



**Efecto de la inoculación con bacterias nativas promotoras de crecimiento vegetal (bpcv) en el cultivo de remolacha (*beta vulgaris* L.), en la comuna prosperidad, cantón Santa Elena**

Effect of inoculation with native plant growth promoting bacteria (bpcv) in the beet culture (*beta vulgaris* L.), In the prosperity commune, canton of Santa Elena

*Artículo resultado de proyecto de investigación financiado por  
La Universidad Estatal de Santa Elena*

*Esquibel Ludgardo Orrala Ramos  
Universidad Estatal de Santa Elena  
<https://orcid.org/0000-0001-7661-5874>  
[esquibel.orralar@upse.edu.ec](mailto:esquibel.orralar@upse.edu.ec)  
Santa Elena Ecuador*

*Clotilde Andrade V  
Universidad Estatal de Santa Elena  
<https://orcid.org/0000-0003-4533-2548>  
[Clotilde.andradev@upse.edu.ec](mailto:Clotilde.andradev@upse.edu.ec)  
Santa Elena- Ecuador*

<http://centrosuragraria.com/index.php/revista>

Publicada por: Instituto Tecnológico Corporativo Edwards Deming  
Julio - Diciembre vol. 1. Num. 2 – 2018

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

RECIBIDO: 5 DE MAYO 2017  
ACEPTADO: 22 DE OCTUBRE 2017  
PUBLICADO: 4 DE JUNIO 2018

## RESUMEN

El cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) se desarrolló en Francia y España durante el siglo XV; en estos países, en un principio se cultivaba para aprovechar sus hojas, que equivalían a las espinacas y acelgas. En 1747, el científico alemán Andreas Marggraf demostró que el jugo de remolacha obtenida de la raíz era de sabor dulce, igual a los de la caña de azúcar. A partir de entonces la raíz ganó popularidad, especialmente la variedad roja (INFOAGRO, 2012). La producción mundial promedio de remolacha en el año 2012 fue 280 587 575 toneladas; Rusia, Francia, Estados Unidos, Alemania, Ucrania, Turquía, Polonia, China, se encuentran entre los mayores productores del mundo. En el continente Americano, Chile en el 2010 obtuvo una producción cerca de 1,7 millones de toneladas, mientras que los EE.UU obtuvo un promedio de 1 004 600 toneladas de remolacha en 2010, pero en el 2012 se llegaron a cosechar 31 965 560 toneladas, lo que representó un 20 %, convirtiéndola como uno de los líderes en producción de remolacha en América (FAO, 2012). Evaluar el rendimiento de remolacha (*Beta Vulgaris* L.), a partir del uso de un biofertilizante proveniente de la combinación de tres cepas de bacterias nativas de *Rhizobium*, en la comuna Prosperidad, cantón Santa Elena.

**PALABRAS CLAVE:** cultivo, desarrolló, izósfera

## ABSTRACT

Beet (*Beta vulgaris* L.) cultivation developed in France and Spain during the 15th century; In these countries, it was originally cultivated to take advantage of its leaves, which were equivalent to spinach and chard. In 1747, the German scientist Andreas Marggraf showed that the beet juice obtained from the root was sweet in taste, just like that of sugar cane. From then on, the root gained popularity, especially the red variety (INFOAGRO, 2012). The average world production of beets in 2012 was 280,587,575 tons; Russia, France, United States, Germany, Ukraine, Turkey, Poland, China are among the largest producers in the world. In the continent American, Chile in 2010 obtained a production of about 1.7 million tons, while the US obtained an average of 1,004,600 tons of beets in 2010, but in 2012 31,965,560 tons were harvested, which represented 20%, making it one of the leaders in beet production in America (FAO, Evaluate the yield of beet (*Beta Vulgaris* L.), from the use of a biofertilizer coming from the combination of three strains of bacteria native to *Rhizobium*, in the commune Prosperidad, canton Santa Elena.

