

MODELO “FITOSFERA”. UN ENFOQUE DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA A PARTIR DEL MANEJO MICROBIANO

Bernardo Dibut Álvarez, R. Martínez, Yoania Ríos, Marisel Ortega, Grisel Tejeda Rodríguez, Luis Fey, Ulises Soca y Cañizares

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

RESUMEN

Se ofrece un modelo que define el componente microbiológico para cualquier sistema de cultivo en función del rendimiento y la productividad, preservando y/o mejorando la calidad del ambiente; todo esto en una constante interacción con el ambiente externo operacional que rige el desempeño del campo cultivado y el sistema agrario en general; o sea, de acuerdo con este principio se concibe la Fitosfera no solo como un sistema ecológico, sino como un sistema productivo-interactivo que se materializa en la cadena productiva. Este modelo explota los conocimientos que se han adquirido en lo referente a otros sistemas y modelos como espermosfera, rizosfera, endosfera y filosfera y las relaciones de estos con las diferentes disciplinas de las Ciencias Agrícolas (con énfasis en genética y recursos filogenéticos, agrotecnia, fisiología vegetal, fitopatología, fisiopatología, biotecnología e ingeniería genética, mecanización y economía agrícola, entre otras). El modelo comprende dos grandes componentes que permiten definir estas interacciones; a saber, Componente I que define la actividad y manejo de los microorganismos beneficiosos autóctonos e introducidos por vía biotecnológica con características de biofertilizantes, bioestimuladores, bioremediadores y enmendadores del suelo, y el Componente II que define los microorganismos beneficiosos en forma autóctona o introducidos por vía biotecnológica que permiten el manejo de plagas en el agro ecosistema. Al implementar el modelo mediante la experimentación agro biológica en dos cultivos (lechuga y rábano), se observó en dos momentos del desarrollo aumentos significativos (entre 19-45%) en los diferentes indicadores del crecimiento evaluados en relación al sistema que involucra solo la microflora autóctona del suelo. Como salida biotecnológica del modelo se establecen diferentes kits de biopreparados que se aplican por grupo de cultivos económicos. Este resultado constituye un primer reporte para la ciencia.

INTRODUCCION

Desde el inicio de la introducción de microorganismos fertilizadores por vía biotecnológica en los más variados sistemas de cultivo en el mundo se ha prestado la mayor atención a las asociaciones entre estos y las raíces de las plantas (rizosfera); así, hoy día el mayor volumen de información científica (aproximadamente el 97%) sobre el tema de la biofertilización, bioestimulación, bioremediación recaba sobre el sistema rizosférico, a diferencia de la interacción, igualmente beneficiosa, entre los microorganismos y la parte aérea de las plantas (filosfera), donde ocurren importantes eventos metabólicos por parte de ambos organismos en base al crecimiento, desarrollo y contribución a la regulación de plagas.

En el caso de los biopesticidas (entomófagos y entomopatógenos) la experiencia en la investigación acumulada sí ha tratado con mayor profundidad los eventos que a nivel de la filosfera regulan el comportamiento del sistema planta-organismos benéficos introducidos, aunque además estos últimos también se han estudiado a nivel de rizosfera.

En este sentido, múltiples han sido los reportes de investigación donde ha quedado demostrado en la rizosfera la factibilidad de fijar el dinitrógeno, solubilizar el fósforo no soluble presente en el suelo, la movilización de macro y micronutrientes a través de la mineralización, la antibiosis, biocontrol, predación, formación de agregados en el suelo y otras muchas funciones fisiológico-bioquímicas que realizan estos organismos en las más variadas especies de plantas con una amplia diversidad genética. En la Filosfera, se presentan los primeros estudios terminados en la década de los años 80, y desde entonces

hasta la actualidad en el caso de los microorganismos fertilizadores los resultados que se informan se limitan a la descripción de los microorganismos filosféricos y su forma de asociación con la planta y el aporte que provocan de acuerdo a la función que realizan en asociación con el cultivo, pero no se han tratado como base potencial del mejoramiento de la productividad en plantas, vía inoculación artificial.

