



# Respuesta del maíz (*Zea mays L*) a la inoculación con *Azotobacter* sp y *Burkholderia* sp a dosis reducida de fertilizante nitrogenado

Maize responds to *Azotobacter* sp and *Burkholderia* sp inoculation at reduced dose of nitrogen fertilizer

Juan Manuel Sánchez-Yáñez<sup>1,\*</sup>, Irma Yatziri López Ayala<sup>1</sup>, Javier Villegas Moreno<sup>2</sup>, Noé Manuel Montaña Arias<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Microbiología Ambiental, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Ed-B3 C.U., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Mujica S/N, Col. Felicitas del Río C.P. 58000, Morelia, Mich., México.

<sup>2</sup> Microorganismo-suelo-planta. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Ed-B3 C.U., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Mujica S/N, Col. Felicitas del Río C.P. 58000, Morelia, Mich., México.

<sup>3</sup> Departamento de Biología (Botánica), División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México. DF, México.

Recibido 17 noviembre 2013. Aceptado 18 marzo 2014.

## Resumen

La respuesta positiva del maíz a la inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) como los géneros bacterianos: *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. endofita es una alternativa para la reducción y optimización de la dosis del fertilizante nitrogenado (FN) como el nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), recomendado para esta gramínea, sin afectar negativamente su crecimiento. El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. a la dosis 50% del FN. El experimento se realizó bajo un diseño experimental de bloques al azar, mediante las variables respuesta para analizar el efecto de BPCV en el maíz: porcentaje de germinación (%); la fenotipia aérea y radical; y la biomasa: peso fresco aéreo (PFA) y radical (PFR); el peso seco aéreo (PSA) y radical (PSR). Los resultados indicaron un efecto positivo de ambos géneros de BPCV en el maíz desde su germinación, a nivel de plántula y en floración. En el maíz coinoculado se registró un PSR de 7,03 g, valor estadísticamente significativo comparado con los 2,60 g de PSR del maíz sin inocular, alimentado con la dosis de FN recomendado, empleado como control relativo. Lo anterior sugiere una interacción sinérgica de *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. en la síntesis de sustancias promotoras de crecimiento vegetal (SPCV) en maíz para optimizar la dosis reducida del FN y permitir su sano crecimiento.

**Palabras clave:** colonización, rizósfera, absorción radical.

## Abstract

The positive maize response to inoculation with plant growth promoting bacteria (PGPB) as *Azotobacter* sp and *Burkholderia* sp an endophytic type, are an alternative to reduced and optimize nitrogen fertilizer (NF) dose, recommended for this plant, without adversely affect its growth. The aim of this study was to analyze maize respond to inoculation with *Azotobacter* sp and *Burkholderia* sp at the dose 50% of FN. Used an experimental design of randomized blocks. By response variables: percent germination (%), the shoot and root phenology: plant height (PH), root length (RL) and biomass: shoot fresh weight (SFW) and root fresh weight (RFW), the shoot dry weight (SDW) and root dry weight (RDW). The results indicated a positive maize respond to PGPB inoculation at germination, seedling and flowering level, reached a RDW of 7.03 g, statistically significant value compared with 2.60 g of RDW non inoculated maize feed with NF dose recommended regard as relative control (RC). This suggests a synergistic interaction among these PGPB in synthesis of plant growth promoting substances (PGPS) on maize, to optimize the reduced NF dose.

**Keywords:** colonization, rhizosphere effect, root absorption.

\* Autor para correspondencia

E-mail: [syanez@umich.mx](mailto:syanez@umich.mx) (J. Sánchez-Yáñez)

