

# INTEGRACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS (HONGOS MICORRÍDICOS Y BACTERIAS RIZOSFÉRICAS) EN AGROSISTEMAS DE LAS ISLAS CANARIAS

*María del Carmen Jaizme-Vega, Ana Sue Rodríguez-Romero*

*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), Apdo. 60 – 38200 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias. E-mail: mcjaizme@icia.es*

## Resumen

La actividad microbiana de la rizosfera es, en gran medida, responsable del funcionamiento del ecosistema y de la fertilidad de los suelos agrícolas. Entre los microorganismos benéficos del suelo, tanto los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) como las bacterias rizosféricas promotoras del crecimiento (BRPC), constituyentes claves de la zona rizosférica, contribuyen a mejorar el desarrollo y la nutrición de la planta, así como a incrementar la tolerancia de los cultivos frente a determinadas situaciones de estrés de tipo biótico o abiótico. La integración de estos microorganismos en los sistemas garantizan la sostenibilidad, contribuyendo a optimizar la calidad y la salud del suelo, limitar el aporte de nutrientes e incrementar los rendimientos. En el presente capítulo, se resumen los avances en el manejo de estos microorganismos rizosféricos en los agrosistemas de Canarias, así como algunos resultados de los efectos de su aplicación durante las primeras fases del cultivo, sobre diferentes especies de interés agrícola en el archipiélago (forrajeras, hortícolas, frutales tropicales, etc.), en presencia o no de patógenos de raíz.

**Palabras clave:** hongos formadores de micorrizas, bacterias promotoras del desarrollo, agricultura sostenible

## Summary

### **Integration of beneficial microorganisms (mycorrhizal fungi and rhizospheric bacteria) in the Canary Islands agrosystems**

Microbial activity in the rhizosphere is greatly responsible for the good functioning of the ecosystem and for the fertility of agricultural soil. Amongst the micro-organisms that are beneficial to the soil, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) such as the plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), key constituents of the rhizosphere zone, contribute to improved growth and feeding of the plant, in addition to increased plant tolerance to biotic or abiotic stress. Introducing these micro-organisms to systems guarantees sustainability by helping to optimise soil quality and health, to reduce the release of nutrients and increase yield. This chapter summarises advances in the handling of these rhizospheric micro-organisms in Canary agricultural systems and some of the effects of their being applied, in the first stages of plant growth, to various species of agricultural interest in the archipelago (fodder crops, horticultural crops, tropical fruits, etc.), with or without the presence of root pathogens.

**Key words:** mycorrhizal fungi, plant growth promoting rhizobacteria, sustainable agriculture

## 1. Introducción

El funcionamiento de un ecosistema depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo, ya que los microorganismos son los protagonistas de diversas acciones benéficas para las plantas a las que se asocian. Entre otras capacidades, los microorganismos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas favo-

recedoras del enraizamiento, protegen a la planta frente a los patógenos, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo. Entre los habitantes microscópicos del suelo, los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA), junto con las bacterias fijadoras de nitrógeno y las rizobacterias promotoras del crecimiento son los microorganismos rizosféricos claves para garantizar la sostenibilidad del sistema suelo- planta.

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualísticas entre hongos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas que crecen sobre la corteza terrestre y su diversidad influye sobre las comunidades de plantas a las que viven asociados. Cuando se forma la micorriza, ambos integrantes, hongo y raíz, se ven beneficiados. El hongo ayuda a la planta a obtener nutrientes del suelo ya que aumenta su capacidad de absorción al explorar mayor volumen de suelo que la raíz sola, incrementa la tolerancia de la planta a estrés hídrico y salino, a patógenos y a metales pesados (Smith y Read 1997). Por su parte, la planta proporciona al hongo productos carbonados derivados de la fotosíntesis y un nicho ecológico protegido. En los últimos años se ha generado un interés especial en el estudio de la aplicabilidad de estos simbioses para su uso como biofertilizantes o para aliviar los efectos de la erosión, la sequía, la presencia de patógenos de raíz, etc. (Azcón-Aguilar y Barea 1996). Esta situación y la cada vez más significativa presencia en el mercado de inóculos de calidad y con altos niveles de eficacia y viabilidad, han incrementado las posibilidades de integrar a estos simbioses en los sistemas de producción vegetal comerciales.

