

## **SURGIMIENTO Y DESARROLLO EN CUBA DE LA RED DE PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES Y BIOESTIMULADORES**

**Bernardo Dibut Alvarez<sup>1</sup>, Rafael Martínez Viera<sup>1</sup>, Germán Hernández Barrueta<sup>2</sup>, Mirtha López Gutiérrez<sup>3</sup>, Angélica Martínez Cruz<sup>2</sup>, Teresa Bach Álvarez<sup>2</sup>, Ramón Rivera Espinosa<sup>4</sup>, Annia Hernández Rodríguez<sup>5</sup>, Félix Fernández Martín<sup>4</sup>, Nicolás Medina Basso<sup>4</sup> y Ricardo A. Herrera<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> *Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". INIFAT, Minagri, Cuba, bdibut@inifat.co.cu*

<sup>2</sup> *Instituto de Suelos, MINAG, Cuba*

<sup>3</sup> *Instituto de Pastos y Forrajes, Cuba*

<sup>4</sup> *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, MES, Cuba.*

<sup>5</sup> *Facultad de Biología. Universidad de La Habana, Cuba.*

<sup>6</sup> *Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA, Cuba.*

### **RESUMEN**

Hace hoy más de cien años que se conoce sobre la actividad beneficiosa de los microorganismos del suelo en Cuba empleados normalmente como biofertilizantes y/o bioestimuladores; sin embargo, a pesar del interés en el desarrollo de estos estudios durante la primera mitad del siglo pasado, no es hasta la etapa revolucionaria donde se alcanza el máximo esplendor en los programas de investigación en esta especialidad. Así, ya en la década de los años 60, se contaba con algunos avances en la obtención de biofertilizantes, y ya a finales de los años 80 se logra la madurez técnica en cuanto al nivel de aplicabilidad de los mismos en la práctica agrícola. Todos estos resultados, unido a las dificultades que enfrenta el país en este período en relación con la escasa disponibilidad de fertilizantes químicos, condicionan que en 1990 se acordara por la máxima dirección del Estado y del Ministerio de Agricultura, la creación de una Red Nacional de Fabricación de estos bioproductos que respondiera a la creciente demanda de la introducción de estas nuevas biotecnologías por parte de productores y empresarios agrícolas. Es a partir de este momento, donde se crean y modifican múltiples instalaciones industriales ubicadas en diferentes localidades del país y pertenecientes a diferentes organismos (MINAZ, MINAL y MINBAS), con el objetivo de escalar la producción de biofertilizantes y bioestimuladores a base de bacterias. A esto se ha unido el surgimiento del Centro de Producción de Inoculantes a base de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) con el concurso del Ministerio de Educación Superior en interrelación con el MINAG; ambos hechos han estado en función de la planificación del esquema de introducción y desarrollo de este importante grupo microbiano como biofertilizante. Niveles de producción de hasta  $5 \times 10^6$  litros por año para las bacterinas y cientos de toneladas en el caso de los HMA han sido obtenidos a partir de la actividad de la red, registrándose diversas marcas que identifican estos productos comerciales, como Dimargon®, Fosforina®, EcoMic®, AzoFert®, Biofert®, Micofert®, etc., que han tenido impacto tanto en el mercado cubano como en otros mercados. Esta estrategia productiva ha ubicado a Cuba como país de referencia en el desarrollo de insumos (biofertilizantes) que constituyen pilares básicos dentro del paradigma agrícola ecológico y sostenible que actualmente se impone.

**Palabras claves:** red, biofertilizantes, sostenibilidad.

## ORIGIN AND DEVELOPMENT OF A CUBAN NETWORK FOR PRODUCING BIOFERTILIZERS AND BIOESTIMULATORS

### ABSTRACT

The beneficial activity of soil microorganisms is known in Cuba since more than 100 years ago. They are used as bioestimulators and biofertilizers on crop plants. In spite of the interest to develop this subject in the first half of the past century, research programs had the maximum splendor after the revolutionary stage. In the 60's some studies on biofertilizers were developed, but the technical maturity for the application of these products on the agricultural practice was obtained at the end of the 80's. The quality of the results obtained, joined to the scarce availability of chemical fertilizers drove the creation of the the National Network for Biofertilizers Production by the Ministry of Agriculture in 1990, in response to the demands of farmers and agriculture managers. Some factories belonging to different ministries (Sugar Ministry, Food Ministry and Basic Industry Ministry) were modified to produce biofertilizers and bioestimulators. The Production Center for Arbuscular Mycorrhizal Fungi (HMA) Inoculants was created in the same period by the Higher Education Ministry in coordination with the Ministry of Agriculture for the introduction and development of this important group as biofertilizers. Production levels of up to  $5 \times 10^6$  L/year of bacterial products and hundreds of tons from HMA have been obtained by the network activity. Several trademarks such as Dimargón®, Fosforina®, EcoMic®, AzoFert®, Biofert®, Micofert®.have been registered and due to its quality they have impacted both the Cuban and the international market. The productive strategy has placed Cuba as a reference country on the development of biofertilizers, which has become important bioproducts in ecological and sustainable agriculture.

