

E F E C T O D E L O S M I C R O O R G A N I S M O S E F I C I E N T E S E N D I F E R E N T E S C U L T I V O S
D E I N T E R É S A G R O N Ó M I C O
E F F E C T O F T H E E F F I C I E N T M I C R O O R G A N I S M S I N D I F F E R E N T C R O P S O F
A G R O N O M I C I N T E R E S T

Ing. Lia Vanessa Céspedes León¹ (0000-0001-5725-5192), Empresa Nacional de Proyectos

Agropecuarios (ENPA), Matanzas, lia.cespedes@nauta.cu

Dr. C. Ana Julia Rondón Castillo² (0000-0003-3019-1971), Universidad de Matanzas.

Dr. C. Enildo Osmani Abreu Cruz² (0000-0002-5112-3049)

Resumen

Los principales problemas de la producción de alimentos residen principalmente por la afectación de los factores climatológicos y el bajo empleo de los biofertilizantes, por lo cual, es importante buscar alternativas eficientes de manejo que aumenten la racionalidad y sustentabilidad. Los llamados microorganismos eficientes (ME), son una combinación de varios microorganismos beneficiosos de origen natural a base de bacterias fototrópicas, lactobacilos, levaduras y hongos que, al entrar en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y antioxidantes. El presente trabajo tuvo como objetivo valorar el efecto de la aplicación de estos biofertilizantes en diferentes cultivos de interés agronómico. Se constató que estos preparados microbianos provocan el aumento de los rendimientos de los cultivos e inhiben a microorganismos patógenos.

Palabras claves: *biofertilizantes; microorganismos eficientes; materia orgánica; racionalidad; sostenibilidad*

Abstract

The main problems of food production reside mainly due to the effects of climatic factors and the low use of biofertilizers, therefore, it is important to look for efficient management alternatives that increase rationality and sustainability. The so-called efficient microorganisms (EM), are a combination of several beneficial microorganisms of natural origin based on phototropic bacteria, lactobacilli, yeasts and fungi that, when in contact with organic matter, secrete beneficial substances such as vitamins, organic acids, chelated minerals, and antioxidants. The present work aimed to assess the effect of the application of these biofertilizers in different crops of agronomic interest. These microbial preparations were found to increase crop yields and inhibit pathogenic microorganisms.

Keywords: *biofertilizers; efficient microorganisms; organic material; rationality; sustainability*

La seguridad alimentaria a nivel global demanda una mayor producción de alimentos para abastecer la creciente demanda provocada por el incremento de la población. Actualmente el crecimiento demográfico hace que los productores busquen la forma de aumentar y acelerar los procesos de producción para poder suplir dicha demanda. El problema a que esto conlleva es de tipo ambiental y agrícola, pues se está presentando un acelerado deterioro de los suelos por la presencia de monocultivos y del uso de fertilizantes e insecticidas químicos, esto sin contar el factor económico que afecta directamente el bolsillo del campesino productor por los altos costos de los abonos químicos, y al ambiente, porque se produce la conversión de suelos fértiles en suelos degradados biológica y económicamente (Feijoo y Mesa, 2017; Nuzzo *et al.*, 2020).

Kour *et al.* (2020) y Orozco *et al.* (2020) plantean que desde los años 70 se desarrollan las investigaciones sobre microorganismos del suelo que promueven el crecimiento de las plantas, lo que conlleva a la aplicación de técnicas de fertilización "no contaminantes" para aumentar el rendimiento de los cultivos, estos son los llamados biofertilizantes.

Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una

parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento (Joshi *et al.*, 2019; Maćik *et al.*, 2020; Ramos *et al.*, 2021).

Ejemplos de biofertilizantes o abonos orgánicos

Los biofertilizantes son abonos orgánicos que se aplican vía foliar a los cultivos: se obtienen del proceso de fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno) de estiércol de vaca. Es un producto rico en fitohormonas que fortalecen el desarrollo, la distribución de las raíces y la floración de las plantas. Con este producto, se logra incrementar hasta el 30 % en la producción agrícola, sin la utilización de agroquímicos (Aranda, 2011; Sammauria *et al.*, 2020).