En Cuba, a partir de finales de la década del 80 y hasta la actualidad se han culminado valiosos estudios sobre el efecto benéfico de microorganismos biofertilizadores a nivel de rizosfera sobre más de 25 especies cultivables en diferentes sistemas de producción agrícola, donde se ha logrado demostrar a través de investigaciones de carácter fundamental el principio o las bases de los resultados de estimulación y/o ganancias de elementos nutritivos en plantas. Estos resultados han sido presentados en numerosos eventos científicos, talleres de investigación-producción, reuniones científicas y publicaciones a lo largo de todos estos años, aunque es de aclarar que queda mucho por hacer en este frente; sin embargo, no se ha prestado la atención requerida a la asociación de microorganismos con las partes aéreas del vegetal, aún cuando en el trópico esta actividad es más intensa que en bajo otras condiciones edafoclimáticas.

En el caso de los biopesticidas, si se han realizado más estudios, pero a pesar de ser este el principal escenario de acción en el establecimiento y función de estos bioproductos quedan muchos aspectos por investigar, sobre todo en los mecanismos fisiológicos de las plantas que median la relación causa-efecto de los organismos patógenos.

En este trabajo se plantea como objetivo la posibilidad de mejorar el crecimiento, desarrollo, prevención y control de plagas y rendimiento en cultivos de interés económico, manteniendo la calidad del ambiente, a expensas de un modelo de estudio interactivo que implica el componente microbiológico conocido y manipulado, vía biotecnológica, en el sistema planta a través del manejo de la Fitosfera y en función de la productividad agrícola; aunque es de interés definir que otros nuevos organismos y sus funciones, hoy no conocidos o explotados, puedan integrarse al modelo propuesto. En esta dirección, en el trabajo se desarrolla con más amplitud el estudio del componente microbiológico "biofertilización y mejoramiento de suelo", ya que la actividad del resto de los organismos asociados al modelo (componente bioprotección), y la interrelación en la práctica entre estos dos subsistemas debe ser abordada en trabajos futuros

MATERIALES y METODOS

Los ensayos encaminados a demostrar, vía biofertilización, la incidencia del componente microbiano MBSrf en el manejo Fitosfera se realizaron bajo condiciones semicontroladas (aisladores) conteniendo mezcla de suelo Ferráltico Rojo (Instituto de Suelos,2000) y materia orgánica (compost) a razón de 70-30% % (V:V) de cada uno. En la Tabla 1, se presentan las características químicas del suelo empleado en los experimentos. Las variedades empleadas en el estudio para ambos sistemas de cultivo fueron Chile (lechuga, científico) y (rábano, científico). Las atenciones culturales de cada especie se realizaron de acuerdo a los requerimientos establecidos en el Instructivo Técnico de Organopónicos (1998), ya que el sistema se identifica con la organoponía teniendo en cuenta su constitución y manejo. El riego se efectuó de forma manual para el caso de aisladores, no así en el organopónico donde se realizó por el método de microaspersión a partir de un programa.

Los biopreparados bacterianos a base de los diferentes microorganismos se obtuvieron de acuerdo a diferentes procedimientos, los que se describen a continuación: *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*, medio MPSS, *Herbaspirillum spp.*LGI ph=7, *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*, *Bacillus subtilis*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Trichoderma viride*. En todos los casos los cultivos microbianos se realizaron a partir de cepas seleccionadas de cada uno de estos microorganismos crecidas en medios de cultivo

específicos y bajo condiciones de zaranda (agitador orbital) regulado a 32 °C de temperatura y agitación variable (entre 280 y 320 r.p.m.) de acuerdo a las exigencias de cada especie bacteriana. La concentración de las bacterias y hongos en los inóculos se encuentran en un rango entre 10^8 y 10^{10} UFC/mL, y son aplicados a razón de $10^5 - 10^6$ UFC/mL, a partir de diluciones del bioproducto en agua destilada estéril hasta lograr este rango de concentración promedio.