**Key words:** network, biofertilizers, sustainability.

### INTRODUCCIÓN

Cuando se pone de manifiesto en el mundo la actividad beneficiosa de los microorganismos del suelo dentro del desarrollo ya sobresaliente que venían manifestando las ciencias agrícolas, se presentan los primeros reportes sobre la actividad beneficiosa de diversas bacterias, hongos y actinomicetos sobre cultivos de importancia económica (IFOAM, 2001; Sasson, 2001). Ya a comienzos y mediados del siglo XX, se materializa la interpretación, y como resultado, la aplicación práctica de muchas de las bacterias nitrofixadoras y solubilizadoras del fósforo del suelo, divulgándose en la segunda mitad de este período la presencia y efecto de microorganismos degradadores de xenobióticos, estimuladores del crecimiento y desarrollo vegetal, descomponedores de residuos orgánicos y pesticidas, y otros con alta capacidad de antibiosis y control biológico de plagas (López, 1994; Herrera y Ferrer, 1995; Piceno y Lovell, 2000).

Así, se inicia el mercado de biopreparados dirigido a la biofertilización y la bioestimulación de cultivos económicos, integrando el manejo sostenible de la producción vegetal. A esta estrategia se unen los biopesticidas de origen microbiano y botánico y los biorremediadores del suelo, como otras biotecnologías que favorecen a los agroecosistemas (Dibut *et al.*, 1995)

A comienzos del siglo XXI, se ha consolidado la comercialización de una amplia gama de biopreparados de este tipo, a cargo de las grandes, medianas y pequeñas empresas de todas partes del planeta, al mismo tiempo que se ha avanzado sobre los temas teóricos que sostienen la investigación científica en esta rama del saber, con el aporte de una gran variedad de resultados cada año (Bauer, 2001; Dibut *et al.*, 1995; Piceno y Novell, 2000).

La incidencia de la Microbiología del Suelo como parte del desarrollo que integra las Ciencias Agrícolas en Cuba, también se incrementa a inicios del siglo XX, consolidándose su actividad a mediados de los años 70-80 y destacándose la amplia aplicabilidad de los resultados obtenidos en los últimos veinte años del siglo (Martínez y Dibut, 1996).

Este trabajo tiene como objetivos exponer los principales aportes de la Microbiología Agrícola y la biofertilización aplicada al desarrollo de la agricultura cubana, así como recoger los principales eventos que posibilitan el surgimiento de la Red Nacional de Producción de Biofertilizantes y su consecuente contribución al desarrollo socioeconómico del país.

## DESARROLLO

### Antecedentes de la actividad investigativa e inicios de la producción de biofertilizantes en Cuba

Desde hace un siglo se tienen reportes acerca de la biofertilización. Es el Ing. Francisco B. Cruz en el Primer Informe Anual de la Estación Central Agronómica de Cuba en 1906, en Santiago de Las Vegas, quién relaciona la introducción de diferentes variedades de leguminosas de grano para el consumo humano y forraje provenientes de Estados Unidos, donde ya el ingeniero señala la ventaja en cuanto a la capacidad de estas plantas de fijar el nitrógeno atmosférico (Estación Central Agronómica, 1906).

Son las variedades de Frijol caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cvs. 'Iron', 'Black', 'Clay' y 'New Era'), junto a 'Wanderful- pea', 'Rice-pea' y 'Lady-pea', las más empleadas en la Estación por su potencial de rendimiento (entre 1.3-2.5 t/ha) y las propiedades mejoradores del suelo (Estación Central Agronómica, 1906; Estación Central Agronómica, 1909); en relación a esto dice Cruz: *"al enterrar en el suelo los residuos de cosecha se convierten en nitrógeno orgánico que ha de subvenir a las necesidades de la cosecha próxima. También mostró excelentes resultados en este sentido el frijol de terciopelo (velvetbean)[Mucuna pruriens var. deeringiana], no sucediendo así con variedades de trébol (Desmodium tortuosum) introducidas, a pesar de haber sido convenientemente tratadas con la bacteria correspondiente (Rhizobium), traída de los EE.UU, encontrándose entre estos materiales el trébol rojo [Trifolium pratense], trébol de la Florida, trébol Carmín [Trifolium incarnatum] y trébol Alsike [Trifolium hybridum]."*

Es de interés destacar que en estos últimos años se concentraron todas las siembras de soya y el resto de las leguminosas en el Lote 2 de la Estación, lográndose proveer esta área de abundantes poblaciones de estas bacterias que aumentaban cada año (Estación Central Agronómica, 1919; Estación Central Agronómica, 1920). A finales de 1919 le enviaron a Calvino, a cuenta del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, un nuevo material de soya [*Glycine max* (Merr.)]; se trata esta vez de la variedad 'Hahto'; sobre ésta, el científico, resume *"...esta variedad de soya presenta mucho interés para Cuba, incluyendo la elevada ganancia de nitrógeno en los suelos donde ha sido cultivada"*.

