



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

[raximhai@uaim.edu.mx](mailto:raximhai@uaim.edu.mx)

Universidad Autónoma Indígena de México

México

Armenta-Bojórquez, Adolfo Dagoberto; García-Gutiérrez, Cipriano; Camacho-Báez, J. Ricardo;  
Apodaca-Sánchez, Miguel Ángel; Gerardo-Montoya, Leobardo; Nava-Pérez, Eusebio  
**BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO**

Ra Ximhai, vol. 6, núm. 1, enero-abril, 2010, pp. 51-56

Universidad Autónoma Indígena de México

El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896007>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2010

## BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez, Cipriano García Gutiérrez, J. Ricardo Camacho Báez,  
Miguel Ángel Apodaca Sánchez, Leobardo Gerardo Montoya y Eusebio Nava Pérez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1  
Universidad Autónoma Indígena de México  
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 51-56



e-revist@s



## BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO

### ROLE OF BIOFERTILIZERS IN THE AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN MEXICO

Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez<sup>1</sup>, Cipriano García-Gutiérrez<sup>1</sup>, J. Ricardo Camacho-Báez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Apodaca-Sánchez<sup>2</sup>, Leobardo Gerardo-Montoya<sup>1</sup> y Eusebio Nava-Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Profesor Investigador. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-IPN COFAA. Unidad Sinaloa, México. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachín, C.P. 81101, Guasave, Sinaloa. Teléfono: +687-872-9626. Fax: +687-872-9625. <sup>2</sup> Profesor-Investigador. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Sinaloa. UAS.

#### RESUMEN

Los fertilizantes sintéticos presentan baja eficiencia ( $\leq 50\%$ ) para ser asimilados por los cultivos, el fertilizante no incorporado por las plantas trae un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con  $\text{NO}_3^-$ , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global. Una alternativa para frenar esto es el uso de biofertilizantes, preparados con microorganismos aplicados al suelo y/o planta, con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética. La respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada a condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, que pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida. Los resultados de esta investigación indican que la utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes tienen mayor posibilidad de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

**Palabras claves:** Biofertilizante, cepas nativas, agricultura.

#### SUMMARY

Synthetic fertilizers have low uptake efficiency by crops, it can be less than 50% of the applied fertilizer, the not incorporated fertilizer brings an adverse environmental impact, such as groundwater, contamination with  $\text{NO}_3^-$ , eutrophication, acid rain and global warming. An alternative to use bio-fertilizers, are microorganisms preparations applied to the soil and or plant, to replace partially or totally synthetic fertilizer. The responses to biofertilizers vary considerably, depending on kind of microorganisms, soil type, plant species and environmental conditions. Applied microorganisms must compete with native soil microflora which might be better adapted to adverse environmental conditions (lack of soil moisture, predation, high salinity and extremes pH); these factors can quickly diminish the population of any microbial species introduced into the soil. The results of this research indicate that the use of native strains in the development of bio-fertilizers, have a greater opportunity of effectiveness use in the field due to their adaptability to the soil conditions of each region.

**Key Word:** Biofertilizer, native strains, agriculture.

Recibido: 24 de febrero de 2010. Aceptado: 09 de marzo de 2010.  
Publicado como ENSAYO en Ra Ximhai 6(1): 51-56.

#### INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar substancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004). Puede haber microorganismos que puedan estar en los dos grupos, que además de promover el crecimiento de la planta, inhiben los efectos de microorganismos patógenos (Kloepper *et al.*, 1980).

Algunas de las bacterias son versátiles y pueden presentar varios mecanismos, por ejemplo, *Bacillus subtilis* que produce auxinas que promueven el crecimiento de tomate e inducen resistencia sistémica contra *Fusarium oxysporum*, el cual provoca marchitez y pudrición de las raíces (Gupta *et al.*, 2000).

#### Microorganismos utilizados como biofertilizantes

Los microorganismos que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBNA) que es la reducción enzimática de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) a amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), podemos clasificarlos en dos grupos a) microorganismos

(bacterias hongos y algas) que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre y b) microorganismos que fijan el nitrógeno en forma simbiótica con plantas leguminosas y no leguminosas (azolla, gramíneas y otras), las mayores cantidades de nitrógeno atmosférico fijado, es llevado a cabo por leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* (Richards, 1987). En las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se encuentran los géneros más estudiados que son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cultivos en donde ha sido más estudiado este proceso de fijación de nitrógeno son: caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo y pastos tropicales forrajeros, donde la fijación de N<sub>2</sub> por bacterias asociativas y de vida libre es importante (Döbereiner *et al.*, 1995).