El bioproducto a base de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) se obtuvo por la metodología desarrollada por Fernández *et al.*, 1999, empleando como base canteros multiplicadores cultivados con sorgo como especie hospedera en la simbiosis y logrando una concentración total de 20 esporas por gramo de inoculante. Este producto se aplicó en mezcla con las semillas (peletización) a razón del 3-4 % del volumen total de semillas de cada especie vegetal empleadas en el ensayo. Las bacterinas se aplicaron por aspersión con ayuda de un aspersor (Merck). Todos los microorganismos se incorporaron en el momento de la siembra, con el objetivo de lograr la mayor colonización a partir de la migración hacia la rizosfera y hacia la filosfera, ésta última a través del sistema espermosfera.

Los datos así obtenidos fueron procesados estadísticamente a través de análisis de varianza para valores paramétricos y test de Newman Keuls al 5% de significación, todo a través del programa STATICT.4.0

RESULTADOS y DISCUSION

Cada día se impone con más fuerza el carácter holístico de la investigación – producción investigación agropecuaria, donde se han logrando obtener en los últimos años importantes resultados en las más variadas especies de plantas y animales de interés comercial. Todo este empeño se ha materializado mediante la integración de diferentes tecnologías, insumos y soluciones en general en búsqueda de una mayor productividad (rendimiento) y calidad de los productos agrícolas, incluyendo la calidad nutricional. En el caso de la producción vegetal se han planteado diferentes modelos de sistemas productivos que han transitado a través de la historia con resultados aceptables para la época en que se han diseñado y la satisfacción de las demandas que se le han asignado.

Así, la Revolución Verde logró incrementar los rendimientos agrícolas y cubrir necesidades de volumen alimentario a nivel planetario, pero sin embargo, las bases insostenibles de su concepción y la elevada residualidad química en alimentos, suelos, aguas y medioambiente en general cuestionaron el sistema como medio de garantizar la vida en la tierra donde habitamos. Hoy, lejos de estar conciliados los conceptos e intereses para adoptar globalmente un sistema sostenible de producción en toda su extensión, si se han logrado destacados avances en la transición, con un carácter más conciente de la necesidad de subsistir y desarrollarse a partir de fuentes naturales cada vez más degradadas, incluyendo el clima y un componente social que exige el cambio.

Como parte de esta transición se ha impuesto el desarrollo de las Ciencias Agrícolas en base a los principios de la sostenibilidad, y ya se observan logros con elevados impactos socioeconómico, tecnológico y medioambiental. En el caso de la productividad de los cultivos, los mayores avances se han podido cuantificar en los temas de nutrición y fitopatología, al agrupar resultados bajo esquemas de manejo integrado en ambas disciplinas.

El modelo “Fitosfera”, define el componente biológico, con predominio de la vida microbiana, para cualquier sistema agrícola de cultivo en función del rendimiento y la productividad en general del cultivo, preservando y/o mejorando la calidad del ambiente; todo esto en constante interacción con el ambiente externo operacional que rige el desempeño del

y donde,

MFsrf -- Microorganismos fertilizadores y/o estimuladores del suelo, la rizosfera y la filosfera, en donde se agrupan los diferentes grupos microbianos como bacterias, hongos filamentosos, levaduras, actinomicetos y algas.

HMAsr --- Hongos Micorrizógenos Arbusculares que normalmente habitan en simbiosis con las plantas o restos de raicillas colonizadas.

Los **tres grupos**, adicionalmente sintetizan sustancias antagónicas contra patógenos del suelo, la rizosfera y la filosfera, y aunque no manifiesten un control relevante, si logran un efecto no despreciable, y en ocasiones significativo. Estos grupos están identificados por diferentes especies siempre manteniendo dentro de la diversidad el esquema de utilización de cepas agresivas y semipasivas en la elaboración de inoculantes.

