

UN SIGLO DE INVESTIGACIONES Y COMERCIALIZACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN CUBA.

Bernardo Dibut Alvarez, Rafael Martínez Viera, Luis Fey Govín y Marisel Ortega García. bdibut@inifat.co.cu

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". INIFAT.

RESUMEN

Se ofrece la historia desde el inicio del siglo del manejo de los microorganismos beneficiosos del suelo en Cuba y su impacto sobre diferentes cultivos de importancia económica, describiéndose además la introducción en el país de materiales biológicos a partir de otras latitudes en los primeros diez años del siglo, donde se destacan fundamentalmente los inoculantes a base de *Rhizobium* sp. para el beneficio de leguminosas de grano y de forraje, los cuales posteriormente a su adaptación en agroecosistemas cubanos son comercializados en diferentes provincias del país por la propia Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas que entregaba los volúmenes de semillas de diferentes especies de leguminosas acompañada de los respectivos inoculantes. Se describe, a partir de 1959, el curso de las investigaciones en Microbiología del Suelo al fundarse varias instituciones científicas a cargo de la Academia de Ciencias de Cuba, destacándose en esta etapa la ejecución de proyectos y programas de colaboración internacional con un elevado número de países con la obtención de muy buenos resultados; ya más recientemente, se presenta con la celebración de numerosos eventos científicos y reuniones nacionales e internacionales, el desarrollo alcanzado por esta especialidad en el país, lográndose obtener la madurez técnica de las investigaciones y de hecho el escalado de varios biopreparados a base de estos microorganismos con altos niveles de producción y aplicación para una elevada cantidad de superficie cultivable beneficiada por año.

Palabras claves: investigaciones, comercialización, biofertilizantes.

A CENTURY OF BIOFERTILIZERS INVESTIGATIONS AND COMMERCIALIZATION IN CUBA

ABSTRACT

This paper offers a recount from the beginning of the last century about the management of soil beneficial microorganisms in Cuba and their impact on different cultivations that are important for the economy, describing the introduction of biological materials in Cuba from other countries in the first ten years of the XX century mainly inoculating from *Rhizobium* sp. applied in grain and forage leguminouses, which after their adaptation in Cuba agroecosystem are carried, seeds and their respective inoculatings also was commercialized from Agriculture Experimental Station in Santiago de las Vegas to other provinces. Starting from 1959 investigations on Soil Microbiology when many scientific institutions were founded by Science Academy of Cuba, began a new period where international projects and programs with many countries were carried through, obtaining

satisfactory results. More recently a great number of scientific events and national and international meetings have taken place where results of researches and successes are shown.

Key words: investigations, commercialization, biofertilizers.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XIX , en el mundo , al ponerse de manifiesto 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 en cultivos de importancia económica (Bauer, 2001; Dibut *et al.*, 1996) . Ya a comienzos y mediados del siglo XX , se consolida la interpretación y como resultado la aplicación práctica de muchas de las bacterias nitrofixadoras y solubilizadoras del fósforo del suelo, viéndose 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 biopesticidas con alta capacidad de antibiosis y control de plagas (López, 1994; Herrera y Ferrer, 1995; Piceno y Lovell, 2000; IFOAM, 2001).

Así, se inicia el mercado de biopreparados a base de estos microorganismos en base a la biofertilización y bioestimulación de cultivos económicos como parte de un manejo aerotécnico con bases sostenibles de producción vegetal. A esta estrategia se unen posteriormente los biopesticidas de origen microbiano y los bioremediadores del suelo como otros métodos biotecnológicos que han sido llamados a favorecer los agroecosistemas (Dibut *et al.*, 1996).

Hoy, a comienzo del siglo XXI, se ha consolidado la comercialización de una gran variedad de biopreparados de este tipo por parte de las grandes, medianas y pequeñas empresas de todas partes del planeta , al mismo tiempo que se ha avanzado sobre manera 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 (Sasson, 2000; Bauer, 2001).

En Cuba, la incidencia de la Microbiología del Suelo como parte del desarrollo que integran las Ciencias Agrícolas, 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 (López, 1994; Martínez Viera y Dibut, 1996).

