



**Universidad Michoacana de San  
Nicolás de Hidalgo**



**Facultad de Químico Farmacobiología**

***Stenocereus queretaroensis* una fuente de bacterias promotoras de  
crecimiento vegetal endófitas para *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays***

**Tesis**

Que presenta :  
**Guidier Marto Domínguez**

Para obtener el título de:  
**Químico Farmacobiólogo**

Director de tesis:  
**D.C. Juan Manuel Sánchez Yáñez**  
Laboratorio de Microbiología Ambiental  
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas

Morelia, Michoacán

Abril de 2018

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Microbiología Ambiental del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo bajo la dirección del D.C. Juan Manuel Sánchez-Yáñez.



UNIVERSIDAD MICHUACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*

**Instituto de Investigaciones Químico Biológicas**  
**Laboratorio de Microbiología Ambiental**

Agradecimiento al proyecto 2.7 (2018) de la CIC-UMSNH “Aislamiento y selección de microorganismos promotores de crecimiento vegetal de desierto y bosque” y a BIONUTRA S.A de C.V. Maravatío, Mich, México, por apoyar esta investigación.



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*



## Índice

Índice .....	4
Acrónimos .....	6
Summary .....	7
Resumen .....	8
Introducción.....	9
Antecedentes .....	10
<b>Investigaciones sobre géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas aisladas de plantas silvestres con potencial de inoculación en semillas de cultivos agrícolas domésticos para disminuir y optimizar la dosis de FENI hasta 50 %</b> .....	11
Hipótesis:.....	12
Objetivos: .....	12
1. Materiales y Métodos .....	13
1.1 Aislamiento de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas a partir de <i>Stenocereus queretaroensis</i> .....	14
1.2 Preparación del suelo para las jarras de Leonard: Solarización del suelo .....	15
1.3 Ensayo en el invernadero con jarras de Leonard.....	15
1.4 Variables respuesta del análisis el efecto de la inoculación de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> y <i>Burkholderia vietnamiensis</i> en <i>Phaseolus vulgaris</i> y <i>Zea mays</i> a dosis 50 % del fertilizante nitrogenado .....	18
1.5 Análisis estadístico de resultados .....	19
1.6 Recuperación de los géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas inoculadas en <i>Zea mays</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i> .....	19
2. Resultados y discusión .....	20
2.1 Efecto de la inoculación de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> , <i>Burkholderia vietnamiensis</i> y la mezcla de ambas en la germinación de <i>Phaseolus vulgaris</i> y <i>Zea mays</i> a la dosis 50% del fertilizante nitrogenado .....	20
2.2 Efecto de la inoculación de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> , <i>Burkholderia vietnamiensis</i> y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de <i>Phaseolus vulgaris</i> a plántula a la dosis de 50 % de NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .....	21
2.3 Efecto de la inoculación de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> , <i>Burkholderia vietnamiensis</i> y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa en <i>Zea mays</i> a plántula a la dosis de 50 % de NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .....	23

<b>2.4 Efecto de la inoculación de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> y <i>Burkholderia vietnamiensis</i> y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de <i>Phaseolus vulgaris</i> a floración a la dosis 50 % de <math>\text{NH}_4\text{NO}_3</math> .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 Efecto de la inoculación de <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> y <i>Burkholderia vietnamiensis</i> y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de <i>Zea mays</i> a floración a la dosis 50 % de <math>\text{NH}_4\text{NO}_3</math>.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6 Identificación bioquímica de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas aisladas de <i>Stenocereus queretaroensis</i> .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7 Recuperación de los géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas en <i>P. vulgaris</i> y <i>Zea mays</i> .....</b>	<b>31</b>
<b>3. Conclusión.....</b>	<b>32</b>
<b>4. Referencias.....</b>	<b>33</b>

## Acrónimos

<b>Acrónimo</b>	<b>Significado</b>
<b>AP</b>	Altura de planta
<b>BAPOCEVE</b>	Bacterias promotoras de crecimiento vegetal
<b>SUPOCEVE</b>	Sustancias promotoras de crecimiento vegetal
<b>Coinoculación</b>	CO
<b>CA</b>	Control absoluto
<b>CR</b>	Control relativo
<b>FENI</b>	Fertilizante nitrogenado
<b>LR</b>	Longitud radicular
<b>PFA</b>	Peso fresco aéreo
<b>PFR</b>	Peso fresco radicular
<b>PSA</b>	Peso seco aéreo
<b>PSR</b>	Peso seco radicular

## Summary

*S. queretaroensis* as a source of endogenous plant growth promoters bacteria (BAPOCEVE) represents an alternative to reduce and optimize the dose of nitrogen fertilizer (FENI) up to 50%. The aims of this thesis were: a) isolate of *S. queretaroensis* BAPOCEVE b) analyze the effect of BAPOCEVE in *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays* at the 50% dose of FENI c) identification of the BAPOCEVE. Vegetable parts of *S. queretaroensis* isolated BAPOCEVE. In greenhouse the inoculation effect of the BAPOCEVE in *P. vulgaris* and *Z. mays* was analyzed to 50% of FENI: the variables of response were 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), to seedlings and flowering. Biochemical tests for identification were performed for each isolated. The results with a positive effect to the inoculation of the BAPOCEVE. In the *P. vulgaris* biomass registered 1.88 g of RDW and 96.0 cm of PH with CO, whereas 1.79 g of RDW and 102.66 cm of PH in *P. vulgaris* inoculated with *G. diazotrophicus* and 0.97 g of RDW and 88.66 cm of PH in *P. vulgaris* with *B. vietnamiensis*, numerical values statistically different from 0.69 g of RDW and 80.0 cm of PH in *P. vulgaris* to 100% of FENI; while 1.23 g of RDW and 92.17 cm of PH in *Z. mays* with the CO; whereas 1.07 g of RDW and 90.93 cm of PH in *Z. mays* inoculated with *G. vietnamiensis* in relation to 0.91 g of RDW and 88.43 cm of PH in *Z. mays* treated with *B. vietnamiensis*, numerical values statistically different in the comparison with 3.32 g of PST and 74.41 cm of PH in *Z. mays* or CR, the above supports that both BAPOCEVE transformed photosynthesis compounds in plant growth promoters (SUPOCEVE), resulting in a greater proliferation of radical hairs, which increases the radical exploration capacity that improved and optimized the 50% FENI absorption. Finally, the biochemical identification of *S. queretaroensis* isolates indicates that it is *Gluconacetobacter diazotrophicus*, as well as *Burkholderia vietnamiensis*, in *P. vulgaris* and *Z. mays*.

**Keywords:** endófitos, cactáceas, fertilizante nitrogenado

## Resumen

*S. queretaroensis* como fuente de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas (BAPOCEVE) representa una alternativa para reducir y optimizar la dosis de fertilizante nitrogenado (FENI) hasta un 50 %. Los objetivos de esta tesis fueron: a) de *S. queretaroensis* aislar BAPOCEVE b) analizar el efecto de las BAPOCEVE en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis 50% de FENI c) identificar las BAPOCEVE. De partes vegetativas de *S. queretaroensis* se aislaron BAPOCEVE. En invernadero se analizó el efecto de inoculación de las BAPOCEVE en *P. vulgaris* y *Z. mays* a dosis 50% de FENI: las variables respuesta fueron, fenología: altura de planta (AP), longitud de raíz (LR) y biomasa: peso fresco aéreo y radical (PFA/PFR) peso seco aéreo y radical (PSA/PSR), a plántula y floración. Para cada aislado se realizaron pruebas bioquímicas para su identificación. Los resultados mostraron un efecto positivo a la inoculación de las BAPOCEVE. En la biomasa *P. vulgaris* registró 1.88 g de PSR y 96.0 cm de AP con la CO, mientras que 1.79 g de PSR y 102.66 cm de AP en *P. vulgaris* inoculado con *G. diazotrophicus* y 0.97 g de PSR y 88.66 cm de AP en *P. vulgaris* con *B. vietnamiensis*, valores numéricos estadísticamente diferentes a los 0.69 g de PSR y 80.0 cm de AP en *P. vulgaris* al 100 % de FENI; mientras que 1.23 g de PSR y 92.17 cm de AP en *Z. mays* con la CO; en tanto que 1.07 g de PSR y 90.93 cm de AP en *Z. mays* inoculado con *G. vietnamiensis* en relación con 0.91 g de PSR y 88.43 cm de AP en *Z. mays* tratado con *B. vietnamiensis*, valores numéricos estadísticamente diferentes en la comparación con los 3.32 g de PST y 74.41 cm de AP en *Z. mays* o CR, lo anterior apoya que ambas BAPOCEVE transformaron compuestos de la fotosíntesis en sustancias promotoras de crecimiento vegetal (SUPOCEVE), en consecuencia se indujo a una mayor proliferación de pelos radicales, que aumento la capacidad de exploración radical que mejoro y optimizó la absorción del FENI al 50%. Finalmente la identificación bioquímica de los aislados de *S. queretaroensis* indica que se trata de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, así como de *Burkholderia vietnamiensis*, en *P. vulgaris* y *Z. mays*.

