

Suelos agrícolas: hacia un cambio de paradigma



Ing. Agr. María Gabriela Lorenzo

JTP Cátedra de Edafología, Fac. Cs. Agrarias, UNCUYO

A nivel mundial, los modelos agrícolas de producción predominantes están basados en la agricultura convencional, destacándose los sistemas de explotación intensivos. Este paradigma, ligado a la Revolución Verde, ha implicado la adopción de “paquetes tecnológicos” utilizando agroquímicos de síntesis (plaguicidas y fertilizantes), complejos métodos de riego tecnificados, semillas seleccionadas por su carácter genético mejorado y reemplazo del trabajo manual por maquinaria dependiente de combustibles fósiles (Morales Zepeda, 2007).



Dichos paquetes, si bien han permitido incrementar los rendimientos de cosecha (al menos inicialmente), no han tenido en cuenta los fuertes impactos negativos que producen sobre el medio, alterando el normal funcionamiento de los ecosistemas naturales y de los agroecosistemas.

A raíz de la preocupación por la calidad del ambiente surgen modelos de producción alternativa y sostenible, algunos de los cuales se traducen en una fuerte ruptura con

la agricultura convencional y abordan un enfoque de agroecosistemas. Según la FAO (2015) “la agricultura sostenible debe garantizar la seguridad alimentaria mundial y al mismo tiempo promover ecosistemas saludables y apoyar la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales [...], debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica”.

Entre los principios clave en el proceso de transición a la alimentación y la agricultura sostenibles cabe mencionar la conservación y protección de los recursos naturales, la protección del bienestar social y la mejora de la eficiencia en el uso de los recursos.



El último punto mencionado guarda especial relación con el concepto de **Producción debajo impacto ambiental**, la cual prioriza la utilización de métodos e insumos naturales para lograr un manejo racional de todos los factores de los agroecosistemas (Segura et al., 2000). Uno de estos es el suelo, sistema complejo, dinámico y heterogéneo, con características físicas, químicas y biológicas tendientes a alcanzar un equilibrio con el ambiente en el que se desarrolla (Rebollo et al., 2005). Un adecuado manejo edáfico

resulta fundamental para su protección y conservación como recurso, punto que adquiere incluso mayor relevancia en agroecosistemas de zonas áridas debido a su particular fragilidad ante cualquier impacto.

La biofertilización, una herramienta clave en la producción sustentable

Entre los aspectos fundamentales que contempla el manejo integrado del suelo se encuentra el de la fertilidad, cuya gestión debe tender a favorecer el ciclado de nutrientes y a disminuir la cantidad de residuos que son eliminados del sistema (Tyler Miller, 2009).

El uso de los suelos en la agricultura convencional exige aportes constantes de minerales para hacer crecer el cultivo y lograr una buena cosecha. Como la producción agropecuaria es constante, cada año se extrae del suelo una gran cantidad de minerales que no se reponen naturalmente en la misma cantidad, por lo que para continuar explotando el sustrato es necesario incorporar los elementos perdidos.

Para mantener este equilibrio en el sistema suelo hay una serie de factores que hacen a la dinámica de los nutrientes y los que actualmente reportan mayor interés desde el punto de vista de la sustentabilidad son los biológicos y, en particular, los microbiológicos. Es en este contexto en el que aparece el concepto de biofertilización, que consiste en la aplicación de microorganismos vivos capaces de aumentar el suministro o disponibilidad de nutrientes y estimular procesos regenerativos de los suelos (Adriano Anaya et al., 2011).

La problemática del fósforo en Mendoza y Cuyo

El fósforo (P) es uno de los elementos nutricionales esenciales para las plantas que se aplica en mayor proporción en suelos agrícolas. La llamada dinámica del P involucra un movimiento en el suelo que va desde las formas menos disponibles a las más disponibles (absorbidas por las plantas para su nutrición) y viceversa. Por las condiciones edáficas en climas áridos y semiáridos, esta reacción tiende a desplazarse hacia la formación de compuestos no disponibles, en donde una gran fracción del P soluble se combina con Ca en forma de fosfato de calcio. Este comportamiento es característico en suelos como los de Mendoza en los cuales el pH se encuentra entre 7,5 - 8,5, las aguas de riego son ricas en Ca y el contenido de materia orgánica es bajo debido a la alta tasa de mineralización.