**KEY WORDS:** cultivation, developed, izosphere

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) se desarrolló en Francia y España durante el siglo XV; en estos países, en un principio se cultivaba para aprovechar sus hojas, que equivalían a las espinacas y acelgas. En 1747, el científico alemán Andreas Marggraf demostró que el jugo de remolacha obtenida de la raíz era de sabor dulce, igual a los de la caña de azúcar. A partir de entonces la raíz ganó popularidad, especialmente la variedad roja (INFOAGRO, 2012).

Según FAO (2011), la remolacha, es parte de la alimentación de la población ecuatoriana en todos los estratos sociales, con un porcentaje que abarca el 62 % de consumo en los últimos 5 años. Esta hortaliza de raíz, que contiene aproximadamente 10 % de carbohidratos, constituye un componente importante de los sistemas agrícolas de pequeños agricultores.

La producción mundial promedio de remolacha en el año 2012 fue 280 587 575 toneladas; Rusia, Francia, Estados Unidos, Alemania, Ucrania, Turquía, Polonia, China, se encuentran entre los mayores productores del mundo. En el continente Americano, Chile en el 2010 obtuvo una producción cerca de 1,7 millones de toneladas, mientras que los EE.UU obtuvo un promedio de 1 004 600 toneladas de remolacha en 2010, pero en el 2012 se llegaron a cosechar 31 965 560 toneladas, lo que representó un 20 %, convirtiéndola como uno de los líderes en producción de remolacha en América (FAO, 2012). Según MAGAP (2012), en Ecuador, la remolacha ha tenido un crecimiento en las hectáreas cultivadas, desde el año 2005 al 2007 con una producción que va de 3 177 toneladas/año a 6 103 toneladas/año, pero en el 2009 de acuerdo a SIGAGRO (2010), se cosecharon 6 614 hectáreas de las cuales, 6 613 hectáreas se ubicaron. El manejo inapropiado del suelo y el agua, por el uso excesivo de agroquímicos, han provocado la degradación de los mismos, por efectos climáticos y edáficos; llevando a los suelos a la baja disponibilidad de nitrógeno (N), fósforo (P) y principalmente de micronutrientes; por lo cual, según REYES *et al.* (2008), se podría realizar estudios con bacterias nativas promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), que inciden en el cultivo de remolacha y conservan la microfauna, disminuyendo la contaminación del suelo y el agua.

Por lo ya indicado, se deben seguir las sugerencias de AGUIRRE *et al.* (2009) quienes indican que, actualmente se están utilizando diferentes microorganismos promotores de crecimiento vegetal con funciones específicas en la agricultura para mejorar la productividad de los cultivos. Siendo una fuente facilitadora de los nutrientes que benefician el funcionamiento de las plantas, como parte de una tecnología que garantiza una productividad biológica, económica y ecológica. Sin contaminación del ambiente y de los seres humanos.

Es por esta razón que el presente estudio, está buscando estrategias para asociar bacterias rizobianas nativas, que promuevan el crecimiento de cultivos hortícolas, sabiendo que entre las sustancias responsables del crecimiento vegetal se encuentran: auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido-indol-acético, entre otras.

Dentro de las bacterias que estimulan la producción de las mencionadas sustancias que promueven el crecimiento de las plantas, están las del género *Rhizobium*, *Pseudomonas Syringae*, *Klebsiella Variicola* y *Pseudomona Fluorescens*. Entre las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), se cuenta con unas consideradas nativas de la zona, inoculadas en hortalizas como biofertilizante,

