

CONJUNTO DE TÉCNICAS PARA EL MANEJO DEL SUELO DESDE UNA PERSPECTIVA AGROECOLÓGICA

Manejo de las plagas y enfermedades del suelo desde el punto de vista agroecológico

El interés de los planteamientos formulados desde la agroecología para el manejo del suelo aumenta cada día dentro del sector agrario convencional. Los requerimientos de los mercados de productos sin residuos o con niveles muy por debajo de los que autoriza la legislación de LMRs comunitarios ha provocado que desde este sector se vuelva la mirada hacia los planteamientos agroecológicos con el fin de recabar información sobre técnicas que pudieran ser útiles para conseguir estos objetivos. En muchas ocasiones este interés hacia las técnicas agroecológicas lleva a confundir agroecología con agricultura ecológica y con sostenibilidad. En otros casos se mezcla el término sostenibilidad con ecológico, con lo que el cóctel de confusión está servido.

Dr. José Luis Porcuna Coto.

Servicio de Sanidad Vegetal. Generalitat Valenciana.

La agroecología es el enfoque científico que se aplica a los sistemas agrarios desde una perspectiva global, es decir, estudiando los sistemas tanto desde el análisis de sus componentes como desde la perspectiva de las relaciones que se establecen entre ellos.



Naranja afectado de *Phytophthora* recuperado con aportaciones de estiércol.

La agroecología como enfoque científico forma parte de los programas de formación de numerosas universidades internacionales como de centros de investigación en todo el mundo.

La agricultura ecológica es una reglamentación de producción y manipulación de productos alimentarios, basada en el cumplimiento de un conjunto de normas estandarizadas a nivel mundial.

En Estados Unidos el reglamento para los sistemas de producción orgánica quedó establecido en el Programa Nacional de Orgánicos (National Organic Program, NOP) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (United States Department of Agriculture, USDA).

En Japón el reglamento quedó establecido a través de los Estándares Agrícolas Japoneses

(Japan Agriculture Standards, JAS) del Ministerio de Agricultura, Bosques y Pesca (Ministry of Agriculture Forests and Fisheries, MAFF).

En la Unión Europea se estableció mediante los estándares de la Comunidad Económica Europea (European Economic Community, EEC), rigiéndose la agricultura ecológica por el Reglamento (CE) N°834/2007 y sus reglamentos de aplicación (CE) N°889/2008 y (CE) N°1235/2008.

En cuanto a la sostenibilidad, es necesario reflexionar un poco sobre el origen de este término para poder entender mejor su contenido. Fue Ignacy Sachs (consultor de Naciones Unidas para temas de medio ambiente y desarrollo) quien propuso la palabra ecodesarrollo como término de compromiso que buscaba conciliar el aumen-

to de la producción, con el respeto a los ecosistemas, necesario para mantener las condiciones de habitabilidad de la Tierra.

En 1974, Naciones Unidas auspició un Seminario Internacional en Cuernavaca (Méjico) cuyas conclusiones fueron presentadas a la prensa por el propio presidente de Méjico, Echeverría, en el que se hablaba de la necesidad de plantear el ecodesarrollo como estrategia mundial. Unos días más tarde, Henry Kissinger manifestó, como jefe de la diplomacia norteamericana, su desaprobación del texto. El término ecodesarrollo quedó vetado y fue sustituido más tarde por el de desarrollo sostenible, que los economistas más convencionales podían aceptar sin recelo. Poco importó que algunos autores matizaran que el desarrollo sostenible es desarrollo sin crecimiento, contradiciendo la acepción común de desarrollo que figura en los diccionarios estrechamente vinculada al crecimiento. La sostenibilidad quedó así aceptada como un término mediador diseñado para tender un puente entre las diferencias que separan a los desarrollistas de los ambientalistas.

Cabe señalar que, a pesar de la precisión y riqueza de la lengua castellana, el término sostenibilidad no existe en la 22ª edición del Diccionario de la Real Academia Española y se ha propuesto su inclusión para la edición número 23.

En la **figura 1** se relacionan los términos agroecología, agricultura ecológica y sostenibilidad.