Mms ---- Microorganismos mejoradores de suelos que agrupan a los organismos que mediante su actividad fisiológico-bioquímica ó producto de su contenido celular contribuyen al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

MIN (Manejo Integrado de la Nutrición) --- Empleo de diferentes portadores (fertilizantes minerales, orgánicos, organominerales), abonos verdes y residuos de cosecha como elementos capaces de satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo en macro, micronutrientes y otros factores de crecimiento.

En este subcomponente la se relacionan todos los microorganismos que son manipulados por vía biotecnológica, o sea los conocidos biofertilizantes, bioestimuladores y mejoradores de suelo, bioproductos elaborados a base de cepas microbianas de colección debidamente estudiadas. En el caso de los dos primeros grupos se concentra el potencial microbiano que hoy más se conoce y practica, destacándose el aporte que le brindan a los cultivos en nitrógeno, fósforo, azufre y macro y microelementos; además de la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, mediante la producción de sustancias fisiológicamente activas (reguladores del crecimiento, aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y péptidos de bajo peso molecular, entre otras) y la degradación de residuos de sustancias químicas en el suelo y la filosfera. El último grupo se destaca por los microorganismos mineralizadores de la materia orgánica, por tanto liberan las moléculas más o menos complejas (nutrientes) que son absorbidos por las plantas, unido a la producción de sustancias formadoras y/o conservadoras de suelo (polímeros de alto peso molecular, gomas, etc.)

En el caso del grupo HMAsr, se ha trabajado con diferentes especies de estos hongos, pero siempre manteniendo dentro de la diversidad el esquema de utilización de cepas agresivas y semipasivas en la elaboración de inoculantes.

Los tres grupos, de forma adicional presentan la propiedad de sintetizar sustancias antagónicas contra otros microorganismos patógenos del suelo y la rizosfera y la filosfera de las plantas y aunque no manifiesten un control relevante contra fitopatógenos, si logran un efecto no despreciable, y en ocasiones significativo, en esta dirección.

El subcomponente I b, representa las poblaciones microbianas autóctonas (colonización natural) en el suelo libre y asociado a las raíces y en el sistema planta; y el mismo varía fundamentalmente con el tipo de suelo, el clima y el manejo del cultivo.

Por ejemplo en un suelo fértil con buen drenaje y humedad, un adecuado manejo (agrotecnia) de la especie que se cultiva y bajo las condiciones de clima tropical, este componente debe ser mayor desde el punto de vista cualitativo (diversidad microbiana) y

cuantitativo (población o concentración), en comparación con un suelo de mediana fertilidad, anegado o seco y bajo condiciones de clima templado. Al margen de este ejemplo, se debe aclarar que es conocido que estos factores, entre otros, inciden de forma independiente sobre este componente, lo cual ha sido tratado por numerosos autores en los más variados trabajos realizados dentro de las especialidades de Microbiología del Suelo y Ecología Microbiana.

El término HMA_s dentro de este componente presenta un potencial de microorganismos rizosféricos, fundamentalmente bacterias y levaduras, asociados a las esporas (esporangio) y que presentan gran diversidad (autóctona) intraespecífica en relación con el ambiente edafoclimático en donde se desarrollan estos hongos. Se ha planteado estudiar la comparación entre asociaciones de HMA con cepas de microorganismos rizosféricos correctamente caracterizadas pertenecientes a colecciones de referencia y cepas autóctonas de estos mismos microorganismos provenientes del agroecosistema donde habitan en asociación con los HMA.

Esta línea de estudio resulta bien interesante, aunque desde el punto de vista de aplicación práctica un modelo de inoculante de este tipo presentaría como mayor desventaja la homogeneidad en el procedimiento de obtención y control de calidad del biopreparado, fundamentalmente por la amplia diversidad no controlable del resto de los microorganismos asociados a los HMA; en este sentido, cabe destacar que de un metro cuadrado a otro dentro de una hectárea de terreno cultivable, existen significativos cambios en la constitución cualitativa y cuantitativa de los microorganismos del suelo y la rizosfera.

