

BIOFERTILIZANTES MICROBIANOS PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE: SISTEMA CUBANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA PARA LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, INNOVACIÓN Y PRODUCCIÓN.

**Grisel Tejeda González, Rafael Martínez Viera, Noel Arozarena Daza, Janet Rodríguez
Sánchez, Bernardo Dibut Álvarez, Yoania Ríos Rocafull, Armando García Fernández y
Marisel Ortega García.**

***Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”
(INIFAT).***

INTRODUCCIÓN

La gestión tecnológica es un sistema de conocimientos y prácticas relacionados, cuyo objeto es el desarrollo tecnológico de los sistemas de innovación en los países y en las organizaciones, la cual juega un papel primordial en función del desarrollo y la eficiencia de todos los procesos de investigación, innovación y producción (Badawy, 1997; Medellín y Borja, 2005).

La obtención, comercialización y aplicación de un inoculante microbiano eficaz y de alta calidad es un proceso largo y complejo en el que se ven involucrados diversos especialistas: microbiólogos, fisiólogos vegetales, ingenieros agrónomos, ingenieros químicos, industriales, técnicos extensionistas, economistas, abogados, legisladores, etc., incluidos los propios agricultores como usuarios finales del producto. La necesaria implicación de todos ellos en una o varias etapas del proceso y las complejas interrelaciones que pueden llegar a establecerse son determinantes para el éxito o fracaso de un producto de esta naturaleza (San Juan, 2009).

En Cuba son numerosos los grupos de investigación que realizan importantes estudios sobre la participación de microorganismos en la nutrición de las plantas, relacionados con el tema de los Biofertilizantes Microbianos. Estas investigaciones comienzan con el aislamiento de los microorganismos, su identificación, procesos para la fabricación de los mismos y la determinación de su potencial de empleo en la agricultura.

Las investigaciones en esta temática, se encuentran centradas fundamentalmente en instituciones de investigación y en universidades cubanas, las cuales participan en diferentes etapas de la generación de los productos y en su validación durante el ciclo de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). A partir de la necesidad de gestionar esta actividad en el país, existe una Red Nacional de Biofertilizantes, donde participan algunas de estas instituciones.

El uso de los biofertilizantes en la agricultura cubana permitiría poner a disposición de los agricultores en el país productos capaces de suministrar a los cultivos mayores cantidades de nitrógeno y fósforo, como consecuencia de la actividad fijadora de nitrógeno atmosférico y de solubilización del fósforo del suelo y de la materia orgánica, así como incrementar los rendimientos y acortar el ciclo de los cultivos por la acción de las sustancias activas sintetizadas por los microorganismos.

A partir de la necesidad de perfeccionar la GESTIÓN TECNOLÓGICA relacionada con los procesos de investigación, desarrollo y producción de biofertilizantes para ser usados de forma eficaz en la agricultura cubana, el presente trabajo tuvo como objetivo general: caracterizar el sistema actual de gestión tecnológica para la obtención de biofertilizantes y proponer un plan estratégico para su perfeccionamiento.

Caracterización del ambiente interno y externo del sistema actual de gestión tecnológica para la obtención de biofertilizantes.

La temática relacionada con los BIOFERTILIZANTES se divide en dos grandes campos, en base al tipo de organismo y los métodos para la obtención de los biofertilizantes (Martínez *et. al*, 2007)

1. Los microorganismos (bacterias y hongos) que se reproducen mediante métodos biotecnológicos, en fermentadores, utilizando medios de cultivo artificiales.
2. Los hongos micorrizógenos del género *Glomus*, que se reproducen en asociación con las raíces. A diferencia de otros microorganismos, no pueden ser reproducidos masivamente en fermentadores o medios artificiales, pues no son capaces de crecer separadamente de las raicillas de una planta viva.

A nivel nacional el ciclo de (I+D+i) de estos y otros bioproductos de origen microbiano involucra un grupo importante de instituciones de investigación y docencia, que han participado en la obtención, caracterización y aplicación de estos inoculantes, los cuales han sido validados en la agricultura cubana y en algunos escenarios de la arena internacional, con efectos positivos para la producción de alimentos (Martínez, *et. al*, 2006 y Bosch, 2003).