Una vez aclarados estos términos, pasemos a analizar cómo se interpretan y se manejan las

Es importante desarrollar estrategias que eviten la simplificación de los agrosistemas y favorezcan manejos más complejos, en los que se incluyan rotaciones de cultivos y aporte de materia orgánica

plagas y enfermedades del suelo desde el punto de vista agroecológico.

El desequilibrio de los agrosistemas

Desde el punto de vista agroecológico, las enfermedades y plagas de los sistemas agrarios se interpretan como un intento de la naturaleza por recuperar el equilibrio perdido, aquél que existió primitivamente en los ecosistemas naturales.

Cuando se estudia en estos ecosistemas, el papel jugado por las plagas y enfermedades (patosistema), nos podemos aproximar al conocimiento sobre el funcionamiento de los mismos y así podemos intuir cómo eran las bases de la estabilidad original.

Hemos aprendido que cuando transformamos un sistema natural a uno agrícola, se produ-

cen cambios estructurales tan drásticos que suelen terminar en un incremento rápido de las posibilidades de desarrollarse enfermedades al destruirse entre otras cosas la capacidad supresora de los suelos originales.

En este sentido se ha documentado en muchas ocasiones que el desarrollo de estrategias que eviten la simplificación de los agrosistemas y favorezcan manejos más complejos, en los que se incluyan rotaciones de cultivos y aporte de materia orgánica, ayudan a restablecer y a recuperar más fácilmente el equilibrio perdido. Sorprendentemente los agroecólogos han demostrado que las enmiendas orgánicas pueden disminuir significativamente la incidencia de una enfermedad aunque la población de los patógenos aumente (García Espinosa, 2010).

Los intentos de producción integrada

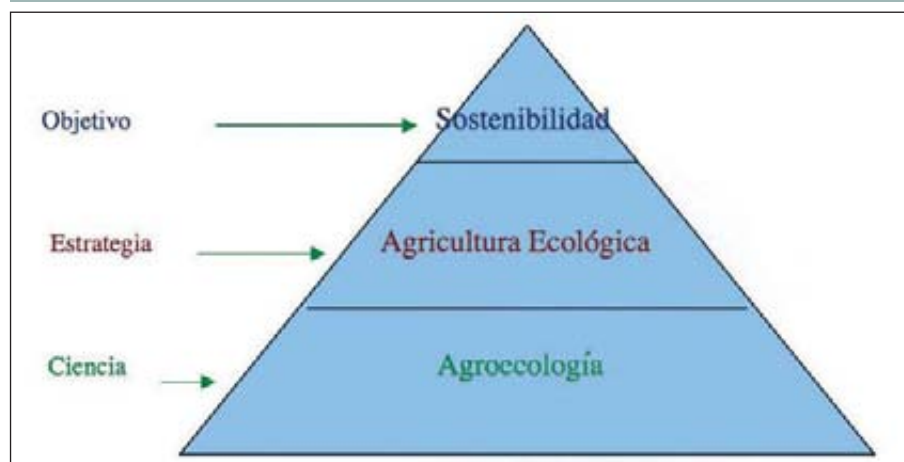
Los distintos reglamentos de producción integrada se han esforzado en racionalizar la utilización de plaguicidas desde la perspectiva clásica; es decir, considerando las posibilidades de creación de resistencia, procurando que el desequilibrio entre fitófago y parásito o depredador no fuera inducido e intentando que los niveles de degradación de los fitosanitarios posibilitara que al consumidor llegara un producto de máxima seguridad respecto a la presencia o no de plaguicidas.

Sin embargo, estas estrategias basadas en la utilización de productos químicos aplicados al suelo, han fracasado en el control de plagas y enfermedades. Probablemente este fracaso esté relacionado con la elevada complejidad del suelo, con que todos los tratamientos tienen un efecto efímero, con que los productos no suelen llegar a los lugares más profundos de las raíces y con que la presión sobre los patógenos provoca que en ellos se desarrollen rápidamente niveles de resistencia. Como consecuencia de todo esto los daños provocados por los patógenos suelen regresar con más fuerza (Tello J., 1998).

Hoy sabemos que éste no es el camino. La agroecología nos ha demostrado que mientras más complejos son los sistemas, más lejos se encuentran las causas de los efectos, tanto en el espacio como en el tiempo. Para aproximarnos al entendimiento de las enfermedades del suelo tenemos que entender no solo sus componentes sino las correlaciones más significativas que en él se producen. Como ejemplo de algu-

FIGURA 1.