Microorganismos que proporcionan fósforo a las plantas, entre los más importantes está los hongos micorrízicos que presentan asociación simbiótica con las plantas, las cuales suministran además de un nicho ecológico, la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, a su vez la planta se beneficia incrementando la captación de nutrientes minerales del suelo principalmente fósforo (Alloush *et al.*, 2000).

En chile ancho inoculado con *Glomus intraradices*, en suelo franco arenoso, con bajo contenido de fósforo, se obtuvo incremento en el número de hojas, área foliar, frutos y biomasa de raíces (Aguilera-Gómez *et al.*, 1999).

La disponibilidad del fósforo para la planta está influenciada por los microorganismos de la rizósfera. Un alto porcentaje de las bacterias de la rizósfera y el rizoplano son capaces de degradar sustrato de fósforo orgánico, y las cifras totales de microorganismos aumentan en la vecindad de raíces metabólicamente activas (Powell y Bagyaraj, 1984). Existen microorganismos solubilizadores de nutrientes tal es el caso de *B. subtilis*, *B. circulans* y *B. polymyxa*, lo cual, permite que el fósforo disponible en la rizósfera se incremente en beneficio para las plantas (Bashan *et al.*, 1996).

Bacterias promotoras de crecimiento de las plantas (BPCP), tienen capacidad para sintetizar

sustancias reguladoras del crecimiento o fitohormonas. Estas sustancias son compuestos naturales, que afectan diversos procesos de las plantas, a concentraciones más bajas de las que presentan nutrientes o vitaminas. Los reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas son: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico. Cuando estas sustancias son producidas en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas. El término "reguladores del crecimiento de las plantas" se refiere a los compuestos sintéticos que tienen propiedades para regular el crecimiento de las plantas; generalmente, este término se utiliza también cuando las hormonas de las plantas son producidas por microorganismos de la rizósfera (Arshad y Frankenberger, 1991).

Microorganismos productores de sideróforos que son compuestos de bajo peso molecular con alta afinidad por el fierro (Fe<sup>3+</sup>); también pueden tener afinidad por el manganeso y molibdeno (Leong, 1986; Cornish y Page, 2000) como un mecanismo para obtener estos micronutrientes en condiciones de deficiencia (Neilands, 1981). Los sideróforos se asocian con el Fe<sup>3+</sup> en la solución del suelo y son reabsorbidos y procesados en la planta o en la bacteria, siendo un mecanismo eficiente para obtener nutrientes. Su producción ha sido asociada con diversas bacterias libres, especialmente del grupo de las *Pseudomonas* (Zdor y Anderson, 1992).

### **Impacto de los biofertilizantes en México**

En México el mayor impacto de los biofertilizantes fué en los años 70's y 80's con la fijación biológica de nitrógeno en soya y garbanzo, donde se logró sustituir la fertilización nitrogenada en Sinaloa que en ese tiempo fue el principal productor nacional de estas leguminosas (Armenta-Bojórquez, 1986; 1990), la utilización de inoculantes comerciales a base de *Rhizobium* fue una práctica generalizada por los productores agrícolas, además de ser recomendada por los centros de investigación (INIFAP, 1990).

En los últimos años han aparecido las primeras preparaciones comerciales de BPCP y hongos

micorrízicos arbusculares (HMA), por su costo han sido utilizadas principalmente en hortalizas.

Los trabajos de investigación con micorrizas son relativamente recientes ya que la elaboración del inóculo no es de fácil manejo por ser un simbionte obligado. Sin embargo, en los últimos años con los adelantos tecnológicos se han introducido al mercado productos con impacto a la horticultura en cuanto a la obtención de plántulas vigorosas en el invernadero aumentando la sobrevivencia de plantas en el trasplante a campo, como la introducción de un inoculante líquido de *Glomus intraradices* por la compañía Buckman en 1995 en Sinaloa.

En 1999, se introdujo Hortic Plus, de Plant Health Care (PHC) en el mercado. En el 2000, se introdujeron sustratos con esporas especialmente para su utilización en invernaderos para satisfacer la demanda a productores de hortalizas. Sin embargo, no existen evaluaciones serias de investigación sobre el beneficio de estos inoculantes comerciales.

