

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

Huete, Y. R. | Torres, J. | Domínguez, D.

Vol.21 No. 2, abril-junio, 2019 p.166-178.

ISSN 1562-3297

Avances@ciget.vega.inf.cu

# Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

**Comportamiento morfológico del Maíz inoculado con *Azotobacter chroococcum* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado**

*Morphological behavior of Maize inoculated with *Azotobacter chroococcum* at reduced dosage of nitrogen fertilizer*

**Yanara Regla Huete Arrieta<sup>\*1</sup>, Jesús Torres Domínguez<sup>2</sup>, Duniesky Dominguez Palacio<sup>3</sup>**

<sup>\*1</sup>Ingeniera Agrónoma, Instituto de Suelos, Unidad Científico-Tecnológica de Base, Departamento de Investigación. Carretera a Viñales km 2 N° 9 Reparto Comandante Pinares. Pinar del Río, Cuba, [investigador7@suelopri.minag.cu](mailto:investigador7@suelopri.minag.cu) ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-7599-8544>

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias, profesor Titular de la Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Pinar del Río, Cuba, [jesus.torres@upr.edu.cu](mailto:jesus.torres@upr.edu.cu) ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-9322-3902>

<sup>3</sup>Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible, Instituto de Suelos, Unidad Científico-Tecnológica de base. Pinar del Río, Cuba, [investigador2@suelopri.minag.cu](mailto:investigador2@suelopri.minag.cu) ; ID: <https://orcid.org/0000-0003-3363-3667>

**Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo**

Huete, Y. R., Torres, J. & Domínguez, D. (2019). Comportamiento morfológico del Maíz inoculado con *Azotobacter chroococcum* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Avances*, 21(2), 166-178. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/433/1419>

Recibido: diciembre 2018

Aceptado: febrero 2019

## RESUMEN

La inoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal del género *Azotobacter*, es una alternativa para la reducción y optimización de los fertilizantes nitrogenados. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con *Azotobacter chroococcum* empleando diferentes dosis y aplicando el 50 % del fertilizante nitrogenado, así como una combinación de *A. chroococcum* y vermicompost. El trabajo se realizó bajo un diseño experimental en bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro replicas. La respuesta del cultivo a los tratamientos se evaluó en caracteres morfológicos expresados en por ciento de germinación de la semilla, altura de la planta, peso fresco aéreo, peso fresco radical, peso seco aéreo y peso seco radical. Los resultados probaron la respuesta positiva del cultivo del maíz a la inoculación con *A. chroococcum* y de *A. chroococcum* con vermicompost en todas las variables estudiadas. El mejor resultado se obtuvo con la aplicación combinada de *A. chroococcum* y vermicompost a dosis de 15 lha<sup>-1</sup> y 2 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, expresados en un por ciento de germinación de la semilla de 98,4 %, una altura de la planta de 1,14 m; un peso fresco aéreo de 40,7 g; un peso fresco radical de 20,4 g; un peso

seco aéreo de 10,1 g y un peso seco radical de 5,1 g.

**Palabras clave:** biofertilizantes, bacterias promotoras del crecimiento vegetal, sustancias promotoras del crecimiento vegetal.

---

## ABSTRACT

The inoculation with bacteria that promote plant growth of the genus *Azotobacter*, is an alternative for the reduction and optimization of nitrogen fertilizers. The objective of this work was to evaluate the response of maize to the inoculation with *Azotobacter chroococcum* using different doses and applying 50% of the nitrogen fertilizer, as well as a combination of *A. chroococcum* and vermicompost. The work was carried out under an experimental design in random blocks with four treatments and four replicas. The response of the crop to the treatments was evaluated in morphological characters expressed in percentage of germination of the seed, height of the plant, fresh air weight, radical fresh weight, air dry weight and radical dry weight. The results proved the positive response of the maize crop to the inoculation with *A. chroococcum* and

of *A. chroococcum* with vermicompost in all the variables studied. The best result was obtained with the combined application of *A. chroococcum* + vermicompost at doses of 15 l ha and 2 t ha respectively, expressed in a percentage of germination of the seed of

98.4%, a height of 1.14 m plant; an air fresh weight of 40.7 g; a radical fresh weight of 20.4 g; an aerial dry weight of 10.1 g and a radical dry weight of 5.1 g.