**Palabras clave:** endófitos, cactáceas, fertilizante nitrogenado, Sustancias promotoras de crecimiento, Inoculación.

## Introducción

La cactácea *Stenocereus queretaroensis* (pitayo), está adaptada a factores físicos como: cambios drásticos de temperatura y estrés hídrico, químicos como escases de minerales de N (nitrógeno), P (fosforo) y K (potasio) y biológicos las que afectan a la planta como plagas y enfermedades (Joel, 1993) y que limitan su sano crecimiento (Pimienta-Barrios *et al.*, 2002 a), en la literatura la *S. queretaroensis*, información sobre los géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas (BAPOCEVE) es mínima: las que inoculados en cultivos agrícolas domésticos, permiten disminuir y optimizar la cantidad de fertilizante nitrogenado (FENI) aplicado como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (nitrato de amonio),  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  (UREA) hasta un 50 %, sin afectar el sano crecimiento (Chávez-Ambriz *et al.*, 2016). Normalmente se recomienda la inoculación de *Rizobium etli* en *Phaseolus vulgaris* y de *Azospirillum brasilense* y *A. lipoferum* *Zea mays*: a dosis 50 % de FENI (De-Bashan *et al.*, 2007), sin embargo en ocasiones los resultados no siempre son los esperados en fenología y biomasa de ambos cultivos agrícolas cuando se compara contra *P. vulgaris* y/o *Z. mays* alimentado con el 100 % FENI o control relativo (CR), por lo tanto se buscan otros géneros de BAPOCEVE diferentes a las bacterias promotoras de crecimiento vegetal rizosféricas para cultivos agrícolas domésticos; que sean aislados de plantas xerofitas del tipo *S. queretaroensis* (Pimienta *et al.*, 2004) y que inoculadas en *P. vulgaris* y/o *Z. mays* sean efectivas en la reducción y optimización de FENI reducido al 50% (Loza-Cornejo 2003). Con base a este principio, se aisló *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* de *S. queretaroensis* ambos BAPOCEVE de *Saccharum officinarum* o caña de azúcar (Döbereiner *et al.*, 1993; Dibut *et al.*, 2005), tanto *G. diazotrophicus* como *B. vietnamiensis*, viven como endófitos en el sistema de conducción vegetal sito en el en que el transforman compuestos

de la fotosíntesis en sustancias promotoras de crecimiento vegetal (SUPOCEVE) (Govindarajan *et al.*, 2006) que inducen la proliferación de pelos radicales para mejorar y aumentar la absorción de FENI especial cuando la dosis se reduce hasta un 50% de lo recomendado.

## Antecedentes

En la literatura, es escasa la información de BAPOCEVE aisladas de *S. queretaroensis* del tipo *B. vietnamiensis* y/o *G. diazotrophicus*, útiles para disminuir y optimizar la aplicación FENI hasta 50 %, sin afectar el sano crecimiento. Algunas evidencias se muestran a continuación:

Sánchez-Yáñez *et al.*, 2006, analizaron la microbiota de la cactácea *Opuntia* spp (nopal), que fija nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>). Los objetivos de esta investigación fueron: a) analizar las raíces de *Opuntia* spp., para explorar la actividad de reducción de acetileno (ARA) como medida indirecta de la fijación biológica de N<sub>2</sub>, b) aislar e identificar algunas de géneros y especies con ARA. Los resultados indicaron que el en el sistema radical de *Opuntia* spp. Con ARA positiva fue asociada a los siguientes géneros y especies por *Bacillus polymixa*, *Azotobacter* sp y *Azospirillum* sp géneros de bacterias promotoras del crecimiento vegetal de la rizosfera.

Chávez-Ambriz *et al.*, 2016, reportaron el aislamiento de BAPOCEVE en la rizosfera de las cactáceas: *Mammillaria magnimamma* y *Coryphantha radians*. Los objetivos fueron: aislar e identificar el género de bacterias asociadas a la rizosfera de ambas. Los resultados fueron: la identificación genética de *Bacillus sp* capaz de solubilizar de  $PO_4^{3-}$  (fosfatos) otra característica de los géneros promotores de crecimiento vegetal rizosféricos.

**Investigaciones sobre géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas aisladas de plantas silvestres con potencial de inoculación en semillas de cultivos agrícolas domésticos para disminuir y optimizar la dosis de FENI hasta 50 %**

Hernández-Escareño *et al.*, 2015, evaluaron el efecto de inoculación de *B. cepacia* aislada de *Z. mays sp mexicana* y *G. diazotrophicus* de *S. officinarum* en *Triticum aestivum*, mediante las variables respuesta: biomasa: peso seco total (PST) a plántula y floración. Los resultados mostraron que *B. cepacia* en *T. aestivum* causó un incremento en el PST con un 0.61 g valor numérico estadísticamente diferente comparado con los 0.53 g del PST *T. aestivum* o CR con el FENI al 100%, la coinoculación (CO) de *B. cepacia* y *G. diazotrophicus* en *T. aestivum* incrementó el PST con 4.23g valor numérico estadísticamente distinto comparado con los 1.13 g de PST de *T. aestivum* o CR. Lo anterior sugiere que *B. cepacia* y *G. diazotrophicus* transformaron los exudados semillas y raíces en SUPOCEVE para inducir la proliferación de pelos radicales que mejoraron y optimizaron el FENI al 50% sin afectar el sano crecimiento.

Márquez-Benavides *et al.*, 2015, evaluaron el efecto de inoculación de *B. cepacia* aislada de *Z. mays sp mexicana* en *Hordeum vulgare var Armida* (cebada) a la dosis 50 % de FENI. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de *B. cepacia* en *H. vulgare var Armida* a dosis

50 % de FENI. Mediante las variables respuesta fueron: biomasa: PST a plántula y floración. Los resultados indicaron que a plántula hubo 0.85g de PST en *H. vulgare var Armida* inoculado con *B. cepacia* a la dosis 50 % de FENI, valor numérico sin diferencia estadística en comparación con los 0.54g de PST de *H. vulgare var Armida* alimentado con el FENI al 100% sin inocular o CR a la floración; *B. cepacia* causo un efecto positivo en la biomasa al alcanzar 4.48 g de PST, valores numéricos con diferencia estadística en comparación a los 1.49 g de PST de la planta usada como CR. Lo anterior sugiere que *B. cepacia* mediante SUPOCEVE mejoro y optimizo el FENI al 50% sin afectar el sano crecimiento de *H. vulgare var Armida*.

