Ensayo expositivo

Inoculantes, fermentos y compostas: alternativas para una agricultura más sostenible

Inoculants, ferments, and composts: alternatives for more sustainable agriculture

Ana Astrid Nava-Martínez[1], Eduardo Osorio-Hernández[1]*,
Raúl Rodríguez-Herrera[2], Yolanda del Rocío Moreno-Ramírez[1]

[1]Facultad de Ingeniería y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas
[2]Universidad Autónoma de Coahuila

*Autor de correspondencia:
eosorio@docentes.uat.edu.mx

Recibido: 05-07-2025 Aceptado: 31-08-2026 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El suministro de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas depende principalmente de la fertilización. Los altos rendimientos y la calidad de las cosechas que sostiene a la alimentación mundial se han alcanzado a través de los fertilizantes químicos (también denominados fertilizantes minerales, inorgánicos o sintéticos) los cuales contienen alta concentración de nutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) en forma de sales inorgánicas, que, aunque son efectivos, su uso intensivo y prolongado ha contribuido a la degradación de los suelos agrícolas. Aunado a ello, el incremento constante del costo de estos insumos disminuye la sostenibilidad de la producción agrícola. Ante este panorama, el desarrollo, evaluación y promoción de biofertilizantes y fertilizantes orgánicos que, al tener un origen vegetal, animal o de otros compuestos orgánicos, así como microorganismos ofrecen alternativas viables y respetuosas con el ambiente. Los biofertilizantes como los inoculantes y los fertilizantes orgánicos tales como fermentos y compostas incrementan la fertilidad de suelo al aportar algunos de ellos, nutrientes, además, de mejorar la biodiversidad microbiológica edáfica y favorecer el crecimiento vegetal al potenciar la disponibilidad y absorción de nutrientes. Con base en lo anterior, la implementación de estos productos es una alternativa viable para la producción de alimentos.

Palabras clave: Fertilizantes microbianos, fertilidad del suelo, inoculantes, fermentos.

Abstract

The supply of essential nutrients for plant growth depends primarily on fertilization. The high yields and crop quality that sustain the world's food supply have been achieved through chemical fertilizers (also known as mineral, inorganic, or synthetic fertilizers), which contain high concentrations of primary nutrients (nitrogen, phosphorus, and potassium) in the form of inorganic salts. Although these fertilizers are effective, their intensive and prolonged use has contributed to the degradation of agricultural soils. In addition, the constant rise in the cost of these inputs undermines the sustainability of agricultural production. Given this situation, the development, evaluation, and promotion of biofertilizers and organic fertilizers which, being derived from plant, animal, or other organic compounds, as well as microorganisms, offer viable and environmentally friendly alternatives. Biofertilizers, such as inoculants, and organic fertilizers, such as ferments and compost, increase soil fertility some of them by providing nutrients—while also improving soil microbial biodiversity and promoting plant growth by enhancing nutrient availability and absorption. Based on the above, the implementation of these products is a viable alternative for food production.

Keywords: Microbial fertilizers, soil fertility, inoculants, enzymes.

Introducción

Los cultivos requieren de nutrientes para desarrollarse, incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de la cosecha. Estos nutrientes son aportados por fertilizantes químicos que suministran NPK en forma inorgánica, sin embargo, su aportación no es sobresaliente en relación con su efecto en las propiedades físicas y contenido de materia orgánica del suelo (Dincă et al., 2022). Asimismo, su uso intensivo es un factor del deterioro de la salud del suelo. Por otra parte, el aumento en el costo de estos fertilizantes, principalmente del tipo nitrogenado, representa una limitante para su adquisición (FAO, 2022). Lo ante-

rior, de manera individual o en sinergia compromete la producción sostenible de los cultivos y por ende la economía de los agricultores.

