

## Respuesta de la caña (*Saccharum officinarum*) a la biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y fijadoras de nitrógeno

Fáber Chica-Toro<sup>1</sup>  
Arturo García Isaza<sup>2</sup>

Response of sugarcane (*Saccharum officinarum*) to biofertilization with phosphorus solubilizing and nitrogen-fixing bacteria

### Resumen

La revolución verde promulgo el incremento en la producción sin tener en cuenta el manejo equilibrado de agroquímicos. Sin embargo, el deterioro progresivo de los recursos naturales ha hecho que esta política sea revaluada. Así, se realizan múltiples investigaciones para disminuir el impacto de sustancias de síntesis química en los sistemas agrícolas. Este trabajo evaluó el efecto de combinar bacterias promotoras de crecimiento (BPC) con fertilizantes nitrogenados y fosforados en el rendimiento de dos variedades de *Saccharum officinarum*. Se encontró que la respuesta depende de la variedad. Para la variedad **CC-85-92** es posible encontrar algunas combinaciones que disminuyan el uso de fertilizantes de síntesis química. En tanto la variedad **CC-01-19-40**, no parece generar ninguna simbiosis de la planta con BPC.

1 Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Docente asistente. Grupo Biotecnología Vegetal. Universidad Católica de Oriente. fchica@uco.edu.co

2 Agrónomo. Universidad Católica de Oriente. arturo.isaza5777@gmail.com

### Palabras clave

CC-01-19-40, CC-85-92, BPC, microorganismos, caña, simbiosis.

---

## Abstract

The green revolution brought about an increase in the agricultural production without considering the balanced handling of agrochemicals. However, progressive deterioration of natural resources has made this policy to be reevaluated. Thus, many investigations are done to lessen the impact of synthetic chemical substances in agricultural systems. This study evaluated the effect of combining growth promoting bacteria (GPB) with nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield of two varieties of *Saccharum officinarum*. It was found that the outcome depends on the variety. For the DC - 85-92 variety it is possible to find some combinations that reduce the use of synthetic chemical fertilizers, while the CC- 01-19-40 variety does not seem to generate any symbiosis with GPBs.

### Key words

CC-01-19-40, CC-85-92, BPC, microorganisms, sugarcane, symbiosis.

---

## Introducción

---

**E**l sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca, abarca 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca, la franja central del Valle del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay aproximadamente 223.905 hectáreas sembradas en caña para azúcar. Gracias al clima privilegiado de la región, y al contrario de lo que sucede en el resto del mundo, se puede sembrar y cosechar caña durante todos los meses del año. Esta condición agroclimática, sumada al avance tecnológico, ha llevado a que la región se especialice en este cultivo y ostente el liderazgo en productividad a nivel mundial: más de 14 toneladas de azúcar por hectárea al año (Asocaña, 2012).

Colombia ostenta uno de los primeros puestos dentro de los líderes mundiales en la producción de caña (*Saccharum officinarum*). Algunas cifras reportadas por Asocaña (2012), indican que para el año 2008 el consumo nacional llegó a 1.5 millones de toneladas. Un 65 % destinado al consumo directo en los hogares y un 35 % a la fabricación de productos alimenticios y bebidas para consumo directo. 480 mil toneladas de azúcar fueron exportadas principalmente a Chile, Perú, Haití y Estados Unidos. Dentro de la economía nacional, el sector aportó con el 1 % del PIB total, el 3 % del

PIB industrial y el 4 % del PIB agrícola. Estas cifras ratifican la importancia del sector azucarero colombiano en la economía nacional.

Desde los inicios de la revolución verde, todas las alternativas que generaran mayor productividad a los cultivos son válidas, sin importar de qué manera, ni de qué forma se lograran, lo importante fue y seguirá siendo la productividad y la ganancia que los cultivos generen. Referente al tema Padrón, Torres, Contreras, López y Colmenares (2012) argumentan que la agricultura convencional se ha basado

en el uso excesivo de fertilizantes con transformación industrial para garantizar la productividad agrícola, lo que ha conducido a un deterioro progresivo de los recursos naturales, trayendo como consecuencia la disminución de la productividad de los suelos, el rendimiento de los cultivos y dificultad para

avanzar en el desarrollo agrícola sustentable. Adicionalmente, Dodd, Arias y Hayman (1990) plantean “Una alternativa de manejo para mejorar el estado nutricional de los suelos es el uso de mecanismos biológicos que permitan restituir su fertilidad, sin perturbar y/o empeorar su condición”. Así, la búsqueda continua de nuevas alternativas biológicas de conservación y nutrición vegetal, se han convertido en la constante de algunos productores e instituciones de investigación agrícola mundial.