### **Hipótesis:**

La cactácea *Stenocereus queretaroensis* es una fuente de BAPOCEVE útiles para la reducción y optimización de FENI hasta un 50 % en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays*

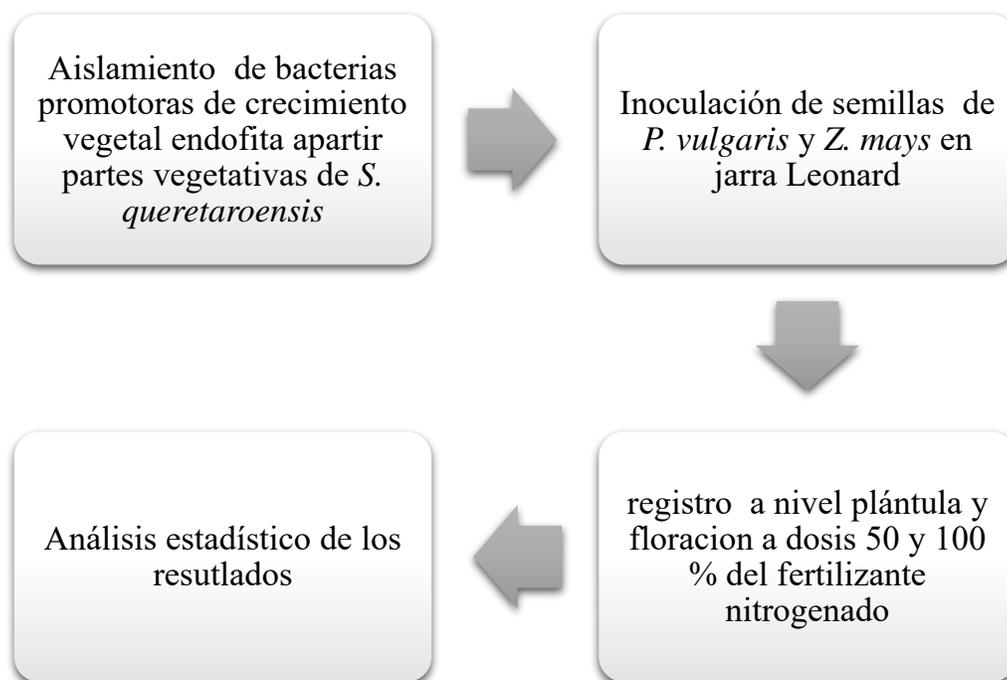
### **Objetivos:**

- ❖ De *Stenocereus queretaroensis* aislar bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas (BAPOCEVE)
- ❖ Analizar el efecto de esas BAPOCEVE y la mezcla de ambas en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis 50 % de fertilizante nitrogenado (FENI)
- ❖ Identificación bioquímica de las BAPOCEVE

## 1. Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en el laboratorio de Microbiología Ambiental del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. En la figura 1, muestra el aislamiento de las BAPOCEVE de *Stenocereus queretaroensis* inoculados en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis 50 % de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (nitrato de amonio)

**Figura 1. Aislamiento de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas de *Stenocereus queretaroensis* e inoculación en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis 50% de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .**



### **1.1 Aislamiento de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas a partir de *Stenocereus queretaroensis***

De la cactácea *S. queretaroensis* se tomó 5 cm de raíz y del tallo, las que enjuagaron con agua potable; se desinfectaron con alcohol al 70 %/2.5 minutos y con NaClO (hipoclorito de sodio) al 10 %/ 2.5 minutos; se cortó un trozo del tejido vegetal con tijeras en condiciones asépticas en campana, se maceraron en mortero con solución salina y detergente (SSD) al 0.85 % ; 1.0 ml del macerado se sembró en caldo *Pseudomonas cepacia* acida azaleico con y sin triptamina (PCAT) con la siguiente composición g/L: triptamina 0,2, ácido azaleico 2,0, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 4,0, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 4,0, extracto de levadura 0,02, MgSO<sub>4</sub> 0,2 y en caldo LGI con la siguiente composición g/L: sacarosa 100,0; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2,0; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2,0; NaCl 1.0; MgSO<sub>4</sub> 3,0; extracto de levadura 1,0; azul de bromotimol al 2.0 % (p/v) 10 mL/L (Cavalcante y Döbereiner, 1988) y 10 mL/L de la solución de oligoelementos (SOLI), con la siguiente composición (g/L): H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 2,86; ZnSO<sub>4</sub> 0,22; MnCl<sub>2</sub> 1,81; K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub> 0,09 (Sánchez-Yáñez *et al.*, 2014 a), el pH se ajustó a 6,0 con ácido acético al 2.0 % (v/v); ambos incubaron de 3-7 días entre 28-30 °C; del crecimiento de cada tubo PCAT y GLI incubar 32 °C/32 h; entonces se sembraron AGLI y buscaron colonias abombadas y brillantes redondas con un pigmento intracelular amarillo, mientras para AFACT se localizaron colonias redondas brillantes translucidas y por tinción bacilos cortos Gram negativos (Döbereiner *et al.*, 1993; Dibut *et al.*, 2005); (Sánchez-Yáñez *et al.*, 2014 b).

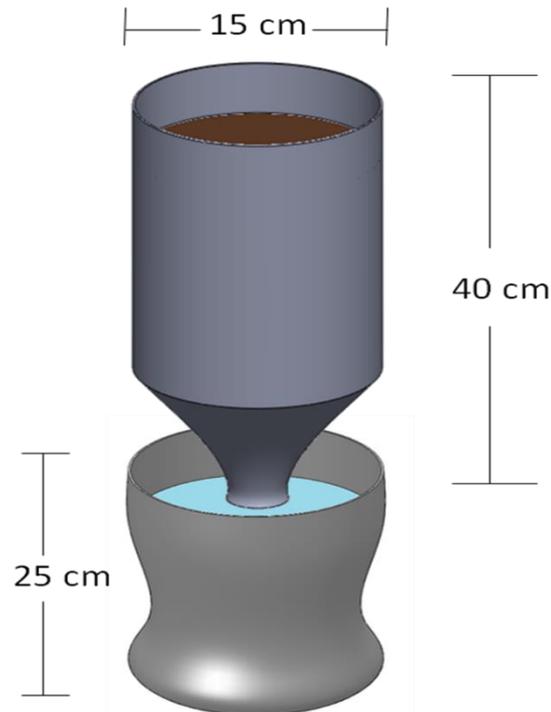
## **1.2 Preparación del suelo para las jarras de Leonard: Solarización del suelo**

Un suelo laterítico con las siguientes propiedades fisicoquímicas: pH 6.64; textura arcilla 40.56 %; arena 0.76 %; limos 37.8 %; porosidad 46.35 %; punto de saturación 46.95; capacidad de campo 30.08 %; humedad de campo 13.25: por ciento (%); materia orgánica 4.57 %; densidad aparente 1.08 cm<sup>3</sup>; densidad real 2.01 cm<sup>3</sup> y capacidad de intercambio de cationes 4.61 mg/100 g que se solarizó para ello se colocó sobre plástico oscuro y se tapó con otra igual, después de 24 h se regó con agua potable, se cubrió nuevamente a las 48 h para reducir plagas y enfermedades este suelo se usó para las jarras de Leonard (Sánchez-Yáñez *et al.*, 2014 a)

## **1.3 Ensayo en el invernadero con jarras de Leonard**

En un invernadero el efecto de inoculación de las BAPOCEVE en *P. vulgaris* y *Z. mays* se realizó bajo las siguientes microclimáticas en promedio fue una temperatura de 23.2 °C, luminosidad de 450  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y humedad relativa de 67 %. El ensayo se preparó en un sistema hidropónico de jarras de Leonard constituido, se tomó 1.0 kg de suelo, se colocó en el contenedor superior de la jarra de Leonard mostrado en la Figura 2, ahí se agregó el NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> o FENI, o agua en el reservorio de la parte inferior. Ambas partes se conectaron por una tira de algodón de 30.0 cm de largo, para movimiento de la solución mineral con el FENI o el agua por capilaridad al suelo en el contenedor superior. La solución mineral con el FENI tuvo la siguiente composición química g/L: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 12,0; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 3,0; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 3,5; MgSO<sub>4</sub> 1,5; CaCl<sub>2</sub> 0,1; FeSO<sub>4</sub> 0,5 mL y 1,5 g/L de solución de oligoelementos con la composición

química g/ L: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2,86 g; ZnSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O 0,22 g; MnCl<sub>2</sub> 7H<sub>2</sub>O 1,81 g; K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub> 0,09 g, el pH de la solución mineral se ajustó a 6.8 (García-González *et al.*, 2005)