A continuación se describe la estructura actual del sistema de instituciones y sus ministerios que participan en la actividad de los bioproductos microbianos de uso agrícola en el país.

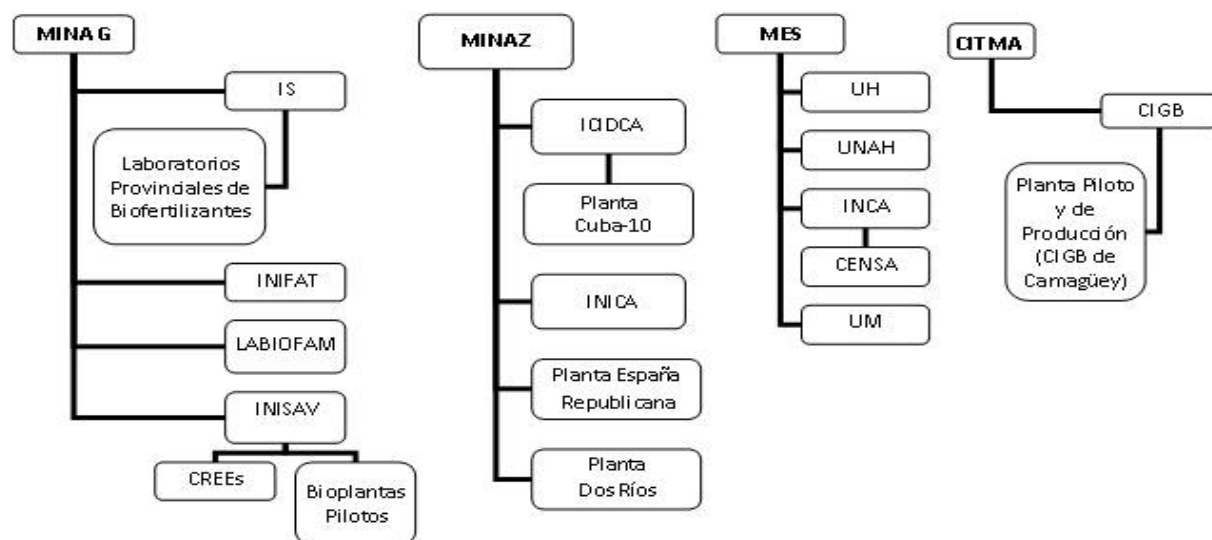


Fig. 1. Organizaciones cubanas que participan en ciclo de I+D+i para la obtención de bioproductos microbianos de uso agrícola.

Como se observa algunos de estos centros como el INISAV, el IS, el ICIDCA y el CIGB cuentan con otras organizaciones de I+D y producción que tributan a mejorar el ciclo cerrado de estos bioproductos. Además otros institutos como el INIFAT, el IS y algunas universidades como la de Matanzas (UM), cuentan con plantas pilotos para la actividad de I+D.

A continuación se resumen las *OPORTUNIDADES* y *AMENAZAS* del ambiente externo, así como las *FORTALEZAS* y *DEBILIDADES* del ambiente interno (matriz DAFO), identificadas en el funcionamiento de este sistema cubano de gestión tecnológica, asociadas al ciclo de I+D+i para la obtención de los biofertilizantes microbianos.

Oportunidades

- Existencia en Cuba de un Programa Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica (PNCIT) que responde al desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria.
- Existencia en la Región Iberoamericana desde el año 2003 de la Red BIOFAG: "Fertilizantes Biológicos para la Agricultura y el Medio Ambiente"
- Prestigio de Cuba asociado al desarrollo de la Biotecnología en la Industria Médico-Farmacéutica.
- Existencia de una Estrategia de Ciencia, Tecnología e Innovación con prioridad para la Innovación Tecnológica a fin de incrementar la introducción y generalización de los resultados de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la producción de bienes y servicios.
- Experiencia internacional en la producción de inoculantes para leguminosas forrajeras desde mediados del siglo pasado
- Crecimiento en superficie mundial de Sistemas de Agricultura Orgánica o Ecológica.
- Utilización de marcadores moleculares y de DNA para la identificación de las cepas, lo que facilita su estudio y protege las cepas microbianas con interés industrial

