

LA BIOFERTILIZACIÓN COMO HERRAMIENTA BIOTECNOLÓGICA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

M. Planes-Leyva; E. Utria-Borges; J. O. Calderón-Agüero;
A. O. Terry-Lamothe; I. Figueroa-Santana; A. Lores

Centro Universitario de Guantánamo. Km 1.5 carretera Guantánamo-Santiago de Cuba. Guantánamo. Guantánamo, CUBA.
Correo-e: eutria@inca.edu.cu (*Autor responsable)

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal el conocimiento de la composición microbiológica de las rizosferas de varios cultivos de montaña: las rizosferas estudiadas fueron las del cafeto (*Coffea arabica* L.), plátano fruta (*Musa sapientum*), ñame (*Dioscorea alata*), malanga (*Xantosoma sagittifolium*), higuera (*Ricinus comuni*) y cacao (*Theobroma cacao* L.), en un suelo pardo con carbonato investigando si algunos de estos hábitats podrían constituir fuentes microbianas por el aislamiento de inoculantes bacteriano para la elaboración de biofertilizantes. El estudio de la eficiencia *in vitro* de 18 cepas fosfolubilizadoras aisladas de suelos rizosféricos en dos medios de cultivo Pikovskaya y Ramos-Callao, y por último, estudiar la influencia de los biofertilizantes preparados con las cepas autóctonas de Sabaneta. Municipio El Salvador, Provincia Guantánamo, Cuba, en el cultivo del tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.) y el pepino (*Cucumis sativus*). Las rizosferas más abundantes microbiológicamente fueron las del plátano y el cafeto. Del estudio de la eficacia *in vitro* las cepas fosfolubilizadoras más eficientes en los dos medios de cultivos usados fueron la Sabaneta 27-1 identificada como (Sab 27-1) y Sabaneta 28-1 (Sab 28-1), recomendándolas para aplicar en estas montañas y bajo condiciones naturales, la más eficaz en el cultivo del tomate resultó ser la cepa Sab 28-1 y bajo estas mismas condiciones en el pepino las más eficientes resultaron ser la cepa fosfolubilizadora Sab 28-1 y la cepa fijadora asimbiótica de nitrógeno Sab 27.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: rizosfera, *Coffea arabica* L., *Musa sapientum*, *Dioscorea alata*, *Xantosoma sagittifolium*, *Ricinus comuni* y *Theobroma cacao* L., nitrógeno.

BIOFERTILIZATION AS A BIOTECHNOLOGICAL TOOL OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

ABSTRACT

The present research had as its main objective to learn about the microbiological composition of rhizospheres from several mountain crops: coffee (*Coffea arabica* L.), banana (*Musa sapientum*), yam (*Dioscorea alata*), malanga (*Xantosoma sagittifolium*), higuera (*Ricinus communis*) and cocoa (*Theobroma cacao* L.), in a brown soil with carbonates to find out if any of these habitats could become microbial sources for the isolation of bacterial inoculants for biofertilizer production. Also, to study the *in vitro* efficiency of 18 phosphorous-solubilizing strains isolated from rhizospheric soils in two culture media, Pikovskaya and Ramos-Callao, and, lastly, to study the influence of biofertilizers prepared from strains indigenous to Sabaneta, Municipality of El Salvador, Guantanamo Province, Cuba, in tomato (*Lycopersicon sculentum* Mill.) and cucumber (*Cucumis sativus*). Rhizospheres that were microbiologically abundant were those originating from banana and coffee. From the study on *in vitro* efficacy, the most efficient phosphorous-solubilizing strains in both culture media used were Sabaneta 27-1 (Sab 27-1) and Sabaneta 28-1 (Sab 28-1), which we recommended for its application in the aforementioned mountains under natural conditions. The most effective strain in tomato was Sab 28-1, and, under these same conditions, the most efficient strains were Sab 28-1 and the symbiotic nitrogen-fixing strain Sab-27 for cucumber.

ADDITIONAL KEY WORDS: rizosfera, *Coffea arabica* L., *Musa sapientum*, *Dioscorea alata*, *Xantosoma sagittifolium*, *Ricinus communis* and *Theobroma cacao* L., nitrogen.

