

# 10 EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES MIXTOS

**Margarita Ramírez, Gabriel Roveda, Ruth Bonilla,  
Andrea Peñaranda, Cipriano Díaz, Álvaro Tamayo, Gloria Navas**



El estudio de las interacciones entre diversos microorganismos de distinta naturaleza es base fundamental para el desarrollo de biofertilizantes mixtos. Estas investigaciones revisten mayor complejidad y deben valorar la pertinencia de las mezclas para optimizar este tipo de biofertilizantes.

Inicialmente, se realizaron investigaciones previas como la presentada en el Capítulo 9, donde se realizó la selección de cepas a través de la comparación de los resultados con varias cepas nativas, cepas comerciales y el uso de tratamientos testigo como referencia. Esta metodología permite identificar las cepas con mejores características de eficiencia y eficacia, expresadas en los beneficios que se observan en la planta y se corroboran por los niveles de asociatividad microorganismo-planta, en aquellos microorganismos que se asocian simbióticamente.

Para aquellos organismos de vida libre, que establecen asociaciones no simbióticas como las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y bacterias fosfato solubilizadoras, no se considera el grado de asociatividad entre el microorganismo y la planta, por no actuar como simbiotes. Mientras que los efectos benéficos en la planta, como estímulo al crecimiento y desarrollo vegetal, mejoramiento de la nutrición, entre otros, sí son relevantes.

Los tratamientos que se evaluaron fueron: tres dosis de fertilizantes químico con 0, 50 y 100% de la fertilización convencional ( $T_0$ ,  $T_{50}$  y  $T_{100}$ ), cada uno de los microorganismos individuales: Micorrizas (M), Bacterias Fijadoras Asimbióticas (A) y Bacterias Solubilizadoras de Fosfato (BS); y mezclas de microorganismos: M+A; M+BS; A+BS y M+A+BS, para un total de 10 tratamientos.

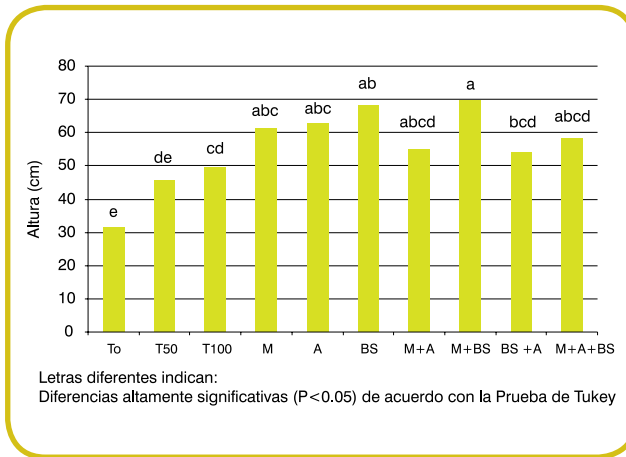
Los resultados preliminares del estudio de algunas interacciones entre hongos formadores de micorrizas arbusculares, bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y bacterias solubilizadoras de fósforo se pueden observar en las Figuras 31 y 32.

En general los tratamientos inoculados en forma simple o en mezcla con microorganismos benéficos del suelo (M, A, BS, M+BS) presentaron las mayores alturas de planta, superiores a los testigos T50 (45.6 cm) y T0 (31.6 cm). Sin embargo, los trata-

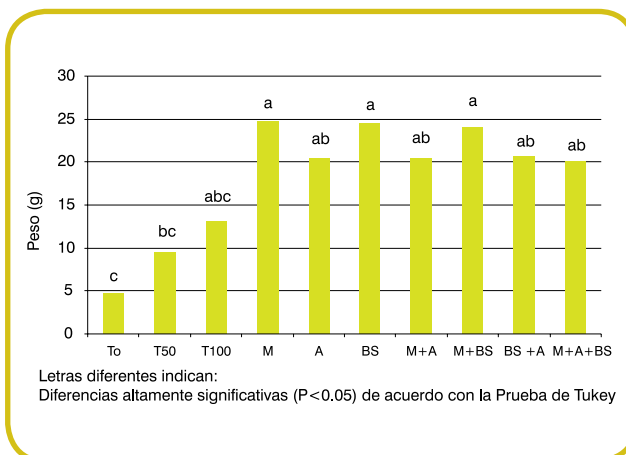
mientos inoculados con las bacterias fosfato solubilizadoras en forma simple (BS) y en mezcla con micorrizas arbusculares (M+BS), obtuvieron los mayores portes de planta con los siguientes valores 68.2 cm y 69.8 cm, respectivamente (Figura 31).