Amenazas

- Limitada introducción y generalización de los inoculantes microbianos en la producción agrícola cubana, principalmente en renglones priorizados como papa, café y tabaco.
- Inexistencia de condiciones en los Consultorios Tiendas del Agricultor (CTA) que garanticen la calidad de todos los bioproductos durante su comercialización en el país.
- El establecimiento del sistema de registros específicos para estos bioproductos.

Fortalezas

- Talentos humanos capacitados y con experiencia acumulada en Cuba y en el extranjero.
- Conocimiento acumulado en la temática, que se evidencia en los proyectos concluidos con resultados y logros científicos.
- Participación de un grupo de universidades del país en diferentes investigaciones asociadas a la temática.

Debilidades

- Talentos humanos dispersos en las diferentes organizaciones de investigación y producción.
- Insuficiente enfoque sistémico y holístico de las investigaciones entre todas las instituciones.
- Dispersión de los recursos tecnológicos para lograr procesos y productos de calidad competitiva.
- Insuficientes tecnologías de punta que apoyen la competitividad de las investigaciones.
- Insuficiente caracterización de los microorganismos y del potencial metabólico de los mismos.
- Carencia de plantas pilotos para la investigación de los procesos de escalado, concentración y formulación de los bioproductos.
- Insuficiente y obsoleto equipamiento tecnológico para perfeccionar las tecnologías fermentativas desde la escala de banco hasta la escala industrial.
- Poco desarrollo tecnológico para los procesos de concentración y preservación que garanticen productos terminados con mayor calidad en cuanto a formulación, concentración y estabilidad.
- Insuficiencias en la caracterización toxicológica y ecotoxicológica de los bioproductos terminados, que afectan el proceso de registro de los mismos.
- Insuficiencias en los procesos de transferencia tecnológica y registro de patentes.

- Insuficientes análisis de factibilidad técnico-económica asociados a cada producto desarrollado y a cada etapa del ciclo cerrado.

Por todo lo anteriormente expuesto, se puede enfatizar en que la salida de los resultados científicos de las actividades I+D+i en este campo ha sido limitada, pues no se ha logrado, en la mayoría de las tecnologías, el papel activo que deben jugar los procesos de ingenierización en las etapas de escalado, concentración y formulación para la obtención de productos terminados con óptima calidad, que a su vez generen divisas que permitan recuperar las inversiones y dejar saldos positivos la economía cubana. Esta demanda coincide con uno de los objetivos específicos planteados en la Estrategia de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el período 2008-2010: fortalecer la actividad de interfase a fin de incrementar la introducción y generalización de los resultados de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la producción de bienes y servicios (CITMA, 2007).

Plan Estratégico del Sistema Cubano de Gestión Tecnológica para la obtención de Biofertilizantes Microbianos.

La **misión** de este sistema sería: *Contribuir al desarrollo de una agricultura sustentable, a través de la innovación de productos biotecnológicos dirigidos a incrementar la producción de alimentos y el cuidado del medio ambiente en Cuba.*

Además, tendría como **visión**: *“ser un sistema competente para la gestión tecnológica en el campo de los biofertilizantes microbianos”.*

Objetivos estratégicos:

1. Perfeccionar los procesos de I+D relacionados con la obtención de biofertilizantes microbianos.
2. Optimizar la salida de los bioproductos al mercado, mediante la ejecución de proyectos de innovación tecnológica.
3. Incrementar la producción sostenible de biofertilizantes microbianos, mediante una gestión tecnológica eficiente.
4. Contribuir a incrementar la eficiencia en el proceso de comercialización de estos bioproductos.
5. Incrementar la divulgación y capacitación entre los productores de biofertilizantes y los clientes del sistema.