Vessey (2003) define los biofertilizantes como una sustancia que contiene microorganismos vivos que, al ser aplicada a semillas, superficies de plantas o suelo, coloniza la rizosfera o el interior de la planta y promueve su crecimiento al aumentar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios. Así, el término biofertilizante se refiere a un producto que contiene microorganismos del suelo aplicados a plantas para promover su crecimiento.

En la actualidad, el suelo es uno de los recursos más vulnerables debido a su sobreexplotación, lo cual deriva en problemas como la erosión y una baja fertilidad natural. En consecuencia, esto afecta directamente la productividad de los cultivos, la capacidad de trabajo y la posibilidad de establecer sistemas productivos sustentables. Adicionalmente, la sobreexplotación ha conllevado al uso indiscriminado de los fertilizantes químicos, otro problema que trae consecuencias ambientales importantes. Esto ha hecho que la agricultura se enfoque en buscar soluciones a estas problemáticas, y para ello, se están usando diversos microorganismos para suplir la necesidad de nutrientes que fertilicen el suelo (Liao *et al.*, 2020). Estos microorganismos son llamados biofertilizantes o bioinoculantes.

Las prácticas agrícolas y el aumento de la demanda mundial de alimentos afectan el medioambiente, especialmente la calidad del suelo en términos de su calidad y equilibrio ecológico. Esto ha fomentado la creación de nuevas opciones para las prácticas agrícolas, de forma que estas tiendan a ser: 1) menos invasivas para el ambiente, 2) más baratas que las convencionales, 3) capaces de aumentar la eficiencia a bajo costo, 4) capaces de obtener mejores características en las cosechas, y 5) fáciles de usar e implementar sin requerimientos técnicos excesivos. En este sentido, las

biotecnologías como la biofertilización han surgido como una alternativa para minimizar los impactos ambientales y aprovechar mejor los recursos disponibles en el campo (Malusá *et al.*, 2016).

Los biofertilizantes han emergido como una panacea para la agricultura orgánica y sostenible. Con ellos, se busca incrementar el número de microorganismos beneficiosos en el suelo con respaldo científico para lograr la sostenibilidad en la agricultura (Sahu y Brahmaprakash, 2016).

Los biofertilizantes pueden ayudar a aliviar las tensiones ambientales y de seguridad alimentaria, siempre y cuando se identifiquen y se transfieran a los microorganismos útiles como las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR). Sin embargo, la falta de protocolos mejorados para la aplicación de biofertilizantes en el campo es una de las pocas razones por las cuales muchas PGPR útiles, tan solo son conocimiento de ecólogos y agricultores. Sin embargo, los avances en tecnologías relacionadas con la ciencia microbiana, las interacciones planta-patógeno y la genómica ayudarán a optimizar los protocolos requeridos. Así pues, el éxito del desarrollo científico de los biofertilizantes depende del desarrollo de estrategias innovadoras relacionadas con las funciones de las PGPR y su correcta aplicación en el campo de la agricultura. El principal desafío en esta área de la investigación es identificar diversas cepas de PGPR y conocer sus propiedades funcionales para la explotación en la agricultura sostenible (Bhardwaj *et al.*, 2014).

Existe evidencia de que el uso de biofertilizantes podría ayudar al impulso económico de los países subdesarrollados. Por ejemplo, en México muchos agricultores a escala pequeña, ya están aplicando en sus cultivos biofertilizantes producidos a partir de los microorganismos activos endógenos. En esos cultivos se han encontrado resultados positivos en cuanto al mejoramiento de la productividad de la tierra. Esto facilita la comprensión de las ventajas de los biofertilizantes entre los campesinos, además de los desafíos y oportunidades que enfrentan las zonas rurales y las conexiones entre la participación de las empresas, la academia y el Gobierno en la planificación y gestión de estas innovaciones (Barragán y Valle, 2016).