INTRODUCCIÓN

Motivados cada día por la necesidad creciente de contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura, de mejorar la calidad de vida del hombre y de sanear y preservar el medio ambiente, se hace necesario la aplicación de herramientas biotecnológicas que contribuyan al desarrollo sostenible, al ser técnicamente factibles dentro

del nivel científico - técnico de un país y proveer beneficios tangibles a sus destinatarios, siendo ambientalmente seguras, socioeconómica y culturalmente aceptables, y por otro lado considerando que la biofertilización es uno de los elementos más valiosos con que cuenta la agricultura ecológica, los cuales son producidos basándose en microorganismos que viven en el suelo, aunque en bajas poblaciones, que al incrementar ésta mediante la

inoculación artificial son capaces, entre otros beneficios, de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que éstas necesitan para su desarrollo sin afectar el equilibrio biológico del suelo, así como por la importancia de garantizar en nuestra Facultad el suministro de azotobacter y fosforina con cepas autóctonas de la localidad de Sabaneta, Provincia Guantánamo, Cuba, evitando el traslado o la transportación de biofertilizantes de otras regiones adaptados a otras condiciones ambientales, conociendo los problemas que estos traen consigo. Este estudio tuvo como objetivos: determinar la composición microbiológica de la rizosfera de varios cultivos de montaña e investigar si algunos de estos hábitats pudieran constituir fuentes microbianas para el aislamiento de inoculantes bacterianos adaptados a este ambiente (autóctono de la localidad de Sabaneta) para la elaboración y aplicación de los biofertilizantes azotobacter y fosforina; estudiar la eficiencia *in vitro* de las cepas autóctonas fosfosolubilizadoras aisladas de las rizosferas de varios cultivos de montaña; determinar la eficiencia de las cepas fosfosolubilizadoras autóctonas y comerciales en condiciones naturales semicontroladas en el cultivo del tomate y comprobar; además, bajo estas mismas condiciones la eficiencia de las cepas autóctonas fosfosolubilizadoras y fijadora asimbiótica de dinitrógeno en el pepino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron cepas autóctonas de la localidad de Sabaneta las cuales fueron identificadas como (Sab) seguida de un número y fueron definidas cuatros etapas que se corresponden con los objetivos anteriormente planteados:

Primera etapa: Encuesta microbiana de rizosfera de plantas en condiciones de montaña.

Para la realización de esta etapa se efectuó la toma de muestras de suelo en condiciones de campo en la rizosfera de varios cultivos (Cuadro 1) localizadas en las áreas montañosas de la localidad de Sabaneta. Las mismas fueron tomadas en un suelo pardo sin carbonato en dos horizontes A (0 a 30 cm de profundidad) y B (30 a 60 cm de profundidad).

Los medios de cultivo empleados y los grupos fisiológicos de microorganismos estudiados fueron los siguientes:

“Nutriente Bacteriológico” para el conteo de bacterias totales.

“Asby” para azotobacter.

“Pikovskaya” para bacterias solubilizadoras de fósforo.

“Extracto de Malta” para los hongos.

CUADRO 1. Nombre científico y nombre común de los cultivos autóctonos de Sabaneta a los cuales se les realizaron el estudio de su rizosfera.

| Nombre Científico | Nombre Común |
|---------------------------------|--------------|
| <i>Coffea arabica</i> | Cafeto |
| <i>Musa sapientum</i> | Plátano |
| <i>Dioscorea alata</i> | Ñame |
| <i>Xanthosoma sagittifolium</i> | Malanga |
| <i>Ricinus comuni</i> | Higuereta |
| <i>Theobroma cacao</i> | Cacao |

El método utilizado en el laboratorio para el análisis microbiológico fue el indirecto por conteo en placas, trabajando con las diluciones desde 10^{-3} hasta 10^{-6} . El número de placas fue de tres para cada dilución y tipo de microorganismos.