## 1. Introducción

El *Zea mays* L “maíz” es el cereal más importante después del *Triticum aestivum* “trigo” en el comercio mundial. En México el maíz es materia prima para consumo humano, industrial y forraje para animales. Este cereal demanda fertilizante nitrogenado (FN), cuya aplicación en exceso causa la pérdida de productividad del suelo y contaminación ambiental; una alternativa para evitar la hiperfertilización del FN en el maíz, es la inoculación de sus semillas con géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) del tipo: *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. endofita (Aguirre-Medina *et al.*, 2009; García-Reyna *et al.*, 2000), que optimizan la dosis reducida del FN, sin afectar negativamente su crecimiento (Armenta *et al.*, 2010). Mientras que Mora y Toro (2007) reportaron la respuesta positiva del maíz a *Burkholderia cepacia* endófito para optimizar el FN aplicado a dosis reducida al 50%, con un efecto positivo en su crecimiento. Aguirre-Medina *et al.* (2009) demostraron la acción benéfica de la inoculación individual y en mezcla de *B. phytofirman* y *Pseudomonas putida* en maíz, al mejorar su funcionamiento radical en la absorción del FN. Al igual que Hernández-Rodríguez *et al.* (2010), que investigaron que *B. cepacia* colonizo el tejido vegetal radical del maíz e indujo un crecimiento saludable. En ese sentido Piromyou *et al.* (2011) probaron que *Azotobacter* sp. al invadir externamente la raíz del maíz, lo favoreció con la síntesis de sustancias promotoras de crecimiento vegetal (SPCV).

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. endofita a dosis reducida al 50% del FN.

## 2. Material y métodos

El experimento se realizó en un suelo latéritico sódico pobre en materia orgánica

y Nitrógeno (N) mineral, que se solarizo (García-Reyna *et al.*, 2001). La semilla de maíz se inoculó como se describe en García-González *et al.*, 2005, con los géneros de BPCV que se aislaron de *Leucena* sp. e identificaron como *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. ambas pertenecientes a la colección del laboratorio de Microbiología Ambiental del IIQB-UMSNH, Morelia, Mich, México (Sánchez-Yáñez, 2007). La semilla de maíz se inoculó con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. en jarra de Leonard y ahí se alimentaron con el FN en forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (nitrato de amonio) (García-Reyna *et al.*, 2000). En la tabla 1, se muestra el diseño experimental empleado para analizar la respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. a dosis reducida del 50% del FN con las variables respuesta: porcentaje (%) de germinación de la semilla, mientras que a nivel plántula y en floración; la fenotípica: la altura de planta (AP), la longitud de raíz (LR); y para la biomasa: el peso fresco aéreo (PFA) y radical (PFR), luego ambas partes del maíz se secaron en horno a 40°C/48 h y se obtuvo el peso seco de la parte aérea (PSA) y radical (PSR). La validación de los datos experimentales se realizó por Tukey (García *et al.*, 2001).

## 3. Resultados y discusión

En la tabla 2 se muestra el % de germinación de la semilla de maíz, 11 días después de la siembra, la semilla inoculada con *Burkholderia* sp. endófito alcanzó un 95% de emergencia, mientras que la semilla de maíz tratada con éste género de BPCV y *Azotobacter* sp. fue de 95% a la dosis 50% de FN, estos valores fueron estadísticamente significativos superiores comparados con el 85% de la germinación del maíz sin inocular a la dosis 100% del FN (CR).

**Tabla 1**

Diseño experimental para medir la respuesta de maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp y *Burkholderia* sp. endofita a dosis reducida de fertilizante nitrogenado

Tratamiento/maíz	<i>Azotobacter</i> sp.	<i>Burkholderia</i> sp.	Fertilizante nitrogenado (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )
1 Control absoluto	-	-	-
2 Control relativo	-	-	100% (10g/L)
3	-	+	50% (5g/L)
4	-	+	“
5	+	-	“
6	+	-	“
7	+	+	“
8	+	+	“

\* + = aplicado, - = No aplicado.

Lo anterior sugiere que tanto *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. convirtieron los exudados de la espermosfera de la semilla del maíz en SPCV, para terminar con la latencia del embrión y acelerar su velocidad de germinación (Arellano *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2011), al igual que el maíz que germinó en un 90% tratado individualmente con *Azotobacter* sp. lo que de acuerdo con la literatura, sugiere que existen compuestos orgánicos del tipo aminoácidos como el triptófano que la semilla de la gramínea exuda y que ambos géneros de BPCV transformaron en SPCV (García-Reyna *et al.*, 2001; García-González *et al.*, 2005; Wong-Villareal y Caballero-Mellado, 2010), lo que indujo un porcentaje de germinación superior al del maíz tratado solo con el FN al 100% usado como CR.

**Tabla 2**

Respuesta de la semilla de maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp y la mezcla de ambas en su germinación, 11 días después de la siembra

Tratamiento/maíz	Germinación (%)
Agua (control absoluto)	75 <sup>d*</sup>
Fertilizante nitrogenado 100% (control relativo)	85 <sup>c</sup>
<i>Azotobacter</i> sp	90 <sup>b</sup>
<i>Burkholderia</i> sp	95 <sup>a</sup>
<i>Azotobacter</i> sp y <i>Burkholderia</i> sp	95 <sup>a</sup>

\*Valores con letras distintas con diferencia estadística (p<0,05) según Tukey.

En la tabla 3 se muestra la respuesta positiva del maíz a los 32 días después de la siembra, inoculado con *Azotobacter* sp. que causó un PSA de 2,03 g, ya que este género de BPCV tiene capacidad de reconocer y convertir algunos exudados radicales del maíz en SPCV, para una rápida y mejor absorción del FN reducido al 50% (Reyes y Valery, 2007)

En tanto que la gramínea inoculada con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. registro 2,56 g de PSA, dado que sus SPCV aceleran y aumentan la capacidad de la raíz para absorber el FN reducido al 50% y otros minerales del suelo y ello le permite al maíz crecer rápido y sanamente (Armenta *et al.*, 2010; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2011).

**Tabla 3**

A plántula respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. en su biomasa 32 días después de la siembra

Tratamientos/maíz	Peso seco (g)	
	Aéreo	Radical
Agua (control absoluto)	0,84 <sup>b*</sup>	0,53 <sup>d</sup>
Fertilizante nitrogenado 100% (control relativo)	0,84 <sup>b</sup>	0,60 <sup>c</sup>
<i>Azotobacter</i> sp.	2,03 <sup>a</sup>	0,59 <sup>c</sup>
<i>Burkholderia</i> sp	0,98 <sup>b</sup>	0,63 <sup>b</sup>
<i>Azotobacter</i> sp. y <i>Burkholderia</i> sp.	2,56 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>

\*Valores con diferentes letras con diferencia estadística (p<0,05) según Tukey.

En ambos casos estos valores fueron estadísticamente diferentes y significativos comparados con los del maíz con 0,84 g de PSA sin inocular, usado como CR e igual al valor del PSA del maíz inoculado solo con *Burkholderia* sp. con 0,98 g; lo que sugiere que los dos géneros de BPCV transformaron los exudados radicales del maíz en SPCV (Armenta *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2011), con lo que hubo una mejora en la absorción del FN a pesar de reducirlo al 50% (Mora y Toro, 2007) y así un incremento en su PFA (Aguirre-Medina *et al.*, 2009; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010; Piromyou *et al.*, 2011). Lo que también se registró cuando el maíz se inoculó solo con alguno de los dos géneros de BPCV indicados; en cuyo caso los valores del PSA fueron estadísticamente diferentes y significativos comparados con el maíz sin inocular, tratado solo con el FN al 100% del CR. Mientras que el maíz inoculado con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. a la dosis de FN al 50%, registro un PSR de 0,80 g, lo que sugiere que *Azotobacter* sp y *Burkholderia* sp a nivel de la raíz del maíz, convirtieron sus exudados en SPCV, para una mayor formación de raíces secundarias que optimizaron la dosis reducida al 50% del FN (Arellano *et al.*, 2008; Armenta *et al.*, 2010; Piromyou *et al.*, 2011) en consecuencia hubo un incremento en la longitud y número de raíces secundarias de la gramínea (Wong-Villareal y Caballero-Mellado, 2010), al igual que el maíz tratado, solo con alguno de los dos géneros de BPCV y cuyos valores de PSR en ese maíz fueron estadísticamente diferentes y significativos, en especial el maíz tratado con *Burkholderia* sp. con 0,63 g; comparado con el valor del PSR del maíz con 0,60 g y de su homólogo sin inocular alimentado con el FN al 100% usado como CR, igual al valor de 0,59 g del PSR del maíz tratado únicamente con *Azotobacter* sp. lo que evidentemente mostró que este género de BPCV aumento la actividad radical para mejorar y optimizar la absorción radical del FN

reducido al 50% (Aguirre-Medina *et al.*, 2009; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010). En la tabla 4, a floración se muestra la respuesta positiva del maíz a 62 días después de la siembra, inoculado con *Burkholderia* sp. en su altura de planta (AP) con 113,32 cm, mientras que el maíz tratado con ambas fue de 114,37 cm, lo que sugiere que estos géneros de BPCV transformaron los exudados radicales del maíz en SPCV, las que indujeron un incremento del crecimiento de su tallo (Armenta *et al.*, 2010; Camelo *et al.*, 2011), al igual que lo observado cuando el maíz fue inoculado con uno de los dos géneros de BPCV; este valor fue estadísticamente diferente y significativo comparado con los 99,87 cm de la AP del maíz tratado solo con *Azotobacter* sp. ello sugiere que este género bacteriano transformó exudados de raíz en SPCV (Arellano *et al.*, 2008; Piromyou *et al.*, 2011) comparado con el valor de la AP del maíz con 95,25 cm de su homólogo sin inocular con el FN al 100% empleado como CR.

**Tabla 4**

A floración respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp y *Burkholderia* sp. y con ambas en su fenotípica 62 días después de la siembra

Tratamiento/maíz	Altura de planta (cm)	Longitud radical (cm)
Agua (control absoluto)	92,20 <sup>d*</sup>	35,85 <sup>e</sup>
Fertilizante nitrogenado 100% (control relativo)	95,25 <sup>c</sup>	40,75 <sup>d</sup>
<i>Azotobacter</i> sp	99,87 <sup>b</sup>	50,47 <sup>c</sup>
<i>Burkholderia</i> sp	113,32 <sup>a</sup>	56,97 <sup>b</sup>
<i>Azotobacter</i> sp y <i>Burkholderia</i> sp	114,37 <sup>a</sup>	60,01 <sup>a</sup>

\*Valores con diferentes letras con diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) según Tukey.

En tanto que el maíz tratado con los dos géneros de BPCV registro 60,01 cm de LR, y la misma gramínea inoculada solo con *Burkholderia* sp. alcanzó 56,97 cm de

LR; mientras que el maíz inoculado solo con *Azotobacter* sp. registró 50,47 cm de LR, lo anterior indica que este género de BPCV, puede mediante la conversión de exudados radicales del maíz, inducir la formación de un mayor número pelos radicales en la zona de su meristemo, mientras que a la vez *Burkholderia* sp. endófito convirtió exudados de maíz en SPCV pero en el interior de las raíces del maíz (Armenta *et al.*, 2010; Camelo *et al.*, 2011). La respuesta positiva del maíz a los dos géneros de BPCV de manera individual y en combinación fue estadísticamente diferente y significativa en comparación con el maíz sin inocular con 40,75 cm de LR con el FN al 100% utilizado como CR, lo cual muestra que en efecto una adecuada selección de géneros de BPCV; puede ser una herramienta valiosa para conservar la fertilidad del suelo en el cultivo del maíz, sin riesgo de contaminar agua superficial y subterránea por el exceso de FN aplicado (Aguirre-Medina *et al.*, 2009).

En la tabla 5, a floración se muestra la respuesta positiva del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. en su PFA con 47,28 g, a la dosis al 50% del FN, lo anterior sugiere que ambas BPCV contribuyeron a nivel de la raíz a la síntesis de SPCV, para mejorar su capacidad de absorción radical del FN, lo que en consecuencia causó el incremento en su PFA (Reyes y Valery, 2007; Wong-Villareal y Caballero-Melado, 2010). Este valor y los registrados en el maíz tratado con *Azotobacter* sp. o *Burkholderia* sp. fueron estadísticamente distintos y significativos comparados con los 34,69 g de PFA del maíz usado como CR sin inocular, alimentado con el FN al 100%, mientras que el maíz inoculado con ambos géneros de BPCV registro un PFR de 28,78 g, lo que sugiere que *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. estimularon una mayor formación de raíces secundarias, y ello optimizó la absorción del FN reducido al 50% (Reyes y Valery, 2007; Camelo *et al.*, 2011; Escobar *et al.*, 2011), este valor y el

observado cuando el maíz se trató solo con *Azotobacter* sp. o *Burkholderia* sp. fueron estadísticamente diferentes y significativos comparados con el maíz con 17,66 g de PFR sin inocular, alimentado con el 100% del FN empleado como CR.

**Tabla 5**

A floración respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. y con ambas en su biomasa 62 días después de la siembra

Tratamiento/Maíz	Peso fresco (g)	
	Aéreo	Radical
Agua (control absoluto)	29,48 <sup>d*</sup>	12,61 <sup>c</sup>
Fertilizante nitrogenado (control relativo)	34,69 <sup>c</sup>	17,66 <sup>d</sup>
<i>Azotobacter</i> sp	41,30 <sup>b</sup>	21,28 <sup>c</sup>
<i>Burkholderia</i> sp	42,93 <sup>b</sup>	21,56 <sup>b</sup>
<i>Azotobacter</i> sp y <i>Burkholderia</i> sp	47,28 <sup>a</sup>	28,78 <sup>a*</sup>

\*Valores con diferentes letras con diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) según Tukey.

En la tabla 6, a floración se muestra la respuesta del maíz a la inoculación mixta en su PSA con 10,35 g, mientras su homólogo tratado solo con *Burkholderia* sp. alcanzó 9,99 g de PSA y el maíz inoculado únicamente con *Azotobacter* sp. alcanzó un PSA de 8,54 g, lo que indica que estas BPCV individualmente y en combinación transformaron los exudados de la raíz del maíz en SPCV; y así optimizaron la absorción del FN, con el consecuente aumento en su biomasa (Wong-Villareal y Caballero-Melado, 2010; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010), en ambos casos estos valores fueron estadísticamente diferentes y significativos comparados con el maíz con un PSA de 6,28 g sin inocular con el FN al 100% usado como CR. El maíz tratado con los dos géneros de BPCV alcanzó un PSR de 7,03 g, lo que indica que *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. transformaron los exudados radicales del maíz en SPCV complementarias, por lo que derivado de esta acción conjunta, hubo una mayor

proliferación de pelos radicales para la optimización del FN reducido al 50% (García-Reyna *et al.*, 2000; García-González *et al.*, 2005); mientras que lo registrado cuando el maíz fue tratado solo con alguno de los dos géneros de BPCV, los valores del PSR fueron estadísticamente diferentes y significativos en especial con *Burkholderia* sp. con 6,00 g de PSR y en el maíz inoculado solo con *Azotobacter* sp. con 5,78 g de PSR, ya que estos valores fueron estadísticamente distintos y significativos comparados con los 2,60 g PSR del maíz sin inocular, alimentado con el FN al 100% usado como CR.

**Tabla 6**

A floración respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp y *Burkholderia* sp y la mezcla de ambas en su biomasa a 62 días después de la siembra

Tratamiento/maíz	Peso seco (g)	
	Aéreo	Radical
Agua (control absoluto)	4,67 <sup>*c</sup>	2,29 <sup>e</sup>
Fertilizante nitrogenado (control relativo)	6,28 <sup>d</sup>	2,60 <sup>d</sup>
<i>Azotobacter</i> sp	8,54 <sup>c</sup>	5,78 <sup>c</sup>
<i>Burkholderia</i> sp	9,99 <sup>b</sup>	6,00 <sup>b</sup>
<i>Azotobacter</i> sp y <i>Burkholderia</i> sp	10,35 <sup>a</sup>	7,03 <sup>a</sup>

\*Valores con diferentes letras con diferencia estadística (p<0,05) según Tukey.

Lo anterior sugiere que *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. fueron benéficas para el maíz por una interacción sinérgica entre ambos géneros en favor de su sano crecimiento, incluso mejor que el maíz sin inocular y alimentado con dosis del FN del 100% (Camelo *et al.*, 2011).

#### 4. Conclusiones

En la producción de maíz el empleo de géneros de BPCV como: *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. permite reducir y optimizar la dosis de FN sin afectar su sano crecimiento, a la vez de mantener la fertilidad del suelo y no causar contaminación de agua superficial o

subterránea, al evitar el exceso de FN. La respuesta positiva del maíz a la inoculación con ambos géneros de BPCV, se debió a la acción que tienen para sintetizar SPCV de tipo complementario, lo que mejoró la capacidad de absorción radical del maíz por el FN, en especial por *Burkholderia* sp. que colonizó el interior de la raíz y de esa forma aseguro la optimización del FN a pesar de reducirlo al 50%.

#### 5. Agradecimientos

Al proyecto 2.7 (2014) de la CIC de la UMSNH, Morelia, Mich., México. Al COECYT, Michoacán, México.

#### 6. Referencias bibliográficas

- Aguirre-Medina, J.F.; Irizar, G.M.B.; Duran, P.A.; Grageda, C.O.A.; Peña Del Rio, M.A.; Loreda, O.C.I.; Gutierrez, B.A. 2009. Los biofertilizantes microbianos alternativa para la agricultura en México, INIFAP-SAGARPA Folleto Técnico No 5. Tuxtla, Chiapas, México.
- Arellano, Y.; García, E.; Vázquez-Ramos, J.M. 2008. Auxin-stimulation of DNA synthesis and cell cycle proteins during maize germination. *Agrociencia* 42: 637-644.
- Armenta, A.D.; García, C.; Camacho, J.R.; Apodaca, M.A.; Montoya, L.G.; Nava, E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Revista Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* 6: 51-56.
- Camelo, M.; Vera, S.P.; Bonilla, R.R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12: 159-166.
- Escobar, C.; Horna, Y.; Carreño, C.; Mendoza, G. 2011. Caracterización de cepas nativas de *Azotobacter* spp. y su efecto en el desarrollo de *Lycopersicon esculentum* Mill. "Tomate" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria* 2: 39-49.
- García-Reyna, M.J.; Plata, G.D.; Cárdenas, N.R.; Fariás, R.R.; Sánchez-Yáñez, J.M. 2001. Isolation and effect of inoculation of maize with endophytic bacteria of teocintle. Meeting III on Rhizosphere, Dijon, France.
- García-Reyna, M.J.; Caballero, M.J.; Cárdenas, N.R.; Fariás, R.R.; Sánchez-Yáñez, J.M. 2000. Aislamiento y densidad de bacterias endofitas de teocintle. XXV. Congreso Nacional de Microbiología, Mérida, Yucatán, México.
- García-González, M.M.; Fariás-Rodríguez, R.; Peña-Cabriales, J.J.; Sánchez-Yáñez, J.M. 2005. Inoculación del trigo var. Pavón con *Azospirillum* spp. y *Azotobacter beijerinckii*. *Terra* 23: 65-72.
- García, J.A.; Castillo, A.; Ramírez, M.E.; Rendón, G.; Larqué, M.U. 2001. Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, HSU y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia* 35: 79-86.

- Hernández-Rodríguez, A.; Heydrich-Pérez, M.; Diallo, B.; Jaziri, M.E.; Vandeputte, O.M. 2010. Cell-free culture medium of *Burkholderia cepacia* improves seed germination and seedling growth in maize (*Zea mays*) and rice (*Oryza sativa*). *Plant Growth Regulation* 60: 191–197.
- Martínez, E.; Beltrán, E.; López, J. 2011. La arquitectura radicular del maíz (*Zea mays L.*). *Ciencia Nicolaita* 53: 48-60.
- Mora, E.; Toro, M. 2007. Estimulación del crecimiento vegetal por *Burkholderia cepacia*, una cepa nativa de suelos ácidos de sabanas venezolanas. *Revista Agronomía Tropical* 57: 123-128.
- Piromyong, P.; Buranabanyat, B.; Tantasawat, P.; Tittabutr, P.; Boonkerd, N.; Teaumroong, N. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. *European Journal of Soil Biology* 47: 44-54.
- Reyes, I.; Valery, A. 2007. Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays L.*) con *Azotobacter* spp. *Bioagro* 19: 117-126.
- Sánchez-Yáñez, J.M. 2007. Breve Tratado de Microbiología Agrícola Teoría y Práctica. COSUSTENTA, SA de CV, CIDEM, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas/Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, ISBN 978-970-95424-1-7, Morelia, Mich. México. pp. 130-133, 136-138, 153-155.
- Wong-Villareal, A.; Caballero-Mellado, J. 2010. Rapid identification of nitrogen fixing and legume nodulating *Burkholderia* species based on PCR 16S RNA species-specific oligonucleotides. *Systematic and Applied Microbiology* 33: 35-43.