

MICROORGANISMOS Y BIODIVERSIDAD

Microorganisms and Biodiversity

V. Olalde Portugal¹ y L.I. Aguilera Gómez

RESUMEN

El componente microbiano del suelo es importante para la salud de los ecosistemas. Los procesos agrícolas, así como el manejo de los recursos vegetales inciden sobre este componente afectando tanto su biodiversidad como la densidad de las poblaciones microbianas implicadas; los resultados a mediano y largo plazo pueden ser la pérdida de fertilidad de los suelos y su progresiva pauperización. La sostenibilidad de un agroecosistema yace también en su menor dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos. El empleo de cepas de microorganismos con un alto potencial de acción sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas y el estudio de la diversidad biológica de sus patógenos son factores clave en su control y, por tanto, en el manejo integral de cultivos.

Palabras clave: *Microbiología del suelo, ecología microbiana, sostenibilidad.*

SUMMARY

The soil microbial component is important to the ecosystems health. Agricultural procedures and the management of vegetal resources affect biodiversity and density of involved microbial populations. Results in the medium and large terms may be losses in soil fertility and progressive erosion. Sustainability of agroecosystems lies also on a reduced chemical fertilization and pesticide dependence. The use of microbial strains with high action potential on growth and development of plants, and the study of biological diversity of their pathogens are key factors on integral management of crops.

Index words: *Soil microbiology, microbial ecology, sustainability.*

¹ Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados IPN, Unidad Irapuato. Km. 9.6 Libramiento Norte, Carr. Irapuato-León. Apdo. Postal 629, 36500 Irapuato, Gto., México.

Aceptado: Septiembre de 1998.

INTRODUCCION

Como es bien sabido, los microorganismos son los seres más numerosos que existen en la tierra; son organismos ancestrales que han colonizado exitosamente cada nicho ecológico posible. Los microorganismos se encuentran prácticamente en todas las regiones del planeta, desde los polos, en ambientes bajo el punto de congelación y muy secos, hasta los trópicos con temperaturas altas y con elevada precipitación pluvial. Su presencia y actividad es esencial para la salud y funcionamiento adecuado de todos los ecosistemas (Olembó, 1991). Existen microorganismos que degradan la materia orgánica haciéndola nuevamente disponible para las plantas, actividad sin la cual el mundo sería un enorme basurero; otros han jugado un papel significativo en relación con el hombre y su productividad, participando en la agricultura y en la elaboración de alimentos y medicinas (Tate III, 1995). Algunos, como las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) son indispensables en la industria vinícola (a través de la fermentación alcohólica). Tanto bacterias como hongos intervienen en la elaboración de quesos y derivados lácteos. Ciertos hongos del suelo forman parte de un amplio abanico de productores de antibióticos; otros, como las bacterias y algas verde-azules, son organismos fijadores del nitrógeno atmosférico, lo cual los hace útiles al planear una adecuada rotación de cultivos (Brock, 1978).

La capacidad de los microorganismos para desarrollar tal variedad de funciones se debe a su gran versatilidad bioquímica, basada en la posibilidad de llevar a cabo una enorme cantidad de tipos de reacciones: oxidaciones, reducciones y precipitaciones, sobre los elementos componentes de lo que llamamos vida, y que de manera directa o indirecta gobiernan todos los procesos en la tierra (Atlas, 1984).

Biodiversidad

Desde el punto de vista genético se debe tener en mente que cada secuencia de ADN es única e irremplazable, con lo cual la desaparición de cualquier especie biológica implica la pérdida irreversible de un

conjunto único de información. Esto es aplicable a todo organismo viviente y, por tanto, también a los microorganismos. El anterior ensamblaje de genética y funcionalidad lleva a hablar de biodiversidad. Pero, ¿que contempla dicho término?; biodiversidad, es la variedad y variabilidad de todas las formas de vida, el complejo ecológico en el cual están presentes y los procesos de los que forman parte (Atlas, 1984; Olembo, 1991). En este sentido, y en relación con los microorganismos, el suelo es un ecosistema de enorme riqueza microbiana y la misma definición de suelo quedaría incompleta si en ella no se considerara la actividad de este componente, entre cuya diversidad, la microflora está bien representada. Las bacterias son los organismos más numerosos en el suelo (entre 10^6 y 10^7 bacterias g^{-1} de suelo), mientras que los hongos dado su mayor tamaño aunque menor abundancia tienen la biomasa más significativa (Alexander, 1980; Tate III, 1995).

