

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Colección Transformación del Agro

Biofertilizante para praderas destinadas a la producción ganadera sostenible

Germán Andrés Estrada Bonilla
Mauricio Camelo Rusinque
Sandra Lucia Cortés Patiño
Ever Mauricio Barón Guaqueta
Juan Evangelista Carulla Fornaguera
Paola Jimena Criollo Campos
Daniel Ricardo Torres Cuesta
Ruth Rebeca Bonilla Buitrago



El campo
es de todos

Minagricultura



Biofertilizante para praderas destinadas a la producción ganadera sostenible

Germán Andrés Estrada Bonilla

Investigador Ph. D. de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: gaestrada@agrosavia.co
<https://orcid.org/0000-0001-8742-5957>

Mauricio Camelo Rusinque

Investigador máster de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: mcamelo@agrosavia.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8733-6655>

Sandra Lucía Cortés Patiño

Profesional de apoyo a la investigación de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: scortesp@agrosavia.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4054-4972>

Ever Mauricio Barón Guaqueta

Asistente de investigación de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: ebaron@agrosavia.co

Juan Evangelista Carulla Fornaguera

Profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia
Correo: jecarullaf@unal.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8854-1850>

Paola Jimena Criollo Campos

Profesional de apoyo a la investigación de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: pcriollo@agrosavia.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8623-2536>

Daniel Ricardo Torres Cuesta

Profesional de apoyo a la investigación de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: dtorres@agrosavia.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9101-0543>

Ruth Rebeca Bonilla Buitrago

Investigadora Ph. D. sénior de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA
Correo: rbonilla@agrosavia.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2542-0194>

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Mosquera, Colombia, 2020

Biofertilizante para praderas destinadas a la producción ganadera sostenible / Ruth Rebeca Bonilla Buitrago [y otros siete] -- Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2020.

20 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos

ISBN obra impresa: 978-958-740-375-6

ISBN E-book: 978-958-740-377-0

1. Biofertilizantes 2. Producción animal 3. Manejo de praderas 4. Ganadería 5. Abonos nitrogenados 6. Conservación de suelos 7. Microorganismos del suelo.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal: 250047, Colombia.

Esta publicación es resultado del proyecto “Caracterización dinámica de nutrientes y comunidades microbianas en suelos de praderas puras o asociadas a leguminosas”.

Colección: Transformación del Agro

Primera edición: 100 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, septiembre de 2020

Printed in Bogota, Colombia

Preparación editorial: Editorial Agrosavia

editorial@agrosavia.co

Edición: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Diagramación: Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas, AGROSAVIA

Impresión: DGP Editores S. A. S.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co>

DOI:

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403770>

Citación sugerida: Bonilla Buitrago, R. R., Estrada Bonilla, G. A., Camelo Rusinque, M., Cortés Patiño, S. L., Barón Guaqueta, E. M., Carulla Fornaguera, J. E., Criollo Campos, P. J., & Torres Cuesta, D. R. (2020). *Biofertilizante para praderas destinadas a la producción ganadera sostenible*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Agradecimientos	5
Introducción	5
Problemática	5
El suelo es un sistema vivo	7
¿Qué es una bacteria?	8
Biofertilizantes	9
¿Qué son los biofertilizantes?	9
¿Cuáles son sus funciones?	11
¿Cómo se usan?	12
Recomendaciones para el uso del biofertilizante	13
Medidas de protección para usar el biofertilizante	14
Ventajas de usar biofertilizantes en praderas	15
Referencias	16

Lista de figuras

Figura 1	Ventajas de los biofertilizantes	7
Figura 2	Población de seres humanos vs. población bacteriana	8
Figura 3	Bacteria bajo el microscopio	9
Figura 4	Efecto del biofertilizante en las plantas	10
Figura 5	¿Por qué usar biofertilizantes?	11
Figura 6	Uso del biofertilizante en semillas de pasto ryegrass	12
Figura 7	Uso del biofertilizante en parcelas establecidas	13
Figura 8	Guantes: para evitar el contacto del biofertilizante con la piel y para tener un mejor agarre de la bomba de espalda para su aplicación	14
Figura 9	Gafas: para evitar el contacto del biofertilizante con los ojos	14

Agradecimientos

A la Gobernación de Cundinamarca, a la Universidad Nacional (con su proyecto Aunar Esfuerzos, para mejorar la productividad de los productores de leche en la provincia de Ubaté por medio del desarrollo de sistemas productivos eficientes que mejoran el acceso a los mercados a través de la generación de tecnología y asistencia técnica), a Camilo Izquierdo y a Lady Molano.