A partir de 1920 comienzan a introducirse variedades de habichuelas desde China [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *unguiculata* cv-gr. *sesquipedalis*] y desde la India, materiales de frijol mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek], las que, junto al frijol diablito ó mambí (accesión cubana) [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi et Ohashi] fueron sembrados en el Lote 2. En este caso, el Jefe del Departamento de Agricultura, Ing. J. M. Fortún, informó los excelentes resultados mostrados por estas variedades en cuanto a nodulación y rendimiento en granos secos. Un año más tarde, se introdujeron 20 variedades de frijoles mexicanos [*Phaseolus vulgaris* L.], sembrados también en el mencionado lote con excelentes resultados (Estación Central Agronómica, 1920).

Desde que el Dr. Calvino cesa sus labores en la estación en 1924, se descuidan las atenciones en cuanto al mantenimiento de las tierras tratadas con la bacteria *Rhizobium* (Estación Central Agronómica, 1931). En 1927 el Ing. Gonzalo Martínez Fortún (Jefe del Departamento de Agricultura), al tener la responsabilidad de estudiar nuevos materiales de soya enviados de

Estados Unidos informó al Secretario de Agricultura de Cuba lo siguiente: *“estoy muy de acuerdo, pues conozco la importancia del grano al revisar los trabajos de Calvino, no encontrando antecedente alguno que demuestre que los trabajos realizados por este científico hubieran sido continuados por él o por ninguna otra persona. En este sentido, todo parece indicar que debido a un mal manejo del Lote 2 se pierde la viabilidad de las bacterias nodulantes”*.

Es entonces que el Ing. Francisco B. Cruz retoma el tema de la soya, recibiendo junto al envío de nuevas variedades del cultivo un “material interesante”, consistente en una pequeña caja de un decímetro cuadrado de capacidad conteniendo tierra procedente de Londres cultivada por largo período de tiempo. Así el Ingeniero, con el objetivo de elaborar un biofertilizante para esta leguminosa construye en la Estación una caja cuadrada (1 m x 6 pulg.), la que se llenó con una mezcla de “buena tierra vegetal”, un kilogramo de fosfato ácido de cal y dos kilos de ceniza de madera, todo altamente humedecido, con una proporción final de materia orgánica del 11%, procediendo a inocular posteriormente con la tierra recibida de Londres (Estación Central Agronómica, 1931).

A partir de este momento, se llevó este material al vivero general en forma de varios canteros grandes tratados con el mismo procedimiento e inoculados con el inóculo elaborado por Cruz y colaboradores. Es este vivero el que posibilita suministrar el biofertilizante a gran número de campesinos particulares y cooperativistas en varias provincias del país (Estación Central Agronómica, 1920; Estación Central Agronómica, 1931). Con relación a este aspecto en 1930 F. Cruz señala que: *“es impresionante la adaptación de las plantas de soya a nuestras condiciones climatológicas y sobre todo, la adaptación de la bacteria específica en nuestras tierras de tanto futuro para nuestra República”*, concluyendo así el rescate de los inoculantes de soya para el país.

Entre 1931 y 1935 se registran como promedio más de 69 solicitudes por año de semillas de soya, caupí y frijoles, acompañados de los inoculantes respectivos, en respuesta a la demanda de varias provincias (Habana, Matanzas, Santa Clara, Camagüey), personalidades (Sr. Grantt Johnson, Sr. Pupo Aguilera, Sr. Manuel Cuevas, Sr. F. Rodríguez, Sra. Isabel Castillo y Sr. Jose Inclán, entre otros) e instituciones del país (Casa Homero, Cooperativa Blas Casanova, Caribbean Sugar Co., Sugar Sales Co., Central Hershey, Finca “La Esperanza”, Mabay, S. A., entre muchas otras). Se logra publicar en 1932 un artículo en el diario “La Marina” sobre la notable repercusión de esta actividad extensionista desarrollada por la Estación en materia de producción de biofertilizantes (Estación Central Agronómica, 1931; Estación Experimental Agronómica, 1937).

Es de lamentar que nuevamente a partir del año 1936, se descuidara la obtención de inoculantes por parte de la Estación. En los informes de todos estos años no se explica lo ocurrido, pero sí existe evidencia de que en 1937 el Director de la Estación Ing. Antonio Portuondo informa al Sr. Richard Beattle, Secretario de Agricultura, el no poder suministrar inoculantes para soya y otras leguminosas por parte de la institución (Estación Experimental Agronómica, 1939); remitiéndolo a algunas de las casas relacionadas con la venta de semillas de estas plantas en los Estados Unidos (Ej. Kilgore Seed Co., Plant City y Ferry-Morse Seed Co., entre otras). Es así, que comienzan a entrar en el mercado nacional inoculantes comerciales de estas procedencias procedentes de la serie Nitragin.

Un año después, en la Revista de Agricultura, se publica por el Ing A. de González, destacado agrónomo, un trabajo completo sobre soya, dejando asentada, entre otras cosas, las recomendaciones a los productores acerca de la preparación del suelo, formas de aplicación y de manejo, con vistas a lograr un buen resultado con estos inoculantes (Estación Experimental Agronómica, 1939).