En cuanto al peso seco, todos los tratamientos inoculados bien sea en forma simple o en inóculos mixtos mostraron valores similares al testigo comercial T100, pero superiores estadísticamente al testigo absoluto T0. Dentro de los tratamientos ino-

**Figura 31. Efecto de la inoculación simple y mixta de biofertilizantes en altura de plantas de uchuva a los 90 ddt.**



**Figura 32. Efecto de la inoculación simple y mixta de biofertilizantes en peso seco foliar de plantas de uchuva a los 90 ddt.**



culados se destacaron las inoculaciones con micorrizas (24.7 g), bacterias fosfato solubilizadoras (24.5 g) y la mezcla de las anteriores, M+BS (24.1 g), los cuales fueron superiores estadísticamente al los testigos, T50 (9.4 g) y T0 (4.6 g) y similares al el testigo comercial T100 (13.1 g), tal como se ilustra en la Figura 32.

Lo anterior permite concluir en forma preliminar, que a nivel de invernadero las

plantas de uchuva tienen un mejor crecimiento y desarrollo cuando son inoculadas con micorrizas y con bacterias solubilizadoras de fosfato, en forma individual o en mezcla. Lo anterior permite reducir las aplicaciones de fertilizantes químicos en 50%, lo cual representa reducción de gastos para el agricultor y una disminución de riesgos de contaminación del ambiente con el uso de fertilizantes químicos de síntesis.

# BIBLIOGRAFÍA

- ABU GHARBIH, W.I., SALEH, H. Y ABU-BLAN, H. 1990. Use of black polyethylene for soil solarization and post plant-mulching. 229-242. En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.K.L., eds. *Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization*. Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No, 109. Rome, 1991.
- ALMANZA P. FISCHER G., 1993. Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva *Physalis peruviana L.* En: Revista Agrodesarrollo, Vol. 4, No. 1-2.
- ANGULO R., 2003. Frutales exóticos de clima frío moderado. Bayer CropScience S.A. p: 99-118.
- ASHWORTH, L.J. Y GAONA, J. 1982. Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling Verticillium wilt in established pistachio nut groves. *Phytopathology* 72: 243-246.
- ASOCIACIÓN HORTIFRUTÍCOLA DE COLOMBIA ASOHOFRUCOL., 2004. Disponible en Internet. <http://www.asohofrucol.com.co>, [http://www.frutasyhortalizas.com.co/portal/Business/product\\_view.php](http://www.frutasyhortalizas.com.co/portal/Business/product_view.php) Noviembre 15 de 2006.
- AZCÓN-AGUILAR C., BAREA, J. M., 1.997. Applying mycorrhizal biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae*. 68:1-24.
- BACA, B., SOTO, L. & PARDO, M., 2000. Fijación biológica de nitrógeno. *Elementos*. 1: 39 – 49.
- BAGYARAJ, D. KRISHNA, K. BALAKRISHNA, A., 1982. Interaction between a Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus and *Streptomyces cinnamomeus* and their Effects on Finger Millet. *New Phytologist*, Vol. 92, No. 3.
- BAKER. K.F., 1962. Principles of disinfections of heat-treated soil and planting material. *J. of the Australian Institute of Agricultural Sciences* 28: 118-126.
- BASHAN, Y., HOLGUÍN, G. y FERRERACERRATO, R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos III. Procedimiento para el aislamiento y caracterización de hongos micorrizicos y bacterias promotoras de crecimiento en planta. *Terra* 14(1).
- BECKING, J. The genus *Beijerinckia*. En: BALOWS, A., TRIPPER, H., DWORKING, M., HARDER, W. & SCHELEIDER, K., 1991. The prokaryotes. Springer. Disponible en: [http://141.150.157.117:8080/prokPUB/chaprender/jsp/showchap.jsp?chapnum=110&initsec=06\\_00](http://141.150.157.117:8080/prokPUB/chaprender/jsp/showchap.jsp?chapnum=110&initsec=06_00)
- BERTSCH H. F., 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo 1ª edición. San José (Costa Rica). p.278-279.
- BONILLA, R. GALVIS, A. 1999. Respuesta de tomate (*Lycopersicon esculentum*) a la inoculación con *Azotobacter sp.* Corpocaribe. Valledupar. V.2 p.27-35.
- BONILLA, R. NOVO S, R, NESTOR V, MALVERIS A., M. MARTÍNEZ, M., DOUGLAS