Elaborado por: JYMR / JCRR

**Figura 2. Diagrama de la jarra de Leonard (García-González *et al.*, 2005).**

En un vaso de precipitado de 250 mL se colocaron las semillas de *P. vulgaris* y *Z. mays*, se desinfectaron con NaClO al 0.2 %/ 5 min, se lavaron con agua potable estéril/ 5 min; se lavaron 6 veces con agua potable estéril. En el cuadro 1 se indica el diseño experimental empleado para analizar la respuesta de a) *P. vulgaris* y *Z. mays* a *G. diazotrophicus* y/o *B. vietnamiensis* con EL FENI al 50 % b) *P. vulgaris* y *Z. mays* sin inocular con las BAPOCEVE o control relativo (CR) alimentado con la dosis al 100 % de FENI c) semillas de *P. vulgaris* Y *Z. mays* irrigado solo con agua control absoluto o (CA) (Hernández-Escareño *et al.*, 2015)

**Cuadro 1. Diseño experimental para analizar el efecto de la *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis reducida al 50% de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .**

*Tratamiento/suelo con <i>P. vulgaris</i> y/o <i>Z. mays</i>	FENI ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )		<i>G. diazotrophicus</i>	<i>B. vietnamiensis</i>
	50 %	100 %		
Control absoluto irrigado con agua	-	-	-	-
Control relativo alimentada con FENI 100 %	-	+	-	-
1	+	-	+	-
2	+	-	-	+
3	+	-	+	+

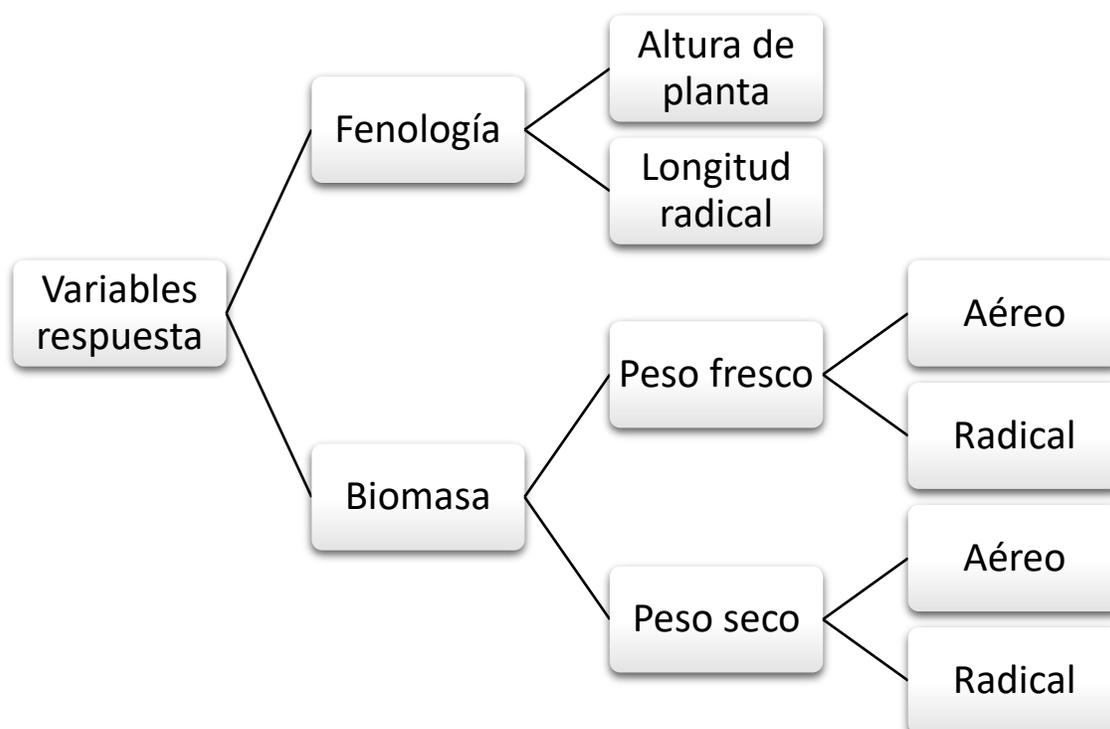
\*n=6, FENI = Fertilizante nitrogenado, (+) = se aplicó, (-) No se aplicó

En el solárium para cada 10 semillas de *P. vulgaris* o *Z. mays* se usó 1.0 mL de *G. diazotrophicus* y/o *B. vietnamiensis* cultivados respectivamente en ALGI/48h y APCAT/24h por 48h y 24h, 5 semillas de *P. vulgaris* y/o *Z. mays*, se sembraron en las jarras de Leonard de acuerdo al diseño experimental (García-González *et al.*, 2005). La Conservación de *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* de *S. queretaroensis*. Los aislados de *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* conservaron en viales de 3.0 mL con 3.0 g de suelo estéril de caldo CGLI Y PCAT después del tiempo de incubación con una micropipeta estéril se agregó 1.0 mL se guardaron en la colección microbiana del laboratorio de Microbiología Ambiental del Instituto de Investigaciones Químicas Biológicas de la UMSNH.

#### 1.4 Variables respuesta del análisis el efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis 50 % del fertilizante nitrogenado

En el solárium las variables respuesta empleadas fueron: El porcentaje (%) de germinación de *P. vulgaris* y *Z. mays* a los 11 días, después se realizó el aclareo de *P. vulgaris* y *Z. mays*, se dejaron dos plantas/jarras de Leonard y se llevaron a invernadero. A nivel de plántula a los 32 días después de la siembra y a floración después de los 62 días posteriormente a su siembra, se midió la fenología en *P. vulgaris* y *Z. mays*. De la biomasa se el peso fresco aérea (PFA) y radical (PFR) luego las plantas se secaron en horno a 40 °C/48 h Se determinó el peso seco aéreo (PSA) y peso seco radical (PSR) (Marquez-Benavides *et al.*, 2017)

**Figura 3. Variables respuesta para analizar el efecto de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas y la mezcla de ambas de *Stenocereus queretaroensis* en *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a dosis 50% de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .**



## 1.5 Análisis estadístico de resultados

El análisis estadístico de los datos experimentales del efecto de *G. diazotrophicus*, *B. vietnamiensis* y la mezcla de ambas en *P. vulgaris* y *Z. mays*, se determinó por ANOVA/Tukey ( $P < 0.05$ ) (Marquez-Benavides *et al.*, 2017). Los aislados de *S. queretaroensis* se determinaron mediante pruebas bioquímicas: reducción de  $\text{NO}_3$  (nitrato), triptófano, xilosa, Vogues-Proskauer, ureasa, citrato, se tomó una asada de cada aislado y se sembró en cada prueba bioquímica, con los respectivos controles sin sembrar, se incubaron 48 h a 32 °C para registrar los resultados (Muñoz-Rojas *et al.*, 2001).

## 1.6 Recuperación de los géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas inoculadas en *Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*

La recuperación de los géneros de BAPOCEVE inoculados en *P. vulgaris* y *Z. mays* BAPOCEVE para lo cual lo primero se realizó por el método de Kirby y Bauer modificado de sensibilidad bacteriana a un perfil de antibióticos: Ampicilina (AM), Cefotaxima (CF), Ceftazidima (CTX), Cefuroxima (CAZ), Pefloxacina (CXM), Tetraciclina (DC) y Trimetoprim-Sulfametoxazol (E), Cefalotina (GE), Dicloxacina (PEF), Eritromicina (PE), Gentamicina (TE) y Penicilina (STX), para géneros Gram negativos, de cada una de los géneros de bacterias aislados de *S. queretaroensis* en APCAT y AGLI previa desinfección de 1.0g de hojas, tallo y raíces de *P. vulgaris* y *Z. mays* de la forma descrita en el aislamiento de las BAPOCEVE de *S. queretaroensis*; para lo cual 1.0ml de la caldo PCAT y GLI se diluyo en 9.0 ml de SS y detergente y con un hisopo estéril se sembraron respectivamente el APCAT y AGLI luego se colocaron los sensidiscos y se dejaron las respectivas cajas de cada género de

BAPOCEVE sin sensidiscos como control. Las cajas se incubaron a 32 °C/24 h; se midieron los halos de inhibición después de 24h de acuerdo con la el método Kirby-Bauer.

