compuesta por un gran número de organismos que permanecen una parte o la totalidad de su ciclo de vida en el terreno. La mayoría de los grupos de dicha fauna son beneficiosos para la agricultura, a excepción de los que interfieren con las plantas cultivadas, contribuyen a la formación del suelo, a la movilización de nutrientes y al control biológico natural de aquellas especies de insectos que interfieren con las plantas cultivadas, y que cuyas plagas son un claro factor limitante. Este es el caso del control natural que ejercen en olivar, como ahora veremos, los hongos entomopatógenos como *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre la mosca del olivo *B. oleae* (Gmelin), díptero geófilo considerado por muchos autores como el peor enemigo de dicho cultivo.



Foto 1. Pupas de la mosca del olivo semienterradas en el suelo.

Papel funcional de la fauna del suelo

Lavelle (1997; citado por Kladvik, 2001) distingue tres grupos en los que engloba los organismos de la clasificación anterior, y establece su papel funcional a nivel físico-químico y biológico. Aparte se incluye un cuarto grupo en el que incluiremos depredadores, parasitoides y entomopatógenos:

▶ **Transformadores de restos,** que incluyen mesofauna y artrópodos de gran tamaño.

■ A nivel químico, fragmentan e ingieren residuos orgánicos de modo exclusivo y dan inicio al proceso de degradación de materia orgánica.

■ A nivel físico, no contribuyen a la mezcla de material mineral y orgánico por lo que su impacto en la estructura física del suelo es limitado.

▶ **Ingenieros del ecosistema,** principalmente forman este grupo las lombrices, termitas y hormigas:

■ A nivel químico, ingieren una mezcla de material orgánico y mineral, excretando residuos órgano-minerales.

■ A nivel físico, debido a su actividad (creación de galerías y nichos, excreción de residuos), tienen un importante efecto en la estructura del suelo. Los cambios físicos que producen modifican la disponibilidad o acceso de recursos a otros organismos:

○ **Agregación:** incrementan la agregación del suelo mediante la creación de estructuras órgano-minerales.

○ **Porosidad:** debido a su actividad excavadora aumentan la porosidad de los suelos y, por tanto, el flujo de agua

y aire. Como consecuencia se favorece el desarrollo radicular, la infiltración de agua y disminuyen los problemas de compactación.

▶ **Microdepredadores y microflora.** Incluye la microflora y sus depredadores, la microfauna:

■ A nivel químico, la microfauna regula los niveles poblacionales de bacterias y hongos y, por tanto, tiene un efecto directo en la liberación de nutrientes minerales por parte de estos organismos, capaces de degradar los sustratos orgánicos de mayor complejidad y persistencia.

■ A nivel físico, tienen impacto muy limitado fundamentalmente basado en la creación de microporos.

▶ **Depredadores, parasitoides y entomopatógenos.** Incluye a todos los grupos, depredadores (macro y mesofauna, p. ej. coleópteros y arácnidos como los ácaros fitoseidos), parasitoides (macrofauna, p. ej. himenópteros y dípteros) y entomopatógenos (microflora y microfauna, p. ej. nematodos y hongos).

■ A nivel biológico, los depredadores, parasitoides y entomopatógenos regulan los niveles poblacionales de muchos insectos perjudiciales para la agricultura. Tanto es así, que estudios recientes ponen de manifiesto el potencial de los tratamientos del suelo con ciertas especies de nematodos y hongos para el control de especies de insectos geófilos nocivos para la agricultura, como es la mosca del olivo (*B. oleae* Gmelin), como ya se ha comentado, y el gusano cabezudo (*Capdionis tenebrioinis* L.). En concreto, según Santiago-Álvarez y Quesada-Moraga (2007) para los tratamientos contra el primero de ellos debajo de la copa del árbol y dirigidos a las larvas de tercera edad próximas a pupación, resultan especialmente idóneos los hongos entomopatógenos antes comentados. Como nota, saber que actualmente los micoínsecticidas comercializados están basados en un número restringido de especies de hongos entomopatógenos como *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *B. brongniartii*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium longisporum*, *L. muscarium* (Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez, 2008).