La aplicación de materia orgánica y otras fuentes alternativas de nutrición, pueden mantener la fertilidad del suelo y renovar las extracciones realizadas por las cosechas. Las prácticas agroecológicas, que incluyen el uso de abonos orgánicos buscan complementar la nutrición mineral a fin de mejorar la fertilidad del suelo y con ello el desarrollo vegetativo de las plantas que garantice producciones sostenibles (Saborit *et al.*, 2013).

Características y beneficios de los biofertilizantes o abonos orgánicos

Según Restrepo (2010), los biofertilizantes son abonos líquidos con altos contenidos de energía equilibrada, elaborados a base de estiércol de ganado bovino mezclado con agua, melaza, suero y ceniza. Algunas veces, también se emplea la utilización de sales minerales como sulfato de magnesio, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros (Jain *et al.*, 2020). El estiércol de vaca es el principal inóculo de microorganismos para el proceso de fermentación, en este se encuentran altas poblaciones de *Bacillus subtilis* que son bacterias antagónicas de microorganismos patógenos que afectan los cultivos. El contenido de nutricional de los biofertilizantes dependerá de la diversidad de materiales con que sean elaborados.

Los biofertilizantes se basan en una fórmula de microorganismos vivos que son beneficiosos tanto para la planta como para el suelo. Se pueden aplicar en la semilla, la raíz o el suelo. Su principal objetivo es movilizar la disponibilidad de nutrientes con base en su actividad biológica, ayudar a recuperar la microbiota perdida y, a su vez, mejorar la salud del suelo en general (Qu *et al.*, 2020). En consecuencia, los biofertilizantes han mostrado un gran potencial como recurso renovable y respetuoso del medioambiente y son una fuente importante de nutrientes para las plantas. Por ello, forman parte del Manejo Integrado de Nutrientes (MIN) y el Sistema Integrado de Nutrición Vegetal (SINV) (Raghuwanshi, 2012). Los biofertilizantes se producen mediante un cultivo natural y además son inofensivos para los seres humanos. (Mishra y Dash, 2014).

Los biofertilizantes pueden ser de gran importancia económica, ya que podrían reemplazar parcialmente a otros productos agroquímicos que son costosos. Por último, el desarrollo de biofertilizantes responde a la demanda creciente de prácticas agrícolas más respetuosas con el medioambiente y sostenibles (de Souza *et al.*, 2020).

Ventajas y beneficios del uso de biofertilizantes o abonos orgánicos.

Ventajas del uso de abonos orgánicos reportados por Sánchez (2011).

Los fertilizantes orgánicos tienen las siguientes ventajas:

- Permiten aprovechar residuos orgánicos.
- Recuperan la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, mejoran la capacidad de absorber el agua.

- Suelen necesitar menos energía, no la necesitan para su fabricación y suelen utilizarse cerca de su lugar de origen. Sin embargo, algunos abonos pueden necesitar un transporte energéticamente costosos como guano de murciélago de Tailandia o el de aves marinas de islas sudamericanas.

Beneficios del uso de abonos orgánicos reportados por Sánchez (2011)

- Desde el punto de vista orgánico mejora el nivel de fertilidad del suelo.
- Mejora la estructura del suelo, aumenta el espacio de poros.
- Aumenta entre 20 y 50% la capacidad de retención de agua.
- Impide la erosión del suelo y reduce el peligro de inundaciones.
- Evita el endurecimiento de la tierra superficial después de una lluvia torrencial.
- Permite la multiplicación de la población microbiana.
- Por la buena estructura del suelo se puede arar más profundo sin peligro.
- No se forman capas duras.
- Las máquinas pesadas no endurecen tanto el suelo.
- Al ser suelos oscuros absorben mejor el calor y hacen germinar antes las semillas.
- Al haber acumulado agua en su estructura, no hay tanto polvo y se puede arar en épocas de tiempo seco sin correr riesgos de que se lo lleve el viento.
- De un suelo orgánico se puede extirpar mejor las malezas.
- Al preparar compost se matan patógenos y semillas no deseadas.
- Hay menos riesgos de malas cosechas.
- Hay menos enfermedades en las plantas.
- Se reduce al mínimo las amenazas de insectos.
- Los alimentos tienen mejor sabor y son más tiernos.
- Mejora en la salud humana.