## **2. Resultados y discusión**

### **2.1 Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas en la germinación de *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a la dosis 50% del fertilizante nitrogenado**

En el cuadro 2, se muestra el registró del porcentaje de germinación con un 96 % de la semilla de *P. vulgaris* inoculada con *B. vietnamiensis*; 91 % con *G. diazotrophicus*, estos valores numéricos del porcentaje de germinación fueron estadísticamente diferentes comparados con los 81 % de *P. vulgaris* o CR. Mientras que el 95 % de germinación en *Z. mays* con la CO; 92 % en *Z. mays* con *B. vietnamiensis* y 89 % de *Z. mays* con *G. diazotrophicus*; lo anterior sugiere que ambos géneros de BAPOCEVE convirtieron los exudados o compuestos orgánicos como aminoácidos y ácidos orgánicos en SUPOCEVE para inducir la rápida generalización (Escobar *et al.*, 2011); como se ha reportado cuando *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* se inoculan en semillas de planta (Arellano, 2008); estos valores numéricos del porciento de germinación en las semillas inoculadas fueron estadísticamente diferentes a los 84 % de *Z. mays* o CR.

**Cuadro 2. Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas en la germinación de *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a la dosis 50% del fertilizante nitrogenado**

*Tratamiento/suelo	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Zea mays</i>
Control absoluto solo agua (CA)	79 <sup>b**</sup>	81 <sup>b</sup>
Control relativo tratado con el fertilizante nitrogenado al 100 % (CR)	91 <sup>b</sup>	84 <sup>b</sup>
<i>G. diazotrophicus</i>	91 <sup>ab</sup>	89 <sup>ab</sup>
<i>B. vietnamiensis</i>	96 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>
<i>G. diazotrophicus</i> y <i>B. vietnamiensis</i>	97 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>

\*n= 6, \*\*Valores con letras distintas con diferencia estadística según ANOVA-Tukey (P<0.05)

## 2.2 Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de *Phaseolus vulgaris* a plántula a la dosis de 50 % de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

En el cuadro 3, se muestra el efecto de la CO en *P. vulgaris* a nivel plántula que alcanzó 19.1 cm de altura planta (AP) y 14.1 cm de longitud radical (LR), en tanto que 18.2 cm de AP y 16.0 cm de LR en *P. vulgaris* con *G. diazotrophicus*, valores estadísticamente diferentes en comparación con los 12.9 cm de AP y 9.7 de LR en *P. vulgaris* o CR, lo anterior sugiere que ambos géneros de BAPOCEVE utilizaron compuestos orgánicos de la fotosíntesis en SUPOCEVE que indujeron al aumento de pelos radicales; que mejoro la capacidad de absorción y optimización del FENI al 50 % (Reyes *et al.*, 2007); mientras que en la biomasa los 0.76 g de peso fresco radical (PFA) y 0.09 g de pesos fresco radical (PFR) en *P. vulgaris* con la CO, en tanto los 0.52 g de PFA y 0.09 g de PFR en *P. vulgaris* con *G. diazotrophicus*, valores numéricos estadísticamente diferentes a los 0.30 g de PFA y 0.05 g de PFR en *P.*

*vulgaris* o CR, lo que sugiere que ambas BAPOCEVE convirtieron compuestos de fotosíntesis en SUPOCEVE para mejorar la capacidad de absorción radical del FENI al 50%, optimizarlo y permitir el sano crecimiento en la planta (Romero-García *et al.*, 2016); mientras que los 0.22 g de peso seco aéreo (PSA) y 0.04 g de peso seco radical (PSR) en *P. vulgaris* con la coinoculación o CO, estos valores numéricos fueron estadísticamente diferente a los 0.14 g de PSA y 0.02 g de PSR en *P. vulgaris* o CR, lo anterior sugiere que ambas BAPOCEVE penetraron por la raíz y los estomas de la planta circulando por haces vasculares, ahí convirtieron los compuestos orgánicos derivados de la fotosíntesis en SUPOCEVE para aumentar el número de raíces que exploraron el suelo en la optimización del FENI al 50 % si afectar el sano crecimiento de la planta (Valverde *et al.*, 2007). Lo que apoya que la inoculación de *P. vulgaris* con las BAPOCEVE de *S. queretaroensis* es útil para productividad la fertilidad del suelo.

**Cuadro 3. Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre fenología y biomasa en *Phaseolus vulgaris* a plántula a la dosis de 50 % de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**

*Tratamientos <i>P. vulgaris</i> / suelo	Fenología			Biomasa		
	Altura planta (cm)	Longitud radical (cm)	Peso fresco aéreo (g)	Peso fresco radical (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)
<b>Control absoluto irrigado con agua</b>	12.2 <sup>c**</sup>	6.9 <sup>c</sup>	0.17 <sup>d</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.03 <sup>b</sup>
<b>Control relativo alimentado con FENI 100 %</b>	12.9 <sup>bc</sup>	9.7 <sup>b</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>
<b><i>G. diazotrophicus</i> FENI 50 %</b>	18.2 <sup>a</sup>	16.0 <sup>a</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>
<b><i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %</b>	13.6 <sup>bc</sup>	14.9 <sup>b</sup>	0.38 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.04 <sup>a</sup>
<b><i>G. diazotrophicus</i> <i>B.</i> <i>vietnamiensis</i> FENI 50 %</b>	19.1 <sup>a</sup>	14.1 <sup>b</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>

\*n=6, \*\*valores con letras distintas tuvieron diferencia estadística (P<0.05) según ANOVA-Tukey

### 2.3 Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa en *Zea mays* a plántula a la dosis de 50 % de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

En el cuadro 4, se muestra el efecto de la inoculación con *G. diazotrophicus* en *Z. mays* a plántula con 17.5 cm de AP y 13. de LR, mientras que los 15.7 cm de AP y 12.8 cm de LR en *Z. mays* con la CO, valores numéricos estadísticamente diferentes con los 13.3 cm de AP y 9.1 cm de LR en *Z. mays* o CR, lo que sugiere que los dos géneros de BAPOCEVE transformaron compuestos de la fotosíntesis en el interior del sistema de conducción vegetal de *Z. mays* en SUPOCEVE en consecuencia hubo mayor generación de raíces secundarias que al explorar el suelo que optimizaron el FENI reducido al 50 % (Piromyou *et al.*, 2011);

en la biomasa fue de 1.6 g de PFA y 0.40 de PFR en *Z. mays* con *G. diazotrophicus*, mientras que los 1.4 g de PFA y 0.37 g de PFR en *Z. mays* con la CO, estos valores numéricos fueron estadísticamente diferentes en comparación con los 0.9 g de PFA y 0.24 g de PFR en *Z. mays* o CR, lo que sugiere que ambas BAPOCEVE convirtieron compuestos de la fotosíntesis en SUPOCEVE que mejoro la absorción del FENI al reducir y optimizar FENI al 50 %, en consecuencia incremento la biomasa de *Z. mays* (Verma *et al.*, 2013); mientras que los 0.23 g de PSA y 0.09 g de PSR en *Z. mays* usado con la CO, en tanto los 0.17 g de PSA y 0.05 g de PSR en *Z. mays* con *G. diazotrophicus*, valores numéricos estadísticamente diferentes en comparación con 0.08 g de PSA y 0.02 g de PSR en *Z. mays* o CR, lo que sugiere que *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* convirtieron compuestos orgánicos de la fotosíntesis en SUPOCEVE y en consecuencia indujo una proliferación de pelos radicales aumentando la absorción del FENI al reducir y optimizar al 50 % en consecuencia incrementó en biomasa (Romero-García *et al.*, 2016).

**Cuadro 4. Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de *Zea mays* a plántula a la dosis de 50 % de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$**

*Tratamientos <i>Z. mays</i> /suelo	Fenología			Biomasa		
	Altura planta (cm)	Longitud radical (cm)	Peso fresco aéreo (g)	Peso fresco radical (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)
Control absoluto irrigado con agua	12.5 b**	8.9 <sup>c</sup>	0.7 <sup>c</sup>	0.19 <sup>c</sup>	0.04 <sup>c</sup>	0.02 <sup>b</sup>
Control relativo alimentada con FENI 100 %	13.3 <sup>b</sup>	9.1 <sup>b</sup>	0.9 <sup>b</sup>	0.24 <sup>bc</sup>	0.08 <sup>c</sup>	0.02 <sup>b</sup>
<i>G. diazotrophicus</i> FENI 50 %	17.5 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>ab</sup>
<i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %	14.9 <sup>ab</sup>	9.6 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>
<i>G. diazotrophicus</i> <i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %	15.7 <sup>a</sup>	12.8 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>

\*n=6, \*\*valores con letras distintas tuvieron diferencia estadística (P<0.05) según ANOVA-Tukey.