Efecto de las prácticas agrícolas sobre la biodiversidad

La mayoría de los estudios realizados suelen centrarse sobre un grupo concreto de organismos (**figura 3**) y raramente existen datos a largo plazo o completos sobre el efecto de una práctica en la actividad biológica del suelo. Las investigaciones sobre el impacto del laboreo en los organismos edáficos constituyen la excepción. Wardle (1995; citado por Kladviko, 2001) llevó a cabo una revisión detallada de los resultados de 106 estudios que trataban el impacto de dos sistemas de laboreo (convencional y agricultura de conservación) en las distintas poblaciones de organismos presentes en el suelo. Los resultados se resumen en:

- La microflora presentó mayor biomasa en el no laboreo en la mayor parte de los casos. Wardle (1995) observó una tendencia a una mayor actividad bacteriana en la superficie del suelo en laboreo convencional, y de

carácter fúngico en el no laboreo, quizás debido a la mayor humedad y restos de cosecha que presentan estos suelos al no labrarse.

- Los efectos del laboreo en la microfauna presentan gran variabilidad, que probablemente refleja la amplia gama de grupos funcionales y niveles tróficos que se incluyen, así como la variedad de condiciones físicas en ambos sistemas. No se encontraron relaciones claras entre los niveles de microflora y microfauna.

- En la mesofauna, en concreto las poblaciones de ácaros y colémbolos generalmente disminuyen por la labranza. En el caso particular de las lombrices de la familia Enchytraeidae, los resultados son contradictorios, pues algunos autores observaron que su población disminuía con el laboreo, mientras que otros apuntaban lo contrario. En el último caso, la proliferación puede deberse a su gran capacidad de recuperarse rápidamente de las perturbaciones del medio (Wardle, 1995; citado por Kladviko, 2001) y al mayor acceso al alimento debido al residuo

incorporado (Cochran et al., 1994; citado por Kladviko, 2001).

- La macrofauna, en concreto ciertos depredadores, principalmente coleópteros y arácnidos, son menos frecuentes en laboreo convencional debido principalmente a que sus refugios o presas se localizan en el residuo vegetal, el cual desaparece al incorporarse al suelo. Por otro lado, el laboreo tiene impacto en las poblaciones de lombrices al producir cambios en el acceso a alimentos (calidad, cantidad y localización), en las condiciones ambientales (la pérdida de la cobertura vegetal implica mayores fluctuaciones de temperatura y humedad en el suelo) y en el ambiente químico (fertilizantes y pesticidas). Wardle (1995) llegó a las siguientes conclusiones en su revisión:

1. La mayoría de los organismos se ven afectados negativamente por el laboreo.
2. El efecto del sistema de manejo de suelo es mayor cuando aumenta el tamaño del organismo.
3. Después de una perturbación del siste-

Salamanca
8 al 12
Septiembre

AGRO
MAQ10

ma, proliferan los organismos con altas tasa de reproducción, lo cual, supone una ventaja competitiva en ambientes inestables frente a sus competidores.

En cuanto a las propiedades químicas, según House y Parmelee (1985), el laboreo acelera indirectamente la descomposición de la materia orgánica estimulando la actividad microbiológica y disminuyendo la diversidad edáfica, mientras que la presencia de cobertura vegetal en superficie y la menor perturbación mecánica del suelo en los sistemas de agricultura de conservación conducen a la estratificación de la materia orgánica en superficie, lo cual determina mayores concentraciones de nutrientes y actividad biológica predominante en la parte superior del suelo.

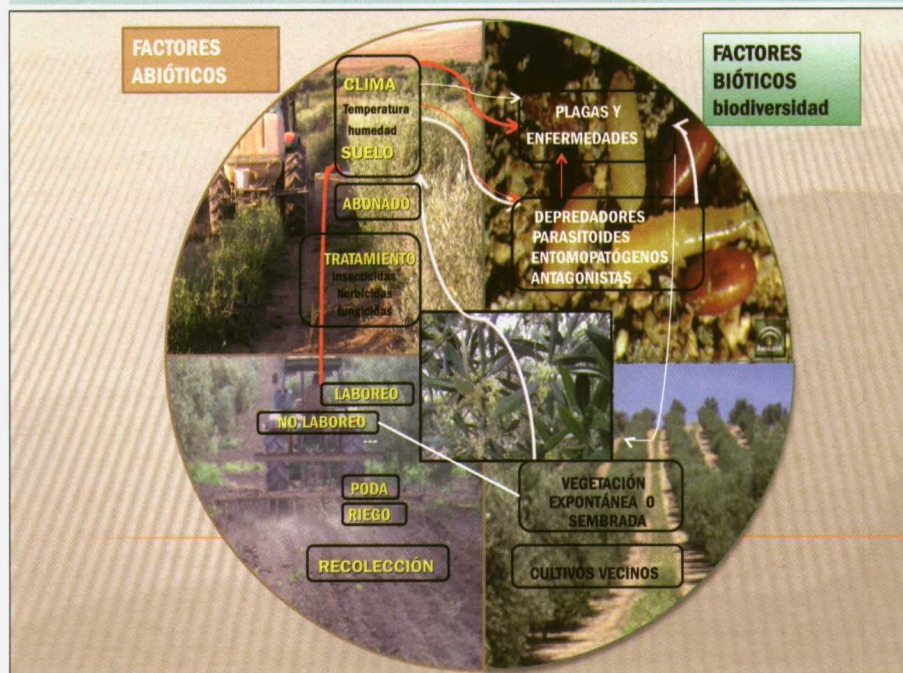
Con respecto a la estructura física del suelo, en sistemas de no laboreo existe una mayor continuidad y conectividad de los poros por la actuación de los organismos del suelo (Beisecker, 1994; citado por Hangen, 2002) que se traducen en mayores tasas de infiltración de agua por la citada interconexión de macroporos, ausente generalmente en los sistemas de laboreo (Hangen, 2002; Zachmann, 1987). Por otra parte, la presencia del residuo general no solo favorece la actividad biológica sino que evita la oclusión de los poros superficiales debido al impacto directo del agua de lluvia (FAO, 2003).