Definición gráfica de los términos agroecología, agricultura ecológica y sostenibilidad.





Melocotoneros con cubierta vegetal y enterrado de estiércol por bandas.

nas de estas correlaciones, García Espinosa (2010) encuentra en aguacate que a mayor cantidad de *Meloidogyne*, mayor cantidad de actinomicetes (la explicación sería que a una mayor cantidad de actinomicetes encontraríamos mayor protección frente a *Phytophthora cinnamomi* y, en consecuencia, habría una mayor cantidad de raíces y por lo tanto de nematodos); sin embargo observa que existe una correlación negativa entre *P. cinnamomi*, la población de bacterias y el porcentaje de micorrización. La complejidad de las interacciones que se producen en el suelo quedan en este ejemplo de manifiesto.

Rotación y patógenos

Sabemos que las rotaciones no solo tienen un efecto sobre las enfermedades sino que también inciden directamente sobre las producciones, incrementándolas de forma notable.

Pero cuidado, recomendar cualquier planta con el propósito específico de minimizar los daños de un patógeno o una plaga, puede resultar doblemente peligroso. Por un lado puede ser una planta que sirva para incrementar la población del patógeno en cuestión y por otra el fracaso de la rotación puede llevarnos a rechazo de las rotaciones como práctica. Curl (1963) recopiló en muchos de sus trabajos ejemplos de rotaciones que fueron desarrolladas por los propios agricultores que servían para controlar enfermedades. Efectivamente, a través del desarrollo histórico de

la agricultura, son innumerables los ejemplos de prácticas agrícolas sensatas y exitosas por parte de los propios agricultores, quienes verdaderamente pueden ser los mejores experimentadores. Es necesario pues buscar rotaciones exitosas que seguramente forman parte de las prácticas tradicionales, enfatizando el efecto benéfico que pueden tener al controlar enfermedades del sistema de raíces.

Micorrizas y patógenos

Muchos son los factores que influyen en la relación entre las raíces y los patógenos, pero sin duda uno de los que más inciden en la au-

sencia de daño en las raíces causadas por patógenos, como *Phytophthora*, es la alta correlación que existe entre el desarrollo de procesos rápidos de micorrización y la ausencia de ataques provocados por el hongo. Se sabe que la invasión micorrítica dota a las plantas de barreras físicas y químicas que le confieren protección frente a los patógenos, además de inducir una variedad de respuestas contra los mismos (Jaizme-Vega M.C., 2006). En el caso de las físicas, mediante la formación de una barrera de hifas vesículas y arbuscúlos en el tejido cortical de la raíz. Y las barreras químicas conllevan la producción de antibióticos por el simbionte y la inducción de producción de fitoalexinas en el hospedante.

También las micorrizas inducen una variedad de respuesta contra los patógenos del suelo, principalmente la acumulación de materiales fenólicos y terpenos, que no permiten el desarrollo de los patógenos en la superficie de las raíces, además de que los hongos micorríticos inducen un incremento en la actividad de las células del hospedante formando una barrera de peroxidasas y quitinasas.

Fertilización y enfermedad

Sabemos que las intrincadas relaciones de los patógenos con otros microorganismos, con los factores ambientales y con el hospedante,

Diferentes métodos de mejora genética han demostrado la posibilidad de acumular en un breve espacio de tiempo una resistencia contra distintos patógenos del suelo, con métodos de mejoramiento por resistencia horizontal global

son dinámicas y su estudio extremadamente complejo. Sin embargo, los estudios de nutrición del hospedante, en relación con el desarrollo de la enfermedad, proveen las bases para entender cómo muchas prácticas agrícolas actuales favorecen el desarrollo de muchas enfermedades del suelo.

Se ha documentado suficientemente que los nutrientes inorgánicos pueden favorecer más el potencial de una enfermedad que el potencial del mismo inóculo y la fuente de nitrógeno parece más importante que la cantidad. En todo caso el efecto de las formas específicas de nitrógeno sobre la severidad de las enfermedades depende de muchos factores y no son los mismos para todas las interacciones patógenos hospedante. Por lo tanto, cada enfermedad debe de ser considerada de forma individual.