**"Colombia ostenta uno de los primeros puestos dentro de los líderes mundiales en la producción de caña (*Saccharum officinarum*)".**

En Valle del Cauca y Risaralda, departamentos colombianos, productores de caña (*Saccharum officinarum*) han dado inicio a la implementación de biofertilizantes como alternativa para reducir la utilización de fertilizantes manufacturados en sus cultivos. Según Alarcón y Ferrera-Cerrato (2000), la importancia y manejo de microorganismos benéficos se ha incrementado a tal grado que en la actualidad se ha generado todo un movimiento comercial alrededor de los mismos. Así, la producción y comercialización de productos biofertilizantes está encaminada al fortalecimiento de sistemas de producción sostenible. El uso de biofertilizantes en la caña (*Saccharum officinarum*) puede resultar un sustituto parcial de la fertilización convencional (“química”), brindando así excelentes resultados en los cultivos. Por otro lado, la utilización de estos puede resultar una alternativa a la reducción de costos de producción, generando así una mayor rentabilidad y reducción del impacto al medio ambiente.

Desde finales del siglo pasado, se ha empezado a hablar de la utilización y aplicación de bacterias promotoras del crecimiento (BPC) para mejorar la productividad de cultivos y mitigar el impacto ambiental del uso de fertilizantes de síntesis química. Según Chanway, Hynes y Nelson (1989), estas bacterias se han aplicado a semillas, tubérculos o raíces, siendo capaces de colonizar las raíces de las plantas y estimular el crecimiento mejorando el rendimiento de cultivos. La acción de las BPC se basa en dos mecanismos, directos e indirectos. El efecto directo consiste en un aumento en la movilización de nutrimentos solubles, seguido

por el mejoramiento de absorción de las plantas (Lifshitz, Kloepper y Kozlowski, 1987), la producción de antibióticos para hongos, bacterias y virus (Hoffland, Bakker y Loon, 1997) y de fitohormonas como auxinas, giberelinas, citoquininas y etileno (Schroth y Weinhold, 1986; Chanway, 1997). Respecto a efectos indirectos se mencionan el aumento de fijación de  $N_2$ , al mejorar el número de nódulos de la raíz y el aumento de la actividad nitrogenasa, los cuales inducen resistencia sistémica a la planta (Zhang, Dashti, Hynes y Smith, 1996).

Dentro de las BPC podemos destacar dos grupos muy importantes: el primero conformado por las bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN).

Según Döbereiner (1971) algunas gramíneas como la caña de azúcar, asociadas con este tipo de BFN endófitas, pueden crecer casi independientes de la adición de nitrógeno al suelo. La anterior afirmación se ratifica con resultados presentados por Boddéy, De Oliveira, Urquiaga, Reis, De Olivares, Baldani y

Döbereiner (1991) quienes reportan la existencia de variedades que aumentan la eficiencia de absorción de nutrientes hasta en un 71 % con el uso de BFN en Brasil. Un segundo grupo de BPC son las bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF). La disponibilidad de P para las plantas está relacionada con la concentración en la solución del suelo (Magdoff, Hryshko, Jockela, Duricux y Bu, 1999). Las fuentes de este elemento en particular, apatitas primarias y otros minerales formados durante otras eras geológicas (Odum y Barret, 2005), tienen un futuro incierto para Steen (1998), quien afirma que las reservas mundiales de este mineral se agotarán hasta en un 50 % para el periodo 2040-2060.

**"La producción y comercialización de productos biofertilizantes está encaminada al fortalecimiento de sistemas de producción sostenible".**

Bajo este panorama, autores como Castilla, Moller, Barona y Hernández (2006) opinan que se hace necesario desarrollar estrategias de suministro de nutrientes a los cultivos, integrando una combinación de fertilizantes “químicos”, abonos orgánicos y biofertilizantes todo ello dentro del marco de la sustentabilidad o sostenibilidad, tendencia sugerida como contraposición a la revolución verde para reducir los daños causados al ambiente y la salud de la humanidad por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas.