Por otra parte, el subcomponente I b o microflora autóctona del sistema suelo-planta, es lo que ha clasificado hasta ahora en las investigaciones sobre microbiología del suelo y biofertilizantes como el *control* o *testigo*, el cual representa un término comparativo en relación con el objetivo de estudio que se persigue; ahora, desde el punto de vista microbiano es un término más amplio ya que define de una u otra forma el comportamiento del componente I (MB srf) y del sistema (Pmf) en general.

Este fenómeno se debe fundamentalmente a los factores competitividad y eficiencia metabólica intraespecífica e interespecífica de la microbiota asociada, regulada a su vez por la biosfera. Así, en un mismo estudio (tratamiento o grupo de tratamientos) que se realice en una determinada variedad de cultivo y tipo de suelo, en dos latitudes diferentes (trópico y templado) se van a encontrar respuestas diferentes como consecuencia del efecto aditivo de este subcomponente sobre el sistema en estudio (MB srf).

En este sentido, como ejemplo más práctico, podemos referirnos a la obtención de un similar efecto agrobiológico al aplicar un estimulante microbiano sobre un determinado cultivo, pero en este caso hay que identificar dos esquemas de aplicación; así en clima templado se requeriría menor dosis y número de aplicaciones en comparación con la misma variante realizado en clima tropical o subtropical, donde la dosis o el número de aplicaciones ha de ser mayor en el ciclo del cultivo, y esto se debe precisamente a que rigen diferentes relaciones ecológicas como antagonismo, comensalismo y predación, entre otras, que en mayor o menor cuantía compiten con el accionar del subcomponente

I a que se introduce en el agroecosistema producto de la actividad del hombre (aplicación de biofertilizantes, bioestimuladores y biomejoradores de suelo existentes en el mercado).

El subcomponente MIN (Manejo Integrado de la Nutrición) se define como el empleo de diferentes portadores (fertilizantes minerales, orgánicos, organominerales) como elementos capaces de satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo en macro, micronutrientes y otros factores de crecimiento.

Los microorganismos de este subcomponente (II a), a diferencia de los fertilizadores (componente I) se han estudiado más a fondo en cuanto a su habitat, establecimiento en plantas, así como las múltiples funciones que ejercen sobre las plagas en el cultivo; sin embargo, en adición a los avances logrados, se pueden obtener aún mejores resultados de control de plagas, ajustes o nuevas tecnologías e indicadores socioeconómicos y medioambientales en su concepción y aplicación si se profundizara en los estudios e incidencia de los diferentes factores bióticos y abióticos que regulan la fitosfera, así como en una integración más completa entre esta disciplina (fitopatología) y otras ramas de las ciencias agrícolas.

En el caso de la alternativa más reciente de manejo de plagas, a saber: El Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) que se caracteriza por un enfoque de sistema que concibe la integración de componentes sociales, económicos, medioambientales y tecnológicos a nivel del sistema agrario y del sistema de producción, basado en la agroecología y llamado como alternativa a la transición de sistemas agrarios intensivos a sostenibles (Vázquez, 2006), se ubica como subsistema por excelencia dentro del modelo fitosfera, sin embargo, la problemática que impera en el manejo de plagas en la práctica agrícola actual todavía inclina la balanza hacia el MIP.

El MAP se va imponiendo fundamentalmente por su carácter holístico, que en base a principios agroecológicos ofrece las vías para mejorar las causas por las cuales los organismos “no deseados” arriban a los campos, se establecen y desarrollan altas poblaciones convirtiéndose en plagas (Vázquez, 2006); a diferencia del MIP que a pesar de los grandes aportes y buena aceptación en décadas, en la práctica actualmente presenta limitaciones por concepto de diferentes causas que han sido identificadas.

En Europa, E.U. y el resto del mundo desarrollado se ha interpretado y aplicado mejor esta alternativa, aunque cada vez se presentan mayores limitaciones como consecuencia de la calidad nutrimental (toxicidad y desbalance) en los productos agrícolas que se consumen, por lo que el mercado se esta pronunciando por aumentar la distribución de volumen alimentario (fundamentalmente hortalizas y frutas) obtenido por procedimientos orgánicos y ecológicos; es decir, el MAP se impone a mediano-largo plazo.