Ante ello, se han generado distintas alternativas y de menor impacto ambiental, denominados fertilizantes orgánicos y biofertilizantes. Los fertilizantes orgánicos mayormente se caracterizan por ser de bajo costo, debido a que se elaboran a partir de residuos agroindustriales, aportando elementos esenciales para las plantas. Así mismo, se ha demostrado que evitan la compactación del suelo, debido a las mejoras que adquiere la estructura y el incremento de la retención de humedad. De igual manera, se ha encontrado que, al ser aplicados a las semillas, superficie de las plantas y suelos, aportan microorganismos benéficos que colonizan la rizosfera o el interior de las plantas promoviendo su crecimiento (Bhat, 2015).

Por otra parte, los biofertilizantes proporcionan micronutrientes y microorganismos los cuales tienen efecto sobre la disponibilidad de nutrientes, capacidad de fijar, solubilizar, movilizar y reciclar compuestos necesarios para el crecimiento vegetal, influyendo sobre la salud y productividad de los cultivos así mismo, actúan como remediadores de suelos contaminados, representando una opción sostenible y ecológica (Martínez y Soto, 2022).

Beneficios

Los biofertilizantes ofrecen servicios ecosistémicos vitales para la biosfera, como la transformación de la materia orgánica, el ciclo de los nutrientes, formación y agregados del suelo, el secuestro de carbono y la regulación del crecimiento de los cultivos (De los Santos-Villalobos et al., 2018). Así mismo, favorecen la adaptación de las plantas al entorno, a través de la producción de metabolitos secundarios con funciones puntuales tales como la defensa ante patógenos y la resiliencia fisiológica (Kahn, 2025).

Entre las capacidades a destacar de los fertilizantes orgánicos, es que pueden estimular la producción de reguladores del crecimiento vegetal necesarios para el desarrollo de la planta en las diferentes etapas del cultivo, también disminuyen el estrés ocasionado por factores bióticos y abióticos (Jiménez et al., 2022). Proporcionan al suelo minerales importantes para disminuir la desertificación, generando un crecimiento y rendimiento adecuado del cultivo (Jazmín-Marín, 2019), al mismo tiempo son una oportunidad para estimular y/o recuperar la microbiota natural del suelo en terrenos agrícolas con larga historia de manejo convencional de la fertilización (Mestre et al., 2024), lo cual es de suma importancia ya que son los microorganismos rizosféricos quienes estimulan el crecimiento vegetal y mantienen a la rizosfera como un área libre de patógenos (Ona, 2021).

La utilización de los fertilizantes orgánicos también tiene beneficios ecológicos, entre ellos, la reducción de la contaminación provocada por diversos residuos generados por las industrias, haciendo uso de ellos para la elaboración de distintos tipos, como es el caso del estiércol, generado por grandes cadenas de producción de ganado, residuo que representa fuentes de contaminación, el cual es utilizado en la elaboración de compostas y fermentos orgánicos.

Inoculantes microbianos

Los inoculantes microbianos son productos elaborados con microorganismos vivos, simbióticos y benéficos, que contribuyen a la nutrición de los cultivos (Campomane et al., 2024), buscando, además, mejora en la calidad de productos cosechables, ayudando a incrementar la eficiencia de uso de los recursos naturales disponibles (Morillo et al., 2024).

Distintos microorganismos del suelo se utilizan para la producción de inoculantes, referente a ello, han sido objeto de estudio 85 géneros de microorganismos (Coutiño-Puchuli et al., 2023), destacando los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Streptomyces*, microorganismos que habitan la rizósfera y promueven el crecimiento de diversos cultivos (Creus, 2017), influyendo positivamente en distintas variables agronómicas, una revisión de literatura llevó a elaborar una tabla destacando microorganismo, cultivo y beneficios que se obtienen de la aplicación de éstos (Tabla 1). Es importante destacar que para que se genere mayor crecimiento y productividad de los cultivos son fundamentales las interacciones entre los microorganismos bioinoculantes, los microorganismos que co-habitan y colonizan el suelo y las plantas huésped (Basu et al., 2021).

Tabla 1. Microorganismos inoculados en distintos cultivos y su efecto.