Con el fin de disminuir la dosis de los requerimientos nitrogenados y fosforados de los fertilizantes químicos, el presente trabajo evalúa el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento (BPC) a través de los rendimientos en el cultivo de la caña para azúcar (*Saccharum officinarum*).

## Metodología

Para dilucidar si la utilización de microorganismos en el cultivo de la caña (*Saccharum officinarum*) puede suplementar la fertilización convencional de N y P, se utilizaron dos variedades de caña CC 85-92 y CC 01-19-40, más un producto a base de BPC. Cada variedad se sembró por separado en dos fincas diferentes. En tal caso se trata de dos experimentos-evaluaciones, con un factor en común: uso de microorganismos BPC.

Para ambos experimentos se realizaron siete tratamientos, producto de combinar la fertilización convencional y la adición del producto a base de BPC (tabla 1). Las dosis con el 100 % de N y P corresponden a las utilizadas comúnmente en las haciendas donde es realizada la investigación. Cuando se trata del 50 % se refiere a la aplicación de la mitad de

la dosis utilizada habitualmente. De este mismo modo aplica para los porcentajes de 0 % y 75 %. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con dos repeticiones, para cada experimento-evaluación. Como variable respuesta se utilizó la producción expresada en kg.

**Tabla 1.** Estructura y nomenclatura de los tratamientos.

Nomenclatura tratamiento	Dosis aplicadas
T1	BPC 100 %
T2	BPC 100 % + N 100 % + P 100 %
T3	BPC 100 % + N 75 % + P 100 %
T4	BPC 100 % + N 50 % + P 100 %
T5	BPC 100 % + N 100 %
T6	BPC 100 % + N 100 % + P 50 %
T7	N 100 + P 100 %

### Evaluación 1: variedad CC 01-1940 en hacienda El Trébol

Esta evaluación se desarrolló en la hacienda El Trébol, ubicada en el km 4 en la vía entre los municipios de Toro y Anserma nuevo, departamento del Valle Del Cauca. Con una altitud de 901 m. s. n. m. Con coordenadas 4°45'09.83"N y 75°59'15.38"O. Una precipitación y temperatura promedio anual de 1200 mm y 24 °C, respectivamente.

Para evaluar la variedad CC01-1940 se sembró una suerte de 2,91 Ha. Con 84 surcos, correspondientes a seis surcos por siete tratamientos por dos repeticiones. Cada surco con una longitud de 120 m. Para garantizar la independencia entre los tratamientos, se descartaron los surcos de los bordes. Así, se cosecharon cinco surcos por repetición, o sea 10 surcos por tratamiento. Para efectos del análisis a cada cinco surcos se denominarán unidad experimental. Adicionalmente porque esta es la mínima unidad de cosecha que procesa un ingenio.

La distancia entre surcos fue de 1,65 m y en cada surco se sembraron alrededor de 320

semillas-trozos de 60 cm de longitud. La siembra se realizó el 16-02-2014 y se cosechó el 25-04-2015. Las labores culturales de destrucción de cepas, nivelación del terreno, cinclada, desterronada, pulida, surcada, siembra, resiembra, aporque, control de arvenses y riego, fueron las utilizadas rutinariamente por la hacienda. El plan de fertilización que incluye los tratamientos se detalla en la tabla 2. Los productos utilizados para la fertilización fueron urea (46-0-0), fosfato diamónico (18-46-0) y cloruro de potasio (0-0-60), más el producto a base de BPC. La composición específica del producto a base de BPC no fue suministrado por la casa comercial que lo produce.

**Tabla 2.** Composición de la fertilización-tratamientos aplicada por surco para la variedad CC01-19-40

Tratamiento	Composición dosis	BPC (L)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
1	BPC 100 %	1.08	0.00	0.00	0
2	BPC 100 % + N 100 % + P 100 %	1.08	6.75	0.45	0.818
3	BPC 100 % + N 75 % + P 100 %	1.08	5.05	0.45	0.818
4	BPC 100 % + N 50 % + P 100 %	1.08	3.37	0.45	0.818
5	BPC 100 % + N 100 %	1.08	6.75	0.00	0.818
6	BPC 100 % + N 100 % + P 50 %	1.08	6.75	0.23	0.818
7	N 100 + P 100 %	0.00	6.75	0.45	0.818

## Evaluación 2: variedad CC-85-92 en hacienda Canoas

Esta evaluación se desarrolló en la hacienda Canoas, ubicada en el municipio de La Virginia, departamento de Risaralda. Con una altitud de 913 m. s. n. m. Con coordenadas 4°56'35.10"N y 75°52'32.3804"O. Una precipitación y temperatura promedio anual de 1500 mm y 24 °C, respectivamente.