Entre los años 40 y 50, la Estación Experimental sufre graves problemas económicos estando a punto de cerrar sus instalaciones en varias ocasiones. Es la voluntad y el esfuerzo de unos pocos científicos y trabajadores, entre los que se destacan el Doctor Juan Tomás Roig y Mesa y

el Ing. Julián Acuña Galé, quiénes hacen que no se haya detenido la obtención de logros por la Estación; es por esto que se descontinúan los estudios microbiológicos del suelo, aunque sus prácticas habían quedado como herramientas de cultivo para la mayoría de los productores agrícolas en el país (Estación Experimental Agronómica, 1949; Martínez Viera, 1977).

A partir de 1959 con el triunfo de la Revolución, se reconoce de inmediato el inestimable valor de los resultados obtenidos y de las personalidades que laboran en la Estación, por lo que se aseguran los recursos materiales y humanos necesarios para la actividad investigativa y ésta se integra a la Academia de Ciencias de Cuba. Sin embargo, los estudios microbiológicos de suelo no se retoman en el país por la antigua Estación, sino es el Instituto de Suelos, recién creado, y por la Universidad de La Habana, los que comienzan a desarrollar nuevas investigaciones y vías de colaboración con otros países como la URSS, Hungría, China y Bulgaria (Estación Experimental Agronómica, 1959; Martínez Viera y Dibut, 1996)

### **Consolidación de la investigación-desarrollo, transferencia tecnológica y fabricación industrial de biofertilizantes y bioestimuladores**

En los años 60, son precisamente los estudios con *Rhizobium* en pastos y granos, como el frijol, los que comienzan a brindar los mayores resultados, a medida de que se realizaban otras investigaciones muy completas de la microflora beneficiosa del suelo que indicaban ampliar la utilización de estos microorganismos en la práctica agrícola (Hernández *et al.*, 2004). Es de esta manera que se enriquecen y amplían las investigaciones en este campo de la ciencia, abarcando varios microorganismos además de *Rhizobium*, lográndose conformar por vez primera un Programa de Recursos Genéticos Microbianos (colecciones, manejo y explotación de estos recursos) en el país y diversificando esta temática a otras instituciones científicas que se fueron creando con posterioridad.

En el período 1970-1985 se consolidó la respuesta a los programas de investigación antes elaborados con un cúmulo inestimable de resultados teórico-prácticos en materia de obtención y control de inoculantes bacterianos (simbióticos y asociativos); además de otras líneas de la Microbiología del Suelo como: antagonismo microbiano, degradación de xenobióticos, celulólisis, solubilización del fósforo en el suelo, notables avances en el conocimiento y manejo de los procesos de nitrificación (nitrificadas), desnitrificación y amonificación. Asimismo, comienza el estudio de los hongos micorrizógenos presentes en el suelo, lográndose en breve período de tiempo adelantos notables en el conocimiento y utilización de estos microorganismos en la biotecnología agrícola (Dibut *et al.*, 1996).

Todos estos avances hacen que el país se ubique dentro de los más destacados en el ámbito internacional en esta temática de trabajo y es precisamente en esta etapa, en que la antigua Estación Experimental Agronómica, hoy INIFAT, retoma nuevamente la línea de investigación de producción de inoculantes, ubicándose sólo cuatro años más tarde, como una institución destacada en el país en materia de extensionismo y validación de biofertilizantes.

Entre 1985 y 1990 se comienza la producción a escala artesanal de inoculantes a base de *Rhizobium* con la capacidad de beneficiar los cultivos del maní, frijol, habichuela y pastos. Se consolidan las investigaciones del tipo fundamental-aplicadas en otros microorganismos empleados como biofertilizantes y bioestimuladores (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus spp.* y Hongos Micorrizógenos Arbusculares, entre otros). En este sentido, cientos de experimentos *in vitro* e *in vivo* y pruebas de extensión para el estudio del efecto de estos microorganismos sobre distintos cultivos económicos, caracterizan al trabajo desarrollado por las diferentes instituciones en esta etapa (Hernández *et al.*, 2004; Herrera y Ferrer, 1995; Martínez Cruz *et al.* 1998; Martínez y Dibut, 1996).

Ya en este período se logra definir los diferentes biopreparados para ser introducidos en la práctica agrícola a través del trabajo de extensión agrícola desarrollado por cada institución en estrecha relación con Empresas estatales, Cooperativas y campesinos privados, siempre previa coordinación con la Dirección Nacional de Suelos del Ministerio de la Agricultura (Tabla 1).