Por este motivo, en los suelos de uso agrícola en Mendoza y la zona cuyana en general, el contenido total de P alcanza 900 ppm mientras que la fracción disponible para las plantas se encuentra entre 5 a 20 ppm (Nijensohn et al., 1972). Es por esta razón que la fertilización con fosfatos inorgánicos no resuelve la situación ya que una parte significativa de estos, al llegar al suelo, se quedan inmovilizados por procesos de fijación con Ca y como consecuencia no pueden ser aprovechados por los cultivos; en algunos suelos, más del 80% del P aplicado se vuelve inmóvil (Guzmán Estrada, 2011).

Los microorganismos aliados de la nutrición fosfatada

Numerosas especies de hongos y bacterias participan en el ciclo biogeoquímico del P y promueven su movimiento a través del sistema suelo-planta, adquiriendo por ello gran relevancia en la nutrición vegetal (Cerón Rincón y Aristizábal Gutiérrez, 2012).

Los dos mecanismos por los cuales las plantas toman P del suelo son absorción directa y absorción mediada por hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA): la última modalidad es la que predomina cuando estos microorganismos están presentes (Smith and Smith, 2011). En cualquier caso, el vegetal sólo puede incorporar formas solubles de P.

Una alternativa o manera de movilizar el P insoluble del suelo y aumentar la eficiencia de las fertilizaciones es a través de la participación de estos microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetes) que tienen la capacidad de solubilizarlo.

Se ha encontrado que los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSP) de la rizósfera se hallan en mayor concentración y son más eficientes que aquellos encontrados en suelos no rizosféricos (no influenciados por las raíces de los cultivos), posiblemente debido a que los exudados radicales y detritus vegetales proporcionan el sustrato energético para que sea posible la actividad microbiológica solubilizadora de fosfatos (Beltrán Pineda, 2014). A su vez, se conoce que la composición y cantidad de dichos exudados dependen marcadamente de la fenología de las plantas (Oliveros-Bastidas et al., 2009).

Los MSP son capaces de crecer en medios con fosfato tricálcico, apatita u otros compuestos insolubles como única fuente de P y muestran la propiedad de solubilizarlo no sólo para su propia incorporación sino en cantidades muy superiores que son luego liberadas al medio (Fernández et al., 2005). Se sabe que el principal mecanismo por el cual ciertas bacterias del suelo movilizan compuestos de P es la disminución del pH por la liberación de ácidos orgánicos, normalmente de bajo peso molecular, tales como ácido cítrico y ácido glucónico (Glick, 2012).

Varios autores y en numerosos países han realizado estudios acerca de la capacidad de ciertas especies de bacterias para movilizar el P insoluble del suelo y transformarlo a formas disponibles para las plantas (Beltrán Pineda, 2014). En nuestro país las líneas de investigación en relación con el tema han estado orientadas al aprovechamiento de dichos microorganismos para el manejo agronómico de cultivos, tales como la soja *Glycine max* (Fernández et al., 2005), el maní *Arachis hypogaea* (Anzuay et al., 2013) o las forrajeras *Lotus tenuis* (Castagno et al., 2011) y *Lolium perenne* (Oviedo e Iglesias, 2005). Cabe señalar que no hay estudios anteriores en zonas semiáridas y áridas regadías.

La vida del suelo merece conocerse, merece ser tenida en cuenta y merece cuidarse

En la actualidad, y ante una expansión generalizada de la conciencia por la protección del ambiente, el manejo de agroecosistemas involucra cada vez mayor número de aspectos relacionados a prácticas sustentables.

En Mendoza ya hay un equipo interdisciplinario liderado por la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCUYO) y en conjunto con el INTA, pionero en ensayos acerca de los factores bióticos que afectan la dinámica de ciertos nutrientes.

La biota del suelo tiene una fuerte influencia en el establecimiento y desarrollo de los cultivos y, por lo tanto, representa un impacto económico directo sobre la agricultura. Por tal motivo, las interacciones entre la biota del suelo con los cultivos deben ser tenidas en cuenta al momento de diseñar estrategias de fertilización y manejo agronómico de cultivos.

El adecuado manejo de las fertilizaciones es fundamental en el aprovechamiento de cualquier agroecosistema y es determinante en la minimización de los impactos que se generan sobre suelo y agua. El estudio de los microorganismos tales como hongos micorrízicos arbusculares (HMA), bacterias solubilizadoras de P (BSP), entre otros, como determinantes de la fertilidad del suelo y su



potencial aprovechamiento como herramientas de inoculación en plantas, son dos aspectos centrales de investigación en el ámbito de las Ciencias del Suelo.