En este trabajo se hace referencia a una modesta revisión de los aportes de esta disciplina “La Microbiología del Suelo”, teniendo en cuenta el lugar que esta ocupa dentro del marco de las Ciencias del Suelo y su contribución al desarrollo socioeconómico y la política medioambiental del país.

DESARROLLO

Hace hoy más de 100 años que comienza a incidir en la agricultura cubana el impacto de la actividad de los microorganismos del suelo. Es el Ing. Francisco B. Cruz en el Primer Informe Anual de la Estación Central Agronómica de Cuba en 1906, Santiago de Las Vegas, quien relaciona la introducción de diferentes variedades de leguminosas de grano para 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 cow-pea (Iron, Black, Clay y Newera-pea), 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); 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 (velven-bean), no sucediendo así con otras variedades de Trebol (Desmodium tortuosum) introducidas a pesar de haber sido convenientemente tratados por la bacteria correspondiente, traída de los EE.UU encontrándose entre estos materiales el Trebol rojo, Trebol de la Florida, T. Carmín y T. Alsike.”*

Todo indica que los materiales que fueron enviados desde el extranjero al fundarse la Estación, venían acompañados de porciones de suelo que contenían las bacterias nodulantes.

En 1909 aparece otra información donde el Director. de la Estación, en función de Jefe del Departamento de Agricultura, comunica la sistematicidad de estas prácticas, con énfasis en cow-pea y velvet-beans con la obtención de rendimientos aún mayores (2.3 - 2.73 t/ha); en este período son muy empleados estos materiales en la rotación con cultivos como maíz, trigo, tabaco y boniato, combinándose ya desde entonces con estudios de marcos de siembra y fertilización orgánica y mineral (Estación Central Agronómica, 1909). En el informe publicado en 1914, a secuencia de 1909, continúan la realización de estudios similares con gran atención sobre esquemas de fertilización y rotación de cultivos en caña de azúcar, maíz y tabaco.

En 1917 el Profesor Dr. Mario Calvino recién nombrado entonces Director de la Estación, comienza a abordar con mayor rigor científico los estudios sobre fijación de nitrógeno. Así, este eminente científico, además de mantener inicialmente las prácticas establecidas, comenzó a montar ensayos en parcelas experimentales para comprobar el efecto y las ventajas de las inoculaciones con estos microorganismos (Estación Central Agronómica, 1919).

El envío a Calvino de diferentes variedades de soya (Wilson five, Barket, Early brown, Pekin, Arlington, Biloxi, Virginia y Black eyer brown) provenientes de E.U. para su aclimatación en Cuba, originó una observación interesante, al sembrar Calvino estas variedades no observó nodulación alguna y al concluir la cosecha los rendimientos obtenidos fueron muy inferiores a los que se reportaban cuando

fueron enviados con relación a su comportamiento en campos productivos de E.U. y Japón; es entonces, que Calvino pide a la casa Mulford un cultivo de “bacteria especial para soya” y de inmediato procede a la inoculación con la obtención de magníficos resultados en cuanto a nodulación y rendimiento obtenido (superior a las 2t/ha) en las variedades probadas.

Estos avances motivaron al investigador a montar otros ensayos de inoculación en el frijol de soya, encontrando resultados cada vez más interesantes, por lo que expresó finalmente, *“ahora tenemos terreno inoculado con el cual podemos asegurar el mejor éxito para nuestras siembras”*, surgiendo así el primer biofertilizante cubano a base de rhizobios, hoy conocida esta bacteria como *Bradyrhizobium japonicum*.

En este período, a pesar de los adelantos en soya, se mantienen los avances ya antes logrados en el resto de las leguminosas en materia de tierras provistas de la bacteria como inoculantes. En 1918 Calvino publica los análisis químicos (proteínas, grasas, fibras y carbohidratos) de diferentes variedades de soya biofertilizadas bajo las condiciones de Santiago de Las Vegas, los cuales, al compararlos con otros resultados de estos mismos materiales sembrados en Francia, el director de la Estación deja clara la superioridad en el contenido de proteínas, carbohidratos y fibras de las semillas obtenidas en nuestro país (Estación Central Agronómica, 1919).