Introducción

Los fertilizantes de síntesis química ayudan a aumentar la producción agrícola, pero su aplicación inadecuada puede modificar drásticamente la biología del suelo. Asimismo, su uso indiscriminado genera problemas ambientales y puede afectar la salud de los animales y las personas. Adicionalmente, estos insumos representan un costo importante en el sistema de producción. Por último, en cuanto a sus precios, el de los fertilizantes nitrogenados depende directamente de la explotación petrolera, en tanto que el precio de fabricación de los fertilizantes fosfóricos varía según las reservas internacionales de fósforo (minas); es decir, el precio de estos dos fertilizantes está directamente ligado al valor del petróleo y a la disponibilidad del mineral en los mercados internacionales (Forber et al., 2018).

Una alternativa a estos fertilizantes para lograr una producción sostenible es la utilización de productos amigables con el ambiente, con base en microorganismos promotores de crecimiento vegetal, en forma de biofertilizantes. Estos productos tienen la capacidad de movilizar los nutrientes en el suelo de forma natural sin afectar el ambiente y, sobre todo, sin perjudicar el rendimiento de las plantas (Bonilla & Morales, 2002; Camelo et al., 2011). Esta cartilla enseña qué es un biofertilizante y cómo usarlo en un sistema productivo, con miras a reducir los costos de producción sin afectar los rendimientos de las praderas.

Problemática

En los años 50 se presentó el auge de los agroquímicos como respuesta a la intensificación de la producción agrícola para abastecer de alimentos a la

creciente población mundial. Su uso fue exitoso para aumentar la producción de alimentos, pero tuvo graves efectos sobre el medio ambiente y la salud humana (Pingali, 2012).

El proceso conocido como la “revolución verde” ha sido calificado como insostenible a largo plazo, pues ha tenido efectos negativos sobre diferentes ecosistemas y comunidades en distintos lugares del mundo (Evenson & Gollin, 2003).

De la conciencia que se obtuvo sobre los problemas asociados a la revolución verde, así como de los retos que imponen fenómenos como el calentamiento y la desertificación global del planeta, surgió el interés mundial por encontrar alternativas que contribuyeran al mantenimiento y la sostenibilidad de los sistemas productivos disminuyendo el uso de fertilizantes de síntesis química y que permitieran mantener el abastecimiento de alimentos para toda la población. Dentro de estas alternativas se encuentra el desarrollo de los biofertilizantes (Criollo et al., 2012; Rivera et al., 2010).

Existen diferentes tipos de microorganismos —ingredientes activos de los biofertilizantes— que pueden ayudar a mejorar el crecimiento de las plantas, con diferentes estrategias. Algunos permiten fijar el nitrógeno del aire en el suelo, lo que reduce la necesidad de usar fertilizantes nitrogenados, como la urea, y otros facilitan que la planta tome el fósforo que se encuentra en el suelo, lo que disminuye la necesidad de aplicar fuentes de síntesis química de este mineral, así como su cantidad (Estrada et al., 2013).

El uso de biofertilizantes elaborados a base de microorganismos fijadores de nitrógeno o solubilizadores de fosfatos permite reducir la aplicación de fertilizantes de síntesis química, y de esta manera se puede mitigar tanto el lavado de nutrientes en los cuerpos de agua (ríos, lagunas...) como el impacto ambiental asociado al uso de estos fertilizantes (Romero-Perdomo et al., 2017). Asimismo, su uso atenúa las emisiones de algunos gases de efecto invernadero —como el óxido nitroso— que contribuyen al calentamiento global, además de que puede reducir los costos de producción al disminuir la cantidad de fertilizantes necesarios para el suelo (figura 1).