Microorganismos Eficientes (ME)

Los microorganismos eficientes (ME) fueron desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformando esencialmente por tres diferentes

tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores (Rodríguez, 2009).

En la década del 80, este importante científico introdujo el concepto de los Microorganismos Efectivos (ME) al Sistema de Agricultura Natural Kyusei, así, un grupo de microorganismos benéficos eran cultivados y utilizados como medio para mejorar las condiciones de los suelos, suprimiendo los microorganismos productores de enfermedades, y aumentando la eficiencia de la utilización de la materia orgánica por parte de los cultivos.

La producción y aplicación de los ME se considera una práctica agroecológica que se emplea en el país para la obtención de alimentos saludables.

Mecanismos de acción

Los ME son una combinación de varios microorganismos naturales benéficos, es decir cultivos mixtos, los que contienen microorganismos benéficos de tres géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, levaduras y hongos de fermentación. Estos microorganismos eficientes secretan sustancias benéficas tales como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes, cuando entran en contacto con la materia orgánica; dichas acciones convierten esta tecnología en segura, eficaz y ambientalmente aplicable, de fácil acceso a los granjeros que viven en los países en vías de desarrollo, es decir sustentable y sostenible.

Según el Instituto Dominicano de Investigaciones, por sus siglas IDIAF (2009) expresa que los microorganismos eficientes a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

Principales especies de microorganismos contenidas en biofertilizante ME (Céspedes, 2018):

Las principales especies de microorganismos contenidas en los ME, reportadas son las siguientes:

- Bacterias fotosintéticas.
- Ácido lácticas.
- Levaduras.

- Actinomicetos.
- Hongos fermentativos.

Efectos de los Microorganismos Eficientes

Semilleros

1. Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
2. Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
3. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.
4. Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.

Plantas de cultivo

1. Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
2. Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
3. Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
4. Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
5. Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
6. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales y en zonas meristemáticas.

Suelos

1. Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos a absorber 24 veces más las aguas provenientes de las lluvias, evitando la erosión por el arrastre de las partículas.
2. Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia e incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos

nativos prosperen. Cuando los ME se desarrollan como una comunidad dentro del suelo, también ocurre lo mismo con los microorganismos nativos de esos suelos. Por tal razón la microflora se enriquece y el ecosistema microbiano comienza a equilibrarse mientras disminuye el porcentaje de patógenos. Así las enfermedades producidas por los suelos se suprimen mediante el proceso conocido como "competencia exclusiva". Las raíces de las plantas producen también sustancias útiles como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas. Los microorganismos eficientes utilizan este sustrato para desarrollarse. Durante este proceso ellos segregan también sustancias y proveen aminoácidos, ácidos nucleicos, y una gran cantidad de vitaminas y hormonas a las plantas. Por esta razón en estos suelos los microorganismos eficientes y otras bacterias benéficas coexisten a nivel de la Rizosfera (área de las raíces) en un estado de simbiosis con las plantas.

3. Restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible.
4. Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.
5. La tecnología eficaz de los microorganismos eficientes (ME) se ha convertido en una ciencia importante, asistiendo a la creación de las prácticas sostenibles para la agricultura, la agricultura animal, naturaleza que cultivaba, administración ambiental, construcción, salud e higiene humana, las actividades industriales, de la comunidad y más.