**Tabla 1. Principales características de los biofertilizantes y bioestimuladores obtenidos y aplicados en Cuba.**

<b>Biopreparado</b>	<b>Microorganismo base</b>	<b>Beneficios que se obtienen de su aplicación</b>	<b>Forma Obtención</b>
DIMARGON®	<i>Azotobacter chroococcum</i>	- Suministro entre 25-40% de las necesidades de N en cultivos varios. - Acortamiento ciclo cultivos - Aumentos entre 10-25% del rendimiento agrícola.	Fermentación aeróbica Forma líquida
FOSFORINA	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	- Suministro entre 50-70% de las necesidades de P en cultivos varios - Estimulación del rendimiento entre 10-20%	Fermentación aeróbica Forma líquida y sólida
BIOFERT®	<i>Rhizobium sp.</i> <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	- Suministro 60-75% de N para frijol, maní, Vigna y otras leguminosas. - Suministro entre 60-80% de N para soya y leguminosas forrajeras.	Fermentación aeróbica Fase I Líquida Fase II Sólida
EcoMic® MICOFERT®	<i>Glomus sp.</i> HMA	- Aporte entre 25-75% de las necesidades de NPK en cultivos varios. - Acortamiento ciclo de viveros y cepellones. - Ligero aumento rendimientos	Reproducción asociada con cultivo. Forma sólida
AZOSPIRILLUM	<i>Azospirillum brasilense</i>	- Aporte entre 15-25% de las necesidades de N en arroz y caña de azúcar	Fermentación aeróbica Forma líquida
AzoFert®	<i>Azospirillum sp.</i> <i>Rhizobium sp.</i> <i>Bradyrhizobium sp.</i>	- Aporte entre 25 – 80% de las necesidades de N en leguminosas y cultivos varios. - Aumento entre 10-15% del rendimiento agrícola	Fermentación aeróbica Forma sólida

Es precisamente a inicios de 1990 que se decide por la dirección del país, la introducción de forma acelerada la aplicación masiva de estos biopreparados sobre cultivos varios en la práctica agrícola. Se recomienda la conformación de una red a nivel nacional para la producción y aplicación de estos productos (Dibut *et al.*, 1996).

Por otro lado, la Cumbre de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo influyó notablemente en el proceso legislativo generado en Cuba a partir de la década de los 90s, uno de sus momentos más importantes es la aprobación de la Ley 81 "Del Medio Ambiente". La ley estableció como instrumento de la política ambiental la legislación ambiental, la cual es considerada como tal también por la Estrategia Ambiental Nacional. Como parte de la aplicación de la ley, se trazó como estrategia el aislamiento, la caracterización y selección de nuevas especies y cepas, surgiendo proyectos auspiciados por CITMA que permitieron estudios de prospección y selección de nuevas cepas autóctonas cubanas potencialmente eficientes en la biotecnología agrícola, especialmente en la producción de biofertilizantes a partir de un enfoque ecológico.

Unido a esto y como consecuencia de la etapa de crisis económica, en la que se destaca, entre otros insumos, la carencia de fertilizantes químicos que sufre el país, a principio de los años noventa (período especial) se aceleró marcadamente el escalado de muchos de estos biopreparados (biofertilizantes y bioestimuladores a base de *Rhizobium*, *Azotobacter*, HMA, bacterias solubilizadoras del fósforo del suelo, entre otros). Así, se logra alcanzar altos niveles de producción y aplicación donde se logra una elevada cantidad de superficie beneficiada por año; sin embargo, es necesario aclarar que, independientemente de las condiciones objetivas que ha tenido que afrontar la agricultura cubana, el uso de los biofertilizantes es una práctica necesaria de introducir, sobre todo si se tiene en cuenta la necesidad de aplicar productos poco costosos en la producción de alimentos y el saneamiento del ambiente, cada vez más afectados, entre otras cosas, por la elevada quimización agroindustrial que ha prevalecido en años anteriores (Dibut *et al.*, 1996; Fernández *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2004; Martínez Cruz *et al.*, 1998; Martínez y Dibut, 1996; Rivera *et al.*, 2004; Ruiz Martínez, 2001; Ríos y Dibut, 2007).

En la Tabla 2 se recoge la relación de instalaciones industriales que conforman desde un inicio la red, aunque algunas de ellas actualmente no están disponibles a consecuencia del redimensionamiento llevado a cabo por la industria azucarera cubana y otros cambios de estrategia como los realizados por el MINAL.

**Tabla 2. Red de producción de biofertilizantes y bioestimuladores bacterianos**

Bioplanta	Procedencia	Capacidad fermentativa	Localidad
Ronera Sta. Cruz	MINAL	15000 L	Habana
España Republicana	MINAZ	500 L	Matanzas
CAI "Ciro Redondo"	MINAZ	1000 L	Ciego de Ávila
CAI "Juan Márquez"	MINAZ	1000 L	
CAI "Julio A. Mella"	MINAZ	1000 L	Santiago de Cuba
CAI "Antonio Guiteras"	MINAZ	1000 L	Tunas
CAI Guatemala	MINAZ	1000 L	Holguín
CAI Toinocú	MINAZ	800 l	S. Spiritus
CAI Venezuela	MINAZ	1000 L	Camaguey
Planta Isla de la Juventud	MINAGRI	500 l	Isla de la Juventud
Fáb. Nuevitas	MINBAS	1000 L	Camaguey
CAI Nueva Paz	MINAZ	1000 L	La Habana
CAI Heriberto Duquesne	MINAZ	15000	Villa Clara
CAI 5 de Septiembre	MINAZ	500	Cienfuegos
CAI 30 Noviembre	MINAZ	500	Pinar del Río
Planta Lab. Prov. Suelos	MINAGRI	100	Guantánamo
CUBAVET (LABIOFAM)	MINAGRI	1300	Ciudad de la Habana

Nota: CAI, Complejo Agroindustrial; MINAZ (Ministerio del Azúcar); MINAL (Ministerio de la Industria Alimenticia); MINBAS (Ministerio de la Industria Básica) y MINAGRI (Ministerio de LA Agricultura).