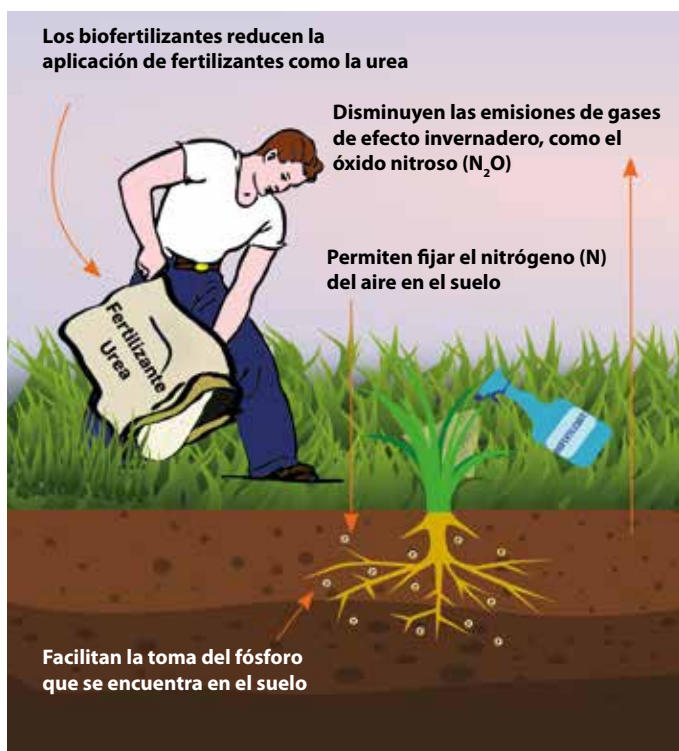


Figura 1. Ventajas de los biofertilizantes.

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

El suelo es un sistema vivo

El suelo es el resultado de procesos físicos (clima, biota, relieve, roca madre y tiempo) y químicos y de actividades biológicas entre las plantas, los microorganismos (bacterias, hongos, nematodos, etc.) y animales pequeños (lombrices de tierra, chinches, etc.) (Weil & Brady, 2017).

El suelo se considera un organismo vivo en el cual se presenta una gran cantidad de interacciones físicas, químicas y biológicas. Adicionalmente, en el suelo se alojan millones de microorganismos que hacen que sea fértil y saludable (figura 2), razón por la cual no puede ser visto únicamente como

el soporte para las plantas, así como tampoco se puede utilizar una fórmula universal para cultivarlo y fertilizarlo (Altieri et al., 2015).

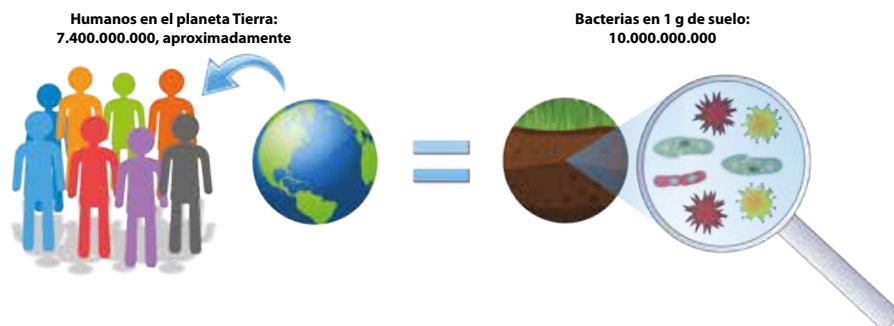


Figura 2. Población de seres humanos vs. población bacteriana.

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

Para que el suelo conserve su vida, hay que saberlo manejar, y así él permitirá que nazcan plantas sanas, fuertes y resistentes al ataque de plagas y enfermedades.

¿Qué es una bacteria?

Las bacterias son organismos de una sola célula tan pequeños que no pueden ser observados a simple vista, sino que se requiere de un microscopio para verlos. Su única célula es muy simple, si la comparamos con una célula de nuestro cuerpo, ya que no tiene membrana celular ni otros organelos que sí poseen las células eucariotas, presentes en animales y plantas (Ahemad & Kibret, 2014).

Las bacterias son los seres vivos más abundantes, pues se encuentran en todos los lugares posibles, incluidos los más extremos, como los polos geográficos, los desiertos muy secos, los volcanes, las fosas profundas del océano y la atmósfera superior, entre otros. Además, cumplen con una gran

cantidad de funciones en el ecosistema, donde son fundamentales para su equilibrio (Blaser et al., 2016). Asimismo, pueden tener o no relación con otros seres vivos y se reproducen fácil y rápidamente. En algunos casos, una bacteria puede obtener una copia de sí misma en tan solo 20 minutos (figura 3) (Bonilla et al., 2018).

