

ALGUNOS EJEMPLOS Y RECOMENDACIONES PARA AUMENTAR LA BIODIVERSIDAD EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

El suelo, un filtro biológico imprescindible para estabilizar las plagas y enfermedades

La fragilidad de los sistemas agrarios modernos parece cada vez más relacionada con los drásticos cambios que ha provocado el hombre para hacerlos productivos. Estas modificaciones han hecho que evolucionen haciéndose

muy diferentes de los ecosistemas naturales. En este artículo se presentan varios estudios que demuestran que una alta biodiversidad en los suelos protege a los cultivos de muchas plagas, enfermedades y bacterias.

Dr. José Luis Porcuna.

Servicio de Sanidad y Protección Fitosanitaria.
Generalitat Valenciana.

Las altas producciones de los sistemas agrícolas modernos las hemos alcanzado a costa de simplificarlos y el resultado lógicamente ha sido el desarrollo de sistemas muy artificiales y frágiles que requieren una intervención constante con un soporte tecnológico extraordinario en forma de variedades seleccionadas, fitosanitarios de última generación, maquinaria precisa en el manejo de los suelos, irrigación y fertilización controlada.

Se ha demostrado que los sistemas agrícolas en los que hay una biodiversidad alta y una compleja estructura se comportan como ecosistemas más estables aunque el ambiente sea fluctuante (Altieri 1992, 1995). En estos sistemas, las alteraciones en el ambiente físico externo como un cambio de humedad, temperatura o luz, dañan menos su equilibrio y funcionamiento debido a que la alta biodiversidad proporciona numerosos mecanismos que minimizan el estrés, por lo que el sistema puede adaptarse y seguir funcionando. Igualmente los controles bióticos internos minimizan o evitan las oscilaciones destructivas de las poblaciones de insectos plagas, promoviendo la estabilidad del ecosistema

(Labrador 1994). En consecuencia los sistemas agrícolas modernos suponen un retroceso en las secuencias de la naturaleza, llevando consigo todas las desventajas de los sistemas inmaduros e inestables, careciendo de capacidad para reciclar los nutrientes, conservar el suelo y regular las poblaciones de plagas.

En este marco, uno de los mayores desafíos para los técnicos es comprobar y demostrar que existen numerosas ventajas que se pueden ganar introduciendo diversidad en los sistemas de cultivo, incorporando componentes que aportan funcionalidad.

Una vez que los componentes funcionales de la diversidad estén establecidos, los resultados van a depender de la intensidad y frecuencia de las perturbaciones. En todo

caso, el manejo de estos sistemas en áreas muy desequilibradas como el litoral mediterráneo peninsular, es un gran reto especialmente en agrosistemas intensivos, ya que en algunos casos, este manejo puede conllevar más riesgo y más incertidumbre en las primeras fases de su implantación. También se requiere incorporar nuevos conocimientos, nuevos análisis de las bases ecológicas, es decir, de cómo opera la diversidad en un agrosistema y de cómo se puede aprovechar la complejidad en lugar de eliminarla, ya que ésta es la única estrategia que conduce a medio y largo plazo a la sostenibilidad del mismo (Gliessman, 2001).

La necesidad de un cambio de estrategia de producción

Los desafíos comerciales actuales están provocando un cambio tecnológico sin precedentes. En efecto, en la actualidad se están produciendo importantes correcciones de las estrategias de producción en las empresas agrícolas más importantes y tecnificadas de Europa.

Este cambio viene propiciado por una parte por las altas exigencias de las grandes cadenas de distribución en cuanto a los niveles de residuos que empiezan a requerirse próximos a cero, y por otra, por la mayor per-

Al parecer la apisonadora desértica avanza hacia nosotros, por lo que no parece oportuno coquetear con ambigüedades, ni decir que corresponde a imaginaciones de ecologistas radicales

cepción de los consumidores de la importancia de los alimentos en cuanto a su influencia sobre la salud, y todo esto enmarcado en las restricciones impuestas por las Directivas europeas.

Los extractos de origen vegetal, la utilización masiva de insectos útiles y el desarrollo de técnicas de confusión sexual, capturas masivas o quimioesterilización nos hacen pensar que estamos ante una revolución tecnológica de una magnitud sin precedente en cuanto al control de plagas y enfermedades y ahora sí es necesario desarrollar programas de producción que integren todos los recursos naturales que proporciona un manejo agroecológico de los sistemas agrarios para atemperar la agresividad de las plagas y enfermedades. Entre estas técnicas recobra un papel importante y fundamental incrementar la actividad biológica de los suelos para recuperar la capacidad de los mismos como auténticos filtros biológicos.