Teniendo en cuenta todo esto, para el modelo Fitosfera la interrelación MIP – MAP como alternativas de manejo de plagas es fundamental, no solo por el concepto de transición como sistema del campo cultivado, sino por la incidencia del componente biológico (microbiano e invertebrados) en la implementación actual y perspectiva de ambos esquemas.

La unidad Pmf -MAP está llamada a la integración en términos y funciones, sobre todo si tenemos en cuenta el aporte (potencial) de los microorganismos biofertilizadores y mejoradores de suelo en la protección de los cultivos frente a plagas, fundamentalmente a través de su actividad antagónica, competencia, antibiosis y otras sobre los agentes causales de enfermedades; sobre este tema, los mayores avances se han logrado en afectaciones provocadas en plantas por el complejo de hongos del suelo.

A modo de ejemplo las bacterias *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymyxa*, *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense* y hongos como *Penicillium bilaii* y *Aspergillus spp.*, además de las funciones que realizan en la rizosfera en base a la nutrición nitrogenada y fosfórica y la bioestimulación, también contribuyen en un bajo porcentaje a la prevención y control de enfermedades. En el MAP este aporte debe ser considerado en el ámbito tecnológico, medioambiental y económico, ya que no se trata de sustituir en alguna medida la introducción y/o aplicación de biopesticidas en el agroecosistema, sino de combinar

tecnologías con un carácter de causa, más que reduccionista, y donde el Pmf constituye un enfoque más dinámico.

Por otra parte la influencia positiva o negativa del subcomponente II b (organismos autóctonos) sobre el factor MIB rf es determinante en el comportamiento poblacional y de hecho en el efecto de control y/o regulación de estos insectos benéficos sobre los insectos plagas. En este aspecto se ha trabajado menos; no obstante, existen algunos reportes sobre el efecto, fundamentalmente rizobacterias, en la biología y actividad agrobiológica de estos organismos. Por tanto, en esta dirección el P mf , igualmente constituye un escenario para estudios de variabilidad y efectividad de los MIB rf.

En general, se puede apreciar como el modelo Pmf contribuye sobremanera a la concepción y manejo de los diferentes elementos del sistema agroecológico, y aún del convencional en transición o no dentro del sistema agrario – productivo.; pero sin dudas, el éxito de este nuevo modelo no estará circunscrito a la implementación del recurso tecnológico (medios biológicos – biofertilizantes-bioestimuladores) y calidad del ambiente desde un enfoque biotecnológico, aún teniendo en cuenta la diversidad del factor n; sino a la interrelación del P mf (biotecnología) con otras disciplinas de las ciencias agrícolas, sociales y médico-farmacéuticas en base no sólo a explicar o justificar fenómenos y procesos biológicos en este marco, sino a la implementación y/o adopción del P mf como modelo productivo en constante perfeccionamiento y regulado por los indicadores de sostenibilidad.

Así, se destacan las siguientes disciplinas: Genética y mejoramiento de plantas (recursos fitogenéticos), Suelos, Nutrición, Fitopatología, Fisiopatología, Agrotecnia, Ecología Microbiana, Agrometeorología, Economía Agrícola (mercadeo - legislación) y Agrosociología.

Diferentes estudios de interrelación se pueden citar, y más de interés aún, los temas que están por completar de acuerdo a resultados iniciales y/o avanzados ya obtenidos en Microbiología Agrícola y Biotecnología Agrícola Aplicada, y es este precisamente el reto y el llamado a la comunidad científica, con el objetivo más amplio, el de asegurar la alimentación del mañana en detrimento del daño ambiental y el agotamiento de los recursos naturales.