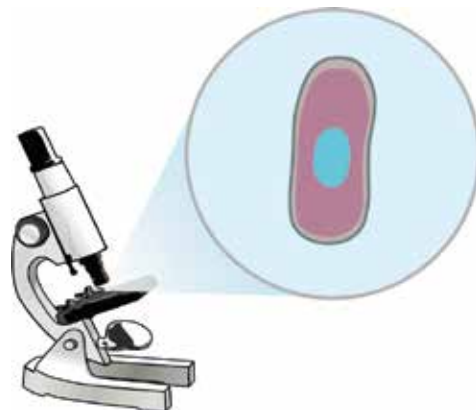


Figura 3. Bacteria bajo el microscopio.

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

Biofertilizantes

¿Qué son los biofertilizantes?

Los biofertilizantes son productos elaborados a base de microorganismos benéficos para los suelos, especialmente bacterias y hongos. Estos microorganismos, al ser incorporados como bioproductos, permiten fijar el nitrógeno del ambiente o solubilizar los fosfatos presentes en los minerales del suelo (figura 4) (Ramakrishna et al., 2019). Además, algunos de ellos producen hormonas como estimulantes naturales del crecimiento de las plantas (Guzmán et al., 2012).

El mercado de la fertilización está cambiando: además de buscar una mejora en la producción, existe actualmente una mayor preocupación por el cuidado

del medio ambiente y por la sostenibilidad de la actividad productiva, que se está extendiendo entre los productores agropecuarios. Es por esta razón que los biofertilizantes son una “alternativa” para el campo.

Los microorganismos presentes en los biofertilizantes viven asociados o en simbiosis con las plantas y les ayudan en su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores del suelo (van der Heijden & Hartmann, 2016). En suelos que no han sido afectados por el uso excesivo de agroquímicos, los microorganismos se encuentran de forma natural; sin embargo, prácticas agrícolas inadecuadas reducen la población de microorganismos importantes para el ciclaje de nutrientes, lo que disminuye la productividad del suelo. Es aquí donde la aplicación de los biofertilizantes (figura 4) aumenta su población, lo cual es importante para recuperar el equilibrio de los suelos, para hacerlos “biológicamente más activos” y, a la vez, para mejorar la nutrición en los cultivos (Cárdenas Caro et al., 2014).

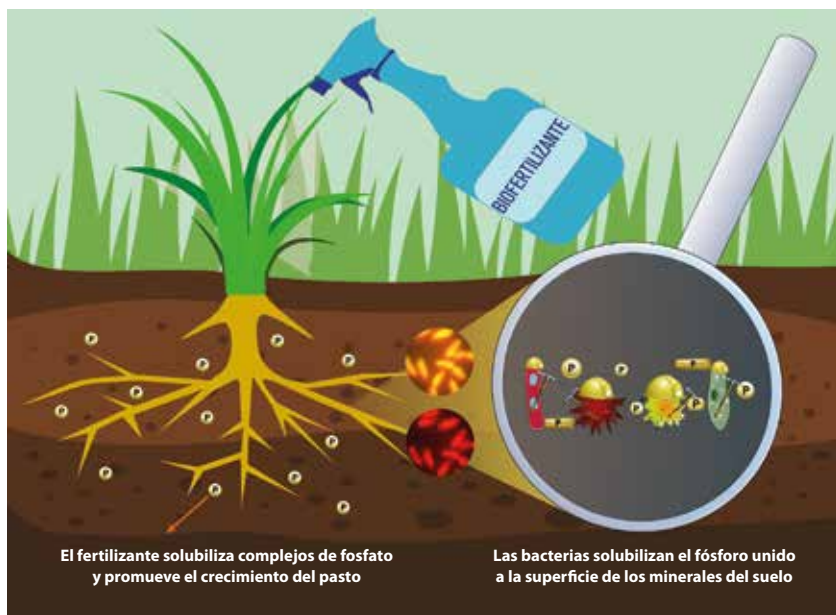


Figura 4. Efecto del biofertilizante en las plantas.

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

¿Cuáles son sus funciones?

Según Bonilla et al. (2018a), los biofertilizantes elaborados a base de microorganismos contribuyen a (figura 5):

- Fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, indispensable para la nutrición de las plantas.
- Incrementar la absorción de nutrientes indispensables para la nutrición de los cultivos, como el fósforo y el potasio.
- Proteger las plantas ante diferentes tipos de microorganismos patógenos que se pueden encontrar en los suelos.
- Regenerar el suelo.
- Estimular el crecimiento de las plantas.