Los estudios sobre los microorganismos del suelo son numerosos, sin embargo, a la fecha no existe ningún ejemplo en el que se haya determinado completamente la biodiversidad de un suelo y aún más, tampoco se sabe cual es la biodiversidad necesaria en cuanto a microorganismos para que un suelo agrícola funcione de manera óptima (Stewart, 1991).

En realidad, en el conocimiento actual se ha identificado el significado funcional de grupos particulares que afectan la productividad de las plantas en un contexto agrícola; así se han definido algunas de las actividades en las que participan los microorganismos del suelo: fijación de nitrógeno, degradación de celulosa, incorporación de fósforo a la planta, interacción con otros microorganismos y control biológico. El aprovechamiento de todas estas actividades microbianas de manera directa interviene en hacer realidad lo que se ha llamado agricultura sostenible, que consiste en mantener la producción sin deterioro del ambiente (Stewart, 1991; Bethlenfalvay, 1993).

Gran parte de la significancia de los microorganismos se expresa al mantener un balance adecuado entre el suelo, la planta y la microbiota nativa. El punto en donde se llevan a cabo las interacciones más importantes, es la rizósfera, la zona de influencia de la raíz. De modo que en una manera general se puede decir que la sostenibilidad depende

de mantener buenas condiciones físicas, químicas y biológicas en el suelo (Stewart, 1991).

Sostenibilidad

Como de alguna manera en esta revisión se ha tratado de relacionar la diversidad microbiana con la agricultura sostenible, un ejemplo que puede dar una idea más real de esta relación es la descripción del trabajo que se está realizando en un Bosque Espinoso dominado por *Prosopis laevigata* (mezquite) en el norte del estado de Guanajuato, demostrando que puede tratarse de un sistema sustentable (Frías *et al.*, 1993). El Cuadro 1 muestra los resultados que el laboratorio de Bioquímica Ecológica del CINVESTAV Unidad Irapuato ha encontrado en cuanto a la productividad de este ecosistema. Junto al predio con mezquite utilizado en este estudio, existe una parcela que fue desmontada y abierta al cultivo hace 14 años y comparando la producción, los beneficios económicos de una hectárea en tales condiciones son mucho menores que en el ecosistema natural bajo un manejo racional de los recursos.

El mezquite es un árbol de la familia *Leguminosae* de 10 a 15 m de alto, que crea bajo su copa condiciones muy favorables para el desarrollo de otras plantas herbáceas cuya cobertura forma islas de fertilidad (Aguilar, 1998). La cobertura vegetal bajo y fuera de la protección de la copa de este árbol difiere, encontrándose las mayores densidades dentro del área de influencia de la copa. Las diferencias que suelen observarse en la vegetación se reflejan también en cambios microbiológicos, puesto que el número de bacterias ($60 \times 10^6 \pm 15 \times 10^6$ bacterias g^{-1} de suelo) y de hongos ($17 \times 10^4 \pm 5 \times 10^4$ propágulos g^{-1} de suelo)

Cuadro 1. Productividad de un bosque espinoso con mezquite, en un predio de 30 ha, ubicado aprox. a 30 km de Dolores Hidalgo, sobre la carretera Dolores-San Luis de la Paz, en el norte del estado de Guanajuato.

Productividad/hectárea	Cantidad
	kg
Leña	15 000 \pm 1800
Vaina	800 \pm 96
Herbáceas	2600 \pm 312
Nopal (<i>Opuntia</i> spp.)	2000 \pm 240
Cholla (<i>Opuntia imbricata</i>)	940 \pm 112
Paixtle (<i>Tillandsia recurvata</i>)	4000 \pm 480
Miel de abejas	35 \pm 4
Polen	1 \pm 0.14

presentes en los suelos bajo el dosel del árbol fue mayor que en los campos que fueron abiertos a la agricultura ($20 \times 10^6 \pm 5 \times 10^6$ bacterias g^{-1} de suelo y $46 \times 10^3 \pm 10 \times 10^3$ propágulos g^{-1} de suelo, respectivamente) (Aguilar, 1998). Dichos resultados hablan claramente de una posible pérdida de biodiversidad microbiana que puede resultar importante en el mantenimiento del ecosistema.

Si estos datos parecen alarmantes, cuando se analizaron las datos sobre la presencia de microorganismos simbióticos, se observó que el número de esporas de hongos micorrízicos arbusculares existentes en el suelo bajo la copa del mezquite (2100 ± 120 esporas/100 g de suelo) fue mayor que en las zonas aledañas del bosque fuera del área del dosel (1600 ± 85 esporas/100 g de suelo) y se redujo significativamente en el campo abierto a cultivo (930 ± 45 esporas/100 g de suelo) (Aguilar, 1998). Aún más, mientras que en el bosque ya sea bajo la copa o fuera de ella, la diversidad de especies se mantiene con diferencias en número de propágulos, en la parcela abierta a la agricultura se encuentran menos especies indicando una clara pérdida de biodiversidad.

El mezquite también se asocia simbióticamente con *Rhizobium*, una bacteria fijadora de nitrógeno. Entre las bacterias de este género existen cepas que pueden mostrar una serie de efectos distintos sobre las plantas; algunas afectan positivamente su desarrollo de la misma manera que si se hubiese adicionado fertilizante nitrogenado, mientras que otras sólo estimulan con resultados similares a los testigos. Por tanto es muy importante conocer la diversidad bacteriana no solo intragenérica sino también intraespecíficamente (Smit y Swart, 1994).

El conocimiento de la diversidad microbiana puede ayudar a definir sistemas de reforestación o rehabilitación de zonas perturbadas puesto que como se ha dicho, los microorganismos ayudan directamente al desarrollo de las plantas por su aporte nutricional o bien mejorando las características del suelo mediante una mejor agregación de partículas, incrementando la retención de suelo, la porosidad, la retención de agua y el control de la erosión (Tate III, 1995).

Hablar de agricultura sustentable no solo implica hablar de agroforestería sino también de agricultura intensiva, en donde los microorganismos pueden disminuir el consumo de fertilizante nitrogenado u optimizar su aprovechamiento. Un ejemplo adecuado

puede ser el experimento realizado en el mismo laboratorio, en el que se inocularon diferentes cepas de *Azospirillum* a trigo en campo, ésta es una bacteria de vida libre que fija nitrógeno asociada a las raíces de gramíneas. Algunas de las cepas probadas hicieron que las plantas igualaran el crecimiento del testigo con fertilizante, mientras que otras incrementaron el aprovechamiento de nutrimentos en plantas tratadas conjuntamente con *Azospirillum* y el fertilizante nitrogenado. Una posible explicación de este fenómeno es la producción bacteriana de fitohormonas (Monter, 1993).

Por otra parte, los microorganismos pueden ser utilizados en el control de fitopatógenos y, por lo tanto, reducir el uso de pesticidas. Para lograr este tipo de control es necesario aislar del suelo microorganismos antagonistas y enfrentarlos al agente etiológico de la enfermedad. (En ocasiones de cada 1000 aislamientos sólo 1 % inhibe el desarrollo del patógeno *in vitro*). Los mecanismos que utilizan estos organismos para antagonizar a los fitopatógenos pueden ser la producción de antibióticos, competencia por nutrimentos, competencia por sitios de infección, parasitismo y producción de sustancias tóxicas. Por lo general un microorganismo de este tipo presenta un solo tipo de mecanismo o a lo sumo dos de ellos (Krupa y Dommergues, 1979).

Sin embargo, los fitopatógenos, entre los cuales destacan los hongos, presentan una enorme diversidad y diferentes comportamientos ecológicos aun tratándose de la misma especie (Garret, 1981). La costra negra de la papa, por ejemplo, es una enfermedad del tubérculo que si se utiliza para sembrar produce grandes pérdidas porque ataca los brotes y los seca. En el Bajío, el agente etiológico, *Rhizoctonia solani*, presenta dos tipos de infección producidos por dos grupos de anastomosis (Ag4 y Ag3) (Virgen *et al.*, 1996). Un grupo de anastomosis es aquel dentro del cual las hifas de dos aislados diferentes del hongo pueden fusionarse si se les hace crecer en una misma caja petri con medio nutritivo. Existen 11 grupos identificados a nivel mundial en la misma especie del hongo. A simple vista, las costras de la papa parecen iguales ya se trate de uno u otro grupo, pero cada uno mantiene una sensibilidad diferencial a los fungicidas y presenta un comportamiento diferente en su distribución espacial y temporal, lo que ha sido estudiado con éxito en el laboratorio de Bioquímica Ecológica de CINVESTAV, por lo que el conocimiento exacto de

este comportamiento permitirá buscar de manera más efectiva las bacterias antagónicas adecuadas para el biocontrol.