En este sentido es importante entender que las formas amoniacales de nitrógeno son las más estables y las mejor retenidas, mientras que en forma de nitratos el nitrógeno es más libre y lábil. Las formas amoniacales son las más empleadas por las plantas. El nitrógeno nítrico pue-

de ser absorbido pero debe de ser en gran parte convertido a amonio para ser empleado en la fisiología de la planta. En condiciones de exceso de nitrógeno nítrico, la planta simplemente acumula exceso de nitratos sin incorporarlo a su fisiología.

Las enfermedades con origen en el suelo y su agresividad acrecentada como consecuencia de la fertilización mineral, contrasta con el daño reducido que normalmente se observa en cultivos cuya fertilidad se mantiene mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos del tipo de los empleados en agricultura ecológica. La explicación se debe a que la presencia de microbiota benéfica en los cultivos con enmiendas orgánicas es mayor y que además promueve el crecimiento de las plantas por las fitohormonas que producen. Efectivamente, la aplicación de materia orgánica o el enterrado de la cubierta vegetal muestran un efecto muy parecido y ambos provocan cambios positivos generalmente en la ecología del suelo.

Baker y Cook (1973) y Palti (1981), describen con numerosos ejemplos el control biológi-

co de enfermedades con origen en el suelo a través de la incorporación de residuos orgánicos.

Von Liebig (1865) a quien se le considera como el padre de la fertilización mineral, después de no pocos experimentos con fertilizantes sintéticos, escribió: «He pecado contra la sabiduría del creador y justificadamente he sido castigado. Quise mejorar su trabajo porque, en mi ceguera, creí que se le había olvidado un eslabón de la asombrosa cadena de leyes que constantemente gobiernan y constantemente renuevan la vida en la superficies de la tierra. Me pareció, débil e insignificante hombre, que tenía que reparar esta omisión».

Inoculación de antagonistas

En este ambiente de cambios tecnológicos han aparecido en el mercado numerosos productos microbiológicos para su aplicación al suelo con el fin de controlar alguna plaga o enfermedad. La dificultad que encuentran estos

BIOTECNOLOGÍA AVANZADA

Capa Ecosystems le ofrece un amplio catálogo con las soluciones biológicas más avanzadas del mercado.

Investigación, ensayos de campo y otros estudios nos permite poder desarrollar una extensa gama de productos específicos para cualquier necesidad en sus cultivos.

ALTA CALIDAD AGRONÓMICA



microorganismos para su instalación y su funcionalidad suele estar relacionada con:

- La complejidad del suelo y la dificultad de aprovechar un nicho.
- La presencia de fósforo soluble que dificulta la instalación de las micorrizas.
- La presencia de residuos de fungicidas o insecticidas en el suelo que merma las poblaciones de los inóculos aportados.

En estudios realizados por distintos investigadores, especialmente las aportaciones realizadas por García Espinosa (2010), se ha podido comprobar que la respuesta de crecimiento de las plantas era mayor cuando se aportaban inóculos complejos que cuando se hacían aportaciones con inóculos puros. Pero estos mejores resultados solo se observaban cuando los cultivos eran precedidos del cultivo de plantas de crecimiento vigoroso como *Mucuna deeringiana*, pudiéndose concluir que el uso de plantas de crecimiento vigoroso y agresivo con anterioridad al cultivo, como es el caso de *Mucuna*, permite el establecimiento balanceado de complejos de antagonistas a lo largo de la abundante rizosfera de este tipo de plantas, por lo que la mejor forma de introducir y establecer estos agentes de control biológico en el suelo debería responder a estrategias de este tipo.

Mejora genética horizontal

Raoul Arthur Robinson demostró que es posible desarrollar un tipo de resistencia que no se rompe a consecuencia de la aparición de nuevas razas del parásito, la llamada resistencia horizontal, y que al lograr incrementos incluso pequeños en los niveles de esa resistencia, todos los aspectos del manejo de los parásitos son más efectivos, más baratos y más seguros. Es más, muchos de sus estudios demuestran que aumentos sustanciales en los niveles de resistencia horizontal, podrían hacer innecesarios muchos de los otros aspectos del manejo de los parásitos.