**Keywords:** biofertilizers, plant growth promoting bacteria, plant growth promoting substances.

---

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector agrícola se ha convertido en un sector con gran demanda de alimento, teniendo retos importantes siendo uno de ellos aumentar la producción vegetal de los cultivos utilizando un ambiente predominantemente agroquímico adecuado y esto ejerce un efecto de deterioro profundo en el suelo. El uso de productos químicos es un gran problema en la agricultura ya que muchas veces han sido utilizados sin las precauciones necesarias y llegan al suelo en concentraciones excesivas, llegando a ser tóxicos para las plantas y provocando de esta manera el deterioro y contaminación de los suelos de cultivo (Cervilla, 2009). Este deterioro trae como consecuencia un disturbio de la microflora del suelo provocando el empobrecimiento de los mismos, así como propiciar el incremento de especies perjudiciales que van a

incrementar aún más el deterioro en los suelos (Quezada, 2012).

Los procesos naturales de fijación biológica del nitrógeno juegan un importante rol en la activación de los sistemas agrícolas sustentables por su beneficio ambiental. El incremento de su aplicación puede mitigar la necesidad del uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos con su consiguiente efecto benéfico al ciclo del nitrógeno, el calentamiento global y el saneamiento de las aguas subterráneas y superficiales (Wong-Villareal & Caballero-Mellado, 2010). Este proceso depende básicamente de la acción de los microorganismos en conjunto con las plantas.

Existen algunas especies de microorganismos que poseen la habilidad de convertir el dinitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) a amonio ( $NH_4^+$ ) mediante la acción de la enzima nitrogenasa, estas especies

son denominados diazotrofos y requieren de energía para realizar su metabolismo (Hoffman et al., 2014). Dentro de los diazotrofos capaces de realizar este proceso se encuentran los denominados fijadores de vida libre, los cuales fijan N<sub>2</sub> atmosférico sin la cooperación de otras formas vivas, siendo la familia Azotobacteriaceae la que agrupa uno de los géneros más importantes utilizados en la biofertilización a diferentes cultivos.

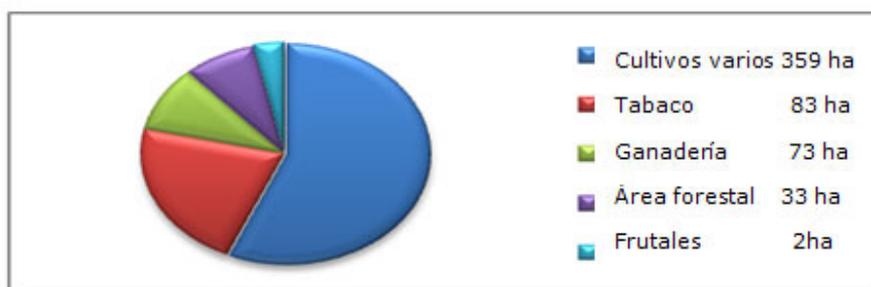
El género *Azotobacter* es uno de los microorganismos utilizados como biofertilizantes que más se aplica e investiga en Cuba (Peña, Zayas, & Rodríguez, 2015). Sus propiedades beneficiosas se ponen de manifiesto en una gran variedad de hortalizas, granos y viandas (Villacorta, 2013). Según Rivera et al. (2011) y Rivera, Obando y Buitrago (2012) *Azotobacter* en particular, resulta ser un microorganismo con grandes posibilidades de recuperación de sistemas degradados. Obando, Rivera y Bonilla (2013); González y Molina (2017) sugieren que esta bacteria es muy utilizada como complemento biofertilizante, para reducir las cantidades de fertilizantes nitrogenados de la aplicación tradicional, más no como única fuente de nitrógeno, que a diferencia de las bacterias simbióticas como el caso de *Rhizobium leguminosarum*.