Los microorganismos considerados como BPCV cumplen muchas funciones en el suelo, entre ellas, ayudan a solubilizar fosfato mineral y otros nutrientes, aumentan la resistencia de la planta al stress, ayudan a estabilizar los agregados del suelo mejorando su estructura y el contenido de materia orgánica. Mientras unas retienen mayor nitrógeno orgánico en el suelo, otros nutrientes aumentan su liberación, lo cual contribuye a la reducción de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos (HAYAT *et al.* 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo se realizó en la Finca Tierra Fértil, propiedad del señor Faustino Orrala R, ubicada en la comuna Prosperidad, parroquia San José de Ancón, a 15 km al sur del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. La ubicación geográfica es: 2° 17'35" de Latitud Sur y 80° 50' 52" Longitud Oeste. La zona está situada a una altura aproximada de 5 msnm. Clima cálido seco; temperatura promedio 24,5 °C, temperatura máxima 39,5 °C en invierno y temperatura mínima 15,6 °C en verano; precipitación promedio anual 200 mm y humedad relativa 81,6 %. Datos promedios de los últimos 10 años según el INAMHI y la Estación Meteorológica de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Se utilizó tres cepas nativas de *Rhizobium*: VAI-RV, FP-MG2 y FP-MG4, identificados y caracterizados en los ensayos realizados por Crespo y Julio en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en el año 2012. Variedad de remolacha Detroit distribuida por la importadora Alaska, muy conocida por raíces globosas profundas, tiene un color rojo oscuro muy atractivo y de forma redonda y alargada, textura medianamente suave. Es una variedad precoz, de maduración temprana a mediana, que se puede cosechar a los 75 días después de la siembra. Color de las hojas verde oscuro muy tolerante a la floración. Es una variedad muy conocida para mercado fresco.

## RESULTADOS

Los resultados del ANDEVA, Cuadro 7 muestran que no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de la variable analizada, cuyo coeficiente de variación fue de 0,73%.

Los resultados observados en el Grafico 1, sobre la germinación a los 4 días; muestran que el Tratamiento 3 (VAI-RV, FP-MG2 y FP-MG4 3 %) obtuvo el 99,75 % mientras que, el Tratamiento 5 (sin inocular) fue de 99,25 %; siendo el porcentaje más bajo entre todos los tratamientos. Al respecto, CRESPO y JULIO (2012), obtuvieron resultados similares en la germinación, cuando trabajaron con semillas de maíz donde se combinaron cepas (VAI-RV, FP-MG2 y FP-MG4) de bacteria *Rhizobium*, en este caso, el porcentaje de germinación fue 99,50 similar a los tratamientos evaluados.

El Cuadro 8, los resultados del ANDEVA no muestran, diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, para la variable altura de planta a los 30 días, cuyo coeficiente de variación fue de 6,61 %, mientras a los 60 días, se ve una mínima variación de 6,5 %. Así mismo, en el Gráfico 2 a los 30 días, el tratamiento 2 (VAI-RV, FP-MG2 y FP-MG4 1,5 %) obtuvo las mejor alturas con 14,29 cm, mientras que el tratamiento 1 (VAI-RV, FP-MG2 y FP-MG4 1 %) con 13,07 cm; fue el más bajo. En el mismo gráfico, a los 60 días, el Tratamiento 3 (VAI-RV, FP-MG2 y FP-MG4 3 %), con una altura media de 35,85 cm fue el más eficiente, mientras que el tratamiento 4 (NPK) con una altura de 32,72 cm fue el de menor altura promedio.

Los resultados antes mencionados, son corroborados por ARKHIPOVA *et al.* (2005) y ETESAMI *et al.* (2009), Quienes argumentan que las cepas de *Rhizobium* son capaces de sintetizar sustancias promotoras del crecimiento vegetal (fitohormonas), las cuales estimulan el crecimiento de las plantas, debido a que se incrementa adsorción de agua y nutrientes, lo que se traduce a una mayor producción de biomasa aérea, así también, se ha demostrado resultados favorables en la inoculación del biofertilizante en plantas no leguminosas. También, están de acuerdo a las investigaciones efectuadas por RÍOS *et al.* (2005) quienes,

obtuvieron resultados similares en altura de planta a la cosecha 43,20 cm en un experimento donde la remolacha fue inoculada con *gluconatobacter*.