Se denominan rizobacterias a aquellas cepas bacterianas del suelo capaces de colonizar las raíces y entorno rizosférico y constituyen por ello, uno de los grupos microbianos más importantes de los suelos. Estos microorganismos capaces de producir efectos beneficiosos en el desarrollo de las plantas, han demostrado su eficacia sobre muchos cultivos agrícolas, tales como papa, judías, algodón, cacahuete, lenteja, arroz, soja y especies leñosas como manzano y cítricos (rev. por Rodríguez-Romero 2003). El concepto de Bacterias Rizosféricas Promotoras del Crecimiento se define en base a tres características: 1) su capacidad para la colonización radical, 2) sobrevivir y multiplicarse en microhábitats asociados a la superficie radical en competencia con la microbiota nativa, al menos con tiempo para expresar su actividad promotora del crecimiento y 3) capacidad para promover dicho desarrollo (Kloepper 1994). Se atribuye a estas rizobacterias muchos procesos importantes de los ecosistemas, como control biológico de patógenos de plantas, ciclos de nutrientes y establecimiento de semillas (Kloepper *et al.* 1991, Lemanceau y Alabouvette 1993).

## 2. Aislamiento de microorganismos rizosféricos

Los ecosistemas canarios están sometidos a condiciones ambientales muy particulares, configurando diferentes microclimas repartidos entre las islas del archipiélago. Esta característica unida a gran diversidad de especies que configuran la cubierta vegetal de las islas, invitan a reflexionar sobre la riqueza en poblacional de

los hongos MA y las bacterias rizosféricas. Un primer objetivo de nuestro trabajo fue avanzar en el conocimiento de la diversidad de las poblaciones de microorganismos benéficos de nuestros ecosistemas con el fin de seleccionar aquellas especies más eficaces para su empleo en los diferentes sistemas agrícolas. Para ello iniciamos una serie de muestreos de suelo a partir de los cuales, aislamos a partir de muestras de suelo recolectadas de la zona rizosférica de diferentes cultivos, siguiendo la metodología del tamizado húmedo (Gedermann y Nicolson 1963). Posteriormente clasificamos según lo propuesto por Morton (1999), una serie de especies de hongos MA. En la Tabla 1 se describen algunos de los aislamientos realizados.

**Tabla 1.** Especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) aislados a partir de diferentes ecosistemas de las Islas Canarias.

Ecosistema	Situación	Especies hospedadoras	Especies aisladas
Natural-Laderas	Betancuria - Fuerteventura	Vegetación espontánea	- <i>Glomus spp.</i> - <i>Glomus geosporum</i> - <i>Glomus fasciculatum</i>
Natural-Pastizal	La Dehesa - El Hierro	Tedera	<i>Scutellospora heterogama</i>
Cultivo abandonado	Bajamar - Tenerife	Tedera	<i>Glomus aggregatum</i> <i>Scutellospora dipapillosa</i>
Finca ecológica	Los Realejos - Tenerife	Platanera	<i>Glomus mosseae</i>
Finca convencional	La Geria - Lanzarote	Viña	<i>Glomus geosporum</i> <i>Glomus aggregatum</i>
Finca convencional	Frontera - El Hierro	Piña tropical	<i>Acaulospora sp.</i>
Sistema degradado	El Médano - Tenerife	<i>Euphorbia canariensis</i>	<i>Glomus claroideum</i>
Finca convencional	Valle Guerra - Tenerife	Platanera	<i>Glomus geosporum</i>