El número de unidades formadoras de colonias (UFC) se obtuvo por conteo directo de cada una de las placas, posteriormente, se determinó la media y finalmente el número de microorganismos por gramo de suelo para cada tipo, al multiplicar este valor por el factor de dilución, los factores de dilución fueron 10^6 para bacterias totales, 10^4 para azotobacter, 10^4 para bacterias fosfosolubilizadoras y 10^3 para hongos.

Segunda etapa: Eficiencia *in vitro* de cepas fosfosolubilizadoras autóctonas aisladas de la región de Sabaneta.

La experiencia se desarrolló a partir de las cepas fosfosolubilizadoras aisladas de la rizosfera de los cultivos de plátano, café e higuereta, aplicando el método indirecto de siembra en placa de Petri, utilizando los medios de cultivo Pikovskaya (1947) y Ramos-Callao (1970). Posteriormente, se les realizó la prueba de eficiencia *in vitro*, realizándose la siembra por punteo en el centro de las placas de petri, se hicieron cinco repeticiones por cada cepa aislada en cada uno de los medios de cultivos. Las evaluaciones se realizaron durante tres días cada 24 horas, determinándose el área de la colonia (A_c) y el área de solubilización (A_s) en cada uno de los intervalos. El área de solubilización se midió por el halo de transparencia que se produce partiendo del centro de las colonias de microorganismos. La eficiencia se calculó utilizando las fórmulas:

$$\text{Área de la colonia} = r^2 \text{ colonia} \times \pi$$

$$\text{Área de solubilización} = r^2 \text{ solubilización} \times \pi$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Promedio de } A_s}{\text{Promedio de } A_c}$$

r = radio de la colonia

A_c = área de colonia

A_s = área de solubilización

Tercera etapa: Influencia de las fosfobacterinas autóctonas en el cultivo del tomate 'Placero Habana'.

Esta etapa fue iniciada el 15 de noviembre del 2000 en un suelo Pardo sin carbonato en áreas de la Facultad de Agronomía Sabaneta, ubicada en la localidad de Sabaneta del municipio El Salvador, provincia Guantánamo, Cuba. Se utilizaron semillas de óptima calidad biológica y fueron evaluados los parámetros: germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, número promedio de yemas florales por plantas, número promedio de frutos por plantas y peso promedio de los frutos por tratamientos o parcelas, valorando dos cosechas. Se aplicaron siete cepas autóctonas de la localidad de Sabaneta las cuales constituyen los tratamientos: de forma tal que el tratamiento 1 correspondió para la cepa Sab 26-1; 2) Sab 21-1; 3) Sab 28-1; 4) Sab 23; 5) Sab 23-1; 6) Sab 27-1 y el tratamiento 7 que correspondió al testigo (sin aplicación). Cada tratamiento o parcelas constaba de ocho plantas.

El método empleado para la aplicación del producto fue el de imbibición de las semillas 5 minutos antes de efectuar la siembra y posteriormente el de aplicación de 5 ml en la zona rizosférica de la planta, con un intervalo de 30 días.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado y en todos los casos los resultados experimentales fueron sometidos al análisis de varianza correspondiente, aplicándose la prueba de Duncan para el 5 % de probabilidad, como criterio comparativo en los casos que se encontraron diferencias significativas.

Cuarta etapa: Estudio de la influencia de los biofertilizantes azotobacter y fosforina con cepas (autéctonas y comerciales) en el cultivo del pepino.

La presente etapa se realizó en condiciones de organopónicos, utilizándose semillas de pepino de óptima calidad biológica. El suelo utilizado fue Pardo sin carbonato, el cual se mezcló con materia orgánica descompuesta (estiércol vacuno 3:1). Los tratamientos consistieron en aplicar los biofertilizantes azotobacter y fosforina con cepas (autéctonas y comerciales) cinco días después de la siembra y posteriormente, cada 10 días con una concentración de 10 ml por rizosfera. El Tratamiento 1 consistió en la aplicación de la cepa Sab 27; el 2) Sab 21; el 3) Sab 21-1; el 4) Sab 28-1; el 5 es una combinación de los Tratamientos 1 y 3, el Tratamiento 6 es una combinación

de los Tratamientos 2 y 4 y el Tratamiento 7 correspondió al tratamiento testigo sin aplicación. Cada tratamiento constaba de 16 plantas, de éstas se escogieron ocho y se les evaluaron longitud del tallo, número promedio de hojas por plantas, número promedio de flores por plantas, número promedio de frutos por plantas y peso promedio de los frutos por tratamientos o parcelas.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado y en todos los casos los resultados experimentales fueron sometidos al análisis de varianza correspondiente, aplicándose la prueba de Duncan para el 5 % de probabilidad como criterio comparativo en los casos que se encontraron diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y las discusiones se reflejan en las siguientes etapas:

Primera etapa: Encuesta microbiana de rizosfera de plantas en condiciones de montaña.