Resultados obtenidos por algunos autores a partir del empleo de biofertilizantes

Calderón (2011) al aplicar de forma simple y combinada los biofertilizantes ECONIC y Microorganismos eficientes (ME) en el cultivo de la zanahoria obtuvo resultados favorables con respecto al longitud de la raíz carnosa. Este comportamiento puede ser explicado a partir de la existencia de mecanismos que potencian el efecto de estos microorganismos, como son la producción de fitohormonas que estimulan el desarrollo radical y, como consecuencia, la absorción del agua y nutrientes minerales, lo que incide positivamente en la promoción del crecimiento vegetal. Vale señalar, lo planteado por Terry *et al.* (2015), cuando se refieren a los efectos biológicos expresados en las plantas por los bioestimuladores; las respuestas rápidas generalmente se observan en la superficie celular de los tejidos, así como las respuestas involucradas en el

crecimiento y desarrollo que incluyen, entre otras, la inducción de etileno, la inhibición de auxina y la estimulación floral.

Moreira *et al.* (2016), en estudios sobre la influencia de microorganismos en el cultivo de la habichuela comprobaron que sus resultados pudieron asociarse a la influencia que tienen los microorganismos en la producción de metabolitos útiles, no solo para el crecimiento y desarrollo, sino que también, influyeron positivamente en la formación de vainas y en el rendimiento. Los autores antes mencionados apreciaron que la combinación más favorable fue Microben (EM) + *G. claroideum* que tuvo diferencia significativa al resto de los tratamientos y el testigo.

Por otra parte, Peña *et al.*, (2015), demostraron en el cultivo del frijol que la variante donde se usó la combinación de Fitomas-E® y Biobras-16 fue la de mejores resultados que superó al tratamiento control.

Núñez *et al.* (2017) con el empleo de biopreparado a base de microorganismos nativos obtuvo un efecto positivo sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la zanahoria, destacándose la dosis de 10 mL·m⁻², con un incremento del rendimiento de 0,72 kg·m⁻², de la misma forma reflejan que los indicadores bioquímicos se vieron favorecidos.

Estos resultados coinciden con lo informado por diferentes autores que han empleado la combinación de biofertilizantes y bioestimulantes en diferentes cultivos agrícolas, ya que estos son capaces de estimular varias componentes del rendimiento de los cultivos con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos, esta combinación mejora la respuesta de las plantas, debido en gran medida a la acción sinérgica y beneficiosa que entre ellos se produce (Rouphael *et al.*, 2020).

En la habichuela (*Vigna unguiculata* L) Lescaille *et al.* (2015), demostraron notoriamente una posición ventajosa para la combinación de microorganismos eficientes (ME) y *Claroideoglomus claroideum* en altura de las plantas por encima del resto de los tratamientos, donde todas las variantes inoculadas mostraron mejor resultado que el testigo.

Céspedes (2018) refiere que con la aplicación simple y combinada de Microorganismos Eficientes y Plantas Verde se obtuvieron resultados favorables con la aplicación de productos naturales foliares ya que incrementaron la calidad nutricional del cultivo de la zanahoria, reflejado en los niveles aumentados de carbohidratos, proteínas y azúcares reductores. Este autor manifiesta que estos

resultados pueden estar relacionados con el efecto que tienen los microorganismos eficientes sobre el metabolismo de las plantas. Los microorganismos eficientes se nutren de diferentes sustancias secretadas por las raíces de las plantas, las cuales son importantes para su crecimiento y desarrollo y al mismo tiempo, estos secretan distintos compuestos como aminoácidos, ácidos nucleídos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas, que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Así mismo, los microorganismos eficientes también generan un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, lo cual incide en un mejor metabolismo de la planta.

En estudio realizado por Armenteros (2017) con similares productos y dosis en el cultivo de la lechuga obtuvo valores superiores en el rendimiento y sus componentes con respecto al tratamiento control, de igual forma los contenidos de proteínas solubles totales y carbohidratos solubles totales de manera general se vieron favorecidos con el empleo de estos estimuladores de crecimiento de origen natural.

Zawolo (2015), después de un estudio realizado empleando un biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) en cultivos de zanahoria, se demostró que los valores más elevados en las determinaciones bioquímicas se correspondían con este tratamiento, superando en todos los casos, al tratamiento control.