## CONCLUSIONES

Las mejor dosis combinadas de la bacteria *Rhizobium* en la inoculación del cultivo de remolacha fue 3% para germinación de semilla, 1,5% para el crecimiento y desarrollo de la planta en campo.

Se demostró efectividad de las bacterias nativas de *Rhizobium* como biofertilizante, al incrementar el peso del fruto y rendimiento del cultivo remolacha.

## REFERENCIAS

AFZAL M. 2010. Las interacciones planta-microorganismo para la remediación de hidrocarburos el suelo contaminaron. Tesis de Doctorado. Universidad de recursos naturales y Ciencias de la vida, Viena. AFZAL M., YOUSAF S., REICHENAUER T G. y SESSITSCH A. 2012. El método de inoculación afecta a la colonización y el rendimiento de las cepas bacterianas inoculante en la Fitoremediación de suelos contaminados con petróleo diésel. Revista Internacional de fitoremediación, 14:35-47.

AHEMAD M. y KHAN M. 2010. Toxicidad comparativa de seleccionar insecticidas para plantas de guisante y promoción del crecimiento en respuesta a tolerantes a insecticidas y planta crecimiento promoviendo *Rhizobium leguminosarum*. Protección de cultivos. India. (29): 325– 329.

ARKHIPOVA T., VESELOV S., MELENTIEV A., MARTYNENKO E., KUDOYAROVA G., 2005. Capacidad de la bacteria *Bacillus subtilis* producen citoquininas y de influir en el crecimiento y el contenido endógeno hormonal de las plantas de lechuga. Planta y suelo 272:201-209.

ARMENTA A., AIROLA V. y APODACA M. 2009. Selección de aislados nativos de *Bacillus subtilis* para la producción de plántulas de tomate en Sinaloa. Primer Simposio Internacional.

Almaguer, P., Rodríguez. H., Barrientos, L., Mora, S., Vidales, J. (2014) Relación entre grados días y la producción de *Opuntia ficus-indica* para consumo humano. Ciencias agrícolas. Revista Científica. México. Vol. 5. No 6, pp 11-16.

Beltrano, J., and Giménez, D. (2015) Cultivo en hidroponía. Universidad Nacional de la Plata. Primera edición., Buenos Aires: Argentina.

Benavides, A., Preciado, P. and Favela, E. (2014) Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Segunda edición., Lima-Perú: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Birgi, J. (2015) Producción de hortalizas de hoja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Primera edición. Argentina. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/produccion-hidroponica-de-hortalizas-de-hoja-0>.

Boyer, J., Fourqurean, J. & Jones, R. (1997) Spatial Characterization of Water Quality in Florida Bay and Whitewater y Multivariate Analyses: Zones of Similar Influence. Estuaries Vol. 20, No. 4, p. 743-758.

Brenes, L. and Jiménez, M. (2016) Manual de Producción Hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique). Primera edición. Costa Rica: Tecnológica de

Costa Rica. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6581/manual-hidroponia-NFT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 12/09/2018.

Briones, W., De la A, T., Mejía M. (2014) Producción y Exportación de lechugas hidropónicas al mercado alemán. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil: Ecuador.

Cajo, A. M. (2016) Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas., Ambato: Ecuador.

Campbell, R., 2013. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the united states. Southern Cooperative series bulletin, Issue 394, pp. 85 - 86.

Carreón, J. (2015) Peso fresco y estado nutrimental de lechuga Romana (*Lactuca sativa* L.), bajo diferentes soluciones nutritivas. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7665/63738%20MAZANO%20CARREON%2C%20JULIO%20CESAR%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 03/012/2018.

