

Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas

El suelo es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimentos. Su calidad tiene un papel fundamental en el mantenimiento del balance entre producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera. El suelo no sólo es la base para la agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. La mayor parte de las etapas de los ciclos biogeoquímicos tienen lugar en él (9). La actividad microbiana del suelo (o edáfica) da cuenta de las reacciones bioquímicas que se suceden dentro de este complejo y heterogéneo sistema. Los cambios en la tasa de circulación del carbono y de los nutrientes minerales en el suelo como consecuencia de las interacciones entre las plantas y otros organismos involucran modificaciones en la estructura y el funcionamiento de sus comunidades bióticas. En un ecosistema, la pronta respuesta de los procesos microbianos y de la estructura de las comunidades a las alteraciones físicas, químicas y biológicas constituye un aspecto central de la calidad del suelo. Los cambios en la estructura de las comunidades microbianas en sistemas perturbados generalmente están asociados a emisiones de gases con efecto invernadero (CO_2 , NO o N_2O) y a la pérdida del N por lixiviación (8).

El manejo agrícola convencional, que incluye el excesivo uso de maquinaria, ha incrementado la erosión del suelo y la concentración de dióxido de carbono atmosférico, y en consecuencia, el calentamiento global. La aplicación de sistemas de manejo con uso reducido o nulo de maquinaria ha sido una estrategia para revertir este proceso de deterioro de los suelos (6), y los productores argentinos la han adoptado en forma generalizada, sobre todo en la región pampeana. Sin embargo, esta alternativa no es suficiente para garantizar la sustentabilidad. Desarrollar sistemas de manejo sustentable conlleva una gran dificultad, pues es preciso considerar las demandas sociales vinculadas con la eficiencia en el uso del recurso y la capacidad de mantener un balance favorable (4).

Hiperdensidad e hiperdiversidad son los dos aspectos fundamentales que caracterizan a las comunidades microbianas del suelo. La cantidad de microorganismos en un gramo de suelo puede variar entre 10^7 y 10^9 células, mientras que algunas estimaciones indican la posibilidad de que haya al menos 10^4 especies microbianas distintas por gramo de suelo (13). La biodiversidad es una propiedad que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración y que le asegura su estabilidad funcional (7). Además, brinda la posibilidad de obtener microorganismos con capacidad de promover el crecimiento de los cultivos de tal manera que la sustentabilidad de los agroecosistemas se vea favorecida por diversos mecanismos (1, 2, 12). La práctica de inoculación de semillas ha sido incorporada a los sistemas de cultivos en Argentina desde hace muchos años en las asociaciones *Rhizobium*-leguminosa. En nuestro país, casi el 90% de los cultivos de soja son inoculados con bacterias del género *Bradyrhizobium* y la especie más utilizada es *B. japonicum*. De esta manera se logra el establecimiento de la simbiosis bacteria-planta. Esta brinda al cultivo la posibilidad de obtener nitrógeno del aire mediante la fijación biológica por la actividad del complejo enzimático de la nitrogenasa, sólo presente en algunos procariones. En la actualidad, otras bacterias del suelo con capacidad de asociarse a plantas de cultivo se están aplicando con éxito. Entre ellas se destacan las de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter* y *Azospirillum*. Este último género es uno de los más estudiados y sobre el cual se han publicado numerosos artículos científicos y de divulgación. Esto se debe a que *Azospirillum* tiene la capacidad de colonizar diversas especies vegetales de manera endofítica y promover su crecimiento, nutrición y productividad a través de mecanismos tales como fijación biológica de nitrógeno y producción de fitohormonas. La capacidad de aumentar el rendimiento biológico de los cultivos se asocia a favorecer la sustentabilidad de los agroecosistemas, dado que se incrementa la cantidad de materia orgánica aportada al suelo a

través de residuos de cosecha y se reduce, en ciertas ocasiones, la necesidad de fertilización química. Con el objetivo de establecer el estado de situación respecto de su uso y de la investigación en torno al tema, la Subcomisión de Microbiología Agrícola y Ambiental de la AAM organizó el Primer Taller Internacional sobre *Azospirillum* que se realizó en la ciudad de Córdoba en octubre de 2007. Con los aportes realizados por investigadores nacionales y extranjeros de gran trayectoria en la temática se editó un libro que abarca tanto temas de fisiología bacteriana como de respuesta agronómica (3).

La aplicación de microorganismos se realiza a través de la utilización de inoculantes sobre las semillas y/o sobre el suelo, con el fin de establecer una asociación benéfica entre la planta y el microorganismo. Los inoculantes pueden ser monovalentes, es decir, contener un solo tipo de microorganismo, o polivalentes, cuando dos o más microorganismos están incluidos en su formulación. Aunque existen formulaciones sólidas en el mercado, actualmente el comercio nacional de inoculantes ha seguido la tendencia mundial de utilizar inoculantes líquidos, formulados de tal manera que la supervivencia del microorganismo en el inoculante pueda ser mantenida durante períodos prolongados, que pueden variar entre 6 y 18 meses desde el momento de su fabricación. La utilización adecuada y sin riesgos de estos productos microbiológicos requiere el cumplimiento de ciertos parámetros de calidad, que deberían ser observados por las empresas fabricantes y controlados por el ente regulador. Los inoculantes no deben aportar microorganismos no deseados ni posibles contaminantes, y las cantidades del microorganismo a aplicar deben estar en los niveles necesarios para garantizar su eficiencia. En este sentido, la red de control de inoculantes REDCAI de la División de Microbiología Agrícola y Ambiental (DIMAYA) de la AAM ha desarrollado procedimientos interlaboratorio para la aplicación de protocolos de consenso, que ya han sido publicados (10,11).

La rizosfera, definida como la porción del suelo influenciada por las raíces vegetales, es el sitio de máxima interacción entre microorganismos edáficos y entre éstos y los cultivos. Por ello, el conocimiento detallado de este ambiente y la caracterización de su biodiversidad constituyen pilares fundamentales para lograr agroecosistemas sustentables. En este sentido, la DIMAYA organizó en octubre de 2010 el Primer Taller Internacional sobre Rizosfera, Biodiversidad y Agricultura Sustentable (TIRBAS). Éste se realizó en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y tuvo como objetivo generar un ámbito de discusión e intercambio de ideas, las cuales estas en forma resumida han sido plasmadas en el libro de resúmenes de las presentaciones brindadas por disertantes nacionales y extranjeros, el que conforma una actualización exhaustiva en la temática (5).

El logro y el mantenimiento de la sustentabilidad de los agroecosistemas deben ser objetivos permanentes en pos de mantener el recurso suelo en niveles de máxima calidad y salud. Todos los actores intervinientes tales como productores, fabricantes de insumos, investigadores y políticos tienen ese compromiso con las generaciones venideras. En ese sentido, la microbiología del suelo brinda la posibilidad de generar nuevos conocimientos, tanto básicos como aplicados, y de hacer valiosos aportes al desarrollo económico respetando el recurso natural.

INÉS EUGENIA GARCÍA DE SALAMONE

Cátedra de Microbiología Agrícola
Departamento de Biología Aplicada y Alimentos
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires
Avda. San Martín 4453. Ciudad Autónoma de Buenos Aires
E-mail: igarcia@agro.uba.ar

1. Antoun H, Prevost D. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: Siddiqui ZA, editor. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Dordrecht, Springer, 2006, p. 1-38.
2. Bashan Y, de-Bashan LE. Bacteria/Plant growth-promotion. In: Hillel D, editor. Encyclopedia of soils in the environment. Oxford, UK, Elsevier, 2005, Volume 1, p. 103-15.
3. Cassan FD, García de Salamone IE. *Azospirillum* sp.: Cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Buenos Aires, Argentina, Asociación Argentina de Microbiología, 2008.
4. Doran JW, Zeiss MR. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl Soil Ecol* 2000; 15: 3-11.

5. García de Salamone IE, Cassan FD. Taller Internacional sobre Rizosfera, Biodiversidad y Agricultura Sustentable. Buenos Aires, Argentina, Asociación Argentina de Microbiología, 2010.
6. Grandy AS, Robertson GP, Thelen KD. Do productivity and environmental trade-offs justify periodically cultivating no-till cropping systems? *Agron J* 2006; 98: 1377-83.
7. Griffiths BS, Bonkowski M, Roy J, Ritz K. Functional stability substrate, utilisation and biological indicators of soil following environmental impacts. *Appl Soil Ecol* 2001; 16: 49-61.
8. Jackson LE, Calderonb FJ, Steenwertha KL, Scow KM, Rolston DE. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma* 2003; 114: 305-17.
9. Paul EA, Clark FE. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, CA, Academic Press Inc., 1996.
10. REDCAI Control de Calidad de Inoculantes en Leguminosas. Documento de Procedimientos N° 1. Subcomisión de Microbiología Agrícola y Ambiental (SMAYA), Asociación Argentina de Microbiología, 2006. Buenos Aires, Argentina.
11. REDCAI Control de Calidad de Inoculantes que contienen Azospirillum. Documento de Procedimientos No 2. División de Microbiología Agrícola y Ambiental (DIMAYA), Asociación Argentina de Microbiología, 2010. Buenos Aires, Argentina.
12. Reed MLE, Glick BR. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 2004; 86: 1-25.
13. Torsvik V, Øvreås L, Thingstad TF. Prokaryotic diversity - magnitude, dynamics, and controlling factors. *Science* 2002; 296: 1064-6.