Es de interés destacar como 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 las bacterias nodulantes que aumentaban cada año (Estación Central Agronómica, 1920). A finales de 1919, le envían a Calvino a cuenta del Departamento de Agricultura de Estados Unidos un nuevo material de soya; se trata esta vez de la variedad Hahto, de la cual el científico resume al concluir estos estudios *“esta variedad de soya presenta mucho interés para Cuba, incluyendo la elevada ganancia de nitrógeno en los suelos donde ha sido cultivada”*.

Con esta información se reafirma la importancia que ya presentaba la biofertilización como tecnología capaz de contribuir al mejoramiento y conservación de los suelos de Cuba.

A partir de 1920 comienzan a introducirse variedades de habichuela procedentes de China, y materiales de frijol mungo de la India, los cuales, junto al frijol diablito ó Mambí (accesión cubana) fueron sembrados en el Lote2; en este caso, el Jefe del Departamento de Agricultura, Ing. J.M.Fortún informa los buenos resultados obtenidos en cuanto a nodulación y rendimiento en granos secos (semillas) de estas variedades. Un año más tarde se introducen 20 variedades de frijoles mexicanos, sembrados también en el mencionado lote con excelentes resultados (Estación Central Agronómica, 1920).

Desde que en 1924 el Dr. Calvino cesa como director de la Estación, se descuidan las atenciones en cuanto al mantenimiento de las tierras bacterizadas. No obstante, el nuevo director, el Ing. Gonzalo Martínez Fortún informa en 1927 al Secretario de Agricultura de Cuba, al tener la responsabilidad de estudiar nuevos materiales de soya enviados de E.U., lo siguiente: *“estoy muy de acuerdo, pues conozco la importancia del grano al revisar los trabajos de Calvino, no encontrando antecedente alguno que demuestren 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. Cruz retoma el tema de la soya, recibiendo junto al envío de nuevas variedades 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 entonces el Ingeniero construye en la Estación una caja cuadrada (1 m x 6 pulg.), la cual 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 de 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 grandes canteros 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, 1931). En relación a esto dice F. Cruz *“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 Cuba.

Entre 1931 y 1935 se registran como promedio más de 69 solicitudes por año de semillas de soya, cow-pea y frijoles, acompañados de los inoculantes respectivos a cargo de varias **provincias** (Habana, Matanzas, Santa Clara, Camaguey), **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), lográndose 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, comercialización y capacitación en biofertilizantes (Estación Central 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 en 1937 informa el Director de la Estación Ing. Antonio Portuondo al Sr. Richard Beattie, el no poder suministrar inoculantes para soya y

otras leguminosas por parte de la Estación, 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).

Así, es que comienza a entrar en el mercado nacional inoculantes comerciales de esta procedencia (serie Nitragin). Un año después, en la Revista de Agricultura, se publica por el Ing A. de González un trabajo completo sobre soya, dejando sentada entre muchas otras cosas las recomendaciones a los productores acerca de la preparación del suelo, formas de aplicación y de manejo, entre otras enmiendas, con vistas a lograr un buen resultado con estos inoculantes (Estación Experimental Agronómica, 1939). Ya en este período no se recomienda la aplicación de abonos nitrogenados en estos cultivos y también, por primera vez, son llamadas estas bacterias por C. R. Casals como *Bacilo radícícola*.

En esta dirección, a pesar de que ya en esta etapa no se producían biofertilizantes cubanos, si se mantuvo como logro resultante de las investigaciones y la actividad de desarrollo desplegada en la estación la metodología a seguir por los productores para un adecuado manejo de los biofertilizantes en cultivos de grano.