Como se aprecia en la tabla anterior se puede considerar elevada la capacidad potencial productiva de la red, con un volumen total de más de 46 000 L.

Tomando en cuenta esta estructura es que se conformaron los programas y planes de fabricación, transportación, almacenamiento y aplicación de todos los biofertilizantes bacterianos a los largo de todo el país, que estuvo a cargo de la Dirección Nacional de Suelos del Ministerio de Agricultura (MINAG), en sinergia con otros organismos del Estado como el Ministerio del Azúcar (MINAZ), el Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL) y el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS). De esta forma, cada Dirección Provincial de Suelos y de

Suministros Agropecuarios, coordinaba los planes de fabricación y aplicación de los biopreparados, de forma tal que los productores adquirían los bioproductos en determinados puntos de venta, ubicados en cada provincia y municipio.

Con relación al desarrollo de inoculantes a base de hongos micorrizógenos, a partir de 1996 se establece estas producciones en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y es registrado bajo la marca comercial ECOMIC®, donde se han producido en los últimos diez años más de 200 t del producto. Se ha publicado gran cantidad de información sobre el notable efecto agrobiológico de este biopreparado en los más variados cultivos (Fernández *et al.*, 2004; Ruiz Martínez, 2001; Martínez y Dibut, 2009; Dibut *et al.*, 2010). Hoy día, se registra una gran demanda del mismo por parte de productores estatales y privados a lo largo de todo el país y al mismo tiempo es solicitada su introducción por varios mercados foráneos.

Unido a esta fase productiva, se desarrolla en paralelo la fase de extensión agrícola de estos productos; o sea, el asesoramiento por parte de los especialistas en cada uno de los biopreparados que se introducen, y que en su mayoría se corresponden con los autores de este artículo.

Este grupo de especialistas, en asociación con los funcionarios y muchos otros profesionales de cada una de las direcciones provinciales de suelo, que constituyen la fuerza técnica de la red, desarrollan un trabajo minucioso en estrecho contacto con los agricultores y empresarios agrícolas, donde se establecen las bases para la conservación y manejo de estos productos; toda esta actividad se apoya en visitas técnicas, conferencias especializadas, así como otras vías de divulgación como la entrega de plegables, hojas divulgativas, videos, etc.

Esta tarea define el éxito que hasta ahora han acumulado los biofertilizantes y bioestimuladores en Cuba, ya que en muchos otros países, incluso del primer mundo, se han desarrollado biopreparados de este tipo, sin embargo, no han podido consolidar el fruto de las aplicaciones; fundamentalmente, por la falta de conocimiento en el manejo de los mismos por parte de los productores en la base, o sea en la finca o huerto (Bauer, 2003; IFOAM, 2001).

Como se ha podido comprobar a través de estos apuntes, el trabajo de extensión agrícola en materia de biofertilización y producción de inoculantes bacterianos, iniciado hace 70 años en áreas de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, logra alcanzar en todos estos años resultados relevantes que han contribuido al desarrollo económico del país y sobre todo a fundamentar una base biorgánica de nutrición para los cultivos (Dibut *et al.*, 1996; Fernández *et al.*, 2004; Martínez Cruz *et al.*, 1998; Rivera *et al.*, 2004; Ruiz Martínez, 2001).

En la Tabla 3, se expone la producción anual de los biofertilizantes bacterianos DIMARGON®, BIOFERT® y FOSFORINA® durante más de diez años, manteniéndose a partir de este momento niveles de producción estables.

**Tabla 3. Producción y aplicación de biofertilizantes bacterianos como resultado de la actividad productiva de la red**

UM	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>BIOFERT®</b>										
ton	*	16.5	8.3	13.9	9.82	13.24	14.75	11.45	9.58	14.77
cab	*	1231	800.0	1681.0	1218.4	1091.7	1423.6	818.0	634.0	1055.0
<b>DIMARGON®</b>										
ML	1007	5337	3372	1666.5	648.3	712.1	226.7	266.3	190.1	44.5
cab	37,6	199,1	126,0	4886.0	1816.7	2135.9	504.8	794.0	506.0	130.0
<b>FOSFORINA</b>										
ML	*	*	79.2	175.0	72.5	153.5	68.3	70.9	48.1	77.2
cab	*	*	538.0	538.0	224.1	537.1	195.6	203.0	118.0	230.0

Nota: ton = toneladas ; ML = Miles de litros ; cab.= Caballerías aplicadas (1 cab = 13.42 ha)

Obsérvese como a partir de 1997 disminuyen los niveles productivos y de aplicación de los



inoculantes, lo que se debe fundamentalmente al cierre de algunas instalaciones. No obstante, en estos momentos se mantienen produciendo el 40% de estas instalaciones y se trabaja para lograr en un futuro cercano la recuperación total de la Red.