Este género se encuentra ampliamente descrito en suelos tropicales

asociado a la rizósfera de plantas de maíz (Dobbelaere & Okon, 2007). Su efecto beneficioso no se debe solamente a la cantidad de N<sub>2</sub> atmosférico fijado, sino a la capacidad de producir vitaminas y sustancias estimuladoras del crecimiento como ácido indolacético, ácido giberélico, citoquininas y vitaminas, que influyen directamente en el desarrollo vegetal (Granda & González, 2015; Candelero et al., 2015 & Romero-García et al., 2016). El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del maíz a la inoculación con *A. chroococcum* empleando diferentes dosis y aplicando el 50% del fertilizante nitrogenado, así como una combinación de *A. chroococcum* y vermicompost.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo se realizó en la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) "José María Pérez Capote", creada en el año 1961, ubicada en el municipio de Pinar del Río, Km 4 carretera a Viñales, camino Cuajaní. Esta limita al norte con: CCS "Juanito Casanueva", al sur con: Reparto Celso Maragoto, al este con: Carretera Central y al oeste con: Concejo Popular la Guabina, abarca un área de 610,61 hectáreas (figura 1), cuenta con un total de 178 socios de los cuales 23 son mujeres.



**Figura 1.** Distribución del área por cultivos de la CCS "José María Pérez Capote"

El experimento se realizó específicamente en la finca "La Barranca" perteneciente al productor Antonio Velazco y tiene un área de 2.7 ha. Esta se ubica en el km 4 de la Carretera a Viñales, camino al Cuajani, con unas coordenadas centro de X\_ 223160 y Y\_239804. Su cultivo principal es el tabaco, aunque también se dedican a la producción de cultivos varios, entre ellos el maíz. El suelo de la finca se clasifica como Ferralítico

Amarillento Lixiviado según lo expresado por Hernández, Pérez, Bosch y Castro (2015).

Se trabajó en un diseño en bloque al azar con 4 tratamientos y 4 réplicas. Los tratamientos se realizaron con fertilización química nitrogenada al 100 y 50 % de la dosis, *A. chroococcum* a dosis de 15 y 20 l.ha y vermicompost (humus de lombriz), aplicado de fondo a dosis de 2 t.ha (*tabla 1*).

**Tabla 1.** Variantes de tratamiento y dosis aplicada por variante

Variante de tratamiento	Fertilización mineral nitrogenada	Azotobacter chroococcum	Vermicompost
	%	l ha	t ha
T1	100	0	0
T2	50	15	0
T3	50	20	0
T4	50	15	2

El inóculo de *A. chroococcum* cepa 12 se obtuvo según procedimiento descrito en la Norma Cubana *NC 1101:2015*, a una concentración de  $5.10^9$  UFC/ml (unidades formadoras de colonias). Para su uso, el inóculo en las

cantidades descritas previamente, fue diluido en agua y asperjado a razón de 200 l/ha al momento de la siembra.

La cepa de *azotobacter* se fermentó en zaranda a 210 rpm (revoluciones por minuto), utilizando

como medio de cultivo Dimargón modificado, cuyos componentes son:

- Sacarosa 40 g/L
- Mg SO<sub>4</sub>0,2 g/L
- Na CL 0,2 g/L
- K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>0,1 g/L
- Ca CO<sub>3</sub> 5 g/L
- Levadura 1 g/L
- K<sub>2</sub> HPO<sub>4</sub>0,2 g/L
- AGAR 8 g/L
- H<sub>2</sub>O destilada
- pH =7 (neutro)

El vermicompost fue aplicado directamente al suelo previo a la siembra. En el estudio se empleó la variedad de maíz Gibara, sembrada en época de primavera. A los 11 días después de la siembra se evaluó el porcentaje de germinación de la semilla, y a los 60 días, la altura de la planta (AP), el peso fresco aéreo (PFA), peso fresco radical (PFR), peso seco aéreo (PSA) y peso seco radical (PSR).

La data se procesó empleando software estadístico SPSS 15.0 para

Windows realizando análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples post hoc por Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *tabla 2* se muestra el efecto positivo de los tratamientos sobre el incremento del porcentaje de germinación de las semillas de maíz, 11 días después de la siembra. Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas respecto al control para un nivel de significación de 0.05. El tratamiento T4, con 98,4 %, mostró el mejor porcentaje de germinación, seguido del T3 y T2, no existiendo diferencias significativas entre estos dos últimos. Según Arellano, García y Vázquez-Ramos (2008) y Sánchez-Yáñez *et al.* (2014), este comportamiento pudo deberse a una mejor conversión de los exudados de la espermosfera de la semilla del maíz en sustancias promotoras del crecimiento vegetal, para terminar con la latencia del embrión y aceleran su velocidad de germinación.