En todos estos años, sólo se estudió en el país las bacterias nitro fijadoras simbióticas introducidas de Estados Unidos y de Inglaterra como se dijo anteriormente, hoy conocidas como el género *Rhizobium*, excepto en un trabajo realizado en 1939 por el Ing. Ramón Mayola, donde este autor hace un estudio bibliográfico y ejecuta experiencias prácticas sobre los procesos de nitrificación y desnitrificación, describiendo los grupos bacterianos (*Nitrosococcus-Nitrosomonas*, *Nitrococcus prodigiosus* *Stafilococcus siireus*, *Bacillus tiphicus* y *Bacillus antharacei*), así como su habitat, condiciones que afectan dichos procesos y las condiciones económicas y de manejo sobre la acción de estos en relación con los estercoleros, detallando alguna que otra experiencia obtenida en el país en este último aspecto (Estación Experimental Agronómica, 1949).

También a finales de esta década se destaca la actividad docente e investigativa en materia de Microbiología del Suelo del Profesor Jorge Navarro en áreas de la Universidad de La Habana, tarea que continúa posteriormente quien era su ayudante, hoy la doctora Margarita Carone, excelente profesora que acumula grandes éxitos en la formación académica de muchos especialistas cubanos en esta temática, unido a la fitopatología.

Entre los años 40 y 50, la Estación 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, quienes hacen que no se halla detenido la obtención de logros por la Estación (Martínez Viera, 1977), 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.

A partir de 1959, al triunfar 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 se integra a la Academia de Ciencias de Cuba; sin embargo, los estudios microbiológicos del suelo no se retoman en el país por la antigua Estación, sino es el Instituto de Suelos, recién creado, y la Universidad de La Habana, los que comienzan a desarrollar nuevas investigaciones y vías de colaboración con otros países como la antigua URSS, Hungría, China y Bulgaria (Estación Experimental Agronómica, 1959; Martínez Viera, 1977).

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 otros estudios muy completos de la microflora beneficiosa del suelo que llamaban a ampliar la gama de utilización de estos microorganismos en la práctica agrícola (Hernández *et al.*, 1994). Es de esta manera que en esta década se enriquecen sobremanera estas investigaciones, abarcando varios microorganismos además de *Rhizobium*, lográndose conformar por vez primera un germoplasma microbiano (colecciones) de este tipo en el país y diversificándose esta temática a otras instituciones científicas que se fueron creando posteriormente.

El quinquenio 1970-75, se caracteriza por la profundización de los estudios microbiológicos del suelo, creándose los primeros programas nacionales de investigación en esta temática y dándose lugar los primeros encuentros (reuniones) nacionales entre los especialistas ya formados que se iban acrecentando; durante estos años hay que destacar la labor pedagógica del doctor Rafael Martínez Viera (Dibut *et al.*, 1996).

En este período se formaron numerosos investigadores cubanos en el extranjero como resultado de la colaboración existente con instituciones científicas y universidades, alcanzando grado científico muchos de ellos; otros se fueron formando con la tutoría de los primeros. También en esta etapa, comienzan a darse los primeros pasos para la producción de inoculantes nacionales a base de *Rhizobium* para ser aplicado sobre diversos cultivos de leguminosas (Hernández *et al.*, 1994; Dibut *et al.*, 1996).

El decenio 1975-1985 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), antagonismo microbiano, degradación de xenobióticos, celulolisis, solubilización del fósforo en el suelo, notables avances en el conocimiento y manejo de los procesos de nitrificación (nitrificidas), desnitrificación y amonificación. Comienza el estudio de los hongos micorrizógenos presentes en el suelo, lográndose en breve período de tiempo adelantados notables en el conocimiento y utilización de estos microorganismos (Herrera y Ferrer, 1995).

Todos estos avances hacen que se ubique el país dentro de los más destacados en la arena internacional en esta temática de trabajo; es en esta etapa, en que la antigua Estación Experimental Agronómica, hoy INIFAT, retoma nuevamente esta línea de investigación, ubicándose sólo unos cuatro años más tarde, como institución destacada en el país en materia de extensionismo y validación de biofertilizantes (Martínez Viera y Dibut, 1996).