#### 2.4 Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de *Phaseolus vulgaris* a floración a la dosis 50 % de $\text{NH}_4\text{NO}_3$

En el cuadro 5, se muestra el efecto de *P. vulgaris* a floración que alcanzo 102.66 cm de AP y 21.5 cm de LR en *P. vulgaris* con *G. diazotrophicus*, en tanto los 96.0 cm AP y 24.33 cm de LR en *P. vulgaris* con la CO, estos valores numéricos fueron estadísticamente diferentes en comparación con los 80 cm de AP y 19.0 cm de LR en *P. vulgaris* o CR, lo que sugiere que ambos géneros de BAPOCEVE transformaron productos de la fotosíntesis en

SUPOCEVE las que indujeron una mayor absorción del FENI que mejoro el crecimiento vegetal en la AP y LR a pesar de reducir el FENI al 50 % (Camelo *et al.*, 2011); mientras que los 11.03 g de PFA y 5.9 g de PFR en *P. vulgaris* con la CO, los 8.93 g de PFA y 5.43 g de PFR en *P. vulgaris* con *G. diazotrophicus*, tanto los 7.27 g de PFA y 4.7 g de PFR en *P. vulgaris* con *B. vietnamiensis*, valores numéricos estadísticamente diferentes con los 5.77 g de PFA y 2.85 g de PFR en *P. vulgaris* o CR, lo que sugiere que *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* transformaron compuestos de la fotosíntesis en SUPOCEVE, para estimular la proliferación de pelos radicales con lo cual se optimizo la absorción del FENI al 50 % y permitió un crecimiento en el PFA; PSA; PSA y PSR en *P. vulgaris* (García-González *et al.*, 2005); así pues los 1.97 g de PSA y 1.88 g de PSR en *P. vulgaris* con la CO, mientras que 1.83 g de PSA y 0.97 g de PSR en *P. vulgaris* con *B. vietnamiensis* y los 1.49 g de PSA y 1.79 g de PSR en *P. vulgaris* con *G. diazotrophicus*, valores numéricos estadísticamente diferentes en comparación con los 1.14 g de PSA y 0.69 g de PSR en *P. vulgaris* o CR, estos valores numéricos sugieren que *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* inoculada en *P. vulgaris* penetraron por la raíz donde convirtieron productos de la fotosíntesis en SUPOCEVE para optimizar FENI al 50 % mediante la formación acelerada del sistema radical con lo que *P. vulgaris* incremento su PSA y PSR (Prakash *et al.*, 2013).

**Cuadro 5. Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa en *Phaseolus vulgaris* a floración a la dosis 50 % de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.**

*Tratamientos <i>P. vulgaris</i> /suelo	Fenología		Biomasa			
	Altura planta (cm)	Longitud radical (cm)	Peso fresco aéreo (g)	Peso fresco radical (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)
<b>Control absoluto irrigado con agua</b>	56.47 <sup>c**</sup>	19.33 <sup>b</sup>	5.02 <sup>b</sup>	2.55 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0.61 <sup>b</sup>
<b>Control relativo alimentada con FENI 100 %</b>	80 <sup>b</sup>	19 <sup>b</sup>	5.77 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	1.14 <sup>b</sup>	0.69 <sup>b</sup>
<b><i>G. diazotrophicus</i> FENI 50 %</b>	102.66 <sup>a</sup>	21.5 <sup>ab</sup>	8.93 <sup>ab</sup>	5.43 <sup>a</sup>	1.49 <sup>ab</sup>	1.79 <sup>a</sup>
<b><i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %</b>	88.66 <sup>ab</sup>	22.93 <sup>ab</sup>	7.27 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	1.83 <sup>a</sup>	0.97 <sup>ab</sup>
<b><i>G. diazotrophicus</i> <i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %</b>	96 <sup>a</sup>	24.33 <sup>a</sup>	11.03 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	1.97 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>

\*n=6, \*\*valores con letras distintas tuvieron diferencia estadística (P<0.05) según ANOVA-Tukey.

### 2.5 Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de *Zea mays* a floración a la dosis 50 % de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

En el cuadro 6, se muestra el efecto de *Z. mays* a floración que alcanzó los 92.17 cm de AP y 28.12 cm de LR en *Z. mays* con la CO, mientras que los 90.93 cm de AP y 26.95 cm de LR en *Z. mays* con *G. diazotrophicus*, en tanto los 88.43 g de AP y 24.13 cm de LR de *Z. mays* con *B. vietnamiensis*, fueron estadísticamente diferentes en comparación con los 74.41 cm de AP y 21.05 cm de LR en *Z. mays* o CR, estos valores numéricos sugieren el efecto positivo de ambas BAPOCEVE en la conversión de compuestos derivados de la fotosíntesis en SUPOCEVE, las que al aumentar la densidad de los pelos radicales hubo una mayor

exploración para optimizar la dosis de FENI al 50 % (Piromyou *et al.*, 2011); en tanto la biomasa fue de 31.03 g de PFA y 8.91 g de PFR en *Z. mays* con la CO, mientras que los 29.73 g de PFA y 7.93 g de PFR en *Z. mays* con *G. diazotrophicus* y los 26.09 g de PFA y 6.7 g de PFR en *Z. mays* con *B. vietnamiensis*, valores numéricos estadísticamente diferentes a los 22.97 g de PFA y 2.85 g de PFR en *Z. mays* o CR, lo anterior sugiere que ambas BAPOCEVE transformaron los derivados de la fotosíntesis en SUPOCEVE que indujeron la proliferación de pelos radiculares que al optimizar la dosis del FENI al 50 %, incrementaron el PFA y PFR de *Z. mays* (Márquez-Benavides *et al.*, 2017); mientras que los 5.97 g de PSA y 1.23 g de PSR en *Z. mays* con la CO, en tanto los 4.19 g de PSA y 1.07 g de PSR en *Z. mays* con *G. diazotrophicus*, valores numéricos estadísticamente diferentes en comparación a los 2.91 g de PSA y 0.41 g de PSR en *Z. mays* o CR, estos valores numéricos indican que *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* en *Z. mays* transformaron compuestos de fotosíntesis en SUPOCEVE para optimizar el FENI reducido al 50 %, lo que favoreció el incremento del PSA y PSR de *Z. mays* (Romero-García *et al.*, 2016).

**Cuadro 6. Efecto de la inoculación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* y la mezcla de ambas sobre la fenología y biomasa de *Zea mays* a floración a la dosis 50 % de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**

*Tratamientos <i>Zea mays</i> /suelo	Fenología			Biomasa		
	Altura planta (cm)	Longitud radical (cm)	Peso fresco aéreo (g)	Peso fresco radical (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)
Control absoluto irrigado con agua	71.13 <sup>c**</sup>	20.03 <sup>b</sup>	21.02 <sup>b</sup>	2.55 <sup>b</sup>	2.08 <sup>b</sup>	0.45 <sup>c</sup>
Control relativo alimentada con FENI 100 %	74.41 <sup>b</sup>	21.05 <sup>b</sup>	22.97 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	2.91 <sup>b</sup>	0.41 <sup>c</sup>
<i>G. diazotrophicus</i> FENI 50 %	90.93 <sup>a</sup>	26.95 <sup>a</sup>	29.73 <sup>a</sup>	7.93 <sup>a</sup>	4.19 <sup>ab</sup>	1.07 <sup>a</sup>
<i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %	88.43 <sup>ab</sup>	24.13 <sup>ab</sup>	26.09 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>ab</sup>	3.93 <sup>b</sup>	0.91 <sup>b</sup>
<i>G. diazotrophicus</i> <i>B. vietnamiensis</i> FENI 50 %	92.17 <sup>a</sup>	28.12 <sup>a</sup>	31.03 <sup>a</sup>	8.91 <sup>a</sup>	5.97 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>

\*n=6, \*\*valores con letras distintas tuvieron diferencia estadística (P<0.05) según ANOVA-Tukey.