Conclusiones

Generalmente, el paso de laboreo convencional a agricultura de conservación (siembra directa) en el caso de cultivos herbáceos y cubiertas vegetales en el caso de olivar u otros frutales, supone un incremento en las poblaciones de organismos edáficos, lo cual se considera un aspecto positivo tanto a nivel físico-químico como biológico, aumentando la eficiencia biológica de los procesos del suelo con miras a optimizar la productividad del mismo, la producción y la protección de los cultivos.

En este sentido, dentro de los actuales programas de lucha integrada, la agricultura de conservación ocupa una posición privilegiada, en parte por la mayor rentabilidad que presenta para el control biológico de plagas mediante hongos entomopatógenos (p. ej. control biológico en olivar de la mosca del olivo, etc.) al encontrarse para éstos en su apli-

Algunas de las principales relaciones en el agroecosistema del olivar.



cación al suelo, según varios autores, mejores condiciones de persistencia y de eficacia.

A pesar de ello no existen estudios que expresen de manera cuantitativa los demostrados beneficios ecológicos, agronómicos y económicos de una mayor biodiversidad de

organismos a nivel del suelo considerando con especial atención los factores que el agricultor estima relevantes en su sistema de manejo, como la eficiencia económica del sistema, ahorro en mano de obra, efectos a nivel ambiental y productivo, entre otros. ●

Bibliografía ▼

- Denison, R.F., Kiers, E.T., West, S.A. 2003. Darwinian agriculture: when can humans find solutions beyond the reach of natural selection?. *The Quarterly Review of Biology*, V 78, 2.
- FAO. 2003. Optimizing soil moisture for plant production: the significance of soil porosity. In *FAO Soils Bulletin* N° 79. FAO, Rome. p.31.
- FAO, Agriculture and Consumer Protection Department. 2008. *Agriculture for biodiversity*. In *FAO Corporate Document Repostery*. Rome, pp. 2.
- Hangen, E., Buczko, U., Bens, O., Brunotte, J., Hüttl, R.F. 2002. Infiltration patterns into two soils under conventional and tillage: influence of the spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. *Soil Till. Res.* 63, 181-186.
- Hywel-Jones, N.L.; Evans, H.C. 1993. Taxonomy and ecology of *Hypocrella discoidea* and its anamorph, *Aschersonia samoensis*. *Mycological Research* 97, 871-876.
- House, G. J.; Parmelee, R. W. 1985: Comparasion of soil arthropods and earthworms from Conventional and No-Tillage agroecosystems. *Soil & Tillage Research* 351-360.
- Kladivko, E.J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.* 61, 61-76.
- Quesada-Moraga, E.; J.A. Navas-Cortés, E.A. Maranhao, A. Ortiz-Urquiza Y C. Santiago-Álvarez. 2007. Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and agricultural soils. *Mycol. Res.* 111: 947-966.
- Quesada-Moraga, E.; Santiago-Álvarez, C., 2008. Hongos entomopatógenos. En: *Control biológico de plagas agrícolas*. Cap. 7. Jacas, J. A.; Urbaneja A. (Eds.). Editorial Phytoma.
- Santiago-Álvarez, C.; Quesada-Moraga, E., 2007. Technical description, pests, the olive fruit fly. En: *FAO OLIVE NETWORK*, n° 26).
- Wilson, E.O.; Peter, F.A. 1988. *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press. 521 p p.
- Zachmann, J.E., Linden, D.R., Clapp, C.E. 1987. Macroporous infiltration and redistribution as affected by earthworms, tillage and residue. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1580-1586.