Se concluye que el empleo de los microorganismos eficientes en cultivos de importancia agrícola constituye una práctica muy promisoría para el aumento de los rendimientos y para el cuidado del medio ambiente, al no tener que emplear fertilizantes químicos para su aplicación en la agricultura.

Referencias bibliográficas

- Aranda, S. (2011). *Manual de elaboración del biol*, Curso de soluciones prácticas. <https://es.slideshare.net/frederys1712/manualdeelaboracindelbiol?relate1>
- Armenteros, H. (2017). Respuesta del cultivo de la lechuga, (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación foliar de dos estimuladores del crecimiento de origen natural. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".

- Barragán-Ocaña, A. y Valle-Rivera, M. (2016). Rural development and environmental protection through the use of biofertilizers in agriculture: Alternative for underdeveloped countries? *Technology in Society*. 46, 90-99.
- Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R.K. y Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, 13 (1), 66.
- Calderón, Y. (2011). Evaluación de Biofertilizante a base de micorrizas y microorganismos eficientes en el crecimiento del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*, L.) en condiciones de organopónico. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
- Carvajal-Muñoz, J. S. y Carmona-García, C. E. (2012). Benefits and limitations of biofertilization in agricultural practices. *Livestock Research for Rural Development*. 24 (3).
- Céspedes, L. (2019). Evaluación de la aplicación foliar de productos naturales en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*, L), en condiciones de organopónico. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
- De Souza, R. S. C., Armanhi, J.S.L. y Arruda, P. (2020). From microbiome to traits: designing synthetic microbial communities for improved crop resiliency. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1179.
- IDIAF. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (2009). *Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura*.
<https://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>.
- Jain, D., Kour, R., Bhojiya, A. A., Meena, R. H., Singh, A., Mohanty, S. R. y Ameta, K. D. (2020). Zinc tolerant plant growth promoting bacteria alleviates phytotoxic effects of zinc on maize through zinc immobilization. *Scientific reports*, 10 (1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70846-w>
- Joshi, H., Somduttand, C. P., y Mundra, S. L. (2019). Role of effective microorganisms (EM) in sustainable agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8 (3), 172-181.

- Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Sheikh, I., Kumar, V., Dhaliwal, H. S., y Saxena, A. K. (2020). Amelioration of drought stress in Foxtail millet (*Setaria italica* L.) by P-solubilizing drought-tolerant microbes with multifarious plant growth promoting attributes. *Environmental Sustainability*, 3 (1), 23-34. <https://doi.org/10.1007/s42398-020-00094-1>
- Lescaille, J., Ramos, L., López, Y., Tamayo, Y. y Telo, L. (2015). Combinación de EcoMic® y microorganismos eficientes en el cultivo de *Vigna unguiculata*, L. 'Cantón-1' en áreas productivas de la Empresa Agropecuaria Imías. *Agrotecnia de Cuba*, 39 (4), 80-88.
- Liao, J., Liu, X., Hu, A., Song, H., Chen, X., y Zhang, Z. (2020). Effects of biochar-based controlled release nitrogen fertilizer on nitrogen-use efficiency of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Scientific reports*, 10 (1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67528-y>
- Luna Feijoo, I. M. A., y Mesa Reinaldo, M. J. R. (2017). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4 (2), 31-40. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84>
- Maçik, M., Gryta, A., y Fraç, M. (2020). Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy*, 162, 31-87. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.001>
- Malusá, E., Pinzari, F. y Canfora, L. (2016). Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production. En D. Singh, H. Singh y R. Prabha (eds.), *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity: functional applications 2* (págs. 17-40). Nueva Delhi: Springer India. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2644-4_2
- Mishra, P. y Dash, D. (2014). Rejuvenation of biofertilizer for sustainable agriculture and economic development. Consilience. *The Journal of Sustainable Development*, 11 (1), 41-61. <https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/D8FQ9W9H>
- Moreira, Y., López, Y., Lescaille, J. y Osorio, J. (2016). Combinación de dos cepas de micorrizas con microorganismos eficientes en el cultivo de la habichuela. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 20 (2), 89-98. https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/media/Agrotecnia/pdf/39_2015/No_4/82-90.pdf