El papel del suelo como filtro biológico

El proceso por el cual los suelos empiezan a perder la fertilidad y la capacidad de albergar vida se llama desertización, y en ello pueden influir, tanto la proximidad de otros desiertos, como las propias operaciones que se desarrollan en el mismo suelo, siendo la actividad agraria, una de las causas que pueden desencadenar estos procesos, cuando no se desarrolla esta actividad productiva con criterios agroecológicos.

Todos los estudios parecen indicar que la mala gestión de los suelos agrícolas está provocando en importantes áreas del territorio procesos de desertización. Al parecer la apisonadora desértica avanza hacia nosotros, por lo que no parece oportuno coquetear con ambigüedades, ni decir que corresponde a imaginaciones de ecologistas radicales.

Los geomorfólogos y ecólogos marcan la influencia sahariana prácticamente en todo el sur de la Península, alcanzando ya gran parte de la provincia de Alicante. El avance es silencioso y de puntillas, e incluye la pérdida por erosión de grandes cantidades de tierras fértiles, evaluadas en más de 50 t/ha y año.

Estos procesos erosivos pueden ir precedidos de un incendio, de una salinización de un acuífero, del abandono de un suelo porque las enfermedades han hecho inviable el cultivo o sencillamente porque se ha arrancado



Arriba. Para aumentar la diversidad una actuación de interés es el cultivo de especies intercaladas o en franjas y la implantación de cercas vivas.

Abajo. Insectarios para la cría de *Cryptolaemus montrouzieri*.

una parcela con el fin de recoger una subvención. Cuando la cubierta vegetal desaparece, las aguas no encuentran a nadie que las llame, y así comienza el camino sin vuelta atrás de la desertización.

Los agricultores han basado tradicionalmente la fertilización de los suelos en el empleo de estiércoles semi o totalmente com-

postados, que se dejaban en superficie o se enterraban a poca profundidad. La incorporación a la agricultura moderna de fertilizantes químicos, utilizados a gran escala, en detrimento de las aportaciones orgánicas, ha provocado efectos lamentables en nuestros suelos. Uno de ellos es que los contenidos de materia orgánica (MO) hayan disminuido hasta

niveles inferiores al 1%, incluso en aquellos campos que se dedican a horticultura intensiva.

Sin la MO, la vida en el suelo va desapareciendo, y con ella la capacidad de retener agua y minerales esenciales para el desarrollo equilibrado de las plantas. Por si fuera poco, la utilización cada vez más generalizada de herbicidas, termina por romper los naturales y frágiles equilibrios microbianos del suelo. Si disminuye la actividad microbiana de los suelos, la actividad de la meso y de la macrofauna, también disminuye, así como la cubierta vegetal que son capaces de soportar, y con esta disminución comienza lentamente la muerte del suelo y la debilidad de las plantas que mantiene.

Estos procesos de pérdida de productividad no aparecen ligados a parcelas o enclaves determinados. El primer piso bioclimático de nuestro agroecosistema mediterráneo, como unidad, como ente vivo, se resiente globalmente, y los problemas en forma de plagas, fisiopatías, falta de productividad, virosis, etc., se incrementan de forma generalizada, alcanzando a todo el espacio en su conjunto, de tal forma que las parcelas manejadas con técnicas respetuosas con la actividad microbiana de los suelos, no son capaces de soportar cultivos sanos y equilibrados, ante la alta densidad y presión de inóculos patógenos, insectos, etc.

En el suelo ocurren innumerables y muy complejas interacciones. Sabemos que las prácticas de agricultura intensiva, basada en las variedades híbridas y en la fertilización química en detrimento de las aportaciones orgánicas, han provocado la pérdida de biodiversidad, representada por multitud de artrópodos, lombrices, hongos, etc., que junto con su desaparición han dejado de realizar, entre otras, las funciones básicas de mulción y aireación del suelo. Contrariamente se ha producido un desarrollo ventajoso de la flora microbiana anaeróbica inductora de procesos tóxicos radiculares, incrementándose en consecuencia la susceptibilidad de las plantas frente a patógenos telúricos. En términos del agrónomo se acuña el concepto de "fatiga del suelo". En el mismo sentido, el edafólogo, observa el efecto de esta intensificación agrícola en nuestros suelos, favoreciendo la destrucción y pérdida del complejo arcillo-

so húmico, y el consiguiente lavado y arrastre a capas profundas de arcillas, que al no estar enlazadas al humus, dejan de estar presentes en los lugares en los que se producen las interacciones patógeno/raíz, y por lo tanto, dejan de jugar un papel importante en los posibles procesos de resistencias a hongos vasculares. En el caso de resistencias de suelos a *Fusarium oxysporum*, Stotzky (1963, 1966) y Alabouvette (1986) explican que la fracción mineral del suelo tiene un papel determinante en el fenómeno de los suelos resistentes a *F. oxysporum*, aunque desconozcan la parte específica de dicha acción.