En cultivos de granos ha habido una producción nacional de inoculantes (INIFAP) apoyada inicialmente por el gobierno mexicano, pero no se ha tenido la aceptación esperada por los productores, de cualquier manera los productos biológicos presentan una penetración menos espectacular que los fertilizantes sintéticos en el mercado, al mostrar los productores desconfianza de reducir la fertilidad del suelo y con ello, sus ganancias. Esta desconfianza se basa principalmente en la respuesta de los biofertilizantes que varían considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada, las condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida en el suelo, excepto que se tomen las precauciones necesarias para seleccionar el inoculante adecuado y proveer condiciones que lo favorezcan.

Los problemas de fertilidad son resueltos principalmente con fertilizantes sintéticos, pero los efectos adversos al medio ambiente han orientado a buscar nuevas estrategias como los biofertilizantes (Rabie y Humiany, 2004).

### **Contaminación de fertilizantes sintéticos**

El nitrógeno es el nutriente aplicado más extensivamente como fertilizante, seguido por el fósforo y potasio. Los fertilizantes nitrogenados se caracterizan por su baja eficiencia en su uso por los cultivos, misma que puede ser menor al 50% (Keeney, 1982), lo que trae como consecuencia un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con  $\text{NO}_3^-$ , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Ramanathan, *et al.*, 1985). La roca fosfórica, que es la materia prima de los fertilizantes fosforados, tiene cantidades importantes de cadmio dependiendo del tipo de roca (Gilliam, *et al.*, 1985) y el uso continuo de este fertilizante induce la acumulación en el suelo de cadmio, elemento que es indeseable por su riesgo de toxicidad en plantas y animales (Mengel y Kirkby, 1982). Otro problema no menos importante es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nitratos y la emisión de gases de nitrógeno a la atmósfera ( $\text{NO}$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) que es consecuencia del uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990; Puckett, 1995; Gilliam *et al.*, 1985) y de la aplicación de láminas inapropiadas de agua de riego, y asociado a esto, está el riesgo de acumulación de nitratos en frutos y verduras comestibles, así como en acuíferos, lo cual es de alto riesgo para la salud humana cuando la concentración de  $\text{N}-\text{NO}_3^-$  supera el 0.2% en las partes comestibles de las plantas como frutos de hortalizas o verduras y en agua potable llega a 10 ppm (Malakouti, *et al.*, 1999).

### **Perspectivas de los biofertilizantes**

El aumento de la concientización sobre el cuidado del medio ambiente y la evidencia del deterioro ambiental que causan los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como buena alternativa la aplicación de los biofertilizantes ya que en la actualidad se usa BPCP y hongos micorrízicos, entre los productores de plántulas en invernaderos y

viveros, así como el incremento de microempresas productoras de abonos orgánicos que incluyen los biofertilizantes y la producción de estos insumos por los propios productores, que los introducen a un manejo más sustentable del suelo, estas prácticas van en aumento tanto en agricultura orgánica como convencional, sobre todo en el noroeste del país, aún siendo donde se tiene la tecnología agrícola más avanzada. Se está adoptando una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos (hortalizas y cultivos de grano), integrando una inteligente combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y biofertilizantes; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irrationales que se han empleado en las últimas décadas (Fundación Produce, 2006).

La mayor demanda de abonos orgánicos por los productores agrícolas vienen siendo los fermentados líquidos (compostas líquidas y biofertilizantes líquidos) que al aplicarse al suelo tienen importantes beneficios entre los que destacan, el aumento en los nutrientes (Eghball *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2003); mejoramiento de la capacidad del suelo para retener agua; mejores condiciones físicas para el desarrollo de las raíces y el laboreo del suelo (Badaruddin *et al.*, 1999); control de algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana (Kannangara *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004).

Otras razones de la preferencia de estos abonos líquidos son: a) Que pueden aplicarse de muchas maneras incluyendo el agua de riego que puede ser por gravedad o presurizado. b) Fácil manejo por las motobombas que reducen jornales. c) No requiere equipo especializado para su almacenamiento y aplicación y d) Se tiene mejor control de la cantidad aplicada al manejarse en volumen y no en peso.