Por otra parte, un aspecto a resaltar radica en que a pesar de estas limitantes, el desarrollo y la aceptación de los biofertilizantes por parte de los agricultores se incrementa cada día, según una encuesta nacional realizada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). De hecho, son múltiples los proyectos de investigación-desarrollo y transferencia tecnológica en esta temática que se ejecutan actualmente, la mayoría con salidas productivas orientadas al beneficio del campo cubano (Dibut *et al.*, 2010).

Así, en los últimos quince años, varias instituciones científicas, entre las que se destacan el INIFAT, el Instituto de Suelos, el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), el Instituto de Ecología y Sistemática (IES), el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), el Instituto de Investigaciones de la caña de Azúcar (INICA) y el Instituto de Pastos y Forrajes, desarrollan programas científico-técnico-productivos (obtención de tecnologías y validación) en esta línea, en estrecha colaboración con el Ministerio de la Agricultura, lográndose establecer un grupo de biopreparados que, entre otros beneficios, pueden lograr suministrar determinadas cantidades de nitrógeno y fósforo, así como aumentar los rendimientos y/o acortar el ciclo de los cultivos en un número apreciable de especies vegetales de importancia económica que ocupan anualmente en el país más de  $5 \times 10^5$  ha cultivables.

En paralelo, se destaca la fuerte actividad de introducción de los biofertilizantes cubanos en otros mercados a través de proyectos de investigación - desarrollo o fórmulas de contratos de asociación económica, estos últimos a cargo de la actividad gerencial de las Empresas CATEC, perteneciente al Ministerio de Agricultura y MERCADU, del Ministerio de Educación Superior. En la Tabla 4 se relacionan los principales mercados donde han sido introducidos los biofertilizantes cubanos en los últimos diez años.

**Tabla 4. Principales plazas de mercado donde han sido validados los biofertilizantes cubanos**

Producto	Países donde ha sido introducido el biofertilizante
DIMARGON®	Turquía, México, Colombia, Guadalupe, Perú y España. Se comienzan los trabajos en Venezuela.
FOSFORINA	México, Argentina y Guadalupe
BIOFERT®	México, Guatemala y Colombia
EcoMic®	México, Colombia, Bolivia, Islas del Caribe y España
AzoFert®	Colombia, Bolivia y México

Obsérvese en la tabla que se han realizado transferencias tecnológicas del tipo Sur-Norte, con notables resultados a favor de la aplicación de estos biopreparados sobre una amplio rango de cultivos (hortalizas, gramíneas, leguminosas, oleaginosas, cítricos, frutales, pastos, entre otros.). No se detalla esta información, ya que existen múltiples reportes en reuniones oficiales, eventos científicos nacionales e internacionales y exposiciones comerciales donde se ofrece el modo de transferencia y los resultados del efecto de las aplicaciones de estos productos (Dibut *et al.*, 1996; Hernández *et al.*, 2004; Martínez Cruz *et al.*, 1998; Rivera *et al.*, 2004; Ruiz Martínez, 2001). Ya desde hace más de cinco años, muchas de estas marcas comerciales han sido registradas en muchos de estos países para su explotación comercial.

De esta actividad se deduce que los biofertilizantes cubanos comienzan a mostrar sus impactos en diferentes latitudes, por lo que se puede considerar que la actividad de investigación y desarrollo alcanzada por Cuba en la Microbiología del Suelo, originada en la antigua Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, hoy comienza a contribuir al aumento de la productividad y la conservación de agroecosistemas en el ámbito internacional.

En general, el grupo de Expertos en esta temática plantea el desarrollo de un enfoque multidisciplinario, donde diferentes especialistas deben unir sus esfuerzos y aportar al conocimiento de los procesos de competencia de su área de estudio. Es crucial, la unión de microbiólogos, genetistas, químicos y agrónomos, a través de un mensaje de estricto cumplimiento que radica en no dejar de velar por las condiciones nutrimentales del suelo y/o sustratos agrícolas a tratar con estos biopreparados. Como se ha podido constatar en los resultados presentados y el análisis de la literatura que hemos expuesto hasta el momento, estos microorganismos no satisfacen el total de los requerimientos de nutrientes en los cultivos. Por tanto, se hace elemental el abonado biorganomineral, y de hecho, la biofertilización integrada, para así complementar la nutrición vegetal.