Al implementar el modelo, se expresa la estimulación del sistema planta frente a la incidencia de los subcomponentes I a y I b. Como se observa se incrementan los diferentes parámetros en dos momentos del crecimiento y desarrollo en plantas de lechuga con índices entre 30 – 72% al incorporar el subcomponente la con relación a la microflora autóctona del suelo que se estudia (subcomponente I b).

Tabla 1. Comportamiento del sistema planta en dos fenofases frente a la incidencia de los subcomponentes I a y I b en el cultivo de la lechuga. Campaña 2006-2007.

a) 16 días después de siembra

Variante	Altura planta (cm)	Largo de raíz (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número hojas	Area Foliar (cm ²)	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)
Comp I b	4.93 b	2.50 b	0.11 b	2.81 b	13.04 b	0.795 b	0.051 b
Comp I a	7.06 a	3.27 a	0.12 a	3.49 a	22.53 a	0.524 a	0.067 a
Esx	0.23	0.16	0.10	0.35	0.51	0.20	0.09

b) 27 días después de siembra

Variante	Altura planta	Largo de raíz (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número hojas	Area Foliar	Biomasa fresca	Biomasa seca (g)
----------	---------------	--------------------	---------------------	--------------	-------------	----------------	------------------

	(cm)				(cm ²)	(g)	
Comp l b	8.56 b	5.36 b	0.29 b	4.14 b	29.17 b	1.96 b	0.070 b
Comp l a	11.32 a	6.18 a	0.41 a	6.20 a	48.90 a	3.85 a	0.206 a
Esx	0.35	0.50	0.26	0.52	1.80	0.43	

Es de destacar la estimulación que se logra al aplicar el modelo sobre de los indicadores altura , número de hojas, área foliar y biomasa en las plantas, todo lo cual representa una mayor estimulación del sistema planta y su componente comercial; en este caso, como hortaliza de hoja la biomasa que se comercializa y consume.

Por otra parte, el hecho de aplicar un número elevado de microorganismos en el suelo, vía rizosfera y filosfera por colonización no ha provocado en ningún momento inhibición en el sistema planta, sino todo lo contrario se ha establecido un equilibrio armónico entre las poblaciones microbianas introducidas en función de establecer una biofábrica de productora de sustancias nitrogenadas, fosfóricas, sustancias activas, metabolitos relacionados con el biocontrol de plagas, entre otros de interés, todos en función de garantizar parte de los insumos que la planta necesita como parte de la nutrición y el manejo del cultivo.

Tabla 2. Respuesta del cultivo del rábano a la actividad microbiana de los subcomponentes l a y l b, dentro del componente MBsrf. Campaña 2006 – 2007.

a) 16 días después de siembra

Variante	Altura planta (cm)	Largo de raíz (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número hojas	Area Foliar (cm ²)	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)
Comp l b	9.35 b	5.41 b	0.29 b	4.16	17.52 b	1.873 b	0.193 b
Comp l a	13.69 a	8.19 a	0.41 a	4.52	26.77 a	3.145 a	0.331 a
Esx	0.50	0.29	0.32	n . s.	0.85	0.40	0.08

b) 27 días después de siembra

Variante	Altura planta (cm)	Largo de raíz (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número hojas	Area Foliar (cm ²)	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)
Comp l b	12.98 b	6.60 b	1.54 b	5.30 b	32.04 b	12.57 b	0.406 b
Comp l a	17.64 a	10.32 a	2.20 a	6.58 a	59.97 a	19.24 a	2.450 a
Esx	0.33	0.25	0.21	0.73	1.13	0.39	

Similar comportamiento se observa en el cultivo del rábano a los 16 y 27 días después de siembra y de introducido el subcomponente la. En este caso, se estimuló el desarrollo de las plantas entre un 24 - 45% como media para los diferentes indicadores evaluados, destacándose el aumento logrado en el largo de la raíz y biomasa, sobre todo si se tiene en cuenta que el órgano que se consume es la raíz carnosa.