P., OPANIM V., 2000. Generación de tecnología para la utilización de la fijación no simbiótica de nitrógeno como alternativa a la fertilización. Boletín de Investigación. Bogotá D.C.: Produmedios, 2000. (Documento de trabajo (working paper), Otra producción bibliográfica).

BONILLA, R. RONCALLO B., BARROS, J., SILNUS LANAO COL. 2001. Evaluación de los arreglos silvopastoriles Eucaplito (*Eucalyptus tereticomis*) y Roble (*Tabebuia rosea*) asociados con Guinea (*Panicum maximum*). Carta Ganadera. p.68 - 73, 2001.

BRAZELTON, R. W. 1968. *Sterilizing soil mixes with aerated steam*. pp.35. En: Hartman, H.T. and Kester, D.E. 1975. Plant propagation, Principles and Practices. 3<sup>rd</sup> edn. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, Estados Unidos de América.

BURROWS, W.C. AND LARSON, W.E. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. *Agronomy J.* 54: 19-23.

CONSODINE J Y BROWN K., 1981. Physical aspects of fruit growth. Theoretical analysis of distribution of surface growth foci in fruit in relation to cracking and splitting. *Plant Physiol*, 68.

COOMAN, A.; TORRES C., Y FISCHER. G., 2005. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta: II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agronomía Colombiana* 23(1) (en imprenta).

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL 1999. Boletín CCI: SIM. Perfil de Producto. No 4. Abril a junio.

CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA CORPOICA, 2006. Información Disponible en Internet. <http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos>.

[http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id\\_sub=2](http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id_sub=2), [http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id\\_sub=13](http://www.corpoica.org.co/Productos/bioinsumos.asp?id_sub=13)

DANE, 2004. Disponible en Internet. <http://www.dane.gov.co>

DIEDERICHS, C Y MOAWAD, A.M. 1993. The potencial of VA mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. *Angew. Bot*, 67: 91-96.

EDAFON, 2006. Disponible en Internet. [http://www.controlbiologico.com/productos\\_bacterias.htm](http://www.controlbiologico.com/productos_bacterias.htm). [Consulta: 2006-04-09]

FISCHER, G. FLÓREZ, V. SORA. A. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva. Universidad Nacional de Colombia, MADR, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asociación Hortofrutícola de Colombia.

FISCHER, G. MIRANDA D. PIEDRAHÍTA, W. ROMERO, J. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva en Colombia. U. Nacional de Colombia, MADR, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asociación Hortofrutícola de Colombia.

FRANCO, G; GIRALDO, J. M. 1998. El cultivo de la mora. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Regional 9. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATTA. Manual de asistencia Técnica. LITOAS, Manizales. P. 9-14.

FRANCO, A. and DÖBEREINER, J., 1994. A biología do solo e sustentabilidade dos solos tropicais. *Summa Phytopathologica*. 20: 68 -74.

FREITAS, J., BANERJEE, M. Y GERMIDA, J. 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not

phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.) *Biol. Fertil. Soils.* 24:358-364.

GIANINAZZI-PEARSON V. AND GIANINAZZI S., 1983. The physiology of vesicular arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil* 71: 197-209.

GODLBOLD D.L. AND SHARROCK L., 2003. Mycorrhizas. In: *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods.* Schroth G. and Sinclair F.L. (Ed) CABI Publishing. Cambridge U.K. Chapter 14 pp 271 – 287.

GRECO, N., DI VITO, M. AND SAXENA, M. 1990. Soil solarization for control of *Pratylenchus thornei* on chickpea in Syria. pp. 182-188. En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.L., eds. *Proc. of the first Int. Conference on Soil Solarization.* Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No.109. Rome, 1991.

