



MIROBIOLOGÍA DEL SUELO Y SISTEMAS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES: APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS EN AGROECOSISTEMAS EN LAS ISLAS CANARIAS

M.C. Jaizme-Vega y A.S. Rodríguez-Romero

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias

Apdo. 60- 38200 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias

e-mail: mcjaizme@icia.es

Introducción

La microbiología del suelo puede ser definida como el estudio de los organismos que habitan en el suelo, su actividad metabólica y sus funciones en los flujos de energía y ciclos de nutrientes [1]. Actualmente se considera que la fracción biológica de los suelos juega un papel fundamental en la fertilidad de los suelos, p. ej. la fertilidad biológica, que envuelve la reserva orgánica, así como la abundancia de la actividad de la biomasa del suelo. La microbiota asociada a las plantas ha demostrado su papel crucial en mantener el equilibrio ecológico del suelo y, de esta forma, la sostenibilidad de sus ecosistemas o agroecosistemas naturales [2]. Entre otros, los microorganismos del suelo están envueltos en la fijación del nitrógeno o la síntesis de humus. También pueden promover el desarrollo vegetal a través de la producción de fitohormonas, proteger a las plantas contra los patógenos de las raíces o aliviar la polución del suelo degradando las sustancias tóxicas [2]. Por lo tanto, el conocimiento de la microbiología del suelo es esencial para entender la agronomía.

De la misma forma, los microorganismos del suelo pueden influenciar en la actividad de los agroecosistemas; pueden afectar al medioambiente. Las condiciones ambientales (temperatura, humedad, radiación solar,...) y el tratamiento de cultivo (tipo de cultivo y variedad, fertilización, pesticidas,...) pueden afectar drásticamente a las poblaciones microbianas del suelo. Por lo tanto, el tratamiento sostenible debería incluir prácticas que contribuyeran a preservar la actividad y la salud de la microbiota del suelo, lo que a cambio, aseguraría la salud y fertilidad del suelo.

La actividad microbiana está concentrada principalmente alrededor de las raíces, en la zona del suelo directamente rodeada e influenciada por ella, llamada rizosfera, como resultado de la liberación constante de compuestos orgánicos por las raíces. Este proceso conocido como rizodeposición envuelve a una gran parte de la materia fotosintetizada por la planta y provee de una cantidad sustancial de nutrientes a los microbios del suelo [3]. Las interacciones planta-microbio que tienen lugar en la zona de la rizosfera están entre los factores principales que regulan la salud y crecimiento de la planta [2]. Se pueden distinguir dos grupos principales de microorganismos: saprófitos y simbioses. Ambos incluyen bacterias y hongos perjudiciales, neutrales y beneficiosos. Entre estos microbios beneficiosos de la rizosfera, pueden ser considerados los hongos de micorriza arbustiva (AMF, *arbuscular mycorrhizal fungi*) y las rizobacterias fomentadoras del crecimiento (PGPR, *plant growth promoting rhizobacteria*).

Los hongos de micorriza arbustiva son simbioses estrictos que colonizan las raíces de la mayoría de especies cultivadas. La simbiosis de micorrizas puede encontrarse en casi todos los tipos de situaciones ecológicas y la mayoría de las especies de plantas pueden formar esta simbiosis de manera natural. El establecimiento de las micorrizas supone beneficios para ambas partes, planta y hongo. Esta asociación ocurre de forma natural cuando las plántulas son transplantadas en el campo, favoreciendo el desarrollo de la planta incrementando la asimilación de nutrientes, las tasas de crecimiento y las actividades hormonales [2].

Las micorrizas también pueden incrementar la tolerancia de las plantas a las condiciones de stress hídrico como la salinidad, sequía, metales pesados, patógenos de las raíces originarios del suelo y la mejora de la estructura del suelo [2]. La integración de estos simbioses en los sistemas de producción vegetal se está favoreciendo por el interés creciente en su aplicación como biofertilizante para aliviar las situaciones de stress de las plantas, así como la presencia significativa de productos de alta calidad comercial basados en inóculos de micorrizas.