Las rizosferas más abundantes microbiológicamente en ambos (Cuadro 2 y 3) horizontes resultaron ser las de los cultivos: plátano, higuera, ñame y cafeto observándose que las bacterias se encuentran en el orden de millones y los organismos restantes se encontraron en el orden de centenas y decenas de miles, coincidiendo con lo encontrado por Waskman (1963); Willian *et al.* (1970); Burges (1972) y Novo (1988); citados por Ladd *et al.* (1996); y Mayea (1997). Es evidente que el cultivo del plátano contribuye a incrementar la biodiversidad de los agroecosistemas debido a profuso sistema radical.

CUADRO 2. Número de microorganismos por gramos de suelo en el horizonte A (20 a 30 cm de profundidad) derivado de la rizosfera de seis cultivos de la localidad de Sabaneta, Cuba. Estos valores son el promedio de la toma de tres muestras por cada rizosfera.

| Rizosfera de cultivos | Número de microorganismos por g de suelo en el horizonte A | | | |
|-----------------------|--|-------------|-----------|--------|
| | Bacterias | Azotobacter | Fosforina | Hongos |
| Café | 7'000,000 | 356,000 | 143,000 | 24,000 |
| Plátano | 173'000,000 | 880,000 | 870,000 | 21,600 |
| Ñame | 7'300,000 | 826,000 | 33,000 | 26,300 |
| Malanga | 5'600,000 | 70,000 | 40,000 | 33,000 |
| Higuera | 14'000,000 | 105,000 | 105,000 | 22,000 |
| Cacao | 3'300,000 | 30,000 | 30,000 | 29,000 |

CUADRO 3. Número de microorganismos por gramos de suelo en el horizonte B (30 a 60 cm de profundidad) derivado de la rizosfera de seis cultivos de la localidad de Sabaneta, Cuba. Estos valores son el promedio de la toma de tres muestras por cada rizosfera.

| Rizosfera de cultivos | Número de microorganismos por g de suelo en el horizonte B | | | |
|-----------------------|--|-------------|-----------|--------|
| | Bacterias | Azotobacter | Fosforina | Hongos |
| Café | 3'000,000 | 696,000 | 53,000 | 20,000 |
| Plátano | 40'000,000 | 1'320,000 | 46,000 | 26,500 |
| Ñame | 2'600,000 | 1'106,000 | 23,000 | 15,600 |
| Malanga | 3'000,000 | 30,000 | 20,000 | 27,300 |
| Higuereta | 8'000,000 | 118,500 | 73,000 | 19,000 |
| Cacao | 3'000,000 | 20,000 | 23,000 | 27,600 |

Segunda etapa: Eficiencia *in vitro* de cepas fosfolubilizadoras autóctonas aisladas de la región de Sabaneta.

De las 18 cepas solubilizadoras de fósforos aisladas en el medio Pikovskaya resultaron tener mayor solubilización en orden descendente las cepas: Sab 27-1, Sab 21-1, Sab 28-1, Sab 23, Sab 26-2, Sab 23-1 y Sab 21-2 (Cuadro 4). La eficiencia fue mayor de 1.5 cm en cada una de éstas y en el medio Ramos-Callao en orden descendente a las 72 horas fueron las cepas Sab 27-1, Sab 28-1, Sab 23-1, Sab 21-2, Sab 26-2, Sab 20 y Sab 21-1. También la eficiencia de estas cepas fue superior a 1.5 cm y en el caso de las dos primeras fue de 2.6 centímetros (Cuadro 4).