Para evaluar la variedad CC-85-92 se utilizó una suerte de 2,31 Ha, con 70 surcos, correspondientes a cinco surcos por siete tratamientos por dos repeticiones. Cada surco con una longitud de 120 m. Así, se cosecharon cinco surcos por repetición, o sea 10 surcos por tratamiento. Para efectos del análisis a cada cinco surcos se denominarán unidad experimental. Adicionalmente porque esta es

la mínima unidad de cosecha que procesa un ingenio. Debido a que esta suerte ya estaba sembrada, no se utilizó semilla, en tanto es un experimento-evaluación que parte de una soca existente.

La distancia entre surcos fue de 1,50 m y. El trabajo se inició el 23-05-2013 y se cosechó el 14-08-2014. Las labores culturales de, resiembra, aporque, control de arvenses y riego, fueron las utilizadas rutinariamente por la hacienda. El plan de fertilización que incluye los tratamientos se detalla en la tabla 3. Las dosis de K fueron iguales para todos los tratamientos. Los productos utilizados para la fertilización fueron urea (46-0-0), fosfato diamónico (18-46-0) y cloruro de potasio (0-0-60), más el producto a base de BPC. La composición específica del producto a base de BPC no fue suministrado por la casa comercial que lo produce.

**Tabla 3.** Composición de la fertilización-tratamientos aplicada por surco para la variedad CC-85-92.

Tratamiento	Composición dosis	BPC (L)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
1	BPC 100 %	1.08	0.00	0.00	0
2	BPC 100 % + N 100 % + P 100 %	1.08	11.27	0.40	1.62
3	BPC 100 % + N 75 % + P 100 %	1.08	8.45	0.40	1.62
4	BPC 100 % + N 50 % + P 100 %	1.08	5.64	0.40	1.62
5	BPC 100 % + N 100 %	1.08	11.27	0.00	1.62
6	BPC 100 % + N 100 % + P 50 %	1.08	11.27	0.20	1.62
7	N 100 + P 100 %	0.00	11.27	0.40	1.62

## Resultados y discusión

En la tabla 4 se presentan los resultados, de mayor a menor producción, obtenidos para la variedad CC01-19-40. La caña cosechada fue procesada por el Ingenio Riopaila. Los kg por repetición corresponden a la producción de los cinco surcos que conformaron cada una de las dos unidades experimentales por tratamiento.

Tabla 4. Producción de la variedad de caña CC01-19-40 a partir de la combinación de bacterias promotoras del crecimiento (BPC) más diferentes dosis de nitrógeno y fósforo

**Tabla 4.** Producción de la variedad de caña CC01-19-40 a partir de la combinación de bacterias promotoras del crecimiento (BPC) más diferentes dosis de nitrógeno y fósforo

Tratamiento	Composición dosis	Kg caña repetición1	Kg caña repetición 2	kg caña Promedio
7	N 100 + P 100 %	28 000	22 073	25 036,5
3	BPC 100 % + N 75 % + P 100 %	20 750	25 550	23 151
2	BPC 100 % + N 100 % + P 100 %	27 240	19 052	23 146
6	BPC 100 % + N 100 % + P 50 %	18 479	25 496	21 987,5
4	BPC 100 % + N 50 % + P 100 %	21 521	19 865	20 693
5	BPC 100 % + N 100 %	18 594	22 646	20 620
1	BPC 100 %	18 656	17 359	18 007,5

En la tabla 5 se presentan los resultados, de mayor a menor producción, obtenidos para la variedad. La caña cosechada fue procesada por el Ingenio Riopaila. Los kg por repetición corresponden a la producción de los cinco surcos que conformaron cada una de las dos unidades experimentales por tratamiento.

**Tabla 5.** Producción de la variedad de caña CC-85-92 a partir de la combinación de bacterias promotoras del crecimiento (BPC) más diferentes dosis de nitrógeno y fósforo.