Microorganismo	Cultivo	Observaciones
Trichoderma harzianum	Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) Fresa (*Fragaria x ananassa*)	Genera un aumento en el desarrollo tanto radicular como foliar (Díaz et al., 2020). Incrementó la altura de planta, el número de hojas y de guías, así también la cantidad de frutos, el peso por planta, el rendimiento por hectárea y la calidad de los frutos (Morillo et al. 2024).
Trichoderma harzianum y *Trichoderma viride*	Tomate (*Solanum lycopersicum*)	Incrementó la altura y el peso de las plantas, así longitud de las raíces (Sánchez, 2022).
Trichoderma spp.	Maíz (*Zea mays* L.)	Afectó positivamente la altura de la planta, ramas principales, peso de semillas, peso de nódulos, incrementando el rendimiento y disminuyó 53-55% de incidencia de moho blanco y roya en el cultivo (Vera-Cruz et al., 2023).
Bacillus	Maní (*Arachis hypogaea* L.)	Cepas provenientes de plantas de maíz y cafeto generan un efecto estimulador de la germinación de semillas de maíz (Rojas-Badía et al., 2020).
Bacillus subtilis	Café (*Coffea arabica*)	Genera un aumento del número de hojas y altura de plantas, mejora la disponibilidad, absorción y transporte de N en la hoja (Delgado-Torres et al., 2022).
Bacillus paralicheniformis	Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)	Complementado con fertilización al 75 % incrementa el rendimiento, disminuyendo los riesgos de contaminación (Espinosa-Palomeque et al., 2019).
Bacillus velezensis, Bacillus subtilis y Azospirillum brasilensis	Melón (*Cucumis melo* L.)	Indican que son una alternativa para mejorar algunos rasgos de calidad en los frutos, así como mantener un rendimiento competitivo del cultivo (González-Salas et al., 2021).
Bacillus mycoides, Microbacterium sp. y *Enterobacter aerogenes*	Arroz (*Oryza sativa*) y arveja (*Pisum sativum* L.)	Favoreció el crecimiento, desarrollo y rendimiento de estas plantas (González y Fuentes, 2017).
Azospirillum spp.	Gramíneas: caña de azúcar, maíz y plantas forrajeras	Genera fijación biológica de N, reduciendo el uso de fertilizantes nitrogenados sin afectar la productividad (Domingues et al.,2020).
Azospirillum brasilense	Cultivares de maíz (*Zea mays* L.) (Híbrido-H1, Híbrido-H2 y Variedad-Control)	Promovió un mejor crecimiento en las características fitométricas y componentes de producción (Benega-Risaldi et al., 2024).

Fuente: Elaboración propia.

La implementación de prácticas agronómicas sostenibles basadas en el uso de inoculantes microbianos tanto de alta pureza como de actividad comprobada es una estrategia clave, ya que inoculantes favorecen la preservación de los recursos genéticos de los agroecosistemas, particularmente de los microorganismos edáficos. Por lo que su uso racional podría lograr la recuperación y conservación de los suelos agrícolas (Cruz-Cárdenas et al., 2021).

Fermentos

Los fermentos son productos elaborados a partir de ingredientes orgánicos como estiércol de vaca, suero de leche, melaza, entre otros; al integrarse se convierten en un cultivo de microbios en condiciones sin oxígeno, los cuales dan como resultado productos beneficiosos que incluyen vitaminas, enzimas, aminoácidos y ácidos orgánicos (Gillespie y Hardwick, 2018).

Con base en lo anteriormente descrito, Supermagro es un fermento en el que destaca el uso de estiércol de vaca, aporta macro y micronutrientes, influyendo en variables agronómicas como número de hojas y altura de la planta (Gil et al.,2023). Además, se ha observado que este fermento presenta un contenido de hasta más de 50 tipos de colonias de bacterias heterótrofas diferentes (Burges et al., 2023), lo cual es importante, ya que estos llegan al suelo de distintos cultivos y realizan funciones como asimilación, fijación y solubilización de distintos elementos.