Entre 1985 y 1990 se generaliza la producción de inoculantes a base de *Rhizobium* capaz de beneficiar los cultivos de maní, frijol, habichuela y pastos. Se consolidan las investigaciones fundamental-aplicadas en otros microorganismos empleados como biofertilizantes y bioestimuladores (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Actinomyces*, *Pseudomonas*, *Bacillus spp.*, y Hongos Micorrizógenos Arbusculares, entre otros). En este sentido, cientos de experimentos y pruebas de extensión para el estudio del efecto de estos microorganismos sobre distintos cultivos económicos, caracterizan el trabajo desarrollado por las diferentes instituciones en esta etapa. Así, en el INIFAT se desarrolla una serie de biofertilizantes (DIMARGON[®]) a base de cepas cubanas seleccionadas de *Azotobacter chroococcum* que benefician las hortalizas, viandas tropicales, maíz, arroz, trigo, cítricos y frutales, plantas ornamentales y café, entre otros cultivos (Hernández *et al.*, 1994; Martínez Cruz *et al.*, 1994; Herrera y Ferrer, 1995; Dibut *et al.*, 1996; Fernández, 1999).

Estos últimos biopreparados son capaces de suministrar a los cultivos en que se aplican entre 15-50% de sus necesidades de nitrógeno, mediante su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico; además de la capacidad para sintetizar sustancias fisiológicamente activas que permite acortar el ciclo de los cultivos y estimular los rendimientos entre 10-20%. Este centro, cuenta hoy con más de 120 cepas de esta bacteria en la colección de referencia de microorganismos fijadores del dinitrógeno (BFN) ubicada en el Departamento de Microbiología del INIFAT (Dibut, 2005).

Otra línea de investigación la constituyeron los biofertilizantes a base de una mezcla de microorganismos solubilizadores de fósforo aislados de suelos cubanos, que se aplican en hortalizas, yuca, boniato, viveros de café y viveros y plantaciones de cítricos. Estos biopreparados permiten reducir entre 50 y 80% la cantidad de fertilizante fosfórico y estimulan los rendimientos entre 5 y 25 %.

El Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura, cuenta desde hace varios años con un cepario de microorganismos solubilizadores de fósforo, que además son capaces de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Martínez Cruz *et al.*, 1994). El mismo, consta de 40 cepas de bacterias pertenecientes a los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* y varias cepas de hongos comprendidas en los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Trichoderma*, así como actinomicetos del género *Streptomyces*. A partir de los estudios de selección de las cepas más efectivas de algunos de estos microorganismos se diseña el biopreparado Fosofrina, hoy modificado y con el nombre de Fosforina-plus.

Este instituto, también desarrolla biopreparados a base de cepas cubanas de *Rhizobium* (Biofert®) específicas para frijol, maní, habichuela, frijol carita y abonos verdes. Estos biopreparados sustituyen entre 75 y 90 % de la fertilización nitrogenada en los cultivos citados, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Hernández *et al.*, 1994).

Biofertilizantes a base de cepas cubanas introducidas de *Bradyrhizobium* para soya y leguminosas forrajeras también han sido logrados, manifestando una capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico que permite sustituir hasta el 80% o más de las necesidades de nitrógeno de estos cultivos (López, 1994). En la obtención y desarrollo de estos productos se ha destacado el Instituto de Pastos y Forrajes.

El INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas) ha desarrollado biofertilizantes a base de *Azospirillum brasilense*, que permiten la sustitución del 25% del fertilizante nitrogenado en arroz, con la eliminación de un vuelo de aplicación e incremento del rendimiento entre 5 y 15% (Velazco *et al.*, 1996) , resultando estudiada posteriormente en otras gramíneas con excelentes resultados, como es el caso del maíz.

En relación con los biofertilizantes a base de Hongos Micorrizógenos Arbusculares, la vasta experiencia acumulada por los Departamentos de Biofertilizantes del Instituto de Ecología y Sistemática del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (IES-CITMA) y el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Ministerio de Educación Superior, MES) en las investigaciones que involucran los hongos micorrizógenos, le ha permitido dirigir, fundamentalmente a este último, un programa nacional para la introducción del uso de estos microorganismos en la agricultura cubana, en el cual colaboran actualmente más de 22 instituciones científicas con 90 investigadores de todo el país (Herrera y Ferrer, 1995; Rivera, 2000). Como parte de estos estudios, se conoce hasta el momento la existencia de 35 especies conocidas de hongos glomáceos y la presencia de alrededor de 68 especies aún no identificadas (dentro de las cuales se hallan varias especies nuevas para la ciencia), lo cual hace elevar hasta más de 105 el número de especies de estos hongos observadas en nuestro país.