Tratamiento	Composición dosis	Kg caña repetición1	Kg caña repetición 2	kg caña Promedio
4	BPC 100 % + N 50 % + P 100 %	10 410	12 880	11 645
6	BPC 100 % + N 100 % + P 50 %	12 250	11 260	11 755
3	BPC 100 % + N 75 % + P 100 %	12 190	10 960	11 575
7	N 100 + P 100 %	12 040	11 330	11 500
5	BPC 100 % + N 100 %	11 260	11 410	11 335
2	BPC 100 % + N 100 % + P 100 %	11 260	10 490	10 875
1	BPC 100 %	10 010	10 770	10 390

A partir de los datos obtenidos en la aplicación de la metodología propuesta en esta investigación (tablas 4 y 5) es posible deducir que las dos variedades de caña evaluadas disminuyen su rendimiento a corte cuando solo son tratadas con BPC y ausencia de fertilizantes nitrogenados y fosforados. Se observa que todos los tratamientos que usaron fertilizantes nitrogenados y fosforados de síntesis química superaron al tratamiento que únicamente suministró los microorganismos BPC.

Para el caso de la variedad **CC 01-1940** el mayor rendimiento de 25 036,5 kg promedio por U. E. se presentó con el tratamiento que solo utilizó fertilizantes de síntesis química (T 7). Superando en un 39 % al tratamiento que solo utilizó BPC, el cual alcanzó una producción promedio por U. E. de 18 005,5 kg (T 1). Para la variedad **CC85-92** se presentó algo similar. El tratamiento que solo usó BPC y ausencia de fertilizantes a base de N y P, fue el de menor rendimiento al corte con un promedio por U. E. de 10 390 kg (T 1); siendo inferior en

un 12,1 % al tratamiento que adicionalmente de usar BPC aplicó 100 % de N y 50 % de P (T 4), el cual reportó 11 645 kg de caña a corte. Estos resultados no coinciden con los reportados por Dobereiner (1971) y Boddey *et al.* (1991), quienes argumentan incrementos en el rendimiento de algunas variedades de caña cuando se utilizan microorganismos como las BPC en los planes de nutrición, inclusive atreviéndose a recomendar las BPC como suplemento total a la fertilización convencional.

Los rendimientos a corte por hectárea estimados a partir de los datos de las unidades experimentales (cinco surcos) y el promedio de ambas por tratamiento (10 surcos), se presentan en la tabla 6, de forma descendente. Los kg ha<sup>-1</sup> estimados se proponen bajo los sistemas utilizados en la zona, así se sembrarían alrededor de 55 surcos por hectárea, para ambas variedades.

El Ingenio Risaralda S. A. reporta para la variedad CC01-1940 rendimientos promedio para el periodo 2013-2015 de 142 515 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, algunas fincas situadas en el sec-

tor donde se desarrolló el trabajo, han alcanzado rendimientos de hasta 225 000 kg ha<sup>-1</sup>, siguiendo planes de fertilización convencional basados en fertilizantes de síntesis química con N, P y K. Confrontando los rendimientos obtenidos en esta investigación con los reportados por el ingenio se plantea la posibilidad de incrementar los rendimientos actuales con planes de fertilización que combinen fertilizantes tradicionales con microorganismos BPC. El tratamiento que utilizó el 100 % de la fertilización convencional más la adición de BPC, fue el de mayor rendimiento con 250 365 kg ha<sup>-1</sup>, un incremento del 10,13 %. Sin embargo, en ningún caso resultaría benéfico la aplicación únicamente de BPC (tabla 6).

Para la variedad CC 85-92 el resultado reportado por esta investigación, al compararlo con los reportes del Ingenio Risaralda, indica que el efecto de la inoculación con BPC, bien sea sola o en combinación con fertilizantes convencionales no repercute en un incre-

mento significativo de los rendimientos de la variedad evaluada. Por ejemplo, para el año 2014, el ingenio reportó rendimientos promedios de 117 053 kg ha<sup>-1</sup>, siendo superado solo en 497 kg por el estimado del tratamiento 6.

## Conclusiones

Para la variedad de caña **CC 01 19-40** no es posible sustituir totalmente con BPC la fertilización convencional basada en fertilizantes nitrogenados y fosforados.

Para la variedad de caña **CC-85-92** algunas combinaciones con BPC y fertilización convencional basada en fertilizantes nitrogenados y fosforados, pueden mantener o incluso incrementar su rendimiento.

Las variedades de *Saccharum officinarum* no responden igual a la simbiosis con BPC. Este estudio indica que la variedad **CC 85-92** puede tener una mayor respuesta a la inoculación con BPC que la variedad **CC 01 19-40**.