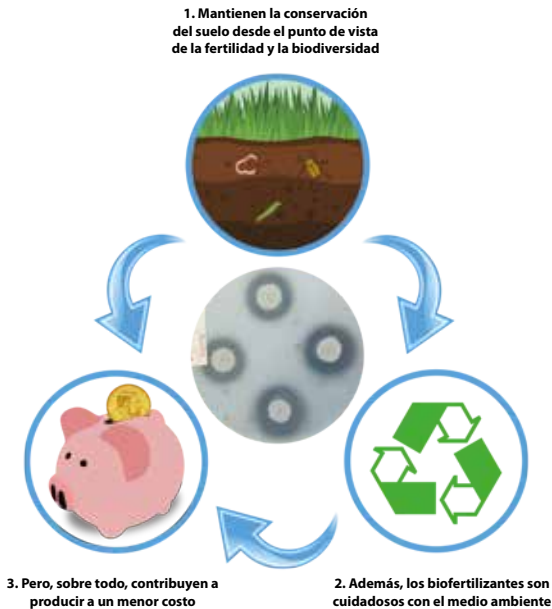


Figura 5. ¿Por qué usar biofertilizantes?

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

¿Cómo se usan?

Para su uso en semillas de pasto ryegrass (*Lolium perenne*), se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones (figura 6):

1. Para 13,5 kg/ha de semilla, adicionar 1 L de biofertilizante y mezclar hasta que todas las semillas estén húmedas.
2. Extender las semillas en lonas durante 30 minutos y dejar secar a la sombra.
3. Sembrar las semillas y volver a aplicar el biofertilizante luego de cada corte (Bonilla et al., 2018a).

1. Para 13,5 kg de semilla, adicionar 1 L de biofertilizante y mezclar hasta observar que todas las semillas estén húmedas



2. Extender las semillas durante 30 minutos y dejar secando a la sombra



3. Sembrar

Figura 6. Uso del biofertilizante líquido en semillas de pasto ryegrass.

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

Según Bonilla et al. (2018a), las praderas deben ser inoculadas siguiendo las siguientes recomendaciones (figura 7) :

1. Para 1 ha de área, diluir 1,5 L del biofertilizante en 200 L de agua.
2. Aplicar el biofertilizante con bomba estacionaria o de espalda, de manera uniforme, al suelo.
3. Después de cada pastoreo o corte, aplicar nuevamente el biofertilizante, siguiendo los pasos 1 y 2.

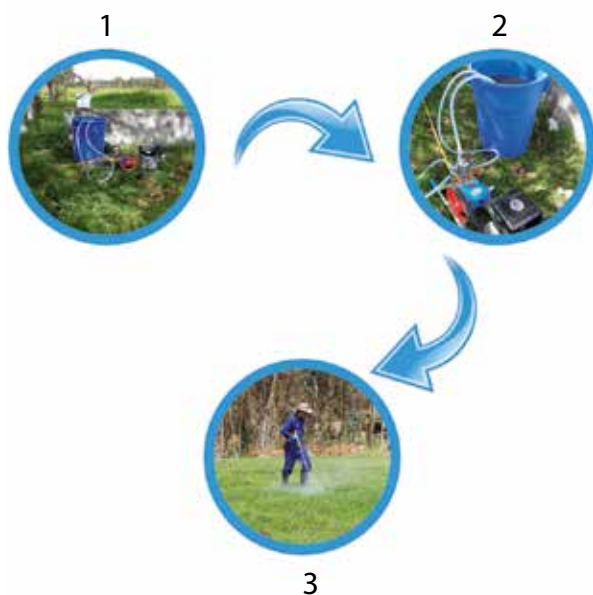


Figura 7. Uso del biofertilizante en parcelas establecidas.

Fuente: Bonilla et al. (2018b)

Recomendaciones para el uso del biofertilizante

1. Mantenerlo bajo condiciones de refrigeración antes de su uso.
2. No dejarlo expuesto a los rayos del sol.
3. No dejarlo destapado y luego usarlo.

4. Utilizar siempre la dosis recomendada en la etiqueta.
5. No reutilizar el envase donde viene el producto.
6. Siempre verificar la fecha de vencimiento (Bonilla et al., 2018a).

Medidas de protección para usar el biofertilizante

Para optimizar el biofertilizante es necesario utilizar guantes (figura 8) y gafas (figura 9).