GROOSHEVOY, S. E., 1939. Disinfestation of seed-bed soil in cold frames by solar energy. The A. I. Mikoyan Pan-Soviet Sci. Res. Inst. Tob. and Indian Tob. Ind. (VITIM). Krasnodar, Publ. 137. pp. 51-56. 1939. (English summary). In: the Review of Applied Mycology 18:635. 1939.

IICA. Observatorio Agrociencias Colombia, 2003. Disponible en Internet. <http://www.agrociencias.gov.co>

ICA 2004. Resolución 00375 (Febrero 27 2004) Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. MADR.

IMÁGENES DE AZOTOBACTER Y AZOSPIRILLUM, 2007. Disponible en Internet: [http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/index.php?module=Book&func=displayarticle&art\\_id=274](http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/index.php?module=Book&func=displayarticle&art_id=274), <http://www.buap.mx/investigacion/microbio/image2.jpg>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA), 2004. Resolución 00375 (Febrero 27 2004) Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia. Ministerio de Agricultura. Presidencia de la República. Disponible en Internet. <http://www.ica.gov.co>

IPGRI. KNUDSEN, H. (ED.). 2000. Directorio de colecciones de germoplasma en América Latina y el Caribe.

JAKOBSEN I., 1995. Transport of phosphorus and carbon in VA mycorrhizas. In A Varma, B Hock, Eds, Mycorrhiza. Springer-Verlag, Berlin, pp 297–324.

JANOS, D. P.1980. Micorrizae influence tropical succession. *Tropical succession:* 56-95

JARAMILLO, A.E; DÍAZ, C.A; SÁNCHEZ, G.D; TAMAYO, P.J. 2006. Manejo de Semilleros de Hortalizas, Manual Técnico N° 8. Corpoica, MADR, Rionegro Antioquia. 52 p.

KIM, K., JORDAN, D. y McDONALD, G., 1998. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fertil. Soils.* 26:79-87.

KUYPERT.W., CARDOSO I.; ONGUENE N.A., VAND NOODWIJK M AND VAN NOORDWIJK M., 2004. Managing Mycorrhiza in tropical Multispecies Agroecosystems. In: below –ground Interactions in tropical Agroecosystems: Concepts and models with Multiple Plant Components. CABI Publishing (ICRAF). Van Noordwijk M, Cadish C and Ong C.K. (ed) pag 243-261.

LAI, R., 1974. Soil temperature, soil moisture, and maize yield from mulched and unmulched tropical soils. *Plants and soils* 40: 129-143.

MARTÍNEZ-VIERA, R.; DIBUT, B.; CASANOVA, IRMA Y ORTEGA, MARISEL,

1997. Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.) en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre el semillero. *Agrotecnía de Cuba* 27 (1) : 23.
- MORTON, J. B., 1990. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. *Mycologia* 82: 192-207.
- MOURA, R., MARTIN, J., MARTIN, A. y LIRAS, P. 2001. Substrate analysis and molecular cloning of the extracellular alkaline phosphatase of *Streptomyces griseus*. *Microbiology*. 147:1525-1533.
- NEWHALL, A.G., 1955. Soil disinfestations of soil by heat, hot water, flooding and fumigation. *Botanical Review* 21: 189-233.
- OSMAN, A. A., 1990. The role of soil solarization in the scope of *Meloidogyne* spp. Integrated control under sandy soil conditions. pp. 189-194. *En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.L., eds. Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization*. Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No. 109. Rome, 1991.
- OGAWA, J.M.; E.I. ZEHR; G.W. BIRD; D.R. RITCHIE; K. URI Y J.K. UYEMOTO. 1995. Compendium of stone fruit disease. APS Press, The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp.85-91.
- PEÑARANDA A, ROVEDA G., 2004. Evaluación de las interacciones *Rhizobium* y micorrizas arbusculares en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*. Var. *arvense*). Tesis de Pregrado. Ingeniería de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander.
- PEOPLES, M. & CRASWELL, E., 1992. Biological nitrogen fixation; investments expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*. 141: 13 – 39.
- PROEXPORT, 2001-2004. Uchuva. Disponibles en Internet. <http://www.proexport.com.co/>
- RAMÍREZ G. M., 2003. Biofertilizantes y Nutrición de plantas. *En: Manejo Integral de la Fertilidad del Suelo*. Triana p.m., Lora R., Gómez I, Peñalosa G. (Vds.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. PG 153-163.
- RAMÍREZ M Y ROVEDA G., 2007 Memorias Curso de Producción de Biofertilizantes tipo Micorriza. CORPOICA-SENA
- RICHARDSON A.E., GEORGE T.S. HENS M. AND SIMPSON R.J., 2003. Utilization of Soil Organic Phosphorus by higher Plants. In *Organic Phosphorus in the Environment*. Turner B.L., Frossard E. and Baldwin D. S. (Ed) CABI Publishing Manchester U.K. pag 165-184.
- ROVEDA G Y SUÁREZ J., 2006. Potencial de las micorrizas arbusculares como biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Tesis de pregrado. Ingeniería de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander.
- ROVEDA G, PEÑARANDA A., RAMÍREZ M, 2007. Efecto de la doble inoculación con *Rhizobium* y micorrizas arbusculares en arveja (*Pisum sativum* var. *arvense*). *Revista Agronomía Colombiana* (En impresión).
- SALAMANCA, S. C. R., 2002. La Biofertilización: Una Alternativa Económica para la Nutrición de la Soya en el Piedemonte Llanero. Corpoica, PRONATTA, Boletín Técnico No 31, Ed. Guadalupe Ltda., Villavicencio- Meta. 24 pp.
- SÁNCHEZ DE PRAGUER M., 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas Colombia-