**Tabla 2.** Efecto de los diferentes tratamientos sobre la germinación de las semillas de maíz, 11 días después de la siembra.

Tratamiento	Germinación (%)
T1	84,75 <sup>a</sup>
T2	96,38 <sup>b</sup>
T3	96,47 <sup>b</sup>
T4	98,37 <sup>c</sup>

*Superíndice con letras diferentes significa diferencia estadística (p<0.05) según Tukey*

Según Wong-Villareal y Caballero-Mellado(2010), la respuesta del tratamiento inoculado con Azotobacter en combinación con vermicompost y el inoculado solo con Azotobacter se debe a que existieron compuestos orgánicos del tipo aminoácidos, como el triptófano, que la gramínea exuda fueron transformados en sustancias promotoras del crecimiento vegetal por las bacterias inoculadas, que provocaron una mejor respuesta del cultivo, lo que indujo un porcentaje de germinación superior al del maíz tratado solo con el fertilizante nitrogenado al 100%.

El efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta de maíz reveló igualmente un efecto positivo a la inoculación con A. chroococcum y la combinación de este con vermicompost a los 60 días después de la siembra (*tabla*

3). El tratamiento T4 con una altura de 1,14 m fue el mejor de los tratamientos, seguido del T3 y T2, no existiendo diferencias significativas entre estos dos. Tampoco existieron diferencias significativas entre T2 y el control, para un nivel de significación de 0,05. Lo anterior sugiere que la aplicación de A. chroococcum combinada con vermicompost transformaron los exudados radicales del maíz en sustancias promotoras del cultivo del maíz, las que indujeron un incremento de los indicadores morfológicos del crecimiento del tallo mayor que cuando se aplicó solamente el Azotobacterchroococcum(Cameló, Vera & Bonilla, 2011).

**Tabla 3.** Efecto de los diferentes tratamientos sobre la altura de las plantas de maíz, 60 días después de la siembra.

Tratamiento	Altura de la planta (m)
T1_Control	0,950 <sup>a</sup>
T2_(50 FQN + 15 Az)	0,980 <sup>ab</sup>
T3_(50 FQN + 20 Az)	0,983 <sup>b</sup>
T4_(50 FQN + 15 Az + H)	1,140 <sup>c</sup>

*Superíndice con letras diferentes significa diferencia estadística (p<0.05) según Tukey*

Lo anterior sugiere que el biofertilizante fue benéfico para el maíz por una interacción sinérgica entre *Azotobacter chroococcum* y el vermicompost en favor de su sano crecimiento, muy superior que el maíz sin inocular y con dosis del fertilizante nitrogenado al 100 % (Camelo *et al.*, 2011).

La respuesta del cultivo a la aplicación de los tratamientos sobre el peso fresco aéreo y radical a los 60 días después de la siembra mostró que igualmente existen diferencias

significativas para todos los casos con respecto al control, para un nivel de significación de 0,05 (*tabla 4*). El mejor resultado se obtuvo en T4, alcanzándose un peso fresco aéreo de 40,14 g y un peso fresco radical de 20,38 g, seguido del T3 y T2, aunque entre ellos no hubo diferencia estadística significativa. También se expresan los resultados del peso seco aéreo y el peso seco radical, obteniéndose de igual manera como mejor resultado el tratamiento T4; con un peso seco aéreo de 10,05 g y un peso seco radical de 5,11 g.

**Tabla 4.** Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso fresco aéreo y radical; peso seco aéreo y el peso seco radical de las plantas de maíz.

Tratamiento	PFA (g)	PFR (g)	PSA (g)	PSR (g)
T1	28,79 <sup>a</sup>	12,66 <sup>a</sup>	7,19 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>
T2	34,69 <sup>b</sup>	17,71 <sup>b</sup>	8,69 <sup>b</sup>	4,44 <sup>b</sup>
T3	34,70 <sup>b</sup>	17,71 <sup>b</sup>	8,70 <sup>b</sup>	4,45 <sup>b</sup>
T4	40,14 <sup>c</sup>	20,38 <sup>c</sup>	10,05 <sup>c</sup>	5,11 <sup>c</sup>

*Superíndice con letras diferentes significa diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) según Tukey*

Leyenda: PFA=Peso fresco aéreo.  
PFR= Peso fresco radical.  
PSA= Peso seco aéreo.  
PSR= Peso seco radical.