- Mujica, Y. (2012). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por dos vías diferentes en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 33 (4), 71-76. ISSN 0258-5936.
- Núñez, D., Liriano, R., Pérez, Y., Placeres, I. y Sianeh, G. (2017). Respuesta del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) a la aplicación de microorganismos nativos en condiciones de organopónico. *Centro Agrícola*, 44 (2), 29-35. ISSN 0253-5785.
- Nuzzo, A., Satpute, A., Albrecht, U., y Strauss, S. L. (2020). Impact of soil microbial amendments on tomato rhizosphere microbiome and plant growth in field soil. *Microbial ecology*, 80 (2), 398-409. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01497-7>
- Orozco-Mosqueda, M. C., Glick, B. R., y Santoyo, G. (2020). ACC deaminase in plant growth-promoting bacteria (PGPB): an efficient mechanism to counter salt stress in crops. *Microbiological research*, 235, 126439. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126439>
- Peña, K., Rodríguez, J. C. y León, N. (2015). Efectos de la aplicación simultánea de FitoMas-E® y Biobrás 16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Infociencia*, 19 (3), 1-11. ISSN 0258-5936
- Qu, Q., Zhang, Z., Peijnenburg, W. J. G. M., Liu, W., Lu, T., Hu, B., y Qian, H. (2020). Rhizosphere microbiome assembly and its impact on plant growth. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68 (18), 5024-5038. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00073>
- Raghuwanshi, R. (2012). Opportunities and challenges to sustainable agriculture in India. *Nebio*. 3 (2), 78-86.
https://www.researchgate.net/publication/301889681_Opportunities_and_challenges_to_sustainable_agriculture_in_India
- Ramos-Ulate, C. M., Pérez-Álvarez, S., Guerrero-Morales, Sergio, y Palacios-Monarez, A. (2021). Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como alternativas para un cultivo sustentable. *Cultivos Tropicales*, 42 (2), e10.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000200010&lng=es&tlng=es
- Restrepo, J. (2010). *Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra*.
<https://agroecologiar.com/wp-content/uploads/2019/07/Jairo-Restrepo-Julius-Hensel-Manual-Practico-de-Agricultura-Organica-y-Panes-de-Piedra.pdf>

- Rodríguez, M. (2009). Microorganismos eficientes (EM).
<https://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20manuel%20r>
- Rouphael, Y. y Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, 11, 40.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Saborit R., Meneses P. y Cañizares, A. (2013). Efecto de las aplicaciones de Fitomas-E combinadas con la fertilización orgánica y mineral sobre los rendimientos agrícolas del cultivo del arroz en aniego. *Infociencia*, 17 (4). ISSN 1819-4087.
- Sahu, P. K. y Brahmaprakash, G. P. (2016). Formulations of biofertilizers Approaches and advances. En: Singh, D., Singh, H. y Prabna, R. (eds.), *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity* (págs. 179- 198). Nueva Delhi: Springer India. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2644-4_12
- Sammauria, R., Kumawat, S., Kumawat, P., Singh, J., y Jatwa, T. K. (2020). Microbial inoculants: potential tool for sustainability of agricultural production systems. *Archives of microbiology*, 202 (4), 677-693. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01795-w>
- Sánchez, S., Hernández, M. y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34 (4), 375-392. ISSN: 0864-0394.
- Terry, E., Ruíz, J., Tejeda, T., Reynaldo, I., Carrillo, Y. y Morales, H. A. (2015). Interacción de bioproductos como alternativas para la producción horticultura cubana. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 8 (3), 163-174.
https://www.academia.edu/13960842/Interacci%C3%B3n_de_bioproductos_como_alternativas_para_la_producci%C3%B3n_horticultura_cubana
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255, 571-586. <https://www.jstor.org/stable/24123974>
- Zawolo, G. (2015). Evaluación de Biofertilizante a base de Biopreparado de Microorganismos Nativos (ME) en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*, L), e condiciones de organopónico. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".