Las rizobacterias promotoras del crecimiento de la planta están capacitadas para colonizar la superficie de la raíz, compitiendo con la microbiota nativa; al menos para expresar sus actividades favorecedoras de la planta. Ciertas cepas de *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Enterobacter* o *Serratia*, han sido descritas frecuentemente como PGPR. Su efecto positivo en el desarrollo de las plantas ha sido descrito para diferentes cultivos; tanto herbáceos, como patata y soja, o leñosos, como el manzano y cítricos [4]. Diversos mecanismos, que implican producción de fitohormonas, solubilización mineral y disponibilidad o control biológico de patógenos del suelo, han sido propuestos para explicar la actividad bacteriana. Ciertos procesos medioambientales cruciales como los ciclos de nutrientes o el establecimiento de semillas, también son atribuidos a rizobacterias [5, 6].

Aislamiento y multiplicación de microorganismos de la rizosfera

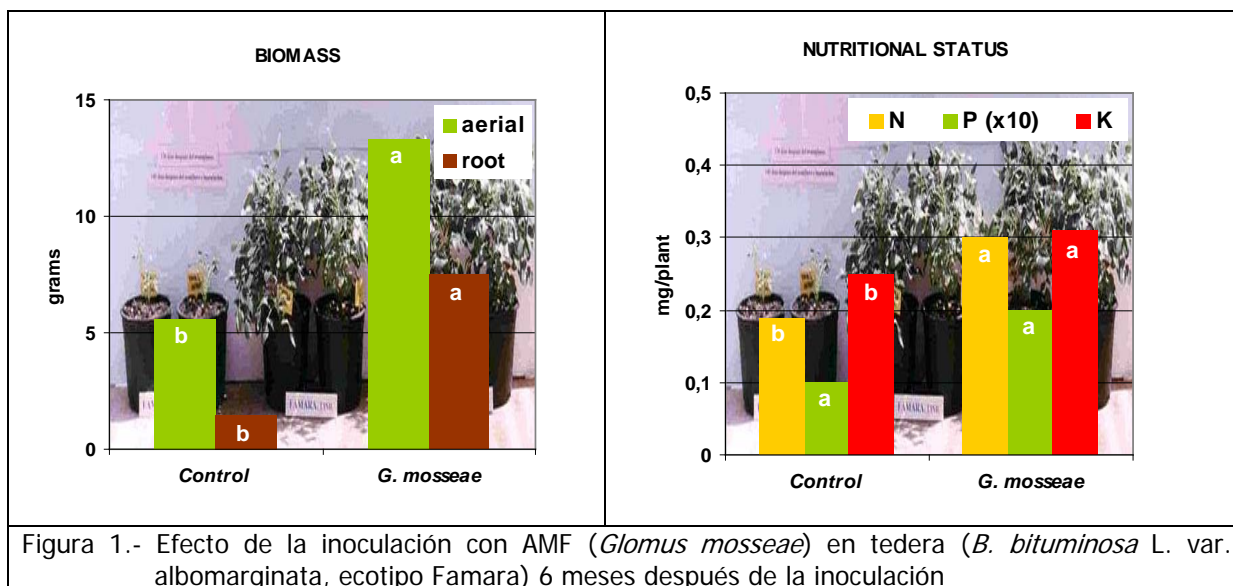
Tanto los hongos de micorrizas como las rizobacterias pueden ser aislados de su ambiente natural (suelo y/o raíces) y multiplicarse posteriormente en el laboratorio o en invernadero. Este hecho ha contribuido al establecimiento de captaciones aisladas para estudios posteriores. El proceso de estudio implica la multiplicación y la selección a través de ensayos específicos donde los individuos aislados son evaluados en diferentes especies de plantas, teniendo diferentes sistemas de propagación y diferentes condiciones de tratamiento. Estos bioensayos permiten determinar la facultad biofertilizante y de biocontrol de los individuos aislados. La optimización de la técnica de multiplicación a gran escala para determinadas empresas ha contribuido a desarrollar inóculos comerciales de alta calidad con propósitos agrícolas.