El incremento de estas microempresas y práctica del productor de producir su propio fertilizante (biofertilizantes), debe ser fomentada y mejorada por los centros de investigación y organismos relacionados con la agricultura, para optimizar esta actividad que se traduzca en mayores

ganancias y mejoras al ambiente. Entre las actividades a mejorar está el de seleccionar microorganismos nativos de la región en la producción de biofertilizantes, ya que así se dan mayores posibilidades del establecimiento y multiplicación del mismo en el suelo, lo que permitirá un mayor beneficio en la planta. En Sinaloa, en producción de plántula de chile jalapeño, la aplicación de cepa nativa de *B. subtilis*, presentó la mayor producción de biomasa (peso seco), comparable a cepas de *Bacillus* comerciales (Espinoza *et al.*, 2003). En tomate la producción de biomasa en peso seco de follaje de plántula, se encontró que las cepas nativas de *B. subtilis* son eficientes para la obtención de plántulas de tomate con calidad, reduciendo en 50% la fertilización sintética (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2009).

## CONCLUSIONES

La utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes, presentan mayor posibilidades de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

La recomendación del uso de biofertilizantes, debe hacerse inicialmente como un complemento a la fertilización sintética, con visión de sustituirla a mediano o largo plazo de acuerdo a las condiciones de suelo, manejo y respuesta del cultivo.

## LITERATURA CITADA

- Aguilera-Gómez, L., Davies F. T., Olalde-Portugal, V., Duray, S. A., Phavaphutanon, L. 1999. **Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis).** Photosynthetica. 36:441-449.
- Alloush, G.A., Zeto, S.K., Clark, N. 2000. **Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil.** Journal of Plant Nutrition. 23(9):1351-1369.
- Arshad, M., and Frankenberger Jr., W.T. 1991. **Microbial production of plant hormones.** Plant and Soil. 133:1-8.
- Arshad, M., and Frankenberger Jr., W.T. 1998. **Plant growth-**

- regulating substances in the rhizosphere: Microbial production and functions. Advances in Agronomy. 62:45-151.
- Armenta-Bojórquez, A. D., Ferrera-Cerrato, R., Trinidad, S. A., y Volke, H.V. 1986. **Fertilización e Inoculación con *Rhizobium* y Endomicorras (V-A) en Garbanzo Blanco (*Cicer arietinum L.*) en Suelos del Noroeste de México.** Agrociencia. (65):141-160.
- Armenta-Bojórquez, A. D. 1990. **Fijación simbiótica de nitrógeno *Rhizobium-leguminosa*.** Inter. CGIP-UAS. 1(1):6-10.
- Armenta-Bojórquez, A. D., Airola-Gallejos, V. M., y Apodaca-Sánchez, M. A. 2009. **Selección de aislados nativos de *Bacillus subtilis* para la producción de plántulas de tomate en Sinaloa.** Primer Simposium Internacional de Agricultura Ecológica. INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México. 252-256 pp.
- Badaruddin, M., M. P. Reynolds y O.A.A. Ageeb. 1999. **Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching.** Agron. J. 91:975-983.
- Bashan Y., Holguín G. y Ferrera-Cerrato, R. 1996. **Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizósfera.** Terra 14(2):195-210.
- Bashan Y., and Holguin, G. 1998. **Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPR.** Soil Biol. Biochem. 30, 1225-1228.
- Castellanos, J. Z., y Peña-Cabriales, J. J. 1990. **Los nitratos provenientes de la agricultura.** Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra. 8 (1):113-126.
- Cornish, A.S., and Page, W. J. 2000. **Role of molybdate and other transition metals in the accumulation of protochelin by *Azotobacter vinelandii*.** Applied and Environmental Microbiology. 66(4):1580-1586.
- Döbereiner, J., Urquiaga, S., Boddey, R. M., and Ahmad, N. 1995. **Alternatives for nitrogen of crops in tropical agriculture. Nitrogen Economy in tropical Soil.** Fertilizar Research. 42:339-346.
- Eghball, B., D. Ginting y J. E. Gilley. 2004. **Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties.** Agron. J. 96: 442-447.
- Espinoza, V.M.A., Armenta, B.A.D. y Olalde, P.V. 2003. **Interacción de micorriza y *Bacillus subtilis* en la producción de plántula de chile en invernadero.** XII Congreso nacional de Ingeniería agrícola y II foro de la agroindustria del mezcal (memorias). AMIA. Oaxaca, México.
- Fundación Produce Sinaloa. 2006. **Memoria Agricultura orgánica. Memorias del Curso Eco Agro de de Agricultura Orgánica.** Fundación produce Sinaloa. Guamúchil,Sinaloa, México. pp. 7-9.
- Gilliam, J. W., Logan, T. J. y Broadbent, F. E. 1985. **Fertilizer use in relation to the environment.** In: Fertilizer technology and use; Engelstad, O.P. (ed.); third edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wis. USA. 561-588 pp.
- Gupta, V.P., Bochow, H., Dolej, S., Fischer, I. 2000. **Plant growth-promoting *Bacillus subtilis* strain as potential inducer of systemic resistance in tomato against *Fusarium* wilt.** Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 107 (2):145-154.
- INIFAP, 1990. **Guía para la asistencia técnica agrícola Valle del Fuerte. Soya para grano.** Los Mochis, Sinaloa. pp160-172.
- Kannangara, T., R.S. Utkhede, J.W. Paul y Z.K. Punja. 2000. **Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber.** Can. J. Microbiol. 46:1021-1028.
- Keeney, D. R. 1982. **Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution.** Farmed soils, fertilizer, agroecosystems. Agronomy. A series of monographs-Americans Society of Agronomy. (22):605-649.
- Kloepper, J. W., Schroth, M. N., and Miller, T. D. 1980. **Effects of Rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield.** Phytopathology. 70:1078-1082.
- Leong, J. 1986. **Siderophores: Their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogen.** Annu. Rev. Phytopathol. 24:187-209.
- Litterick, A.M., L. Harrier, P. Wallace, C.A. Watson and M. Wood. 2004. **The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production – a review.** Critical Reviews in Plant Science, 23(6):453-479.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. **Applications of free living plant growth-promoting**