Otro problema que involucra la diversidad de una especie de fitopatógenos está siendo analizado en dicho laboratorio; la incidencia de la pudrición blanca del ajo se debe a la presencia de *Sclerotium cepivorum*, un hongo cuyos esclerocios producidos en número de miles en cada planta pueden permanecer viables en el suelo durante un periodo de tiempo de hasta 20 años. Diferentes aislados de este hongo en un mismo campo de cultivo presentan un patrón diferente de sensibilidad a fungicidas, por lo que el conocimiento de esta diversidad deberá conducir a mejores estrategias de control no solo químico sino también biológico (Pérez *et al.*, 1997).

El estudio de la diversidad microbiana no puede llevarse a cabo sin establecer colecciones de microorganismos que se consideren relevantes en una amplia gama de actividades biológicas y en este sentido falta aún mucho por hacer. Así mismo es necesario correlacionar las actividades de los microorganismos con las plantas con las que se asocian y conservar dichos sistemas biológicos.

Finalmente, los autores desean dejar a la consideración del lector algunas de las recomendaciones que el Comité Internacional sobre Biodiversidad ha sugerido a fin de llevar a cabo eficientemente esta labor de investigación:

1. Estudiar la distribución y diversidad de los microorganismos nativos.
2. Conocer el efecto de la biodiversidad en los sistemas productivos.
3. Utilizar los conocimientos sobre la diversidad biológica en sistemas de producción sustentable.
5. Conservar los microorganismos en colecciones o en hábitats naturales.

LITERATURA CITADA

Aguilar L., A.L. 1998. Caracterización microbiológica y fisicoquímica de suelos de islas de fertilidad de mezquite en un ecosistema semiárido. Tesis de licenciatura, Instituto de

- Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato. Irapuato, Gto., México
- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. AGT. México, DF, México.
- Atlas, R.M. 1984. Diversity of microbial communities. *In*: K.C. Marshall (ed.). *Advances in Microbial Ecology* 7: 1-47. Plenum Press, New York, USA.
- Bethlenfalvay, G.J. 1993. The mycorrhizal plant-soil system in sustainable agriculture. *In*: R.Ferrera-Cerrato y R. Quintero Lizaola (eds.). *Agroecología, sostenibilidad y educación*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México.
- Brock, T.D. 1978. *Biología de los microorganismos*. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Frías, H.J.T., L.I. Aguilera G. y V. Olalde P. 1993. Productividad de una comunidad dominada por mezquite (*Prosopis laevigata*) bajo el enfoque de agricultura sostenible. Memorias del I simposium internacional y II reunión nacional sobre agricultura sostenible. CEICADAR, Colegio de Postgraduados, Puebla, Pue. (en prensa).
- Garret, S.D. 1981. *Soil fungi and soil fertility*. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Krupa, S.V. e Y.R. Dommergues. 1979. *Ecology of root pathogens*. Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam, The Netherlands.
- Monter, P.J. 1993. Respuesta a la inoculación con *Azospirillum* spp. en trigo y sorgo bajo condiciones de campo. Tesis de licenciatura, Escuela de Agronomía y Zootecnia, Universidad de Guanajuato.
- Olembo, R. 1991. Importance of microorganisms and invertebrates as components of biodiversity. pp. 7-15. *In*: D.L. Hawksworth (ed.). *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture*. Redwood Press, Melksham, UK.
- Pérez L., M., V. Olalde-Portugal, J.R. Sánchez P. y C. Castañeda C. 1997. Sensibilidad *in vitro* de *Sclerotium cepivorum* Berk a fungicidas comúnmente usados para su control. *Revista Mexicana de Fitopatología* 15: 9-14.
- Smit, G.N. y J.S. Swart. 1994. Influence of leguminous and non-leguminous woody plants on the herbaceous layer and soil under varying competition regimes in mixed bushveld. *African J. of Rangeland Forage Sci.* 11: 27-33.
- Stewart, W.D.P. 1991. The importance to sustainable agriculture of biodiversity among invertebrates and microorganisms. pp. 3-5. *In*: D.L.Hawksworth. (ed.). *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture*. Redwood Press, Melksham, UK.
- Tate III, R.L. 1995. *Soil microbiology*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Virgen-Calleros, G., V. Olalde-Portugal y R. Rocha. 1996. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* Khurm in potato from Guanajuato state, Mexico. *Fitopatología* 31: 48.