En ambos medios de cultivos lograron la mayor eficiencia las cepas Sab 27-1, Sab 28-1, Sab 27-1, Sab 28-1, Sab 21-2, Sab 26-2 y Sab 21-1. Las menos eficientes fueron las cepas Sab 23, Sab 20, Sab 21-2 que solamente se destacaron solubilizando en el medio Pikovskaya las dos primeras y en el medio Ramos Callao las restantes, lo que puede deberse a las exigencias nutritivas para la solubilización por dichas cepas, también es bueno tener en consideración la influencia de los metabolitos producidos que pueden incidir en la actividad de las mismas. Es posible que pudiera precisarse la causa específica de la diferencia de crecimiento de estas cepas en cada uno de estos medios cuando se realice el estudio ecológico y fisiológico de las mismas con vistas a su clasificación.

Al comparar las áreas de solubilización obtenidas para las diferentes cepas en los dos medios de cultivos, se observó que se logró mayor eficiencia en el medio Ramos-Callao, las diferencias observadas pudieran deberse a la diversidad en la composición química del medio de cultivo, fundamentalmente, la referida al fosfato tricálcico cuya cantidad en los medios utilizados varía.

CUADRO 4. Comportamiento de la eficiencia *in vitro* de las 18 cepas fosfolubilizadoras autóctonas de Sabaneta mediante la medición del diámetro de los halo de solubilización medido en centímetros en los medios de cultivos Pikovskaya y Ramos-Callao, evaluado a las 24, 48 y 72 horas.

| | Medio Pikovskaya | | | Medio Ramos-Callao | | |
|----------|--|----------|----------|---|----------|----------|
| | Halos de solubilización (cm) por intervalo de tiempo | | | Halos solubilización (cm) por intervalo de tiempo | | |
| | 24 horas | 48 horas | 72 horas | 24 horas | 48 horas | 72 horas |
| Sab 20 | 1.30 | 1.35 | 1.40 | 1.29 | 1.49 | 1.71 |
| Sab 21-1 | 1.46 | 1.62 | 1.76 | 1.53 | 1.53 | 1.58 |
| Sab 21-2 | 1.34 | 1.45 | 1.65 | 1.58 | 1.71 | 1.84 |
| Sab 23-1 | 1.40 | 1.46 | 1.58 | 1.42 | 1.66 | 1.87 |
| Sab 23-2 | — | 1.18 | 1.22 | 1.17 | 1.22 | 1.26 |
| Sab 23 | 1.48 | 1.58 | 1.71 | 1.24 | 1.27 | 1.35 |
| Sab 24 | 1.17 | 1.24 | 1.25 | 1.24 | 1.27 | 1.29 |
| Sab 26-1 | 1.12 | 1.15 | 1.19 | 1.15 | 1.19 | 1.23 |
| Sab 26-2 | 1.47 | 1.51 | 1.64 | 1.44 | 1.66 | 1.83 |
| Sab 27-1 | 1.50 | 1.59 | 1.78 | 1.81 | 1.88 | 2.60 |
| Sab 27-2 | 1.24 | 1.33 | 1.41 | 1.00 | 1.28 | 1.42 |
| Sab 28-1 | 1.49 | 1.52 | 1.75 | 1.65 | 1.84 | 2.60 |
| Sab 28-2 | — | 1.26 | 1.35 | 1.00 | 1.22 | 1.29 |
| Sab 29-1 | 1.26 | 1.30 | 1.40 | 1.34 | 1.35 | 1.40 |
| Sab 29-2 | 1.18 | 1.38 | 1.42 | 1.21 | 1.39 | 1.44 |
| Sab 31 | 1.13 | 1.25 | 1.41 | 1.20 | 1.27 | 1.31 |
| Sab 32 | — | 1.00 | 1.39 | 1.32 | 1.35 | 1.37 |
| Sab 33 | 1.00 | 1.39 | 1.41 | 1.00 | 1.39 | 1.45 |
| Media | 1.01 | 1.36 | 1.48 | 1.3 | 1.37 | 1.58 |

Tercera etapa: Influencia de las fosfobacterinas autóctonas en el cultivo del tomate 'Placero Habana'.