- rhizobacteria.** Antonie Van Leeuwenhoek. 86, 1-25.
- Ma, Y., Zhang, J.Y., Wong, M.H., 2003. **Microbial activity during composting of anthracene-contaminated soil.** Chemosphere 55, 1505–1513.
- Malakouti, M., M. Navabzadeth and S. H. R. Hashemi. 1999. **The effect of different amounts of N-fertilizer on the nitrate accumulation in the edible parts of vegetables.** In: D. Anac y P. Martin-Prevel (editors); Improved Crop Quality by Nutrient Management. Kluwer Academic Publisher. London. 43-45 pp.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1982. **Principles of plant nutrition.** 3<sup>rd</sup> Edition. International Potash Institute. Switzerland. 569-572 pp.
- Neilands, J. B. 1981. **Microbial iron compounds.** Annu. Rev. Biochem. 50:715-731.
- Powell C.L., and Bagyaraj, D. J. 1984. **Biological interaction with VA mycorrhizal fungi.** En: CL Powell y DL Bagyaraj(Eds.). VA mycorrhizal CRC press. 131-186 pp.
- Puckett, L. J. 1995. **Identifying the major sources of nutrient water pollution.** Environmental Science and Technology. 40A:41A.
- Rabie, G. H., Humany, A. A. 2004. **Role of VA mycorrhiza on the growth of cowpea plant and their associative effect with N<sub>2</sub> fixing and P-solubilizing bacteria as biofertilizer in calcareous soil.** J. Food Agric. Environ. 2, 186-192.
- Ramanathan, V., Cicerone, R. J., Singh, H. B. and Kiehl. 1985. **Trace gas trends and their potential role in climate change.** J. Geophys. Res. 90: 5547-5566.
- Richards, B. N. 1987. **The microbiology of terrestrial ecosystems.** LST; John Wiley and Sons. Inc. New York. 327-329 pp.
- Zdor, R. E., and Anderson, A. J. 1992. **Influence of root colonizing bacteria on the defense responses of bean.** Plant Soil. 140:99-107.

#### **Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez**

Doctorado y Maestría en Edafología en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de

Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFFA) IPN Unidad Sinaloa.

#### **Cipriano García Gutiérrez**

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) por el Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

#### **Jesús Ricardo Camacho Báez**

Maestría en ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sinaloa. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

#### **Miguel Ángel Apodaca Sánchez**

Doctorado en ciencias (Fitopatología) por el Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados (CP). Maestro en Ciencias, Centro de Fitopatología, CP. Ingeniero Agrónomo en Parasitología, Escuela Superior de Agricultura (ESA), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Profesor-Investigador de tiempo completo en la ESA y ESA-Valle del Fuerte, UAS.

#### **Leobardo Gerardo Montoya**

Maestro en Ciencias con Especialidad en Comercio Internacional. Escuela Superior de Economía del IPN. Tesis: "La Industria Siderúrgica Exparaestatal Ante la Apertura Económica y Comercial de México". Licenciado en Economía, Escuela Superior de Economía del IPN.

#### **Eusebio Nava Pérez**

Maestría en ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico- Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis, Sinaloa. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.