Los resultados observados indicaron que la bacteria promotora del crecimiento vegetal favoreció a la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal en la raíz, mejorando así la capacidad de absorción del fertilizante mineral nitrogenado al 50 %, y a su vez provocó un aumento en su peso fresco aéreo lo anterior sugiere que contribuyeron a nivel de la raíz a la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, para mejorar su capacidad de absorción radical del FN, lo que en consecuencia causó el incremento en su PFA (Reyes & Valery, 2007; Wong-Villareal & Caballero-Mellado, 2010; Piromyou *et al.*, 2011).

Con respecto al peso fresco radical *A. chroococcum* estimuló una mayor formación de raíces secundarias, lo que optimizó la absorción de fertilizante mineral nitrogenado reducido al 50 %

según lo sugerido por Camelo *et al.* (2011) y Sánchez-Yáñez, *et al.* (2014).

El efecto de *A. chroococcum* y su combinación con vermicompost sobre las variables peso seco aéreo y peso seco radical en el cultivo del maíz, pudiera estar relacionado con la transformación de exudados de la raíz del maíz en sustancias promotoras del crecimiento vegetal, que en consecuencia estimularon la proliferación de pelos radicales y promovieron la optimización del fertilizante nitrogenado reducido al 50 % (Sánchez-Yáñez *et al.*, 2014).

También Armenta-Bojórquez *et al.* (2010) refiere que este comportamiento se debe a que sus sustancias promotoras del crecimiento vegetal aceleran y aumentan la capacidad de la raíz para absorber el fertilizante nitrogenado reducido al 50 % y otros minerales del suelo y ello le permite al maíz crecer rápido y sanamente. Lo que queda

demostrado por los resultados obtenidos, que arrojaron como mejor tratamiento el T4 con un peso seco aéreo de 10,05 g y un peso seco radical de 5,11g, seguido de T3 y T2, no existiendo diferencias significativas entre ellos, para un nivel de significación de 0.05.

La respuesta del maíz a la inoculación únicamente con *Azotobacter* tuvo diferencias significativas sobre estas variables con respecto al testigo, lo que indica que esta bacteria promotora del crecimiento vegetal individualmente y en combinación transforman los exudados de la raíz del maíz en sustancias promotoras del crecimiento vegetal; y así optimizó la absorción del fertilizante nitrogenado, con el consecuente aumento en su biomasa (Wong-Villareal & Caballero-Mellado, 2010).

Resultados similares fueron obtenidos Camelo, *et al.* (2011) indicando que la bacteria *A. chroococcum* individualmente y en combinación transformó los exudados de la raíz en sustancias promotoras del crecimiento vegetal, optimizando la absorción del fertilizante mineral al 50 %, lo que conllevó al aumento de su biomasa.

En general los resultados mostraron la respuesta positiva del cultivo de maíz a la inoculación con *A. chroococcum* y de esta en combinación con la aplicación de vermicompost. Lo que puede considerarse como un

complejo biológico resultante de la biotransformación bacteriana de los componentes adicionados al medio, con actividad sobre las plantas. Debido a que la actividad biológica de muchas de las fitohormonas producidas por estos microorganismos tienen influencia directa sobre procesos claves del desarrollo vegetal, tales como: la germinación y crecimientos temprano de plántulas.