Adicionalmente, también se han desarrollado numerosas investigaciones acerca del efecto agrobiológico de las inoculaciones con HMA sobre diferentes cultivos económicos (café, viandas tropicales, cítricos y frutales entre otros), selección de las cepas más efectivas de estos hongos por tipo de suelo (Rivera, 2000; Ruiz Martínez, 2001). Como resultado de todos estos trabajos se han logrado desarrollar dos biopreparados altamente efectivos: MICOFERT® y ECOMIC®, los cuáles han manifestado un efecto notable de incremento del rendimiento agrícola unido a ganancias en nutrientes (NPK) al ser aplicados sobre diversos cultivos económicos.

La celebración de numerosos eventos científicos y reuniones (nacionales e internacionales) en el país atestiguan el desarrollo alcanzado por la generación de microbiólogos del suelo , en estrecha colaboración con agrónomos y otros especialistas. Es por esto , que con seguridad podemos plantear que la diversidad

de las investigaciones microbiológicas del suelo comienzan desde principios de los años 60 y alcanzan su madurez técnica en la década de los 80, comenzando con el desarrollo y elaboración a escala de laboratorio y planta piloto de diferentes productos biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento vegetal (Dibut *et al.*, 1996)

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*, *Pseudomonas* y hongos micorrizógenos, entre otros), lográndose alcanzar altos niveles de producción y aplicación para una elevada cantidad de superficie beneficiada por año; sin embargo, es justo y necesario aclarar que independientemente de estas condiciones objetivas que ha tenido que afrontar la agricultura cubana, el uso de los biofertilizantes es una práctica inteligente de introducir, sobre todo si se tiene en cuenta la necesidad de la economía a aplicar en la producción de alimentos y el saneamiento del ambiente (incluyendo los productos de cosecha), cada vez más afectados, entre otras cosas, por la elevada quimización agroindustrial que ha prevalecido en los últimos años (Hernández *et al.*, 1994; Martínez Cruz *et al.*, 1994; Martínez Viera y Dibut, 1996; Fernández, 1999; Rivera, 2000; Ruiz Martínez, 2001).

Así, en los últimos quince años, varias instituciones científicas entre las que se destacan el INIFAT, I. de Suelos, I.E.S., INCA; INIVIT; INICA e I. Pastos y Forrajes, desarrollan programas científico-técnico-productivos (obtención de tecnologías y validación) en esta línea en estrecha colaboración con el Ministerio de Agricultura y otros organismos del Estado, lográndose establecer una Red Nacional para la producción de una gama de biopreparados (DIMARGON®, Fosforina, EcoMic®, AzoFert, Micofert, Biofert, etc.) que entre otros beneficios, logran suplir 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 de importancia económica que han logrado ocupar anualmente más de 5×10^5 ha.

Más recientemente, se hace imprescindible señalar los estudios de validación e introducción en otros mercados de estos biopreparados, donde queda ampliamente demostrada la efectividad de estos microorganismos sobre un gran número de cultivos y sistemas de producción agrícola en varios países en diferentes latitudes, por lo que se puede considerar que la actividad de investigación desarrollo alcanzada por Cuba en Microbiología del Suelo y de hecho en Biotecnología Agrícola aplicada comienza a contribuir al aumento de la productividad y conservación de agroecosistemas en el ámbito internacional.

Es de destacar que en este trabajo sólo se ha recopilado la información primaria de muchos de los eventos sucedidos en todos estos años, por lo que la ampliación del mismo en un futuro se hace necesaria, incluyendo la posibilidad de realizar una obra científica; pues entonces, considérese estas breves líneas como algunos apuntes que servirían como base para cumplir este objetivo.

REFERENCIAS.