Figura 8. Guantes: para evitar el contacto del biofertilizante con la piel y para tener un mejor agarre de la bomba de espalda para su aplicación.
Fuente: Bonilla et al. (2018b)



Figura 9. Gafas: para evitar el contacto del biofertilizante con los ojos.
Fuente: Bonilla et al. (2018b)

Ventajas de usar biofertilizantes en praderas

1. Disminuyen el uso de fertilizantes de síntesis química en los cultivos.
2. Son agentes de control biológico de patógenos.
3. Mejoran la estructura del suelo, ya que contribuyen a la formación de agregados estables (Bonilla et al., 2018a).

Referencias

- Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University – Science*, 26(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869-890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Blaser, M. J., Cardon, Z. G., Cho, M. K., Dangl, J. L., Donohue, T. J., Green, J. L., Knight, R., Maxon, M. E., Northen, T. R., Pollard, K. S., & Brodie, E. L. (2016). Toward a predictive understanding of earth's microbiomes to address 21st century challenges. *mBio*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/mBio.00714-16>
- Bonilla, R., Estrada, G., Camelo, M., Cortes, S., Baron, M., & Carulla, J. (2018a). *Informe técnico final actividad evaluación de diferentes fórmulas biofertilizantes en pequeñas parcelas y desarrollo de bioblaquida*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.
- Bonilla, R., Estrada, G., Camelo, M., Cortes, S., Baron, M., & Carulla, J. (2018b). Bioinsumos: estrategia para aumentar la productividad del sector lechero. En M. A. Strahlen Pérez, *Biofertilizante para praderas* (pp. 11-19). Produmedios.
- Bonilla, R., & Morales, J. G. (2002). Monibac: un biofertilizante con base en cepas nativas de *Azotobacter* sp. para incrementar la productividad y sostenibilidad del algodónero. *Innovación y Cambio Tecnológico*, 30-34. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15346/42804_46937.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camelo, M., Vera, S. P., & Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159-166. https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:227
- Cárdenas Caro, D. M., Garrido Rubiano, M. F., Roncallo Fandiño, B. A., & Bonilla Buitrago, R. R. (2014). Inoculación con *Azospirillum* spp. y *Enterobacter agglomerans* en pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en el departamento de Cesar (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(2), 7271-7280. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n2.44168>

- Criollo, P. J., Obando, M., Sánchez, L., & Bonilla, R. (2012). Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a *Pennisetum clandestinum* en el altiplano cundiboyacense. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 189-195. https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num2_art:254
- Estrada, G. A., Baldani, V. L. D., de Oliveira, D. M., Urquiaga, S., & Baldani, J. I. (2013). Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. *Plant and Soil*, 369(1-2), 115-129. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1550-7>
- Evenson, R. E., & Gollin, D. (2003). Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, 300(5620), 758-762. <https://doi.org/10.1126/science.1078710>
- Forber, K. J., Withers, P. J. A., Ockenden, M. C., & Haygarth, P. M. (2018). The phosphorus transfer continuum: A framework for exploring effects of climate change. *Agricultural & Environmental Letters*, 3(1). <https://doi.org/10.2134/aer2018.06.0036>
- Guzmán, A., Obando, M., Rivera, D., & Bonilla, R. (2012). Selección y caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) asociadas al cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 182-190. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32829>
- Pingali, P. L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(31), 12.302-12.308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- Ramakrishna, W., Yadav, R., & Li, K. (2019). Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. *Applied Soil Ecology*, 138, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.019>
- Rivera, D., Camelo, M., Estrada, G., Obando, M., & Bonilla, R. (2010). Efecto de diferentes plaguicidas sobre el crecimiento de *Azotobacter chroococcum*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 94-102. <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote>

- Romero-Perdomo, F., Abril, J., Camelo, M., Moreno-Galván, A., Pastrana, I., Rojas-Tapias, D., & Bonilla, R. (2017). *Azotobacter chroococcum* as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton (*Gossypium hirsutum*): Effect in reducing N fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 377-383. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.006>
- Van der Heijden, M. G. A., & Hartmann, M. (2016). Networking in the plant microbiome. *PLoS Biology*, 14(2), Article e1002378. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002378>
- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2017). *Nature and properties of soils* (15^a ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Weil-Nature-and-Properties-of-Soils-The-15th-Edition/PGM219427.html>



Impresión y encuadernación:
DGP Editores S. A. S.

Terminó de imprimirse
en septiembre de 2020

**Biofertilizante para praderas destinadas
a la producción ganadera sostenible**

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

www.agrosavia.co

ISBN: 978-958-740-375-6



9 789587 403756