**Tabla 6.** Rendimiento inferido por hectárea para las variedades CC-01-19-40 y CC-85-92.

Variedad CC-01-19-40		Variedad CC-85-92	
Tratamiento	kg ha <sup>-1</sup>	Tratamiento	kg ha <sup>-1</sup>
7	250 365	4	116 450
3	231 510	6	117 550
2	231 460	3	115 750
6	219 875	7	115 000
4	206 930	5	113 350
5	206 200	2	108 750
1	180 075	1	103 900

## Referencias Bibliográficas

---

- Alarcón, A.; Ferrera Cerrato, R.; González Chávez, M. C. y Villegas Monter, A. (2000). Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv. Fern obtenidas por cultivo in vitro. *Terra Latinoamericana*, 18 (3), 211-218.
- Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia —Asocaña—. (2008). *El sector azucarero colombiano en la actualidad*. Recuperado el 22 de julio de 2013, de: <http://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia-Asocaña. (2008). *Informe anual 2008-2009*. Cali, Colombia.
- Boddey, M., De Oliveira, O. C., Urquiaga, S., Reis, V. M., De Olivares, F. L., Baldani, V. L. D. y Döbereiner, J. (1991). Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. *Plant and soil*, 137, 111-117.
- Castilla, L. A.; Moller, E.A.; Barona, G.A y Hernández, L. (2006). Avances en la respuesta del cultivo de caña de azúcar, a la biofertilización con bacterias fijadoras de nitrógeno y hongo solubilizador de fosforo, Riopaila-Castilla S. A. Valle del Cauca Colombia. 1-2. Recuperado de <http://www.biocultivos.com.co/dctos/biofertilizacion-con-bacterias-fijadoras-de-nitrogeno-y-hongo-solubilizador-de-fosforo.pdf>
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia-Cenicaña. (2006). *Guía para el control de calidad de las labores del cultivo de la caña de azúcar*. Palmira, Colombia.
- Chanway, C.P. (1997). Inoculation of tree roots with plant growthpromoting soil bacteria: An emerging technology for reforestation. *For Sci.*, 43, 99-112.
- Chanway, C.P., R.K. Hynes y L.M. Nelson. (1989). Plant growthpromoting rhizobacteria: Effects on growth and nitrogen fixation of lentil (*Lens esculenta* Moench.) and pea (*Pisum sativum* L.). *Soil Biol. Biochem.*, 21, 511-517.
- Dobereiner, J. (1971). Non symbiotic nitrogen fixing bacteria in tropical soils. *Plant and soil*. Special volume, 457- 470.
-

- 
- Dodd, J.C, I. Arias, I. Koomen y D.S. Hayman. (1990). The management of populations of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem, *Plant and Soil*, 122, 229-240.
- Hoffland, E., Bakker P. A. H. M. y Loon, V. L. C. (1997). Multiple disease protection by rhizobacteria that induce systemic resistance-reply. *Phytopathology*, 87 (2), 138.
- Lifshitz, R, J.W., Kloepper y Kozlowski, M. (1987). Growth promotion of canola (reseed) seedlings by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotics conditions. *Can. J. Microbiol*, 3, 390-395.
- Magdoff, F. R., Hryshko, C., Jokela, E., Duricux, R. P. y Bu, Y. (1999). Comparison of phosphorus soil test extractants for plant availability and environmental assessment. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 999-1006.
- Odum, E. P. y Barret, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5.<sup>a</sup> ed.). Belmont (California, EE. UU.): Thomson Books/cole.
- Padrón, L.; Torres, D.; Contreras, J.; López, M. y Colmenares, C. (2012). *Aislamiento de cepas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo de suelos del valle medio del río Yaracuy*. Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado. Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición mineral de plantas. Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay-Venezuela.
- Schroth, M. N. y Weinhold, A. R. (1986). Root-colonizing bacteria and plant health. *HortSci*, 21, 1295-1298.
- Steen, I. (1998). Phosphorus availability in the 21 century; management of a non-renewable resource. *Phosphorus and Potassium*, 217, 25-31.
- Zhang, F., Dashti, N., Hynes R. K. y Smith, D. L. (1996). Plant growth promoting rhizobacteria and soybean (*Glycine max* L. Merr.) nodulation and nitrogen fixation at suboptimal root zone temperatures. *Annals of Botany*, 77 (5), 453-459.
-