Después de su multiplicación y selección a través de bioensayos específicos, empleando sorgo como planta hospedadora (Feldmann e Idczack 1992), los aislados fueron evaluados sobre diferentes especies de interés agrícola en nuestra región, con distintos sistemas de propagación y bajo diversas condiciones de cultivo. A partir de este proceso, han sido seleccionadas varias poblaciones fúngicas eficientes, capaces de incrementar el desarrollo de sus hospedadores y de aumentar su tolerancia frente a distintos estrés de tipo biótico o abiótico. Entre dichos aislados destaca, por su alta eficacia sobre un gran número de cultivos y su adaptación

a un amplio rango de pH, la especie *Glomus mosseae*. Este aislado ha demostrado también una gran capacidad como biofertilizante (Jaizme-Vega y Azcón 1995, Jaizme-Vega *et al.* 1999) y para incrementar la tolerancia frente a determinados patógenos de raíz (Jaizme-Vega *et al.* 1997 y 1998, Jaizme-Vega y Pinochet 1997). Recientemente, este hongo ha sido transferido mediante convenio a una empresa productora de inóculo (GITEN S.L., Tarragona, España), para su multiplicación y distribución comercial.

En relación con las bacterias rizosféricas, en los últimos años hemos iniciado una serie de actividades dirigidas a su aislamiento y aplicación en el cultivo de los especies de interés agrícola, como complemento a la micorrización. Inicialmente testamos, solas o combinadas con los hongos MA, la idoneidad de diferentes cepas de colección (*Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus* spp.), sobre el desarrollo y la tolerancia frente a nematodos de papaya y platanera. Un siguiente paso, sería comprobar la efectividad de los inóculos comerciales de bacterias promotoras que actualmente han irrumpido en el mercado. Recientemente hemos iniciado la creación de un banco de aislados de *Pseudomonas fluorescens* procedentes de suelos de platanera para su posterior caracterización y chequeo en condiciones experimentales.

### 3. Resultados de la integración de microorganismos rizosféricos sobre algunos cultivos con importancia agronómica

Con el fin de evaluar los aislados de los hongos MA y las bacterias rizosféricas disponibles, hemos llevado a cabo durante los últimos años una serie de ensayos dirigidos a estudiar en condiciones cercanas a las de producción vegetal, el efecto de estos microorganismos como biofertilizantes y agentes de biocontrol frente a ciertos patógenos de raíz. A continuación presentamos muy sintéticamente algunos de estos trabajos y sus resultados.

#### 3.1. Hongos MA- forrajeras

La tederera *Bituminaria bituminosa* L. var. *albomarginata* es una planta forrajera autóctona y de amplia distribución en nuestro archipiélago. Pertenece a la familia de las leguminosas y tiene interés como repobladora de terrenos desnudos y como alimento para nuestra cabaña ganadera, cada día más dependiente de los piensos importados. Un trabajo previo (Flores González 1999), determinó en condiciones de vivero, el efecto positivo de varios aislados de hongos MA sobre el desarrollo de diferentes ecotipos de esta especie. La Tabla 2 y la Figura 1 muestran el beneficio de la inoculación micorrícica de *G. mosseae* sobre el ecotipo Famara, uno de los que presenta más dificultad para su manejo agronómico (Jaizme-Vega *et al.* 1999).

#### 3.2. Hongos MA-papaya

La papaya (*Carica papaya* L.) es una especie tropical adaptada a nuestras condiciones climáticas y edáficas cuyo cultivo se ha intensificado en nuestras islas a partir de las década de los ochenta. La capacidad micorrícica de este cultivo ha sido registrada por algunos autores (Casagrande *et al.* 1986). En nuestras condiciones hemos comprobado la idoneidad de aplicar los hongos MA, durante las primeras fases de desarrollo, consiguiendo incrementos en el crecimiento y la nutrición (Tabla 3 y Figura 2), que aceleran hasta 45 días el trasplante a campo (Jaizme-Vega y Azcón 1995).



**Figura 1.** Efecto de *Glomus intraradices* (LINR) y *G. mosseae* (LMSS-K) sobre el desarrollo de plantas de tederera ecotipo Famara en condiciones controladas de cultivo, 6 meses después de la inoculación.