De forma integral, estas tecnologías inciden sobre la conservación y restauración de los suelos desde el punto de vista físico-químico y biológico, y al ser aplicadas se contribuye además a la preservación del medio ambiente, la salud humana y a la preservación del sustrato más rico que existe en la naturaleza, que es precisamente el suelo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bauer, T. Microorganismos Fijadores de Nitrógeno. En: (<http://www.microbiología.com.ar/suelo/rhizobium.html>), 2001.
- Dibut Alvarez, B.; R.Martínez Viera; Marisel Ortega; J.M. País y M.C. Acosta . Biomasa vs. Biomasa. Reproducción Bacteriana-Producción Vegetal. En Memorias de Conferencia sobre Medio Ambiente, Biomasa y Energía, La Habana, 136 pp., 1996.
- Dibut Alvarez, B.; R. Martínez, Y.Ríos, M.Ortega, G.Tejeda, L.Planas, J.Rodríguez y L.Fey. Estudio de la asociación G.diazotrophicus - viandas tropicales. I Selección de cepas efectivas para la biofertilización de boniato, yuca y malanga. Cultivos Tropicales. Vol 31 (4): 5-12., 2010.
- Estación Central Agronómica. Primer Informe Anual de la Estación Central Agronómica de Cuba. 1ro de Abril, 1904 - 30 Junio, 1905. La Mercantil , Ed, La Habana, 430pp., 1906.
- Estación Central Agronómica. Segundo Informe de la Estación Central Agronómica de Cuba, Junio 1905- Enero 1909. La Mercantil, Ed., 226 pp., 1909.
- Estación Central Agronómica. Cuarto Informe de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas. Informe 1917-1918. Alvarez López y Ca., Ed, La Habana, 506 pp., 1919.
- Estación Central Agronómica. Quinto Informe de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas. 1918 -1920. Graphicel ARTS, Ed., La Habana, 762 pp., 1920.
- Estación Central Agronómica. Informe de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas. Ejercicio de 1929 a 1930. La Propagandística, Ed., 74 pp., 1931.
- Estación Experimental Agronómica. Informe de las labores realizadas por el Departamento de Agricultura, EEA-Secretaría de Agricultura, Expediente 357, La Habana, 57 pp., 1937.
- Estación Experimental Agronómica. Informe de las labores realizadas por el Departamento de Agricultura, EEA-Secretaría de Agricultura, Expediente 380, La Habana, 96 pp., 1939.
- Estación Experimental Agronómica. Informe de las labores realizadas por el Departamento de

- Agricultura, EEA-Secretaría de Agricultura, Expediente 508, La Habana, 86 pp., 1949.
- Estación Experimental Agronómica. Informe de las labores realizadas por el Departamento de Genética, EEA-Secretaría de Agricultura, Expediente 804, La Habana, 95 pp., 1959.
- Fernández, F. ; J. Dell` Amico y Y. Pérez. Evaluación de la viabilidad de los inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares de *Glomus clarum* y *Glomus fasciculatum* conservados en medio líquido (Licomic®). . XIV Congreso Científico del INCA (nov 9 al 12, La Habana). Memorias CD-ROOM. Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas, ISBN 959-7023-27-X, 2004.
- Hernández, G; A. García; O. Chaveco; B. Faure; M. Mulling, Nancy Menéndez y Vidalina Toscano. Progreso en la selección fisiológica en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para obtener alta expresión del potencial agronómico de fijación simbiótica del nitrógeno. . XIV Congreso Científico del INCA (nov 9 al 12, La Habana). Memorias CD-ROOM. Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas, ISBN 959-7023-27-X, 2004.
- Herrera, R. A. y R. Ferrer. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas (va) en un bosque tropical. Biodiversidad en Ibero América: Ecosistemas, Evaluación y Proceso Social. En : Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el desarrollo. Sub-programa XII, Diversidad Biológica. Maximina Monasterio, Eds., Mérida, 201 pp., 1995.
- IFOAM . What is IFOAM? . En: (<http://ecoweb.dk/ifoam>), 2001
- López, M. Biofertilización en Cuba. En XVII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología, La Habana, 27pp., 1994
- Martínez Cruz, A., J. Ferrán, Alina Delgado y V. Martínez: Microorganismos fosfosolubilizadores en Suelos Ferralíticos Rojos Típico y Ferralítico Pardo Rojizo de Cuba. En Memorias de XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. Simposio IV. R. Villegas y D.Ponce de León, Eds., La Habana, 1392-1395p., 1998.
- Martínez Viera, R. 70 años de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, Academia de Ciencias, Ed., La Habana, 128 pp., 1977.
- Martínez Viera, R. y B. Dibut Alvarez. Los biofertilizantes como pilares básicos de la Agricultura Sostenible. En Curso-Taller Gestión Medioambiental de Desarrollo Rural. La Habana, 62-81 pp., 1996.
- Martínez Viera, R. y B. Dibut Alvarez. Utilización de nuevos paradigmas que permitan profundizar los conocimientos sobre las relaciones suelo-planta en condiciones tropicales. Cultivos Tropicales, Vol 30 (4): 7-12., 2009.
- Piceno, Y. M. y C. R. Lovell. Stability in natural bacterial communities. I Nutrients addition effects on rhizosphere diazotroph assemblage composition. Microb.Ecology. , 39 (1): 32 – 40., 2000.
- Ríos, Y. y B. Dibut. *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Un microorganismo promisorio en la elaboración de biopreparados. Cultivos Tropicales, Vol 28 (4): 19-24, 2007.
- Rivera, R.; F. Fernández; L. Ruiz ; C. Sanchez; M. Riera y Kalyanne Fernández. El manejo

efectivo de la simbiosis micorrízica en la producción agrícola. Avances y retos inmediatos. XIV Congreso Científico del INCA (nov 9 al 12, La Habana). Memorias CD-ROOM. Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas, ISBN 959-7023-27-X, 2004.

Ruíz Martínez, L. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos con Carbonatos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, 92pp., 2001.

Sasson, A. La contribución de las biotecnologías a la alimentación. *Biotecnología Aplicada*. , 17 (1): 2 -6., 2001.