Aplicación de microorganismos de la rizosfera en algunos cultivos con importancia agronómica en las Islas Canarias

En los últimos años, se han dirigido numerosos estudios con la intención de determinar el efecto de estos microorganismos como biofertilizantes y agentes biocontroladores contra ciertos patógenos radiculares. Esos estudios se han realizado sobre diferentes especies vegetales de interés agronómico y bajo condiciones comerciales cercanas. A continuación se presentan los resultados resumidos de algunos de estos trabajos.

AMF-cultivos forrajeros

Varias especies tederas o psoralea (*Bituminaria bituminosa* L. Var. Albomarginata) están bien distribuidas en las Islas Canarias. Esta especie de legumbre autóctona, usada tradicionalmente como forraje, también ha sido considerada para la reforestación de suelos degradados. Un trabajo previo realizado bajo condiciones de vivero confirmó el efecto positivo de varias micorrizas aisladas en diferentes ecotipos de esta especie de planta [7]. Los beneficios de la inoculación de *Glomus mosseae* en el ecotipo Famara (uno de los más difíciles tratamientos agronómicos) se muestran en la Figura 1 [8]. La biomasa aérea en las plantas con micorrizas era dos veces mayor, mientras que la biomasa de la raíz era cinco veces mayor al compararlas con plantas no inoculadas.



AMF-tomate

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los más importantes en nuestra región tanto económica como socialmente. A pesar de que es descrito como que puede establecer simbiosis con micorrizas, la aplicación práctica no es siempre fácil, debido al alto grado de sofisticación de las semillas comerciales recientes. De este modo, numerosos trabajos han sido realizados para determinar bajo tratamiento orgánico que variedades comerciales pueden beneficiarse de la micorrización en la cosecha [9, 10] (Figura 2).



AMF-rizobacteria-cultivos tropicales

La inoculación de microorganismos de la rizosfera, durante las fases tempranas, puede contribuir a mejorar el desarrollo de la planta y su estatus nutricional así como su tolerancia a las condiciones de stress. Para recabar más datos, en la última década, se han realizado varios trabajos sobre el efecto combinado de ambos tipos de microorganismos en el desarrollo de la planta o contra los patógenos radiculares [11, 12]. Los resultados han confirmado los efectos beneficiosos de las rizobacterias en las plataneras: las plantas inoculadas con alguno de los dos microorganismos tiene un mayor desarrollo significativo al compararlo con plantas no inoculadas (Figura 3). Además, el efecto combinado de ambos tipos de microbios de la rizosfera fue mayor que el efecto individual de cualquiera de ellos.

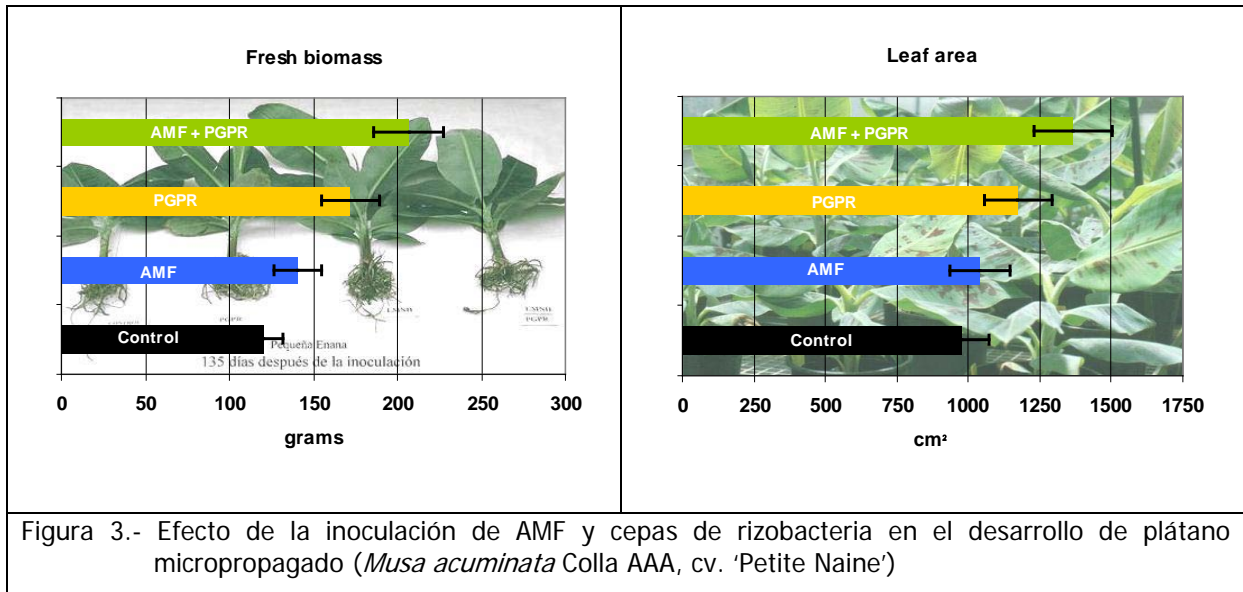


Figura 3.- Efecto de la inoculación de AMF y cepas de rizobacteria en el desarrollo de plátano micropropagado (*Musa acuminata* Colla AAA, cv. 'Petite Naine')

Concerniente a la papaya, otro cultivo tropical de importancia económica en nuestra región, nuestros resultados muestran una protección proporcionada por la micorrización contra nematodos del género *Meloidogyne*, mientras que no se detectó una protección efectiva en presencia de rizobacterias (figura 4).

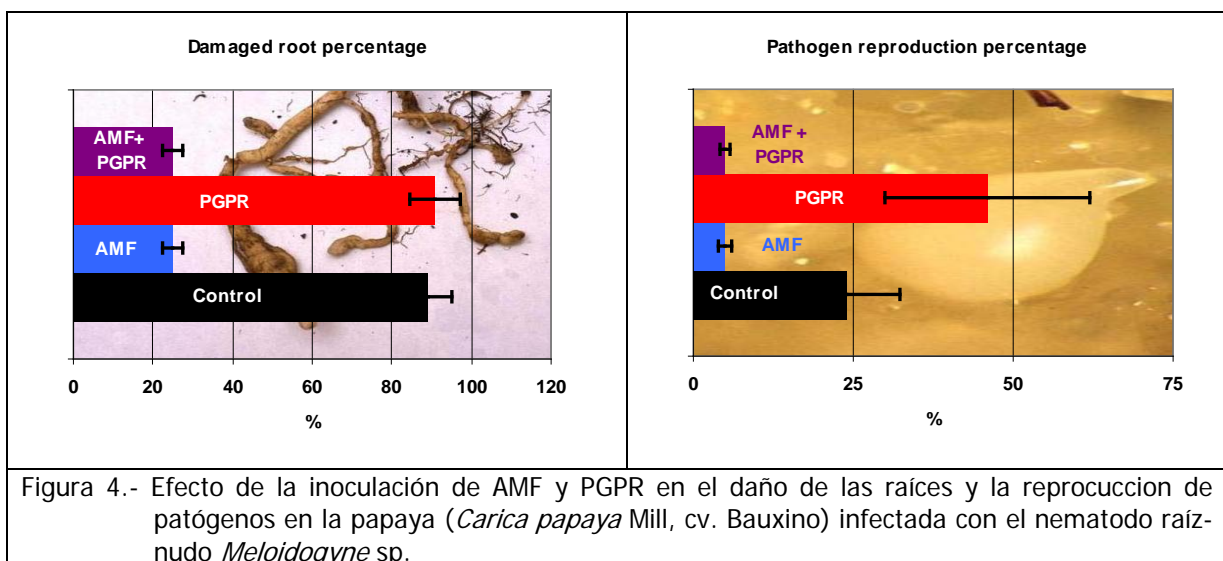


Figura 4.- Efecto de la inoculación de AMF y PGPR en el daño de las raíces y la reproducción de patógenos en la papaya (*Carica papaya* Mill, cv. Bauxino) infectada con el nematodo raíz-nudo *Meloidogyne* sp.

Conclusiones

De acuerdo con nuestros resultados así como los de otros autores, la inoculación de estos microbios de la rizosfera durante las fases tempranas ha demostrado mejoras consistentes en el desarrollo y estatus nutricional de la planta, y puede contribuir a reducir el stress vegetal.

Los avances en la investigación en los años recientes han resuelto algunos aspectos básicos de la biología de estos microorganismos que han llevado a una perspectiva de estas interacciones planta-microbio. Consecuentemente, el incremento de la producción de inóculo de alta calidad, tanto *in vivo* como *in vitro*, puede facilitar su aplicación bajo determinadas circunstancias. La inoculación temprana de hongos AM y las rizobacterias puede estar incluida en los sistemas de producción intensiva o en sistemas de suelos pobres, con un nivel de poblaciones microbianas mínimo, insuficiente para asegurar la fertilidad del suelo. De otro modo, los agrosistemas orgánicos deberían contener su propia riqueza en población microbiana de cepas nativas seleccionadas como consecuencia de su adaptación al entorno. En este caso, las prácticas de cultivo deberían estar encaminadas a preservar y mejorar la sostenibilidad natural de los sistemas.

Referencias

- [1] Atlas, R.M.; Bartha, R. (1993) Microbial ecology: Fundamentals and applications. 3^a ed. Redwood City, CA: Benjamin/Cummin.
- [2] Barea, J.M.; Pozo, M.J.; Azcón, R.; Azcón-Aguilar, C. (2005) Microbial co-operation in the rhizosphere. *J. Exp. Bot* 56, pp. 1761–1778.
- [3] Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2003. The Living Soil. Fundamental of Soil Science and Soil Biology. Science Publishers, Inc. Enfield (NH), USA., 602 p.
- [4] Rodríguez-Romero, A.S. (2003) Alternativas biotecnológicas en cultivares de *Musa* frente a los principales patógeno de suelo en Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna, 299 p.
- [5] Kloepper, J.W. (1994) Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems). *In: Azospirillum / plant associations*. (Ed.). Y Okon. CRC Press. Boca Ratón, pp111-118.
- [6] Lemanceau, P.; Alabouvette, C. (1993) Suppression of *Fusarium*-wilts by fluorescent Pseudomonads: mechanisms and applications. *Biocontrol Sci. Technol* 3, pp. 219-234.
- [7] Flores González, H. (1999) Efecto de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) sobre la tедера (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton) durante las primeras fases de cultivo. Trabajo Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias, Universidad de La Laguna.
- [8] Jaizme-Vega, M.C.; Mendez, P.; Flores, H. (1999) Efecto de la micorrización sobre la tедера (*Bituminaria bituminosa*) en las primeras fases del cultivo. "Biodiversidad en pastos": Ponencias y Comunicaciones de la XLI Reunión Científica de la SEEP. I Foro Iberoamericano de Pastos. Alicante, pp. 181-187.
- [9] Jaizme-Vega, M.C.; Carnero, A. (1990) Estudio preliminar del uso de los hongos micorrícicos en el cultivo del tomate bajo invernadero en las Islas Canarias. *Act. Horticultura* 4, pp. 186-190.
- [10] Puerta González, M.; Jaizme-Vega, M.C. (1997) Application of arbuscular mycorrhizal fungi (AM) in tomato protected crops with high soil phosphorus level. Working group on integrated control in protected crops in Mediterranean climate. 3-6 Noviembre 1997. Tenerife. Islas Canarias.

- [11] Rodríguez-Romero, A.S.; Piñero Guerra, M.S.; Jaizme-Vega, M.C. (2005) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on banana growth and nutrition. *Agron. Sustain. Dev* 25, pp. 395-399.
- [12] Jaizme-Vega, M.C.; Rodríguez-Romero, A.S.; Barroso Núñez, L.A. (2006) Effect of 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*. *Fruits* 61, pp. 151-162.