Diferentes métodos de mejora genética han demostrado la posibilidad de acumular en un breve espacio de tiempo una resistencia contra distintos patógenos del suelo, con métodos de mejoramiento por resistencia horizontal global. Sin embargo, las distintas circunstancias que condicionan la investigación y el propio comercio de semillas, han provocado que estos estudios, y otros dirigidos en el mismo sentido, hayan te-

nido poca atención y que en muchos casos han pasado al ostracismo.

El suelo como filtro biológico de las poblaciones de insectos fitófagos

En el caso de los insectos se ha documentado en numerosas ocasiones que aquéllos 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 la acción de varios agentes: 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 adultos.

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

En el caso de la mosca del Mediterráneo se ha documentado por estudios realizados por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), la actividad de los depredadores de las pupas de mosca como la araña *Pardosa cribata*, el coleóptero *Pseudophonus rufines* y la tijereta *Forticula auricularia*. Otras investigaciones han demostrado la acción sobre las pupas del hongo *Stigmatomyces aciurae*.

Blouin *et al.* (2005), demostraba que las poblaciones de nematodos en plantas de tomate atacadas se veían disminuidas hasta en un 82% en los suelos en los que estaban presentes con una gran actividad las lombrices de tierra.

Carballo (1982), relaciona la incidencia de *Cyrtomenus bergi*, un insecto hemíptero que ataca a las raíces del maíz con la pérdida de diversidad que provoca en los suelos la utilización del arado; siendo en los suelos con no la

boreo donde aparecen los menores niveles de plagas.

Biodesinfección

En los modelos agrarios valencianos ha sido una práctica tradicional la utilización del enterrado de estiércoles frescos, poco descompuestos, usados para la recuperación de los campos que daban síntomas de agotamiento o falta de vigor.

La biodesinfección es un proceso mediante el cual las sustancias tóxicas volátiles (gases amoniacales, metil-isocianato, etc.), liberadas durante la descomposición de la materia orgánica enterrada superficialmente en el suelo, ejerce un efecto de control de un buen número de patógenos, nematodos, artrópodos y plantas adventicias en general, y se ha conformado como una estrategia agroecológica para recuperar el vigor en aquellos campos fatigados tanto en invernaderos como en cultivos al aire libre.

Entre las alternativas al bromuro de metilo, recogidas en el Protocolo de Montreal de Naciones Unidas para la búsqueda de alternativas al bromuro, ha sido recogida esta técnica como estrategia muy eficiente en el control de nematodos y otros patógenos del suelo que atacan a las raíces siendo en la actualidad ampliamente utilizada entre los productores de hortalizas del litoral mediterráneo peninsular (Bello A. *et al* 2000). ●

Bibliografía ▼

Baker R.,RJ; Cook. (1973). Biological Control of Plant Pathogens. W.H. Freeman and Company. San Francisco 433 pp.

Bello, A., Lopez Perez, J.A., Diaz Viruliche, L., Tello, J., 2000. Alternativas al bromuro de metilo como fumigante de suelos en España. R. Labrada (ed) Reporto n Validated Methyl Bromide Alternatives. FAO. Roma 13pp.

Carballo Vargas, M. (1982): Manejo del suelo, rastrojo y plagas: interacciones y efecto sobre el maíz (*Zea mays* L.). Tesis (Mag Sc). Turrialba (Costa Rica).b1982.94 p

Curl E.A. (1963). Control of Plant Diseases by Crop Rotation. The botanical review 29(4): 413-479.

García Espinosa R. (2010). Agroecología y Enfermedades de la Raíz en cultivos agrícolas. Editorial del Colegio de Postgraduados. Texcoco. México. 130 p.

Jaizme-Vega, M.C., Rodríguez Romero, A.S., Barroso Nuez, L.A., 2006. Effect og the combined inoculation of two arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria on papaya (*Carica papaya* L.) infected with the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*.Fruit, 61.151-162.

Palti J. (1981). Cultural Practices and Infectious Crop Diseases. Springer Verlag., Berlin, N.Y. 243 p

Tello, J., Porcuna, J.L., 1998. Gestion Integrada de Cultivos. Una visión holística de la Agricultura. Phytoma N° 97.9-14.