Al hacer el análisis de la germinación se observaron tratamientos en los cuales el 80 % se alcanzó a los 10 días, pero otros tardaron hasta 17 días para lograr este porcentaje de germinación; sin embargo, el testigo tardó 14 días. Fueron más precoces en la germinación las cepas Sab 28 1 y Sab 23 1; mientras que las cepas Sab 26 2, Sab 23 y Sab 27 1 produjeron efecto tardío sobre la germinación. Esto pudo ser posible ya que algunos autores plantean que estos productos no influyen sobre el proceso germinativo de las semillas, sino que la velocidad de germinación de las semillas corresponden al grado de hidratación alcanzado durante la imbibición.

En cuanto a la evaluación de las variables, altura de la planta, grosor del tallo, número de yemas florales por plantas, número promedio de frutos por plantas y rendimiento, valorando dos cosechas, los mejores

CUADRO 5. Altura del tallo, grosor del tallo, número promedio de yemas florales por plantas, número promedio de frutos por plantas. Rendimiento promedio por parcelas derivadas de seis cepas de microorganismos biofertilizantes, comparado con un tratamiento testigo sin aplicación.

| Cepa | Altura del tallo (cm) | Diámetro del tallo (cm) | Número promedio de yemas florales por plantas | Número promedio de frutos por plantas | Peso promedio de los frutos por parcelas (kg) |
|----------|-----------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|---|
| Sab 26-1 | 47.57 a ² | 1.20 b | 21.86 b | 12.81 b | 4.48 f |
| Sab 21-1 | 47.86 a | 1.28 a | 24.63 b | 14.41 a | 6.52 c |
| Sab 28-1 | 49.08 a | 1.33 a | 33.49 a | 19.90 a | 8.92 a |
| Sab 23 | 47.00 a | 1.26 b | 18.45 b | 9.13 b | 4.81 e |
| Sab 23-1 | 45.64 b | 1.24 b | 22.45 b | 11.27 b | 5.36 d |
| Sab 27-1 | 48.64 d | 1.39 a | 26.70 a | 15.25 a | 7.45 b |
| Testigo | 44.29 b | 1.22 b | 24.36 b | 12.09 b | 4.56 f |

²Letras iguales dentro de columnas no difieren de acuerdo con la prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$.

resultados fueron logrados por las plantas tratadas con las cepas Sab 28-1, Sab 27-1 y Sab 21-1. Los menores resultados fueron alcanzados por las plantas tratadas por la cepa Sab 23 y el testigo (Cuadro 5).

Utria *et al.* (1998) plantearon que al estudiar la eficiencia de la fosforina, con cepas autóctonas de la localidad de Sabaneta, se observó un incremento en el número de hojas, altura de las plantas, masa seca y masa fresca foliar, y el rendimientos en el cultivo del tomate.

María *et al.* (1998); citados por Proenza (1997), encontraron que aplicar fosfobacterina con la cepa (*Pseudomonas fluorescens*), como complemento de la nutrición mineral del tomate, existía una tendencia a aumentar los rendimientos, sin afectar la calidad de la masa del fruto, y el número de frutos se mantuvo con un comportamiento similar al rendimiento.

Cuarta etapa: Estudio de la influencia de los biofertilizantes azotobacter y fosforina con cepas (autóctonas y comerciales) en el cultivo del pepino.

Los mejores resultados correspondieron al Tratamiento 4 (Sab 28-1), coincidiendo con las prueba *in vitro* y las evaluaciones en el cultivo del tomate; siendo significativamente diferentes sobre los demás tratamientos, seguido de los tratamientos 2 (Sab 27) y el 5 (Sab 27 + Sab 21-1) (Cuadro 6).

Experimentos realizados en el cultivo del pepino por Huerre y Caraballo (1996) indicaron que, a pesar de la degradación del suelo y ser bajas las reservas nutrimentales, la respuesta de este cultivo resultó altamente significativa, lo que hace suponer que no sólo se moviliza el fósforo del suelo (Banik y Dey, 1981; citados por Proenza, 1997), sino que se activa la flora microbiana y aumenta así la disponibilidad de otros nutrientes para este cultivo.