nos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 227 p.

SCHENCK, N.C. AND PÉREZ, I., 1988. Manual for the identification for VA-mycorrhizal fungi. 2<sup>nd</sup> edition. Gainesville: university of Florida 245 p.

SIEVERDING E., 1986. El papel de las micorrizas en la agricultura. Suelos Ecuatoriales XVI 52-58.

SIEVERDING, E., 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agro-system. Germany: GTZ. 370 p.

SILVA MONTEJO, O., 1989. Efecto de tres reguladores de crecimiento en el enraizamiento de estacas de mora (*Rubus glaucus* Benth). Bogotá, 102 p.: il. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

SINGER M. Y MUNNS D., 1999. Soils: An introduction. Prentice Hall. New Jersey, USA. Pp. 163-256.

STAPLETON, J. J. AND DEVAY, J. E., 1986. Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection* 5: 90-198.

STAPLETON, J. J., DEVAY, J. E. Y C. L. ELMORE, EDS. 1997. *Proc. of the Second Int. Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soil-borne pests*. Aleppo, Syrian Arab Republic. 16-21 March 1997. FAO Plant Protection and Production Paper No.147 Rome, 1998.

SUÁREZ J., y ROVEDA G., 2006. Potencial de las micorrizas arbusculares como biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Tesis de pregrado. Ingeniería de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander.

TORO M., 1996. Interacciones Microbianas de la Rizosfera Relacionadas con la Nutrición Fosforada de las Plantas: Aplicación en Suelos Ácidos Tropicales. Instituto de Zoología Tropical. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. E-Mail: instzool@strix.ciens.ucv.ve

TORRADO A, SÁNCHEZ G, PEDRAZA M, SAAVEDRA M., 2005. Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de la Uchuva en Colombia. FAO-CORPOICA-SENA-MADR.

TAIZ LINCOLN AND ZEIGER E., 2006. *Plant Physiology*. Fourth edition. Sinauer Associates, Inc. p: 75-82

VÁSQUEZ, P., HOLGUÍN, G., PUENTE, M., LÓPEZ-CORTES, A. AND BASHAN, Y., 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol. Fertil. Soils*. 30:460-468.

VASSILEV, N.; VASSILEV, A.M.; AZCON, R. AND MEDINA, A., 2001. Application of free and Ca-alginate entrapped *Glomus deserticola* and *Yarrowia Lypolitica* in a soil-plant System. *Journal Of Biotechnology*. 91: 237-242.

VARMA A. AND HOCK B., 1995. *Mycorrhiza: Structure, function molecular biology and Biotechnology*. Springer- Verlag. Berlin.

WAGGONER, P.E., MILLER, P.M. AND DE ROO, H.C. 1960. *Plastic mulching: principles and benefits*. Conn. Agricultural Experimental Station Bulletin, 643.

ZAPATA L; SALDARRIAGA A; LONDOÑO M y DÍAZ, C., 2002. Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Boletín Técnico No 14. Corpoica. C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia. 40p.