- Bauer, T. (2001):** Microorganismos Fijadores de Nitrógeno. En: (<http://www.microbiología.com.ar/suelo/rhizobium.html>).
- Dibut Alvarez, B.; R.Martínez Viera; Marisel Ortega; J.M. País y M.C. Acosta (1996):** Biomasa vs. Biomasa. Reproducción Bacteriana-Producción Vegetal. En *Memorias de Conferencia sobre Medio Ambiente, Biomasa y Energía*, La Habana, 36 pp.
- Estación Central Agronómica (1906):** *Primer Informe Anual de la Estación Central Agronómica de Cuba*. 1^{ro} de Abril, 1904 - 30 Junio, 1905. La Mercantil, Ed, La Habana, 430pp.
- Estación Central Agronómica (1909):** *Segundo Informe de la Estación Central Agronómica de Cuba*, Junio 1905- Enero 1909. La Mercantil, Ed., 226 pp.
- Estación Central Agronómica (1919):** *Cuarto Informe de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas*. Informe 1917-1918. Alvarez López y Ca., Ed, La Habana, 506 pp.
- Estación Central Agronómica (1920):** *Quinto Informe de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas*. 1918-1920. Graphicol ARTS, Ed., La Habana, 762 pp.
- Estación Central Agronómica (1931):** *Informe de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas*. Ejercicio de 1929 a 1930. La Propagandística, Ed., 74 pp.
- Estación Experimental Agronómica (1937):** Informe de las labores realizadas por el Departamento de Agricultura, EEA- Secretaría de Agricultura, Expediente 357, La Habana, 120pp.
- Estación Experimental Agronómica (1939):** Informe de las labores realizadas por el Departamento de Agricultura, EEA- Secretaría de Agricultura, Expediente 380, La Habana, 96pp.
- Estación Experimental Agronómica (1949):** Informe de las labores realizadas por el Departamento de Agricultura, EEA- Secretaría de Agricultura, Expediente 508, La Habana, 45pp.
- Estación Experimental Agronómica (1959):** Informe de las labores realizadas por el Departamento de Genética, EEA- Secretaría de Agricultura, Expediente 804, La Habana, 94pp.
- Fernández, F.(1999):** Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto (C. Arábica L. Var. Caturí) en algunos tipos de suelos. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas* (INCA). La Habana 102p.
- Hernández, G; V. Toscano; H. Vázquez; M . Sánchez; J. Guzmán; A. González; V. Marrero y D. Almagre (1994):** Experiencia sobre uso y manejo de inoculantes a base de *Rhizobium* en el cultivo del frijol común *Phaseolus vulgaris* en Cuba.. En *XVIII Reunión de Rhizobiología*, La Habana, 18pp.
- Herrera, R.A y R Ferrer (1995):** 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*, Eds. Maximina Monasterio, Mérida, 201 pp.

- IFOAM (2001):** What is IFOAM. En : (<http://ecoweb.dk/ifoam>).
- López, M.(1994):** Biofertilización en Cuba . En *XVII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología*, La Habana, 27pp.
- Martínez Cruz, A., J. Ferrán, Alina Delgado y V .Martínez:** Microorganismos fosfolubilizadores 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.
- Martínez Viera, R y B.Dibut Alvarez (1996):** Los biofertilizantes como pilares básicos de la Agricultura Sostenible. En *Curso-Taller Gestión Medioambiental de Desarrollo Rural*. La Habana, 62-81 pp.
- Piceno, Y.M. y C.R. Lovell (2000):** Stability in natural bacterial communities.I Nutrients addition effects on rhizosphere diazotroph assemblage composition. *Microbial. Ecology.*, 39 (1): 32-40.
- Rivera, R.(2000):** Disponibilidad de nutrientes y fertilización en los sistemas agrícolas micorrizados: Resultados en la producción de posturas de cafeto y en raíces y tubérculos. En *Resúmenes del XII Seminario Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*. La Habana, 102-103p.
- Ruíz Martínez, L. (2001):** 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.
- Sasson, A. (2000):** La contribución de las biotecnologías a la alimentación. *Biotecnología Aplicada*, 17 (1): 2-6.