CUADRO 6. Longitud del tallo, número promedio de hojas por plantas, número promedio de flores femeninas por plantas, número promedio de frutos por plantas, rendimiento por plantas derivadas de seis cepas de microorganismos biofertilizantes, comparado con un tratamiento testigos sin aplicación.

| Tratamientos | Longitud del tallo (cm) | Número promedio de hojas por plantas | Número promedio de flores femeninas por plantas | Número promedio de frutos por plantas | Peso promedio de los frutos por plantas (kg) |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| Sab 27 | 150.40 b ² | 36.00 b | 51.67 b | 29.00 b | 12.42 c |
| Sab 21 | 111.58 c | 27.00 c | 47.33 b | 26.33 b | 11.16 d |
| Sab 21-1 | 92.16 c | 23.33 c | 18.33 c | 12.66 c | 5.25 g |
| Sab 28-1 | 176.62 a | 44.33 a | 79.67 a | 74.00 a | 32.73 a |
| Sap 27 + Sap 21-1 | 140.67 c | 34.67 b | 19.33 c | 15.67 c | 6.49 f |
| Sab 21 + 28-1 | 108.45 c | 27.00 c | 36.67 b | 35.33 b | 14.97 b |
| Testigo | 113.93 c | 27.00 c | 21.33 c | 18.00 c | 7.63 e |

²Letras iguales dentro de columnas no difieren significativamente de acuerdo con la prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$.

González *et al.* (1998), al estudiar diferentes cepas de *Azotobacter chroococcum* en el cultivo del pepino en condiciones de organopónicos, concluyeron que los resultados evidenciaron una estimulación en la longitud del tallo, materia seca, vitamina C, sólidos solubles, índice de madurez, peso individual y el contenido de N, P, K, Ca y Mg en los frutos y el follaje, así como en el rendimiento y el contenido de P_2O_5 y K_2O en el suelo de las plantas inoculadas, destacándose la cepa FS-2 por sus efectos positivos como estimulador del desarrollo y rendimiento del cultivo del pepino.

CONCLUSIONES

La rizosfera más abundante desde el punto de vista microbiológico en ambos horizontes resultó ser la del plátano, la del café y la de la higuera.

La rizosfera de plátano constituye una fuente microbiana para la elaboración de biofertilizantes a base de *Azotobacter* y Fosforina.

En la prueba *in vitro* las cepas solubilizadoras de fósforo más eficientes fueron las Sab 27-1 y la Sab 28-1.

Se obtuvo de forma general mayor solubilización en el medio Ramos-Callao.

Las cepas que más influyeron en el comportamiento del cultivo del tomate fueron las cepas Sab 28-1 y la Sab 27-1, los menores resultados fueron para la Sab 26-1.

Las cepas que más influenciaron el comportamiento del cultivo del pepino fueron las cepas Sab 28-1 y la Sab 27, los menores resultados fueron para la Sab 21-1.

LITERATURA CITADA

- GONZÁLEZ, M.; CORRALES, L.; MARTÍNEZ, R.; ALONSO, R.; MÉNDEZ, V.; RODRÍGUEZ, N. 1998. Influencia de diferentes cepas nativas de *Azotobacter chroococcum* en secuencia de cultivo en organopónico. Revista Cultivos Tropicales 9(3): 58.
- HUERRE, C.; CARABALLO, N. 1996. Horticultura. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- LADD, N.; JEFFREY, FOSTER, RALP, C. 1996. Soil structure and biological activity. Soil Biochemistry 9: 23-67.
- PROENZA, M. 1997. Estudio de la influencia de las fosfobacterias autóctonas en el cultivo del tomate variedad Placero Habana. Trabajo de Diploma. Centro Universitario de la Montaña de Sabaneta. La Habana, Cuba.
- MAYEA, S. 1997. Microbiología Agropecuaria I y II. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- UTRIA, E.; MOISÉS, L. G.; MOJENA, N. 1998. La biofertilización en la montaña. Programas y resúmenes del XII Forum para Estudiantes de Ciencias Agropecuarias. Ciego de Ávila. Cuba. 16 p.