Acciones estratégicas:

1. Desarrollar una imagen corporativa de la Red Cubana de Biofertilizantes.
2. Perfeccionar la capacitación para responder a las demandas de todos los actores.
3. Trabajar en equipos multidisciplinarios, para lograr avances acelerados y sostenibles.
4. Fortalecer las alianzas estratégicas con organizaciones no gubernamentales.
5. Trabajar con asesores especializados en patentes y transferencia de tecnologías.
6. Lograr mayor vinculación con las universidades y otras instituciones de investigación que puedan aportar hacia la competitividad en este campo.
7. Trabajar en la búsqueda de incentivos para el uso de estos bioproductos, con el correspondiente cuidado del medio ambiente.

Para el perfeccionamiento de este sistema de gestión tecnológica la formación de una nueva red de gestión tecnológica, que incluya la participación de las instituciones que actualmente conforman la Red Cubana de Biofertilizantes, con la inclusión de otras instituciones pudieran

complementar las tareas del ciclo de I+D+i que garanticen la calidad de los biofertilizantes microbianos con salida para la exportación.

Esta red de gestión tecnológica contribuiría a la optimización de los activos organizacionales y a la focalización de todas las competencias claves en determinadas áreas críticas sobre las cuales se concentraría el resto de las actividades que requieren ser obtenidas del entorno de esta red. Además, trabajaría por crear nuevas competencias entre las organizaciones, por ejemplo:

- Realizar inventarios tecnológicos en todas las organizaciones de la red.
- Diseñar un Sistema de Vigilancia Tecnológica.
- Trabajar en equipo con enfoque sistémico y holístico.
- Lograr una adecuada comunicación entre los actores.
- Seleccionar colaboradores del tipo y dimensión correcta.
- Implementar adecuadamente el Sistema Cubano de Propiedad Intelectual.

La figura 2 muestra el Mapa Estratégico de esta red, el cual permite visualizar la estrategia diseñada, donde se observa la integración de cada acción y los resultados en las diferentes perspectivas para lograr el cumplimiento de los objetivos estratégicos.