**Tabla 2.** Efecto de *Glomus mosseae* sobre tederera (*Bituminaria bituminosa* L. var. *albomarginata*, ecotipo Famara) 6 meses después de la inoculación

Tratamiento	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Peso seco (g)		Colonización (%)	DMR** (%)	Contenido mineral (mg/planta)		
			Aéreo	Radical			N	P	K
Control	0,45 b*	29,3 b	5,6 b	1,5 b	-----	-----	0,19b	0,01a	0,25b
<i>G. mosseae</i>	0,56 a	40,8 a	13,3 a	7,5 a	43,4	66	0,30a	0,02a	0,31 <sup>a</sup>

\*Valor medio de 15 repeticiones. Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según el test de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

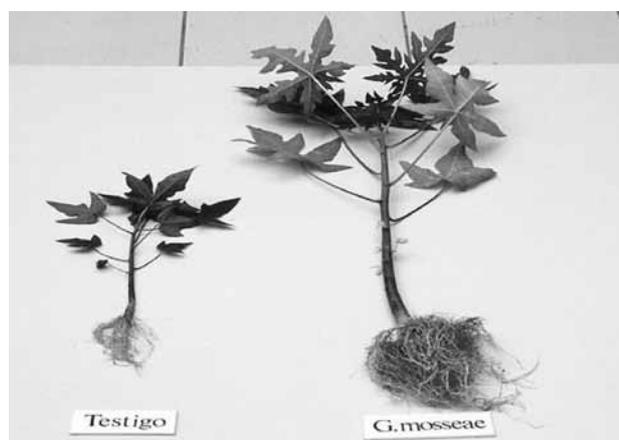
\*\*Dependencia micorrícica relativa (Plenchette *et al.* 1983):  $\frac{\text{Biomasa planta micorrizada} - \text{Biomasa planta no micorrizada}}{\text{Biomasa planta micorrizada}} \times 100$

**Tabla 3.** Efecto de *Glomus mosseae* sobre papaya (*Carica papaya* L. cv. Sunrise) 5 meses después de la inoculación.

Tratamiento	Superficie foliar (cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Peso fresco (g)		Colonización (%)	DMR** (%)	Contenido mineral (mg/planta)		
			Aéreo	Radical			N	P	K
Control	698,0 b*	24,0 b	28,3 b	59,0 b	-----	-----	126,9b	8,3b	55,8b
<i>G. mosseae</i>	1179,3 a	38,9 a	80,2 a	160,1 a	61,0	56	567,3a	34,5a	245,7a

\*Valor medio de 25 repeticiones. Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según el test de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

\*\*Dependencia micorrícica relativa (Plenchette *et al.* 1983):  $\frac{\text{Biomasa planta micorrizada} - \text{Biomasa planta no micorrizada}}{\text{Biomasa planta micorrizada}} \times 100$



**Figura 2.** Efecto de *Glomus mosseae* (LMSS-K) sobre el desarrollo de plantas de papaya del cv. Sunrise tras 5 meses en condiciones de vivero.

### 3.3. Hongos MA-tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tiene gran interés en nuestra región como cultivo de exportación, con muchas implicaciones económicas y ecológicas. A pesar que potencialmente está descrito como una especie capaz de la simbiosis MA, su aplicación práctica presenta dificultades por el elevado grado de sofisticación de las semillas comerciales y la alta tecnología que conlleva este cultivo. Por ello, hemos dedicado muchos trabajos a esta especie y hemos determinado que bajo sistemas de cultivo ecológico algunas variedades comerciales pueden beneficiarse a nivel de cosecha, de esta simbiosis (Jaizme-Vega y Carnero 1990, Puerta y Jaizme-Vega 1997) (Tabla 4 y Figura 3).

### 3.4. Hongos MA-platanera

La platanera (*Musa acuminata* Colla AAA) es actualmente el cultivo de mayor interés económico y ecológico para nuestra región. Hacia él se dirigen muchos esfuerzos a nivel de investigación y su interacción con los microorganismos benéficos de la rizosfera ha sido



**Figura 3.** Efecto del hongo MA *Glomus intraradices* (LINR) y de las bacterias promotoras del crecimiento (PGPR) sobre la cosecha de tomates del cv. Daniela, bajo manejo ecológico.



**Figura 4.** Efecto del hongo MA *Glomus mosseae* (maceta de la izquierda) sobre el desarrollo de platanera micropropagada, cv. Gran Enana, en condiciones de vivero comercial.

objeto prioritario de estudio por nuestro grupo. Actualmente el sistema más extendido de nuestra especie es el cultivo in vitro. Esta técnica se combina muy bien con la micorrización temprana, optimizando el enraizamiento y el desarrollo de la microplántula de platanera (Figura 4) (Jaizme-Vega y Azcón 1995, Jaizme-Vega *et al.* 2002, Rodríguez-Romero 2003). Una vez determinado el efecto positivo que representa la micorrización del ma-

**Tabla 4.-** Efecto de *Glomus mosseae* sobre el desarrollo de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Daniela) 36 días después de la inoculación y sobre cosecha tras su cultivo en invernadero

Tratamiento	Longitud (cm)	Superficie foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso fresco (g)		Colonización (%)	DMR** (%)	Cosecha***	
			Aéreo	Radical			Kg/u.e.	n° frutos/u.e.
Control	8,70 b*	28,66 b	1,36 b	0,16 b	-----	-----	42,0 b	281 a
G. mosseae	9,52 a	41,14 a	1,82 a	0,22 a	40	33	57,4 a	309 a

\* Valor medio de 8 repeticiones. Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según el test de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

\*\*Dependencia micorrízica relativa (Plenchette *et al.* 1983):  $\frac{\text{Biomasa planta micorrizada} - \text{Biomasa planta no micorrizada}}{\text{Biomasa planta micorrizada}} \times 100$

\*\*\*u.e. = unidad experimental (8 plantas)

**Tabla 5.** Efecto de la interacción *Glomus mosseae* y el nematodo agallador *Meloidogyne incognita* sobre platanera (*Musa acuminata* Colla AAA cv. Gran Enana) 7 meses después de la micorrización y 4 meses después de la inoculación con 5.000 nematodos / planta.

Tratamiento	Superficie foliar (cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Colonización (%)	Reproducción del nematodo		
					Agallamiento (%)	N° agallas/g raíz	N° nematodos/g raíz
Control	1422,5 b*	78,4 b	35,54 b	-----	-----	-----	-----
M. incognita	1143,5 c	67,6 b	30,76 c	-----	100 a	4,31 a	8,11 a
G. mosseae	2588,2 a	127,9 a	53,10 a	82	-----	-----	-----
G. mosseae + M. incognita	2539,8 a	116,9 a	51,20 a	81	54 b	2,31 b	4,46 b

\*Valor medio de 14 repeticiones. Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según el test de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

terial de platanera, avanzamos hacia el conocimiento de la interacción de esta simbiosis con los patógenos de raíz más habituales para este cultivo. Han sido objeto de atención, los nematodos agalladores como *Meloidogyne incognita* (Tabla 5) (Jaizme-Vega *et al.* 1997), lesionadores tales como *Pratylenchus goodeyi* (Jaizme-Vega y Pinochet 1997) y el patógeno vascular *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Jaizme-Vega *et al.* 1998). En todos los casos planteados la micorrización determinó un incremento en la tolerancia del cultivo frente al patógeno.

3.5. Hongos MA-bacterias rizosféricas-papaya/platanera

Hasta el momento, según lo expuesto queda demostrado que en nuestras condiciones, la inoculación de microorganismos rizosféricos (hongos MA), durante las primeras fases de los cultivos, constituye una mejora para la vida de los mismos, repercutiendo positivamente sobre el crecimiento la nutrición y la defensa frente a estreses. Con el fin de complementar los datos hasta el momento constatados iniciamos en la década de los

noventa unos estudios donde combinamos los hongos MA con bacterias rizosféricas (Rodríguez-Romero *et al.* 2005a,b) o los enfrentábamos a patógenos de suelo (Jaizme-Vega *et al.* 2006). Los resultados confirman, en el caso de la platanera, un incremento en la protección micorrícica debido a la presencia de las bacterias rizosféricas del género *Bacillus* (cedidas por el IRTA, Cabrils, Barcelona) (Tabla 6 y Figura 5). Sin embargo, cuando el hospedador era papaya, no se observó incremento alguno en la protección generada por los hongos MA (Tabla 7 y Figura 6).

4. Conclusiones

A partir de nuestros resultados y de los de otros muchos investigadores que siguen líneas similares a la nuestra, tenemos la certeza del papel protagonistas de estos microorganismos en la fertilidad de los suelos y que la aplicación de estos microorganismos rizosféricos, durante las primeras fases de desarrollo de los cultivos,



Figura 5. Efecto del hongo MA *Glomus manihotis* (LMNH) y un consorcio de bacterias promotoras del crecimiento del género *Bacillus* (PGPR) sobre el desarrollo de platanera micropropagada, cv. Pequeña Enana, 135 días después de la inoculación.



Figura 6. Efecto combinado del hongo MA *Glomus manihotis* (LMNH) y un consorcio de bacterias promotoras del crecimiento del género *Bacillus* (PGPR) sobre el desarrollo de plantas de papaya del cv. Bauxinho de Sta. Amalia en presencia del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*.

Tabla 6. Efecto de la inoculación combinada de *Glomus manihotis* y *Bacillus* spp. sobre el desarrollo de platanera micropropagada banana 135 días después de la inoculación bacteriana.

Tratamiento	Biomasa fresca total (g)	Biomasa seca parte aérea (g)	Longitud pseudotallo (cm)	Superficie foliar (cm <sup>2</sup> )	Colonización micorrícica (%)
Control	120.19 c*	7.81b	50.4 b	975.43 b	----
<i>Bacillus</i> spp.	172.10ab	11.19 ab	54.2 ab	1174.54 ab	----
<i>G. manihotis</i>	140.54 bc	8.67 ab	51.4 b	1041.07 b	46.0 a
<i>G. manihotis</i> + <i>Bacillus</i> spp.	206.75 a	12.82 a	71.8 a	1365.16 a	42.1 a

\*Valor medio de 8 repeticiones. Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según el test de Tukey (P ≤ 0.05).

Tabla 7. Efecto de la interacción entre *Glomus manihotis* o *Glomus mosseae* y *Bacillus* spp. sobre la reproducción del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* en papaya

Tratamiento	Raíz agallada %	Nematodos / g raíz*	Nematodos / raíz*	Tasa de reproducción
<i>Meloidogyne incognita</i>	89 a**	1961 ab	133543 ab	24 a
<i>Bacillus</i> spp. + <i>M. incognita</i>	91 a	3359 a	276527 a	46 a
<i>G. mosseae</i> + <i>M. incognita</i>	28 b	305 b	25832 b	4 b
<i>G. mosseae</i> + <i>Bacillus</i> spp. + <i>M. incognita</i>	25 b	108 b	10236 b	2 b
<i>G. manihotis</i> + <i>M. incognita</i>	25 b	8 c	649 c	0.11 c
<i>G. manihotis</i> + <i>Bacillus</i> spp. + <i>M. incognita</i>	25 b	8 c	672 c	0.12 c

\* Los datos fueron transformados [log<sub>10</sub>(x+1)] para facilitar el análisis estadístico.

\*\*Valor medio de 12 repeticiones. Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales según el test de Tukey (P ≤ 0.05).

mejora el desarrollo y la nutrición de los mismos, y en muchos casos los protege frente a estreses de diferente naturaleza.

Durante los últimos años, los avances en la investigación de la biología básica de los microorganismos rizosféricos, hongos formadores de micorrizas y bacterias rizosféricas, han sido espectaculares, permitiéndonos una visión más global y completa de estas asociaciones. Como consecuencia, la producción de inóculos de calidad, tanto *in vivo* como *in vitro*, es una realidad que condiciona favorablemente la aplicación de microorganismos en aquellas situaciones que lo aconsejen. Sin embargo, a nuestro juicio, esta no debe ser la única estrategia a seguir. La inoculación temprana con hongos MA y bacterias rizosféricas debe ser relegada a sistemas de producción intensivos o a aquellos cuyos suelos por diferentes razones, carezcan de una población microbiana mínima que garantice su fertilidad. Los agrosistemas de producción ecológica deben de mantener por definición una riqueza de microorganismos rizosféricos nativos seleccionados de modo natural por su adaptación al sistema, que hay que proteger y potenciar siguiendo los criterios ecológicos con el fin de garantizar la producción y favorecer la sostenibilidad.

## 5. Referencias

- Azcón-Aguilar C, Barea JM. 1996. Arbuscular mycorrhizal and biological control of soil-borne plant pathogens. An overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6: 457-464.
- Casagrande R, Machado JO, Ruggiero C, Banzatto D. 1986. Eficiencia de inóculos de hongos endomicorrícicos sobre o desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Sunrise Solo. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Vol II. Brasília, DF, pp 365-370.
- Feldmann F, Idczak E. 1992. Inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for use in tropical nurseries. En *Methods in Microbiology* (Norris VR, Read DJ, Varma AK, eds). London: Academic Press, pp 339-357.
- Flores González H. 1999. Efecto de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) sobre la tederá (*Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton) durante las primeras fases de cultivo. Trabajo Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias, Universidad de La Laguna.
- Gederman JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Jaizme-Vega MC, Mendez P, Flores H. 1999. Efecto de la micorrización sobre la tederá (*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.
- Jaizme-Vega MC, Azcón R. 1995. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 5: 213-217.
- Jaizme-Vega MC, Carnero A. 1990. Estudio preliminar del uso de los hongos micorrícicos en el cultivo del tomate bajo invernadero en las Islas Canarias. *Actas de Horticultura* 4 (I): 186-190.
- Jaizme-Vega MC, Esquivel Delamo M, Tenoury Domínguez P, Rodríguez-Romero AS. 2002. Efectos de la micorrización sobre el desarrollo de dos cultivos de platanera micropropagada. *INFOMUSA* 11(1): 25-28.
- Jaizme-Vega MC, Pinochet J. 1997. Growth response of banana to three mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. *Nematropica* 27(1): 69-76.
- Jaizme-Vega MC, Rodríguez-Romero AS, Barroso Núñez LA. 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: 151-162.
- Jaizme-Vega MC, Sosa Hernández B, Hernández Hernández JM. 1998. Interaction of arbuscular mycorrhizal fungi and the soil pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense on the first stages of 'Grande Naine' banana. *Acta Horticulturae* 490: 285-295.
- Jaizme-Vega MC, Tenoury P, Pinochet J, Jaumot M. 1997. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the mycorrhizal association *Glomus mosseae* and Grande Naine banana. *Plant and Soil* 196: 27-35.
- Kloepper JW. 1994. Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems). En *Azospirillum/plant associations* (Okon Y, ed.). Boca Ratón: CRC Press, pp 111-118.
- Kloepper JW, Zablotowicz RM, Tipping B, Lifshitz R. 1991. Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers. En *The Rhizosphere and Plant Growth* (Keister DL, Cregan PB, eds.). Dordrecht: Kluwer academic Publ, pp 315-326.
- Lemanceau P, Alabouvette C. 1993. Suppression of *Fusarium*-wilts by fluorescent Pseudomonads: mechanisms and applications. *Biocontrol Science and Technology* 3: 219-234.
- Morton JB. 1999. Internacional cultura collection of VA mycorrhizal fungi (INVAM) Database and www pages. West Virginia University, Virginia, USA.
- Plenchette C, Fortin JA, Furlan V. 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhiza in a soil of moderate P fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant and Soil* 70: 191-209.

- Puerta González M, Jaizme-Vega MC. 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 November 1997. Tenerife. Islas Canarias.
- Rodríguez Romero AS, Piñero Guerra MS, Jaizme-Vega MC. 2005a. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi rhizobacteria on banana growth and nutrition. *Agronomy for sustainable development (Agronomie)* 25: 395-399.
- Rodríguez-Romero AS, Jaizme-Vega MC. 2005b. Effect of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus manihotis* on the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in banana. *Nematologia Mediterránea* 33: 217-221.
- Rodríguez-Romero AS. 2003. Alternativas biológicas en cultivos de *Musa* frente a los principales patógenos de suelo en Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna, Tenerife, pp 299.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, London.