Microorganismos heterótrofos totales, *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Herbaspirillum seropediceae* y *Azospirillum brasilense* forman el Componente l del Modelo Fotosfera. Cada uno de estos a su vez se asociaron en menor o mayor concentración a la rizosfera (Subcomponente la y lb) y suelo libre de raíces. En la filosfera en esta ocasión no se pudo cuantificar la presencia de estos por no contar con las condiciones requeridas para estos análisis.

Desde el punto de vista microbiano las poblaciones introducidas en el subcomponente la se comportan en equilibrio con la fisiología de raíces, órganos y tejidos de la planta, llegando a

promediar poblaciones del orden de $10^4 - 10^5$ UFC/g de suelo rizosférico en el caso del subcomponente lb, mientras que las poblaciones detectadas en el suelo libre de la actividad de las raíces los valores de concentración oscilaron entre $10^3 - 10^4$ UFC/g de suelo, todo lo cual coincide con los reportes existentes en la literatura para la dinámica de poblaciones autóctonas de este tipo de bacterias para suelo Ferralítico Rojo. En el caso del subcomponente la al inocular las bacterias se alcanzan títulos entre $10^7 - 10^8$ UFC / g de suelo rizosférico, coincidiendo igualmente en este caso con los reportes existentes en la literatura especializada, aunque con valores ligeramente superior.

En el ámbito comercial, la salida de este modelo se proyecta hacia grandes perspectivas, ya que define el diseño de un producto comercial en forma de kit que contempla la presencia de diferentes bacterias y hongos del suelo, incluyendo los HMA, todos a muy baja dosis de aplicación (dosis de impacto) en el momento de la siembra del cultivo con el objetivo de colonizar la fotosfera. En estos momentos se concibe un modelo de bioplanta que permite obtener las bacterinas en forma liofilizada (a granel) y los HMA en forma sólida (sustrato colonizado) o en forma de cultivo líquido (Licomic®).

Bibliografía.

- Bashan, Y. and de-Bashan, L.E., Protection of tomato seedlings against infection by *Psuedomonas syringae* pv tomato by using the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasiliense*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 68, 2637-2643 (2002).
- Bhattacharyya, P. and Dwivedi, V., *Proceedings of National Conference on Quality Control*, National Biofertilizer Development Centre, Ghaziabad, Uttar Pradesh, India (2004).
- Dibut Alvarez, B; R. Martínez Viera; R. González .Tecnología para la producción industrial de biopreparados a base de *Azotobacter cchroccum* . En *Resúmenes de la VI Jornada Científica del INIFAT*, La Habana, 36 pp.(1990).
- Dibut Alvarez, B; R. Martínez Viera; R. González; M.C .A costa y A.Pérez . Biomasa vs Biomasa . Reproducción Bacteriana- producción Vegetal. En *Memorias de Conferencia Mundial sobre la Biomasa para la energía, el Desarrollo y el Medio Ambiente*, La Habana, 126pp. (1995).
- Uphoff, N., Satyanarayana, A., and Thiyagarajan, T. M., Prospects for rice sector improvement whit the system for rice intensification, considering evidence from India, Paper presented to 16th International Rice Conference, Bali, Indonesia, Sept. 11-14, Agency for Agricultural Research and Development, Jakarta, Indonesia and International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines (2005).
- Uprety, R., Performance of SRI in Morang District. Seasonal Report, District Agricultural Development Office, Biratnagar, Morang, Nepal (2009).
- Wang, S. et al., Physiological characteristics and high-yield techniques with SRI rice, In: *Assessment of the System of Rice Intensification: Proceeding of an International Conference*, Sanya, China, April 1-4, Uphoff, N. et al., Eds., CIIFAD, Ithaca, NY, 116-124 (2002).
- Wani, S.P., et al., Improved management of Vertisol in the semiarid tropics for increased productivity and soil carbon sequestration, *Soil Use Manage.*, 19, 217-222 (2003).
- Wardle, D.A., *Communities and Ecosystem: Linking the Aboveground and Belowground Component*, Princeton University Press, Princeton, NJ (2008).