## 2.6 Identificación bioquímica de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas aisladas de *Stenocereus queretaroensis*

El género *Burkholderia*, es una BAPOCEVE endófito porque vive en el tejido de una amplia diversidad de plantas es un aerobio facultativo por eso sintetizan catalasa y oxidasa, por ello reducen NO<sub>3</sub> a NO<sub>2</sub>, con un metabolismo oxidativo utiliza diferentes fuentes de carbono como: azúcares y sus derivados ácidos orgánicos, son solubilizadoras de PO<sub>4</sub>, mientras que crece en un medio de cultivo sin N orgánico u inorgánico por lo que indirectamente se demostró que es un fijador de N<sub>2</sub> (Bolívar-Anillo *et al.*, 2016); como BAPOCEVE convierte el triptófano para ácido indol acético de metabolismo oxidativo no fermenta la glucosa; (Argüello-Navarro *et al.*, 2014; Bolívar-Anillo *et al.*, 2016)

En la tabla 7 se muestra el perfil bioquímico de género *Gluconacetobacter* es una BAPOCEVE que crece en el interior de plantas una amplia variedad con metabolismo oxidativo utiliza glucosa, fructuosa y sacarosa, y fermentativo por lo que genera etanol y lactato a ácido acético, CO<sub>2</sub> con base en estas propiedades bioquímica y de que crece en un medio de cultivo sin fuentes orgánicas u inorgánicas de N es también un fijador de N<sub>2</sub> como la especie *diazotrophicus* (Muñoz-Rojas *et al.*, 2001).

En la tabla 7, se muestra el perfil bioquímico de *Gluconacetobacter*, los resultados fueron: reducción de nitrito, producción de indol a partir del triptófano, no utiliza la urea y la utilización de citrato como única fuente de carbono (Muthukumarasamy *et al.*, 2002) se sugiere a partir de los resultados, la identificación del género *Gluconacetobacter* al tener la capacidad de usar glucosa, fructuosa o sacarosa como fuente de carbono, la producción de indol a partir del aminoácido triptófano (cuadro 7) (Bolívar-Anillo *et al.*, 2016)

**Cuadro 7. Comportamiento bioquímico de *Burkholderia vietnamiensis* y *Gluconacetobacter diazotrophicus* aisladas de *Stenocereus queretaroensis***

Pruebas bioquímicas	* <i>G.</i> <i>diazotrophicus</i>	<i>G.</i> <i>diazotrophicus</i>	* <i>B.</i> <i>vietnamiensis</i>	<i>B.</i> <i>vietnamiensis</i>
Hidrolisis de esculina	+	+	+	+
Fermentación de glucosa	+	+	-	-
Vogues-Proskauer	+	+	-	-
Xilosa	+	+	+	+
Citrato	+	+	+	+
Indol	+	+	+	+
Ureasa	-	-	+	+
Arginina de hidrolasa	+	+	+	+
Reducción de nitrato	+	+	+	+

\*lo que la literatura señala como prototipo; Reacción positiva= (+), reacción negativa (-)

## 2.7 Recuperación de los géneros de bacterias promotoras de crecimiento vegetal endófitas en *P. vulgaris* y *Zea mays*

En la Tabla 1, se observa la prueba de sensibilidad de los géneros *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* de *S. queretaroensis*, en la primer columna se muestra el patrón de sensibilidad antes de la inoculación en semillas de *P. vulgaris* y *Z. mays* en comparación con las mismas BAPOCEVE recuperadas de las partes vegetativas de *P. vulgaris* y *Z. mays*; para demostrar que el efecto positivo de la inoculación sobre la fenología y biomasa de *P. vulgaris* y *Z. mays* a plántula fueron causados por ambos géneros. Referente al perfil de sensibilidad se registró las siguientes repuestas Antibiótico: CF= (+), DC= (+), E= (+), GE= (+), PE= (+), tuvieron efecto sobre *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis*, con excepción de AM= (-), CTX= (-), CAZ= (-), CXM= (-), PEF= (-), TE= (-) y SXT= (-); que no generó halo o

zona de inhibición, lo que sugiere que tanto *G. diazotrophicus* como *B. vietnamiensis* cuando se inoculan en *P. vulgaris* y *Z. mays*, viven en los tejidos de conducción de la planta transformando compuestos de fotosíntesis en SUPOCEVE en consecuencia una evidente aumento la exploración del suelo cuando se redujo FENI al 50%.

**Tabla 1. Antibiograma de *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Burkholderia vietnamiensis* recuperados después de la inoculación de *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* a nivel de floración con la dosis 50 % de FENI**

Antibióticos	<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> y <i>Burkholderia vietnamiensis</i> de <i>P. vulgaris</i> y/o <i>Z. mays</i>							
	<i>S. queretaroensis</i> o control		Hoja		Tallo		Raíz	
AM	-	-	-	-	-	-	-	-
CF	+	+	+	+	+	+	+	+
CTX	-	-	-	-	-	-	-	-
CAZ	-	-	-	-	-	-	-	-
CXM	-	-	-	-	-	-	-	-
DC	+	+	+	+	+	+	+	+
E	+	+	+	+	+	+	+	+
GE	+	+	+	+	+	+	+	+
PEF	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	+	+	+	+	+	+	+	+
TE	-	-	-	-	-	-	-	-
SXT	+	+	+	+	+	+	+	+

(+) = sensible, (-) = resistente.

### 3. Conclusión

*S. queretaroensis* es una fuente de géneros de BAPOCEVE del tipo *G. diazotrophicus* y *B. vietnamiensis* para inocularse en *P. vulgaris* y *Z. mays* con el propósito de optimizar la dosis del FENI reducido al 50% mediante la posible conversión de algunos de los productos de fotosíntesis en SUPOCEVE que inducen la formación acelerada de los pelos radicales para aumentar la capacidad de absorción del FENI, en especial porque su actividad benéfica se realiza del interior del sistema radical.

## 4. Referencias

1. Arellano, Y., García, E., y Vázquez-Ramos, J. M. (2008). Estimulación de la síntesis de ADN y de proteínas del ciclo celular por auxinas durante la germinación de maíz. *Agrociencia*, 42:6, 637-644. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952008000600004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000600004)
2. Argüello-Navarro, A. Z., y Moreno-Rozo, L. Y. (2014). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótrofes aisladas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 63:3, 238. doi.org/10.15446/acag.v63n3.41033
3. Bolívar-Anillo, H. J., Contreras-Zentella, M. L., y Teherán-Sierra, L. G. (2016). Burkholderia tropica una bacteria con gran potencial para su uso en la agricultura. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 19:2, 102-108. doi.org/10.1016/j.recqb.2016.06.003
4. Cavalcante, V. A., and Dobereiner, J. (1988). A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. *Plant and soil*, 108:1, 23-31. Doi: org/10.1007/BF023700/BF02370096
5. Camelo, M., Vera, S. P., y Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12:2. Doi: doi.org/10.21930/rcta.vol12\_num2\_art:227
6. Chávez-Ambriz, L. A., Hernández-Morales, A., Cabrera-Luna, J. A., Luna-Martínez, L., y Pacheco-Aguilar, J. R. 2016. Aislados de *Bacillus* provenientes de la rizósfera de cactus incrementan la germinación y la floración en *Mammillaria* spp. (Cactaceae). *Revista Argentina de Microbiología*, 48:4, 333-341. Doi: 10.1016/j.ram.2016.09.001 \*
7. Dibut, B., Ortega, M., Martínez, R., Fey, L., y Ríos, Y. (2005). Nuevos aislados de *Gluconacetobacter diazotrophicus* en cultivos de importancia económica para Cuba. *Cultivos tropicales*, 26:2. Doi: 10.17268/sci.agropero.2015.01.01

8. Döbereiner, J., Reis, V. M., Paula, M. A., and Olivares, F. D. (1993). *Endophytic diazotrophs* in sugar cane, cereals and tuber plants. In *New horizons in nitrogen fixation* (pp. 671-676). Springer Netherlands. Doi: [org/10.1007/978-94-011-0455-5\\_74](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0455-5_74)
  