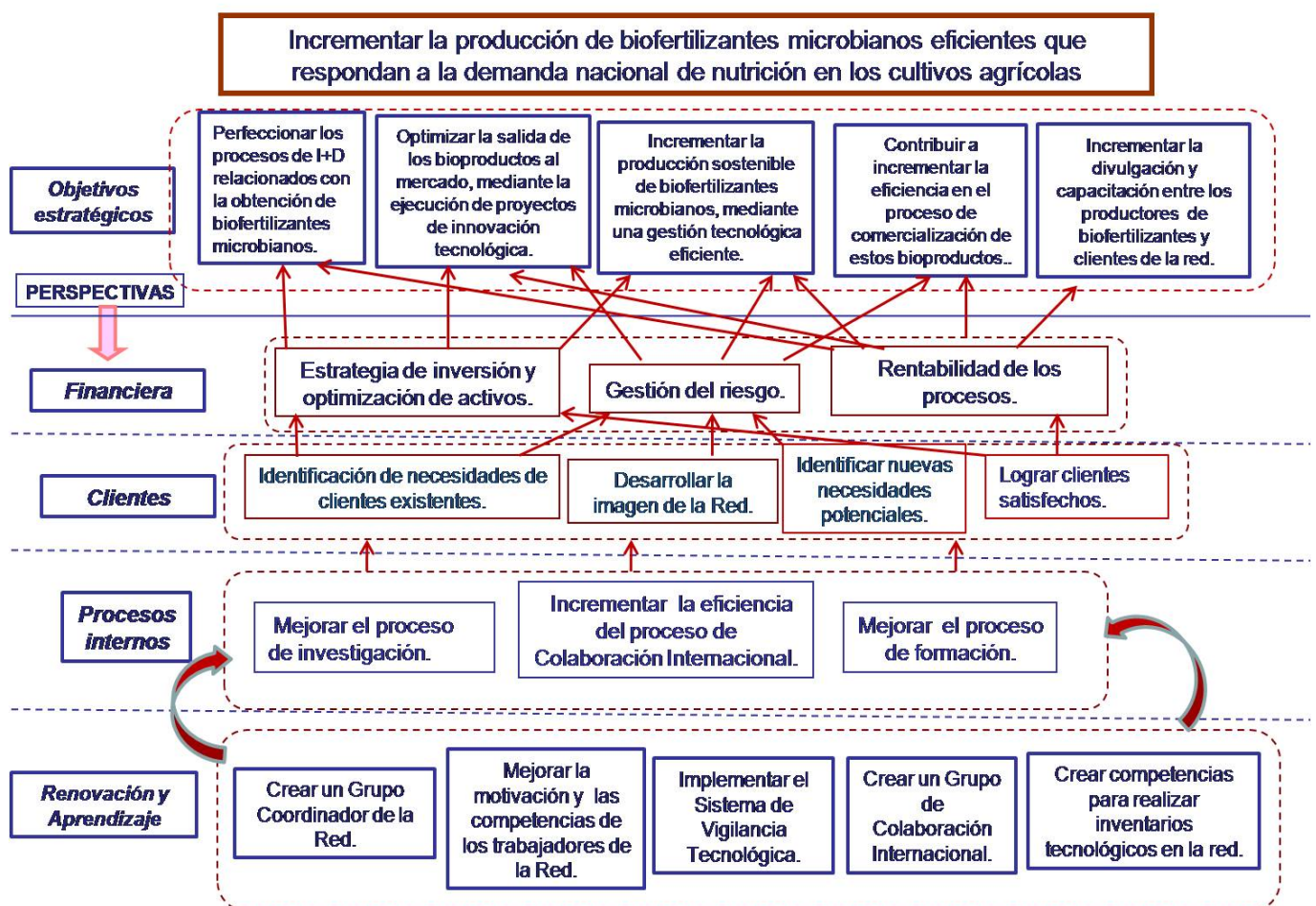


Fig. 2. Mapa Estratégico de la Red Cubana de Gestión Tecnológica para el desarrollo de Biofertilizantes y Bioestimuladores Microbianos.

Es importante señalar que el funcionamiento integrado de esta red presupone una estructura basada en la participación de no menos de 6 organizaciones, entre ellas: instituciones científicas, empresas y centros universitarios, que mantendrían su objeto social y su sistema de financiamiento, según corresponda a cada una (presupuestado, autofinanciado o presupuestado con tratamiento diferenciado), esta premisa conlleva a fijar la perspectiva de financiera como clave en este mapa estratégico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Badawy, M. K. (1997): Temas de Gestión de la Innovación para Científicos e Ingenieros, Madrid, Cotec, Clásicos Cotec No. 2.
2. Bosch, H. (2003). Bioplaguicidas: un pilar de la agroecología. El habanero: 20.de Dic. del 2003. En: <http://www.elhabanero.cubaweb.cu>.
3. Martínez, V. R; López, M; Dibut, A. B; Parra, Z. C y Rodríguez, S. J.: "La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales". Ed. MAT Caracas-Venezuela, 172 p. 2007
4. Martínez, R.; López M.; Brossard, M.; Tejeda G.; Pereira, H.; Parra C.; Rodríguez, J. y Alba, A. Procedimientos para el estudio y fabricación de Biofertilizantes Bacterianos". Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela, 81 p (Serie B No-11) ISBN: 980-318-212-9. 2006.
5. Medellín, E. y V. Borja (2005): Modelo de gestión de tecnología del Premio Nacional de Tecnología. Reporte técnico, México.
6. CITMA. Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el período 2008-2010. Grupo Ministerial. La Habana, Cuba. 2007
7. Morera, J.O. (2010). Mejoramiento continuo. La comunidad Latina de estudiantes de negocios en: <http://www.gestiopolis.com/>.
8. San Juan, J. (2009). BIOFAG: Fertilizantes Biológicos para la Agricultura y el Medio Ambiente. Biofertilizantes para la Agricultura de Iberoamérica en el Siglo XXI. Red BioFAG-CyTED. Resúmenes del Taller BIOFAG, La Habana Cuba.