## **CONCLUSIONES**

*Azotobacter* al ser un bioestimulante, capaz de excretar sustancias activas a base de aminoácidos, que las plantas incorporan a sus propios tejidos, logra un efecto positivo en el cultivo del maíz que se evidencia en los indicadores morfológicos de crecimiento vegetal. Lo que se demuestra en la respuesta positiva del cultivo del maíz en todas las variables estudiadas a la inoculación con *Azotobacter chroococcum* y de esta en combinación con el vermicompost. Además que los mejores resultados se obtienen con la aplicación combinada de *Azotobacter chroococcum* y vermicompost a dosis de 15 l ha<sup>-1</sup> y 2t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Arellano, Y., García, E., & Vázquez-Ramos, J. (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. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30211218004>>ISSN 1405-3195
- Armenta-Bojórquez, A., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J., Apodaca-Sánchez, M., Gerardo-Montoya, L., & Nava-Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896007>
- Camelo, M., Vera, S.P., Bonilla, R.R. (2011). Mechanisms of action of plant growth promoting rhizobacteria Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), julio-diciembre, 159-166. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4499/449945031010.pdf>
- Candellero, D. J., Cristóbal, A. J., Reyes, R. A., Tun, S. J. M., Gamboa, A. M. M., & Ruíz, S. E. (2015). Trichoderma spp. promotoras del crecimiento en plántulas de Capsicum chinense Jacq. y antagonicas contra Meloidogyne incognita. Argentina. *Phyton*, 84(1), 113-119. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v84n1/v84n1a16.pdf>
- Cervilla, L.M. (2009). *Respuesta fisiológica y metabólica a la toxicidad por boro en plantas de tomate. Estrategias de tolerancia*. (Doctoral dissertation), Universidad de Granada. Recuperado de <http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/18068960.pdf>
- Dobbelaere, S., & Okon, Y. (2007). *The plant growth-promoting effect and plant responses*. In Chapter 7. Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations. Dordrecht: Springer, (pp. 145-170). Recuperado de [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-3546-2\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-3546-2_7)
- González, H., & Molina, N. F. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17-31. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6045804>
- Granda, I., González, R.H. (2015). *Aislamiento y caracterización de bacterias diazotróficas del género Azotobacter, y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo en maíz, variedad INIAP 182, en la Estación*

- Experimental La Argelia*. (Tesis). Universidad Nacional de Loja. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12274>
- Hernández, A., Pérez, J, Bosch, D, & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediones INCA. p. 45-48.
- Hoffman, B.M., Lukoyanov, D., Yang, Z.Y., Dean, D.R., & Seefeldt, L.C. (2014). Mechanism of nitrogen fixation by nitrogenase: the next stage. *Chemical reviews*, 114(8), 4041-4062. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr400641x>
- NC 1101:2015 *Biopreparados—inoculante microbiano a base de Azotobacter chroococcum Y bacillus Megatherium—Métodos de ensayo*.
- Obando, M., Rivera, D. & Bonilla R., (2013). Respuesta fisiológica a la fertilización nitrogenada de síntesis sobre el Maíz (*Zea mays*) en el invernadero. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería* 17(1), 11-22. Recuperado de [https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista\\_2013\\_V17\\_N1.pdf](https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2013_V17_N1.pdf)
- Peña, M.D, de Zayas, M.R, & Rodríguez, R.M. (2015). La producción científica sobre biofertilizantes en cuba en el período 2008-2012: un análisis bibliométrico de las revistas cubanas. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 44-54. Recuperado de <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/939/html>
- Piromyou, 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. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1164556310000932>
- Quezada, J.R. (2012). *Selección in vitro de Azotobacter spp. promotores de crecimiento vegetal aislados de suelos de cultivo de Zea mays "maíz", del distrito de Laredo-La Libertad*. (Tesis para obtener el título de biólogo-microbiólogo). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2403/Quezada%20Huamanchumo%2c%20Jen>

- ny%20Roxana%20.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivera, D., Obando, M., Garrido, M. & Bonilla, R. (2011) Efecto de agroquímicos peletizados en semillas de algodón sobre el biofertilizante Monibac®, con base en *Azotobacter chroococcum*. *Revista Bio Agro*, 9(2), 130–138. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n2/v9n2a15.pdf>
- Rivera, D., Obando, M., & Buitrago, R. B. (2012). Estandarización de un medio de cultivo a partir de fuentes agroindustriales para la multiplicación de *Azospirillum brasilense*. *Respuestas*, 17(2), 31-38. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5364576.pdf>
- 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(3), 117-126. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85719301>
- Romero-García, V., García-Ortiz, V., Hernández-Escareño, J., & Sánchez-Yáñez, J. (2016). Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Scientia Agropecuaria*, 7 (3), 313-319. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357648378004.pdf>
- Sánchez-Yáñez, J., López, I., Villegas, J., & Montaña, N. (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. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n1/a02v5n1.pdf>
- Villacorta, S.Y. (2013). *Efecto de Azotobacter chroococcum y Bradyrhizobium yuanmingense sobre el crecimiento de Capsicum annuum L. var longum "páprika" en condiciones de laboratorio*. (Tesis para optar al título de Biólogo-Microbiólogo). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3682/Villacorta%20Chiclayo%2c%20Sandra.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19945811>