Castañeda, F., Marulanda, C., Camey, C. & Mejía, L. (2010). Manual técnico hidroponía popular (cultivo sin tierra). Tercera edición. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

Catata, L. (2015) Tres Variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) y Dos Soluciones Nutritivas en Cultivo Hidropónico, en Sistema NFT Tipo Piramidal, bajo Condiciones de Invernadero en Arequipa. Tesis. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/384/M-21592.pdf?sequence=1>. Consultado: 08/09/2018.

Cruz, J. y Matías, S. (2010). Adaptación de cinco híbridos de tomate con dos técnicas de poda cultivadas bajo sistema semihidropónica, en Manglaralto, cantón Santa Elena. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. UPSE. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/913>. Consultado: 2/12/2018.

Delgado, E. D. (2016) Evaluación de tres variedades de lechuga con tres dosis de fitohormonas y quelatos inorgánicos y orgánicos cultivados en condiciones de hidroponía. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Defilipis, C., Pariani, S., Jiménez, A., Bouzo, C. (2014) Respuesta de riego de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en invernadero. Revista científica. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires Argentina.

Environment (2015) Luz en las plantas. Disponible en: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=221](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=221) Consultado: 26/11/2018.

Estación Experimental Tropical "Pichilingue" (2016) Reporte de análisis de agua. Quevedo: Ecuador.

FAO. (2014). Anuario estadístico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe. Vol. 1, No 4, pp. 107- 108.

Favela, E., Preciado, P., Benavides, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura.

Forero, R., Ricardo, A., Hollman, G., Ricardo, A., Luna, C., Rivera, C. (2011). Agricultura urbana: Sistemas de implementación de cultivo hidropónicos. Colombia. Revista de investigación, Universidad Nacional de Colombia. Vol. 1. No 4, pp 128-135.

González, M. (2014). Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Requerimientos del clima y variedades. INIA. Chile. Disponible en: <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/2014/08/Lechuga-Quilamapu.pdf>. Consultado:

Gutiérrez, F. (2014) Efecto del sulfato de hierro y ácidos húmicos en solución nutritiva en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crispa L.), bajo hidroponía en Manglaralto, Provincia de Santa Elena. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/2232/UPSE-TIA-2015015.pdf>. Consultado: 15/12/2018.

Gutiérrez, T. J. (2015) Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de la solución nutritiva. Tesis. Maestría de Ciencias en Horticultura. Instituto de horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

Howard, M. (2013). Hydroponics for the Home Grower. En: Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. Seventh Edition, Canada. No 2, pp. 45 -50.

Hoyos, D., Gonzalo, J., Chavarría, H., Montoya, A., Correa, G. and Jaramillo, S. (2012). Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un modelo de producción Aeropónico. Revista Facultad Nacional de Agronomía -Medellín, 65(1), pp. 23-30.

Huarte, D., Hidalgo, N. and Jaimes, E. (2014). Producción Hortícola bajo cubierta. Taxonomía del cultivo de la lechuga. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria. Primera edición, Autónoma de Buenos Aires.

IBISWORLD (2016) Hydroponic Crop Farming: Market Research Report. IBISWorld Industry Research División. Estados Unidos de América. Disponible en: <https://www.ibisworld.com/industry-trends/specialized-market-research-reports/life-sciences/food-science/hydroponic-crop-farming.html>. Consultado: 07/06/2018.

INAMHI (2017) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/> Consultado: 07/06/2018.

INTAGRI (S/F) Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>. Consultado: 24/01/2019.

INTAGRI (2017). La industria de los cultivos hidropónicos. Serie Horticultura Protegida. No 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-industria-de-los-cultivos-hidroponicos>. Consultado: 24/01/2019.

Jacobson, A. (2016). 'Hydroponics Essential Guide: The Step-By-Step Hydroponic Gardening Guide to Grow Fruit, Vegetables, and Herbs at Home (Hydroponics for Beginners, Homesteading, Home Grower)'. 2da edición, Estados Unidos.

Junta de Andalucía (2013) Normativa verduras y hortalizas. Lechuga. Agencia de Defensa de la Competencia de Andalucía, España. Disponible en: