

# Importancia de los inoculantes biológicos en la agricultura





**Copyright 2015**  
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES**

**Editor:** Jorge Alberto Forero Santos · **Corrección de estilo:** Cárol Castaño Trujillo · **Diseño:** Juan Andrés Mejía Londoño

Grupo de Investigaciones Biológicas -GIBI- (Universidad Católica de Manizales) · Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria (Universidad de Caldas) · Grupo de Investigación y Desarrollo Producción Agropecuaria -GIPPA- (Universidad de Caldas)

Todos los derechos reservados por la Universidad Católica de Manizales. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de reproducción de la información ni transmitir parcial o totalmente esta producción, incluido el diseño, cualquiera que sea el medio empleado: electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etc., sin permiso del titular de los derechos de propiedad intelectual.

Centro Editorial Universidad Católica de Manizales · Dirección de Investigaciones y Posgrados: Unidad de Publicaciones Científicas · Carrera 23 N° 60-63 · PBX: +57 (6) 8933050 · FAX: +57 (6) 8782937 · www.ucm.edu.co

**CATALOGACIÓN EN LA FUENTE**

Restrepo Franco, Gloria María

Importancia de los inoculantes biológicos en la agricultura / Gloria María Restrepo Franco, Nelson Ceballos Aguirre, Oscar Julián Sánchez Toro, Karen Tatiana Valenzuela Ospina. Manizales: Centro Editorial Universidad Católica de Manizales : Universidad de Caldas : Colciencias, 2015  
39 p. : il.

Grupo de Investigaciones Biológicas - GIBI (Universidad Católica de Manizales) · Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria (Universidad de Caldas) · Grupo de Investigación y Desarrollo Producción Agropecuaria -GIPPA- (Universidad de Caldas)

Incluye bibliografía

ISBN 978-958-8022-55-0

1. INOCULANTES BIOLÓGICOS
  2. BIOFERTILIZANTES
  3. AGRICULTURA
- I. Ceballos Aguirre, Nelson II. Sánchez Toro, Oscar Julian. III Valenzuela, Karen Tatiana.

# Contenido

Introducción	7
<b>Parte 1. Generalidades de los inoculantes biológicos</b>	9
¿Qué es un inoculante biológico?	10
¿Por qué son importantes para la agricultura?	12
¿Cuáles son los impactos de los inoculantes biológicos en la agricultura?	13
¿Cómo se clasifican los inoculantes biológicos?	15
¿Qué tipo de inoculantes biológicos existen en el mercado?	16
<b>Parte 2. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y su utilización en la formulación de Biofertilizantes</b>	17
¿Qué son las Bacterias Promotoras del Crecimiento en Plantas (BPCP)?	18
¿Cuáles son los efectos de las Bacterias Promotoras de Crecimiento en Plantas (BPCP)?	19
¿Cómo y cuándo se utilizan las BPCP?	20
¿Qué son los Biofertilizantes?	21
¿Cuáles son las diferencias entre los Biofertilizantes y los fertilizantes sintéticos?	22
<b>Parte 3. Avances y resultados en la investigación con <i>G. diazotrophicus</i> (glucona)</b>	26
¿Cuáles son los microorganismos promisorios para el desarrollo de Biofertilizantes y su potencial?	27
¿Cuáles son los avances en los estudios realizados en Biofertilizantes en los grupos de investigación?	29
Glosario	36
Referencias	38

## Lista de tablas

Tabla 1. Relación inoculantes biológicos registrados por el ICA	16
Tabla 2. Diferencias entre los Biofertilizantes y los fertilizantes sintéticos	22

## Lista de figuras

Figura 1. Interacción entre material vegetal y dosis de <i>G. diazotrophicus</i> , y su efecto en el peso seco de plántulas de tomate chonto.	31
Figura 2. Efecto de la interacción (Tipo de bacteria*Concentración*Tipo de fertilizante) sobre el rendimiento del cultivo de tomate bajo invernadero.	33
Figura 3. Rendimiento del cultivo de zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.) reflejado en rendimiento bruto y rendimiento neto por hectárea, mediante el efecto de <i>G. diazotrophicus</i> .	35

## Agradecimientos

Los autores agradecen por la financiación del presente trabajo al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), a la Dirección de Investigaciones y Posgrados de la Universidad Católica de Manizales y a la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas, mediante el proyecto "Obtención y evaluación de un promotor para el crecimiento de cultivos de tomate y zanahoria a base de *Gluconacetobacter diazotrophicus*" (código 112752128333).

# Introducción

El creciente uso de insumos químicos (pesticidas y fertilizantes) en la agricultura moderna tiene diferentes implicaciones:

- Eleva los costos para los agricultores.
- Afecta a organismos benéficos asociados a los cultivos.
- Aumenta la concentración de compuestos tóxicos en los efluentes próximos al cultivo.
- Desarrolla resistencia de patógenos.

Estas implicaciones promueven entre algunos consumidores, la demanda por alimentos libres de químicos (Compant et al., 2005; Hernández et al., 2010) y motivan a los productores de todo el mundo, en particular a los de los países en desarrollo, a buscar formas alternativas o complementarias para reducir el uso de productos químicos en la agricultura (Hernández et al., 2010).

En este contexto, actualmente se ha reportado una gran variedad de productos que favorecen la germinación y el desarrollo de las plantas desde su plantulización hasta su producción final. Algunos de ellos son: los hongos micorrízicos, las bacterias promotoras de crecimiento y las fitohormonas (Bashan, 1998; Bashan et al., 2013). Por lo tanto, el uso de agentes biológicos para fertilizar los cultivos o mejorar la resistencia de los cultivos a patógenos es una alternativa emergente que ha encontrado aplicaciones en la agricultura, la horticultura, la explotación forestal y la restauración ambiental (Compant et al., 2010).

La presente cartilla tiene como objetivo dar a conocer a los agricultores y el público en general, la importancia de los inoculantes biológicos usados como biofertilizantes y el papel que juegan las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas en la formulación de estos insumos y de su aplicación en los cultivos de importancia económica.

Asimismo, se presentan los principales resultados del proyecto "Obtención y evaluación de un promotor para el crecimiento de cultivos de tomate y zanahoria a base de *Gluconacetobacter diazotrophicus*", ejecutado por el Grupo de Investigaciones Biológicas -GIBI-, de la Universidad Católica de Manizales; los Grupos de Alimentos y Agroindustria; y Desarrollo Producción Agropecuaria -GIPPA-, de la Universidad de Caldas.



**Parte 1: Generalidades de los  
inoculantes biológicos**

## ¿Qué es un inoculante biológico?

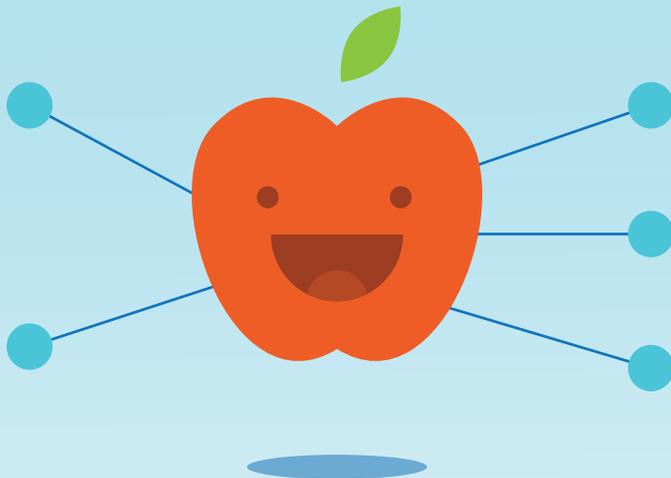


Es un producto elaborado a partir de una o más cepas de microorganismos benéficos o sus metabolitos que al aplicarse al suelo o a las semillas tienen un efecto positivo sobre la nutrición, sanidad, rendimiento y adaptación en cultivos de importancia económica.

Un inoculante biológico debe reunir características fundamentales con el fin de garantizar la calidad del mismo:

Debe estar libre de contaminantes.

Ser viable biológicamente en el caso de emplear organismos vivos, o activos en el caso de metabolitos microbianos.



Debe ser estable.

Debe contar con un proceso de producción reproducible.

Debe ser económicamente viable y rentable.

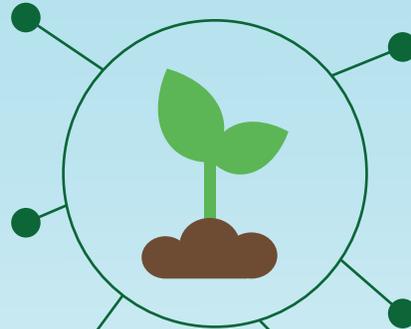
# ¿Por qué son importantes para la agricultura?

Los inoculantes microbianos son importantes para la agricultura porque:

Son fitoestimulantes, es decir, estimulan la germinación de las semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias.

Son mejoradores, es decir, mejoran la estructura del suelo por su contribución a la formación de agregados estables.

Son agentes de control biológico de patógenos, desarrollan fenómenos de antagonismo (trabajan en contra de los patógenos).



Son biofertilizantes, ya que incrementan el suministro de los nutrientes a través de mecanismos, tales como: fijación de nitrógeno, solubilización de elementos minerales o la mineralización de compuestos orgánicos.

Son biorremediadores, ya que eliminan productos tales como pesticidas, herbicidas y fungicidas.

Son mejoradores ecofisiológicos, es decir, incrementan la resistencia al estrés tanto biótico como abiótico (Bowen y Rovira, 1999).

# ¿Cuáles son los impactos de los inoculantes biológicos en la agricultura?

## **Económicos:**

- Se mejora el aprovechamiento de los fertilizantes químicos en las plantas.
- Son una estrategia para aumentar el rendimiento de los cultivos y mejorar el componente biológico del suelo asociado con la promoción de crecimiento y producción de las plantas (Martínez Romero et al., 2013).

## **Ambientales:**

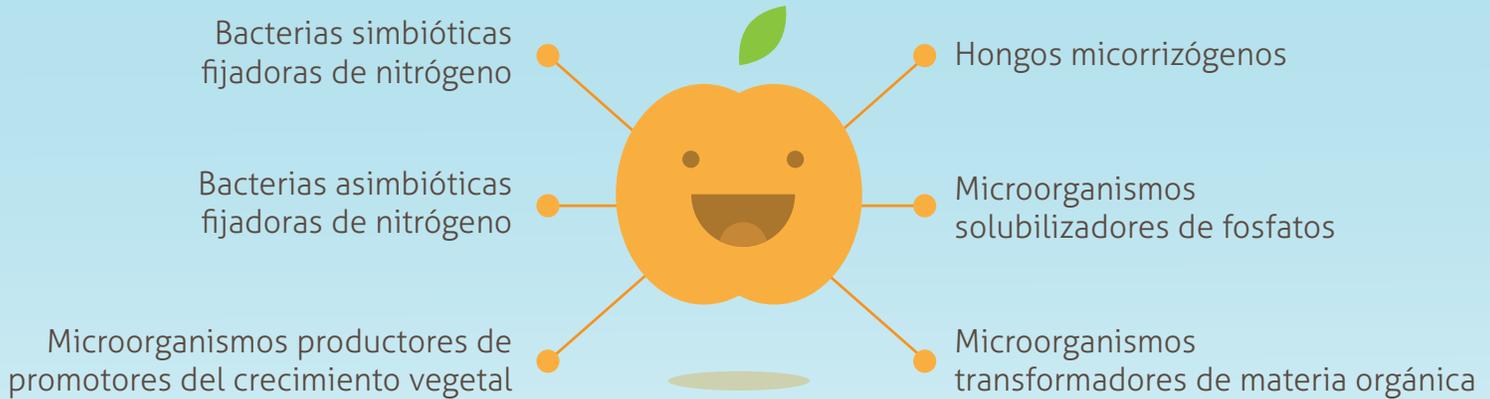
- Permiten la reducción de los costos de producción al minimizar la aplicación de fertilizantes químicos aplicados disminuyendo la contaminación derivada del mal uso de los mismos.
- Mejoran la calidad biológica y las relaciones positivas de los microorganismos del suelo.
- Permiten reducir las aplicaciones de productos agroquímicos, debido a la acción positiva de las bacterias desde el inicio del cultivo (Martínez Romero et al., 2013).

## ¿Cuáles son los impactos de los inoculantes biológicos en la agricultura?

### **Sociales:**

- Permiten involucrar a los empresarios agrícolas en mercados con sello de Buenas Prácticas Agrícolas.
- Reducen el riesgo de daño en la salud de los campesinos por manejo de productos agroquímicos.
- No son una moda; este nuevo sector del mundo agrícola pasó de ser una novedad a una necesidad en el cultivo de vegetales inocuos y sanos para el consumo humano (Superintendencia de Industria y Comercio, Pontificia Universidad Javeriana, 2012).

## ¿Cómo se clasifican los inoculantes biológicos?



## ¿Qué tipo de inoculantes biológicos existen en el mercado?

En el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el año 2015 se encuentran registrados 55 inoculantes biológicos, relacionados a continuación:

**Tabla 1.**  
**Relación inoculantes biológicos registrados por el ICA**

Actividad biológica	Número	Porcentaje
Fijación biológica de nitrógeno	18	32,7
Solubilización de fósforo	7	12,7
Promoción de crecimiento	2	3,6
Inoculante biológico de suelo	8	14,5
Nutrición vegetal	4	7,2
Otros	16	29



**Parte 2: Las bacterias promotoras  
del crecimiento vegetal y  
su utilización en la formulación  
de biofertilizantes**

## ¿Qué son Bacterias Promotoras del Crecimiento en Plantas (BPCP)?

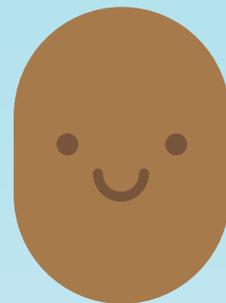
Las Bacterias Promotoras del Crecimiento en Plantas son un grupo de diferentes especies de bacterias que pueden mejorar o incrementar el crecimiento y productividad vegetal (Bashan et al., 1998).



## ¿Cuáles son los efectos de las BPCP?

Las BPCP muestran uno o varios de los siguientes efectos sobre las plantas:

- Solubilización del fósforo no soluble que está en el suelo (fosfatos), haciéndolo disponible para las plantas.
- Producción de hormonas de crecimiento vegetal.
- Fijación biológica de nitrógeno.
- Biocontrol directo o indirecto por inducción de resistencia a plagas y enfermedades en la planta.



Las BPCP afectan directamente el metabolismo de la planta incrementando la toma de agua y minerales, mejorando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o ayudando a otros microorganismos benéficos para que actúen de mejor manera sobre las plantas (Bashan et al., 1998).

## ¿Cómo y cuándo se utilizan las BPCP?

Las bacterias promotoras de crecimiento son aplicadas a través de varios métodos que incluyen la aplicación en el proceso de plantulización al suelo, a las hojas o a los rizomas. Estas suelen ser inoculadas mediante su adhesión desde la aparición de la radícula en la semilla. El empleo de diferentes métodos de inoculación o la realización de aplicaciones de refuerzo pueden resultar en mayores rendimientos, sin embargo, un análisis beneficio-costos determinará la mejor estrategia de aplicación y dosificación de estos productos con un criterio de manejo integrado del cultivo (Moreno et al., 2012).

## ¿Qué son los biofertilizantes?



Productos tecnológicos elaborados con microorganismos benéficos que promueven el crecimiento de las plantas y les pueden proporcionar nutrientes (Martínez et al., 2013).

# ¿Cuáles son las diferencias entre los biofertilizantes y los fertilizantes sintéticos?

Tabla 2.  
Diferencias entre los biofertilizantes y los fertilizantes sintéticos.

Biofertilizantes	Fertilizantes químicos (sintéticos)
Productividad	
Incrementa con el tiempo Aporta varios elementos benéficos y necesarios para el desarrollo de microorganismos, mejorando el humus y el rendimiento.	Disminuye con el tiempo La pérdida de humus, debido al aumento de acidez y salinidad, impacta negativamente la producción de la planta.
Precio	
Estable, ya que la materia prima utilizada proviene de fuentes renovables.	Depende de combustibles fósiles (nitrógeno) y minería (fósforo, potasio). Esto conlleva a un precio inflacionario a medida que la oferta de estas fuentes no renovables disminuye.
Salud y fortaleza	
Mejora el ecosistema del suelo desarrollando plantas más resistentes y saludables.	Eliminan el ecosistema natural del suelo, desarrollando plantas más vulnerables a pestes y enfermedades.

## Biofertilizantes

## Fertilizantes químicos (sintéticos)

Al enriquecer el humus, aumenta la calidad y salud de las frutas.

La salud y calidad de la fruta pueden verse afectadas. Por ejemplo, al utilizar fertilizantes químicos con alto contenido de nitrógeno, los árboles de limón producen frutos con menos cantidad de vitamina C.

### Nutrientes

Adicionalmente del aporte de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), también proporcionan minerales, vitaminas, hormonas y aminoácidos que enriquecen el suelo y su micro-ecosistema.

Escasos en nutrientes diferentes a nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), disminuyendo la biodiversidad del suelo.

Sus altos niveles de mineralización facilitan la absorción de elementos hacia la planta, que de otra manera serían inasequibles.

Pocos grados de mineralización. No ayudan a la planta a descomponer los elementos nutritivos presentes en la materia orgánica, dificultando su acceso y absorción.

### Riesgos de aplicación

No hay riesgo de una sobre aplicación. Al estar compuesto de materiales orgánicos y fermentados anaeróbicamente, los biofertilizantes no tienen ningún efecto tóxico.

Tóxico en altas dosis. Cuando la presencia de nitrógeno es excesiva, la acidez y salinidad del suelo aumentan, eliminando el humus y suavizando los tejidos de la planta, provocando que esta sea menos resistente y saludable.

## Biofertilizantes

## Fertilizantes químicos (sintéticos)

### Desperdicio

La planta absorbe al 100% los nutrientes. Los elementos que no son asimilados inmediatamente, son almacenados en la tierra hasta que la planta los necesite. No existe desperdicio de producto.

Altos niveles de desperdicio del producto. Antes que la planta tenga tiempo de absorberlos, sus componentes se evaporan y escapan rápidamente. Por ejemplo, la urea puede perder hasta un 80% de su contenido de nitrógeno después de la aplicación.

### Frecuencias de aplicación

El número de aplicaciones disminuye con el tiempo mientras que la fertilidad del suelo mejora.

La fertilidad del suelo disminuye con el aumento de aplicaciones.

La dependencia de nutrientes externos se vuelve menor.

La tierra se vuelve dependiente a los químicos, incrementando los daños al suelo y los costos de fertilización.

### Ecosistema del suelo

Los fertilizantes orgánicos con pH cerca de 7,0 son reguladores de la acidez del suelo. Ayudan al desarrollo de microorganismos y mejoran el ecosistema del suelo.

Los altos niveles de acidez y salinidad en el suelo causan desequilibrio y matan los microorganismos que viven en él. Con el tiempo el ecosistema natural (fuente de nutrientes) desaparece y es reemplazado por los productos químicos.

## Biofertilizantes

## Fertilizantes químicos (sintéticos)

Favorece el desarrollo de micorrizas y bacterias fijadoras de Nitrógeno tipo *Rhizobium*.

Reduce la colonización de las raíces con micorrizas (responsables de absorber fósforo, zinc, y otros micro-nutrientes), y *Rhizobium* (responsable de fijar nitrógeno atmosférico), previniendo la asimilación natural de estos elementos.

Mejora la estructura del suelo y lo hace más resistente a las condiciones negativas.

El suelo es menos resistente a las sequías, altas temperaturas, toxinas, altos niveles de pH y protecciones contra patógenos de la raíz.

Al favorecer el desarrollo de microorganismos, ayudan al restablecimiento del humus afectado por el uso constante de productos químicos.

El uso excesivo puede destruir la composición del suelo, impidiendo que los microorganismos sean capaces de regenerarse naturalmente.

## Contaminación

Se disminuyen los riesgos por lixiviación, percolación y evaporación, los cuales producen contaminación.

Hay riesgos por lixiviación, percolación y evaporación.

La producción de biofertilizantes se hace a través de energías limpias y renovables.

Su producción demanda gran consumo de energía. Proviene de fuentes no renovables y energías contaminantes.

Adaptado de Mirón Hernández SL, Mariscal Gaytán JM, Nazario Ríos, RA. Biofertilizantes Sustentables [Internet]; 2009 [citado 13 de octubre 2015]. Disponible en <https://sites.google.com/site/arkanuel/biofertilizantes>



**Parte 3: Avances y resultados  
en la investigación con  
*G. diazotrophicus* (glucona)**

# ¿Cuáles son los microorganismos promisorios para el desarrollo de biofertilizantes y su potencial?

Un microorganismo promisorio: en este caso, es aquel que tiene potencial para responder a las necesidades o problemáticas locales o regionales de acuerdo con las condiciones o hábitat del cual fue seleccionado.

En el entorno regional o local se han identificado problemas como:



Alta retención del fósforo (95%) en suelos derivados de cenizas volcánicas como los de la Región Cafetera.

Uso indiscriminado de fertilizantes de síntesis química y altos costos de producción.



Deficiencias de fósforo en las plantas, solo el 10-20% es aprovechable.

Poco conocimiento del potencial efecto positivo de las cepas nativas sobre los cultivos de importancia económica de la región.



De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas más eficientes y amigables con el ambiente. Dentro de las alternativas hasta ahora exploradas en este campo por los grupos de investigación: Grupo de Investigaciones Biológicas -GIBI-, de la Universidad Católica de Manizales; Grupo de Investigación Desarrollo Producción Agropecuaria -GIPPA- y Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria, de la Universidad de Caldas, se tienen evaluadas en laboratorio y en campo las siguientes bacterias:

· *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumillus*, las cuales promueven el crecimiento debido a su capacidad para la fijación de nitrógeno atmosférico, la producción de ácido indolacético y la solubilización de fosfatos.

## ¿Cuáles son los avances en los estudios realizados en biofertilizantes en los grupos de investigación?

La aplicación de un bioinsumo a base de *G. diazotrophicus* en dosis de 2,5 mL/L y 5,0 mL/L (a una concentración de  $88 \times 10^6$  y  $18 \times 10^7$  UFC/mL respectivamente), al momento de la siembra en el cultivo de tomate, es una estrategia de manejo integrado que desde la etapa de semillero, permite:

- Incrementar el porcentaje de germinación
- Mejorar significativamente el peso seco de las plantas
- Mejorar la absorción del fósforo presente o aplicado en el suelo
- Incorporar el cultivo dentro de las normas de buenas prácticas agrícolas
- Obtener plantas más sanas y vigorosas
- Proyectar un cultivo más sostenible y productivo

Este estudio presentó por primera vez resultados de la influencia de la adición de glucona (*G. diazotrophicus*) teniendo en cuenta la interacción con otros factores como el genotipo del cultivo (o tipo de material de siembra), la dosis de glucona, el sustrato empleado, los tiempos de aplicación de la bacteria y la aplicación o no de fósforo.

En este caso, de acuerdo con la variedad o el híbrido y el sistema de producción, se generaron recomendaciones más apropiadas para nuestros agricultores.

Por ejemplo, un semillero manejado tradicionalmente (sustrato tipo turba y nutrición balanceada con fósforo) muestra buenos valores en peso y vigor de las plantas (0,053 g/planta); si al manejo tradicional se adiciona glucona, se incrementa hasta en un 77% el peso y vigor de las plantas (0,094 g/planta) (Figura 1).

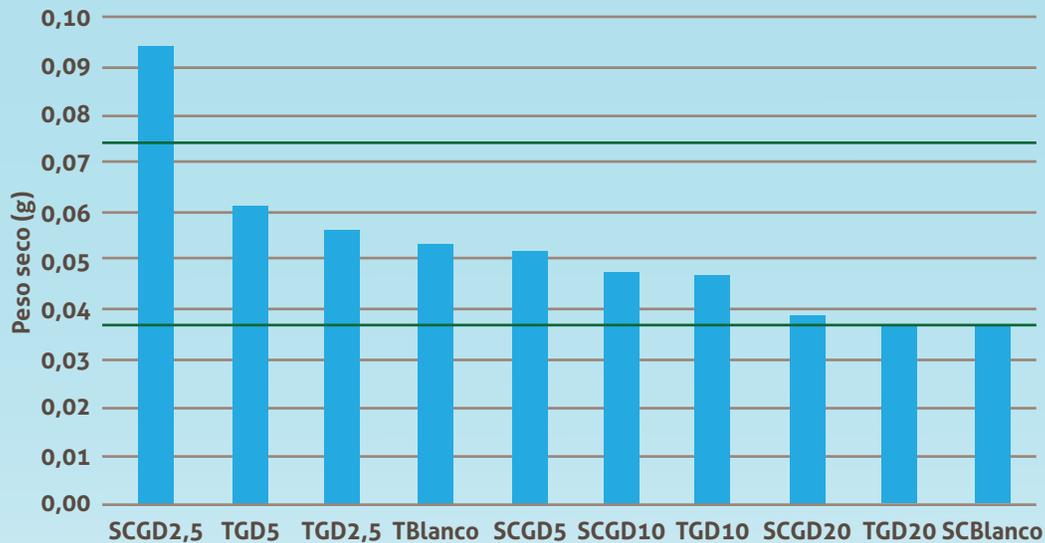
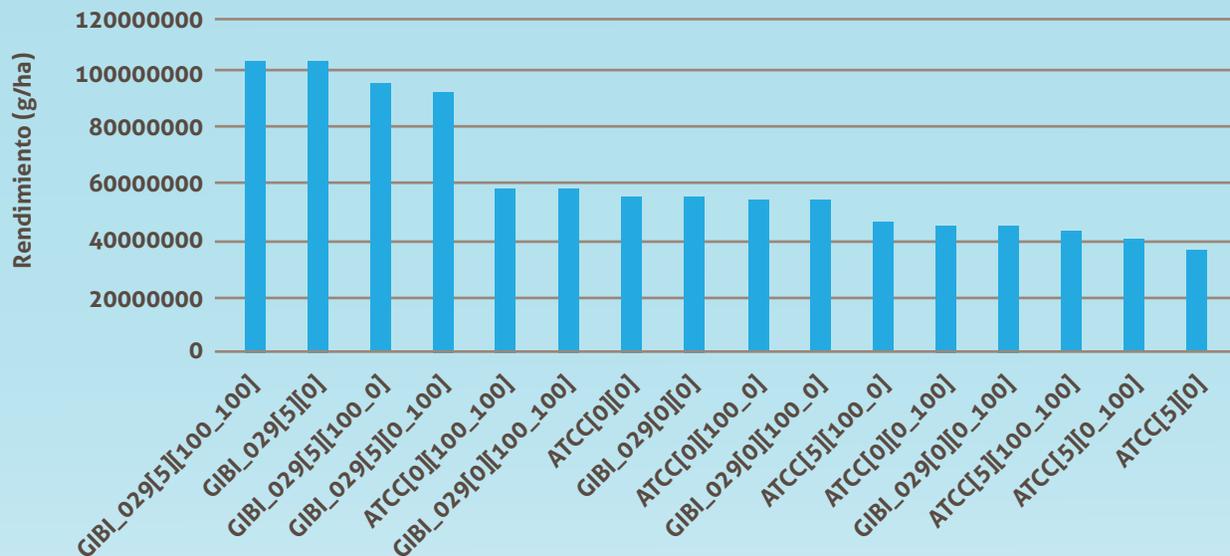


Figura 1. Interacción entre material vegetal y dosis de *G. diazotrophicus*, y su efecto en el peso seco de plántulas de tomate chonto. Las líneas verdes horizontales indican los valores mínimos y máximos alcanzados en los factores analizados independientemente.

**SC:** Tomate Híbrido Santa Clara; **T:** Tomate Híbrido Torrano, **GD:** *Gluconacetobacter diazotrophicus*; **2.5 y 5:** Dosis en mL/L del biopreparado de la bacteria; **Blanco:** Testigo comercial

Las evaluaciones de la adición de glucona en el cultivo de tomate en campo, teniendo en cuenta factores como concentración del inóculo y niveles de nitrógeno y fósforo, mostraron resultados promisorios. El rendimiento alcanzado en las investigaciones realizadas en las Universidades Católica de Manizales y de Caldas (Figura 2) evidenciaron valores de 120 t/ha cuando la glucona fue aplicada al suelo sin la adición de fósforo y nitrógeno, lo que es semejante al valor alcanzado cuando el cultivo es fertilizado con el 100% de los elementos nutricionales descritos en presencia de la bacteria (120 t/ha) y en contraste con los valores alcanzados con el 100% de la nutrición en ausencia de la bacteria en el cultivo, el cual arrojó un rendimiento de 60 t/ha.



Interacción (Tipo de Bacteria\*Concentración\*Tipo de fertilizante)

Figura 2. Efecto de la interacción (Tipo de bacteria\*Concentración\*Tipo de fertilizante) sobre el rendimiento del cultivo de tomate bajo invernadero.

**GIBI\_029:** Cepa de glucona de la Universidad Católica de Manizales; **ATCC:** Cepa comercial de glucona; **[5] y [0]:** Concentración en mL/L del biopreparado de glucona; **[100\_100], [100\_0], [0\_100] y [0\_0]:** Porcentajes de Nitrógeno y Fósforo respectivamente.

En evaluaciones de campo del cultivo de la zanahoria realizadas por los grupos de investigación GIBI, Alimentos y Agroindustria, y GIPPA, con la adición de aislamientos de glucona a diferentes concentraciones, manejo técnico convencional y adición de nitrógeno y fósforo, se encontraron resultados promisorios para el manejo integrado y sostenible del cultivo, incrementando su rendimiento así:

- La adición de glucona siempre fue superior en rendimiento frente al testigo absoluto (manejo técnico convencional), el cual arrojó un rendimiento de 27,9 t/ha.
- La mejor dosis en campo de glucona fue 5 mL/L (correspondientes a una concentración de  $18 \times 10^7$  UFC/mL), alcanzando valores entre 30,3 t/ha y 37,4 t/ha.
- En el cultivo de zanahoria, aplicar glucona (sin la adición de nitrógeno y fósforo) arrojó rendimientos superiores (31,4 t/ha), comparados con la aplicación de la bacteria con nutrición completa (con la adición de nitrógeno y fósforo), arrojando un rendimiento de 30,3 t/ha.
- Lo anterior evidencia qué tan promisorio es la bacteria para ser aplicada en suelos deficientes o con alta retención de estos elementos. Promoviendo no solo un ahorro de las fuentes fertilizantes, sino que a su vez, se incrementa el rendimiento sosteniblemente.

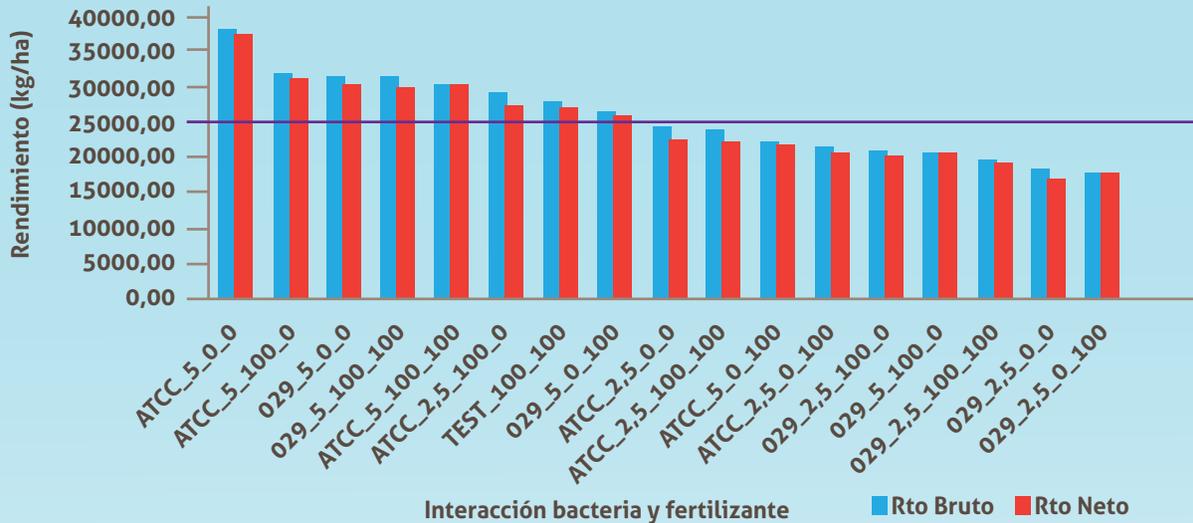


Figura 3. Rendimiento del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) reflejado en rendimiento bruto y rendimiento neto por hectárea, mediante el efecto de *G. diazotrophicus*.

**GIBI\_029:** Cepa de glucona de la Universidad Católica de Manizales; **ATCC:** Cepa comercial de glucona; **[5], [2,5] y [0]:** Concentración en mL/L del biopreparado de glucona; **[100\_100], [100\_0], [0\_100] y [0\_0]:** Porcentajes de Nitrógeno y Fósforo respectivamente.

# GLOSARIO

**Bacterias asimbióticas fijadoras de nitrógeno:** son bacterias de vida libre, que no se asocian obligatoriamente con la planta. Tienen la capacidad de poner a disposición de la planta el nitrógeno proveniente de la rizosfera.

**Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno:** son bacterias que se asocian obligatoriamente con la planta y tienen la capacidad de poner a disposición de la planta el nitrógeno proveniente de la rizosfera.

**Buenas Prácticas Agrícolas:** prácticas orientadas a alcanzar la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos.

**Fertilizantes químicos (sintéticos):** mezclas químicas artificiales que se aplican al suelo o a las plantas para hacerlos más fértiles.

**Hongos micorrizógenos:** hongos que viven en asociación con las plantas, en una relación de mutua colaboración, que permite el traspaso de nutrientes.

**Inocuidad:** se refiere a la condición que permite controlar los peligros asociados a un alimento, con el fin de que no causen daños al consumidor.

**Metabolito:** molécula producida por los microorganismos durante su metabolismo.

**Metabolismo:** conjunto de reacciones bioquímicas que ocurren en la célula de un organismo, que le permiten crecer, reproducirse, mantener sus estructuras, responder a estímulos, entre otras actividades.

**Microorganismos solubilizadores de fosfatos:** son hongos o bacterias que tienen la capacidad de poner a disposición de las plantas el fósforo que está de forma insoluble en el suelo.

**Microorganismos productores de promotores del crecimiento vegetal:** son hongos o bacterias que tienen la capacidad de producir sustancias que promueven el crecimiento de las plantas.

**Microorganismos transformadores de materia orgánica:** son hongos o bacterias que tienen la capacidad de transformar la materia orgánica presente en el suelo, la cual está compuesta de restos de plantas, animales, microorganismos, entre otros.

**Rizosfera:** región del suelo cuya actividad está influenciada por las raíces de las plantas.

# REFERENCIAS

Bashan Y. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*; 1998, 4: 729-770.

Bashan Y, Holguin G. A proposal for the division of "plant growth-promoting rhizobacteria" into two classifications: biocontrol-plant growth-promoting bacteria and plant growth-promoting bacteria. *Soil Biol. Biochem*, 1998; 30: 1225-1228.

Bashan Y., Kamnev A.A., de-Bashan L.E. Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. *Biology Fertility Soils*; 2013,49: 465-479.

Bowen GD, Rovira AD. The rizhosphere and its management to improve plant growth. *Adv. Agron.* 1999; 66: 1-102.

Compant S., Reiter B., Sessitsch A., Nowak J., Clément C., Ait Barka E. Endophytic colonization of *Vitis vinifera* L. by plant growth-promoting bacterium *Burkholderia* sp. strain PsJN. *Applied and Environmental Microbiology*; 2005, 71: 1685-1693.

Hernández A., Heydrich M., Diallo B., Jaziri M., Vandeputte O. Cell-free culture medium of *Burkholderia cepacia* improves seed germination and seedling growth in maize (*Zea mays*) and rice (*Oryza sativa*). *Plant Growth Regulation*; 2012, 60: 191-197.

Martínez Romero E, López Guerrero M, Ormeño Orillo E, Moles, C, editores. Manual teórico-práctico. Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. México: SAGARPA-COFUPRO-UNAM; 2013. Disponible en: <http://morelos.unam.mx/documentos/manuales/ManualBiofertilizantes.pdf>

Mirón Hernández SL, Mariscal Gaytán JM, Nazario Ríos, RA. Biofertilizantes Sustentables [Internet]; 2009 [citado 13 de octubre 2015]. Disponible en <https://sites.google.com/site/arkanuel/biofertilizantes> el 05 de junio de 2015.

Moreno B, Rascón Q, Aguado G. Manejo y calidad de los biofertilizantes. En: Aguado-Santacruz GA. Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. 1ª. Ed. México: INIFAP/SAGARPA; 2012.

Restrepo Franco GM, Marulanda Moreno S, de la Fe Pérez Y, Díaz de la Osa A, Baldani VL, Hernández-Rodríguez A. Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 2015; 46(1): 63-76.

Pérez Y, Díaz A, Restrepo GM, Diván- Baldani V, Hernández-Rodríguez A. Diversidad de bacterias diazotróficas asociativas potencialmente eficientes en cultivos de importancia económica. RCCB. 2015; 4(1): 17-26

Superintendencia de Industria y Comercio, Pontificia Universidad Javeriana. Tecnologías relacionadas con Biofertilizantes. [Internet]. Bogotá; 2012. [Citado 14 octubre, 2015]. Disponible en [http://www.sic.gov.co/drupal/recursos\\_user/biofertilizantes.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/biofertilizantes.pdf)



Universidad<sup>®</sup>  
Católica  
de Manizales



2015

ISBN: 978-958-8022-55-0



9 789588 022550