9. De-Bashan, L. E., Holguin, G., Glick, B. R., y Bashan, (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. *Microbiología agrícola. Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo.* México: Editorial Trillas, 170-224. Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44993748/ronaldpgpb8.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1519869589&Signature=IILdN%2BgCN4Mu87g6GtK3NAIEKM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DBacterias\\_promotoras\\_de\\_crecimiento\\_en\\_p.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44993748/ronaldpgpb8.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1519869589&Signature=IILdN%2BgCN4Mu87g6GtK3NAIEKM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DBacterias_promotoras_de_crecimiento_en_p.pdf)
  
10. Escobar, C., Horna, Y., Carreño, C., y 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*, 2:1. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/3576/357633697005/>
  
11. García-González, M. M., Farías-Rodríguez, R., Peña-Cabriales, J. J., y Sánchez-Yáñez, J. M. (2005). Inoculación del trigo var. Pavón con *Azospirillum* spp. y *Azotobacter beijerinckii*. *Terra Latinoamericana*, 23:1, 65-72. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57323109.pdf>
  
12. Govindarajan, M., Balandreau, J., Muthukumarasamy, R., Revathi, G., & Lakshminarasimhan, C. (2006). Improved yield of micropropagated sugarcane following inoculation by endophytic *Burkholderia vietnamiensis*. *Plant and Soil*, 280:1, 239-252. Doi: [org/10.1007/s11104-005-3223-2](https://doi.org/10.1007/s11104-005-3223-2)
  
13. Hernández-Escareño, J., Morales, P., Farías Rodríguez, R. y Sánchez-Yáñez, J. M. 2015. Inoculación de *Burkholderia cepacia* y *Gluconacetobacter diazotrophicus* sobre la fenología y biomasa de *Triticum aestivum* var. Nana f2007 a 50% de fertilizante nitrogenado. *Scientia Agropecuaria*, 6 :1 7-16. Doi: [org/10.17268/sci.agropecu.2015.01.01](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.01.01)

14. Llovera, L J, J.J. Peña-Cabriales y J.M Sánchez-Yáñez (2006). Bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> en las raíces de especies de Nopal (*Opuntia* spp L), disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos34/bacterias-nopal/bacterias-nopal.shtml>
  
15. Joel, L. P. (1993). Caracterización agroecológica y social del pitayo *Stenocereus queretaroensis*, en la subcuenca de Sayula, Jalisco, México. Disponible en: <http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5396>
  
16. Loza-Cornejo, S. (2003). Características morfo-anatómicas y metabolismo fotosintético en plántulas de *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae): su significado adaptativo. *Interciencia*, 28:2, 83-92. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000200004](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000200004)
  
17. Márquez-Benavides, L., Morales, P. G., Balderas-León, I., Villegas-Moreno, J., y Sanchez-Yáñez, J. M. (2017). Inoculación de *Hordeun vulgare* var Armida (cebada) con *Burkholderia cepacia* y *Gluconacetobacter diazotrophicus*. *Investigación Agraria*, 18:2, 87-94. Doi: [org/10.18004/investig.agrar.2016.diciembre.87-94](https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.diciembre.87-94)
  
18. Muñoz-Rojas, J., y Caballero-Mellado, J. (2001). *Gluconacetobacter diazotrophicus*, modelo de bacteria endófito. *Programa de Ecología Molecular y Microbiana, Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal, (5672)*. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jesus\\_Munoz-Rojas/publication/235949437\\_Gluconacetobacter\\_diazotrophicus\\_modelo\\_de\\_bacteria\\_endofita/links/00463514a80a74d8ab000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jesus_Munoz-Rojas/publication/235949437_Gluconacetobacter_diazotrophicus_modelo_de_bacteria_endofita/links/00463514a80a74d8ab000000.pdf)
  
19. Muthukumarasamy, R., Kang, U. G., Park, K. D., Jeon, W. T., Park, C. Y., Cho, Y. S., ... and Revathi, G. (2007). Enumeration, isolation and identification of diazotrophs from Korean wetland rice varieties grown with long-term application of N and compost and their short-term inoculation effect on rice plants. *Journal of applied microbiology*, 102(4), 981-991. Doi: [10.1111/j.1365-2672.2006.03157.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03157.x)
  
20. Muthukumarasamy, R., Revathi, G., Seshadri, S., and Lakshminarasimhan, C. (2002). *Gluconacetobacter diazotrophicus* (syn. *Acetobacter diazotrophicus*), a promising diazotrophic endophyte in tropics. *Current Science*, 137-145. Disponible en: [http://www.jstor.org/stable/24106216?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/24106216?seq=1#page_scan_tab_contents)

21. Pimienta-Barrios, E., y Nobel, P. S. (2004). Ecophysiology of the pitayo o Queretaro (*Stenocereus queretaroensis*). *Journal of arid environments*, 59:1, 1-17. Doi: doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.01.005
22. Pimienta-Barrios, E., Salas-Galván, M. E., Zañudo-Hernandez, J., and Nobel, P. S. 2002. Growth and reproductive characteristics of the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis* and their relationships with environmental factors and colonization by arbuscular mycorrhizae. *Tree physiology*, 22:9, 667-674. Doi: doi.org/10.1093/treephys/22.9.667
23. Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N., and Teamroong, 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*, 47:1, 44-54. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2010.11.004
24. Reyes, I., Alvarez, L., El-Ayoubi, H., y Valery, A. (2008). Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. *Bioagro*, 20:1, 37-48. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612008000100005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612008000100005&script=sci_arttext&tlng=pt)
25. Romero-García, V. E., García-Ortiz, V. R., Hernández-Escareño, J. J., y Sánchez-Yáñez, J. M. (2016). Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Scientia Agropecuaria*, 7:3, 313-319. Disponible en: [https://scholar.google.com.mx/scholarq=Respuesta+de+Phaseolus+vulgaris+a+microorganismos+promotores+de+crecimiento+vegetal&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholarart&sa=X&ved=0ahUKEwiB3Y-k4NDZAhUHXA0KHWZcCcIQgQMIJjAA](https://scholar.google.com.mx/scholarq=Respuesta+de+Phaseolus+vulgaris+a+microorganismos+promotores+de+crecimiento+vegetal&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholarart&sa=X&ved=0ahUKEwiB3Y-k4NDZAhUHXA0KHWZcCcIQgQMIJjAA)
26. Sánchez-Yáñez, J. M., Ayala, L., Yatziri, I., Villegas Moreno, J., y Montaña Arias, N. M. (2014). Respuesta del maíz (*Zea mays* L) a la inoculación con *Azotobacter* sp y *Burkholderia* sp a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Scientia Agropecuaria*, 5:1, 17-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.01.02>
27. Sánchez-Yáñez, J. M., Villegas-Moreno, J., Vela-Muzquiz, G. R., y Marquez-Benavides, L. (2014). Respuesta del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación con *Azotobacter*

*vineladii* y *Burkholderia cepacia* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Scientia Agropecuaria*, 5:3, 115-120. Doi: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.03.01>

28. Valverde, A., Burgos, A., Fiscella, T., Rivas, R., Velazquez, E., Rodríguez-Barrueco, C., and Igual, J. M. (2007). Differential effects of coinoculations with *Pseudomonas jessenii* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium ciceri* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. In *First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization* 43:50. Springer, Dordrecht. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5765-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5765-6_5)
29. Viillard, V., Poirier, I., Cournoyer, B., Haurat, J., Wiebkin, S., Ophel-Keller, K., and Balandreau, J. (1998). *Burkholderia graminis* sp. nov., a rhizospheric *Burkholderia* species, and reassessment of (*Pseudomonas*) phenazinium, (*Pseudomonas*) pyrrocinia and (*Pseudomonas*) glathei as *Burkholderia*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 48:2, 549-563. Doi:10.1099/00207713-48-2-549
30. Verma, J. P., Yadav, J., Tiwari, K. N., and Kumar, A. (2013). Effect of indigenous *Mesorhizobium* spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. *Ecological Engineering*, 51, 282-286. Doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.022