Bibliografía

- . Adriano Anaya, M. de L.; Gálvez, R. J.; Hernández Ramos, C.; Figueroa, M. S.; Monreal Vargas, C. T. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 2, No. 3. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342011000300009&script=sci_arttext [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Anzuay, M. S.; Angelini, J. G.; Ludueña, L.; Fabra, A.; Taurian, T. 2013. Efecto de la inoculación de bacterias solubilizadoras de fosfato sobre el crecimiento de plantas de maní en ensayos en microcosmo. En: XXVIII Jornada Nacional de Maní. General Cabrera, Córdoba. INTA General Cabrera - CIA, Córdoba, p. 64-65. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-inoculacion-de-bacteriasolubilizadoras-de-fosfatos-sobre-el-crecimiento-de-plantas-de-mani-en-ensayos-en-microcosmo/> [Consulta: 7 de mayo de 2015].
- . Beltrán Pineda, M. E. 2014. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. Artículo de revisión de la *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, Vol. 15, No. 1, p. 101-113. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/sitioWeb/Archivos/Revista/Articulo9_REVISTACORPOICAVol15No1-2014.pdf [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Castagno, L. N.; Estrella, M. J.; Sannazzaro, A. I.; Grassano, A. E.; Ruiz, O. A. 2011. Phosphate-solubilization mechanism and in vitro plant growth promotion activity mediated by *Pantoea eucalypti* isolated from *Lotus tenuis* rhizosphere in the Salado River Basin (Argentina). [en línea] *Journal of Applied Microbiology* ISSN 1364-5072. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.2011.04968.x/pdf> [Consulta: 7 de mayo de 2015].
- . Cerón Rincón, L. E.; Aristizábal Gutiérrez, F. A. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Vol. XIV, No. 1, 285-295. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889/32937> [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. *Agricultura Sostenible*. [en línea] Publicación realizada en el marco de la Agenda de Desarrollo Post-2015 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, <http://www.fao.org/post-2015-mdg/14-themes/sustainable-agriculture/es/> [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Fernández, L. A.; Zalba, P.; Gómez, N. A.; Sagardoy, M. A. 2005. Bacterias Solubilizadoras de Fosfato Inorgánico aisladas de Suelos de la Región Sojera. [en línea] Publicación realizada por el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000100004 [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Glick, B. R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Scientifica*, Volume 2012, Article ID 963401, 15 pages. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401> [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Guzmán Estrada, E. A. 2011. Aislamiento y Caracterización de Bacterias Solubilizadoras de Fósforo a partir de cuatro suelos de la Provincia de Chimborazo. [en línea] Tesis para la obtención del título de Ingeniería Agronómica por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1827/1/13T0728%20ESTEBAN%20GUAZM%C3%81N.pdf> [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Morales Zepeda, F. 2007. El impacto de la Biotecnología en la Formación de Redes Institucionales en el Sector Hortofrutícola de Sinaloa, México. [en línea] Tesis para acceder al Doctorado en Planificación Territorial y Desarrollo Regional. Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Barcelona, http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1952/14.FMS_ANEXOS.pdf;jsessionid=9F0E6BF02FE8A1CA86ED633752638C8C.tdx1?sequence=15 [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- . Nijensohn, L.; Avellaneda, M. O.; Pizarro, O.; Olmos, F. S. 1972. Empleo de soluciones bicarbonatadas sódicas en el diagnóstico del nivel de fósforo disponible en los suelos mendocinos de riego. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCUYO*. 18(2): 120-126.

. Oliveros-Bastidas, Alberto de J.; Macías, F. A.; Carrera Fernández, C.; Marín, D.; Molinillo, José M. G. 2009. Exudados de la Raíz y su Relevancia Actual en las Interacciones Alelopáticas. *Revista Química Nova*, Vol. 32, No. 1, p. 198-213. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000100035 [Consulta: 12 de marzo de 2015].

. Oviedo, Mirian E.; Iglesias, María C. 2005. Utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo en cultivo de raygrás. [en línea] <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-053.pdf> [Consulta: 7 de mayo de 2015].

. Rebollo, M.; Prieto, T.; Brero, V. 2005. Aproximación a la historia y epistemología del concepto de suelo: implicaciones didácticas. [en línea], http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRA75aprhis.pdf [Consulta: 15 de marzo de 2015].

. Segura, M. L.; Medrano, E.; Casado, E. 2000. Fertilización y riego bajo invernadero en producción integrada. *Revista Horticultura. Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*. p. 16-24. ISSN 1132-2950. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort%2FHort_2000_146_16_24.pdf [Consulta: 12 de marzo de 2015].

. Smith, S. E.; Smith, F. A. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystems scales. *Annual Review of Plant Botany*, 62: 227-250.

. Tyler Miller, G. 2009. *Ciencia Ambiental. Desarrollo-sostenible. Un enfoque integral (4° Ed.)*. Cengage Learning. México.