Aquellos insectos que necesitan realizar algún estadio de su desarrollo en el suelo ven mermadas sus poblaciones de forma considerable en aquellos suelos que mantienen una alta actividad biológica

La uniformidad constituye en sí misma una importante pérdida de biodiversidad



Insectos

En el caso de los insectos se ha documentado en numerosas ocasiones que aquellos insectos que necesitan realizar algún estadio de su desarrollo en el suelo (normalmente pupa o huevo) ven mermadas sus poblaciones de forma considerable en aquellos suelos que mantienen una alta actividad biológica. Por el contrario sus poblaciones no quedan sensiblemente disminuidas si los suelos están desestructurados, compactados y mantienen unos niveles de actividad biológica bajos.

En efecto, cuando un insecto necesita empupar en el suelo, como por ejemplo la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) o los trips, suelen sufrir en él por una parte la acción depredadora de numerosos insectos de suelo que depredan o trasladan las pupas o los huevos, y por otra, la acción de numerosos microorganismos como hongos o bacterias que contaminan las pupas o los huevos inhabilitando su posibilidad de evolución a insectos adulto.

Esta acción de filtro puede alcanzar niveles de hasta el 70% de las poblaciones iniciales en aquellos campos que albergan niveles de biodiversidad importante de insectos depredadores o microorganismos parasitadores.

En el caso de la mosca del Mediterráneo, estudios realizados por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) han demostrado la gran actividad de los depredadores de las pupas de mosca. Estos depredadores son: la araña *Pardosa cribata*, el coleóptero *Psedophonus rufines* y la "tijereta" *Forticula auricularia*. Otras investigaciones han demostrado la acción sobre las pupas del hongo *Stigmatomyces aciculae*.

En este mismo sentido, un estudio de Blouin *et al.* de 2005 demostraba como las poblaciones de nematodos se veían disminuidas hasta en un 82% cuando en los suelos estaba presente una gran actividad de las lombrices de tierra.

En otros estudios Carballo (1982) relaciona la incidencia de *Cyrtomenus bergi*, un insecto hemíptero que ataca a las raíces del maíz en Costa Rica, con la pérdida de diversidad que provoca en los suelos la utilización del arado. Siendo en los suelos con no laboreo donde aparecen los menores niveles de plagas.

La cubierta vegetal tradicional de los cítricos con *Oxalis pes-caprae* ha sido documen-

tada como importante reservorio de fitoseidos como *Euseius stipulatus*, *Amblyseius barkeri*, etc., que aportan una acción de repelencia de *Aphis gossipy* y escarabajos, disminuyen los riesgos de heladas por irradiación, son atrayentes de *Coccinella septempunctata*, entre otras.

Hongos

Respecto a la capacidad de los suelos vivos de actuar como filtro de microorganismos patógenos tenemos bastantes evidencias. Ya en 1960 Papavizas y Davey observan que abonos verdes de trigo, maíz, avena, guisante y pastos de Sudán frenaban de modo considerable el desarrollo de *Rhizoctonia solani* en judías. Kirkegaard en 1993 demuestra que las sustancias volátiles de las brasicas inhiben el crecimiento del hongo del trigo *Gaeumannomyces graminis*, demostrando que el efecto biofumigante se debe a los isotiocianatos.

Se ha encontrado en cereales que con residuos de *Brassica napus* y *B. juncea* se controlan los hongos del suelo, dependiendo de la eficacia de varios factores, pero fundamentalmente de la brasicas empleada.

Lazarovits, Conn y Kritzman (1997) encuentran que los residuos orgánicos con alto contenido de nitrógeno reducen las poblaciones de *Verticillium dahliae*, la bacteria *Streptomyces scabies*, nematodos y malas hierbas en papa.

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares pueden contribuir a aliviar los daños producidos por hongos patógenos tales

CUADRO I.

Métodos para aumentar la diversidad en los sistemas agrícolas.

Alternativas diseñadas por el agricultor	Actuaciones culturales	Acciones, interacciones y cualidades generadas en el agrosistema
Agregar una especie al sistema de cultivos existente	Cultivos intercalados o en franjas, cercas vivas y vegetación amortiguadora	Mediante la intensificación y diversificación de cultivos en dimensiones de tiempo y espacio. Aumenta la diversidad horizontal, vertical, estructural y funcional del sistema; el ciclado de nutrientes, la diferenciación de microhábitat y el control de la degradación.
Reorganizar o reestructurar las especies que ya están presentes	Rotaciones y barbechos	Mediante la siembra de diferentes cultivos en sucesión, en secuencia recurrente o la introducción de un período de descanso en esa sucesión. Aumenta la diversidad a través del tiempo y los fenómenos de antagonismo, ayudando al control de enfermedades y el ciclado de nutrientes.
Agregar prácticas o insumos estimuladores de la diversidad	Labranza reducida, aportes de materia orgánica	Mediante el aporte de materia orgánica, o el uso de prácticas que reduzcan las perturbaciones del suelo y dejen residuos en superficie. Aumentan la diversificación de especie en el suelo en superficie y en el "perfil cultural"; mejoran la fertilidad y frenan la erosión.
Eliminar prácticas o insumos que reduzcan la diversidad	Reducción del uso de agroquímicos y prácticas degradadoras	Mediante la eliminación de insumos y prácticas contaminantes, esquilmanes y erosivas. Con el tiempo se puede restablecer la diversidad funcional.

Fuente: Adaptado de Gliessmann, (2001).

como *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Verticillium* (Hwang et al., 1922; Jaizme Vega et al., 1998) o por nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) o lesionadores (*Pratylenchus* sp.) (Jaizme Vega et al., 1997 y 2006). Hay descritos diferentes me-

canismos mediante los cuales la presencia de la simbiosis contribuye al control biológico de estos patógenos.

Igualmente numerosos estudios han relacionado la importancia del papel del suelo en el control de enfermedades como la *Phytoph-*



**EL LADO SALVAJE DE LA POTENCIA.
PUMA. FABRICADOS EN AUSTRIA.**

MAX
00800 CASE IH 00
00800 2273 4400

(*) La llamada es gratuita. Sin embargo, algunos operadores pueden cobrar la llamada si ésta se efectúa desde un teléfono móvil. Para obtener mayor información sobre las tarifas, consulte antes con su operador. Si tuviera alguna dificultad, también puede llamar al teléfono de pago 91.275.44.06.



Un correcto cerramiento en los invernaderos tiene una gran importancia en el control de plagas.

thora. En este caso el cultivo de sorjo o arvejas, antes de las plantaciones de algodón, servía para proporcionar un buen control de *Phytophthora*. Igualmente la eficacia de las cubiertas vegetales de leguminosa para el control de la enfermedad ha sido ampliamente demostrado.

Un caso de utilización del incremento de la diversidad local para el control (prevención) de enfermedades lo constituye la utilización muy generalizada de *Oxalis pes-caprae* como cubierta vegetal en los campos de cítricos del litoral mediterráneo peninsular. Aunque su finalidad principal es evitar el aguado de los cítricos (*Phytophthora*), al evitar que las salpicaduras de la lluvia sobre el suelo sirvan de contaminación de esporas y propágulos del hongo sobre los frutos situados en las partes bajas del árbol, posteriores estudios han demostrado que otras muchas funciones eran ejercidas por la cubierta vegetal de *Oxalis*, entre ellas: proteger las raíces superficiales de los cítricos, con las que no compiten; favorecer la instalación y el mantenimiento de micorrizas; evitar la erosión y facilitar la formación de agregados, realizan una cierta acción acidificante, muy positiva para los suelos calcáreos mediterráneos.

Igualmente el abono verde de brasicas se ha considerado supresor de organismos productores de plagas y enfermedades cuando se incorpora al suelo (Chan y Close 1987; Mojtahedi *et al.* 1991). Este efecto



Varios estudios relacionan la incidencia de *Cyrtoneus bergii*, un insecto que ataca a la raíz del maíz, con la pérdida de biodiversidad que provoca la utilización del arado.

Se ha conseguido un incremento de la diversidad local con *Oxalis pes-caprae* como cubierta vegetal en los campos de cítricos del litoral mediterráneo

se atribuye por lo general a compuestos biocidas como los glucosinolatos, que por hidrólisis dan lugar a sustancias como isotiocianatos, que se han considerado como los productos más tóxicos (Brown y Morra 1997; Rose, Heaney y Fenwick 1997).

Bacterias

Numerosos estudios relacionan la reducción de bacterias tras la utilización de estiércoles de vaca y algunos compost, indicando que la reducción va a depender de la especificidad del suelo y de la dosis. Se han encontrado resultados similares en tomates y frutales, considerando que la materia orgánica es un buen tratamiento para recuperar suelos fatigados al mismo tiempo que se incrementan los organismos del suelo. Michel *et al.* (1997) encuentran efecto supresivo en el abono verde de soja, caupí y residuos de cebolla adicionándole 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno ureico y 500 kg ha⁻¹ de CaO reduciendo las poblaciones de *R. solanacearum* en tomate, como consecuencia del efecto supresor que se produce durante la transformación de la urea en presencia de CaO.

Conclusión

Todos estos estudios hacen evidenciar que el suelo que mantiene unos niveles altos de biodiversidad ejerce un importante papel "de filtro biológico" al mermar la proliferación de insectos, hongos y bacterias patógenas por medio de la acción de otros insectos, hongos o bacterias o por las sustancias que la propia actividad biológica emiten al sistema. ●

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar en el e-mail: redaccion@eumedia.es.