En relación con ello, se ha encontrado una diversidad alta de microorganismos en la rizosfera de árboles de naranja valencia 'Olinda' como resultado de la aplicación de fermento vía suelo y foliar destacando la presencia de géneros como *Bacillus* y *Streptomyces*, asociados con la producción de metabolitos antimicrobianos y promoción del crecimiento vegetal

y la tolerancia al estrés, así como demás géneros bacterianos relacionados con aplicaciones de distintos tipos de nutrición (Figura 1) (Ana et al., 2026).

En este sentido, se han observado aislados bacterianos con características morfológicas compatibles con el género Bacillus en muestras de suelo de árboles de naranja Valencia 'Olinda', en los cuales se realizaron aplicaciones de fermento Supermagro vía suelo y foliar. Los aislados fueron evaluados mediante observación de la morfología colonial y tinción de Gram, observándose células bacilares Gram positivas (Figura 2).

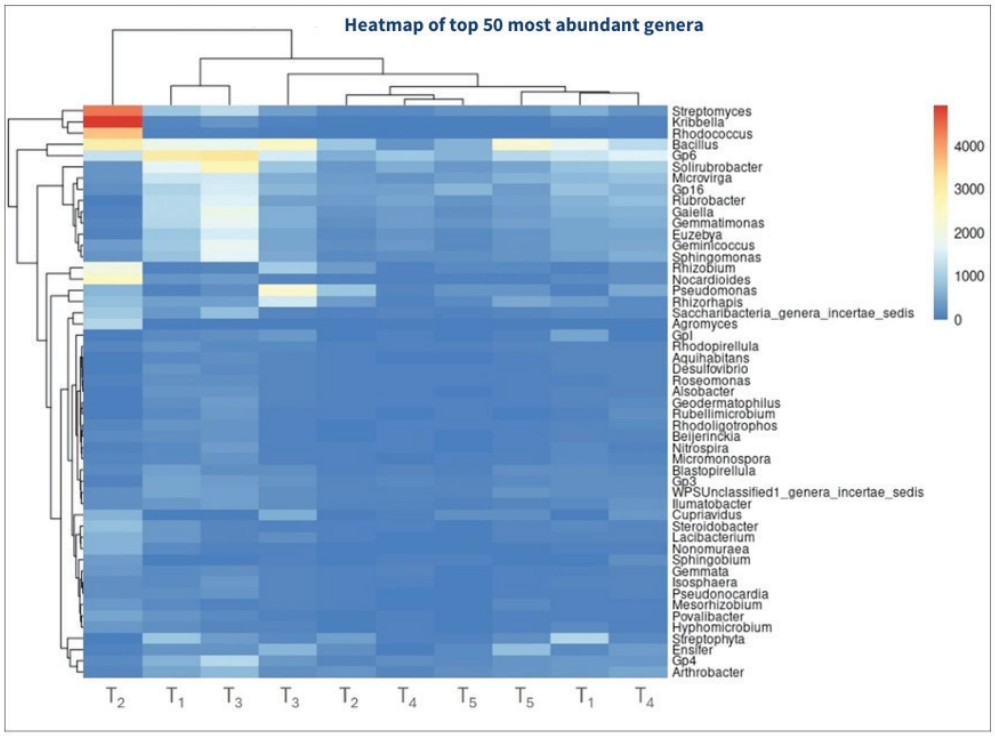


Figura 1. Mapa de calor de la abundancia de lecturas para los 50 géneros bacterianos más abundantes en muestras de rizosfera bajo cinco regímenes de tratamiento (T1–T5). Las filas representan los géneros individuales; las columnas corresponden a las réplicas biológicas de cada tratamiento. La intensidad del color refleja los recuentos de lecturas normalizados (azul = baja abundancia, rojo = alta abundancia), y la agrupación se realizó mediante un método aglomerativo jerárquico basado en la distancia euclidiana.
Fuente: Ana et al., 2026.

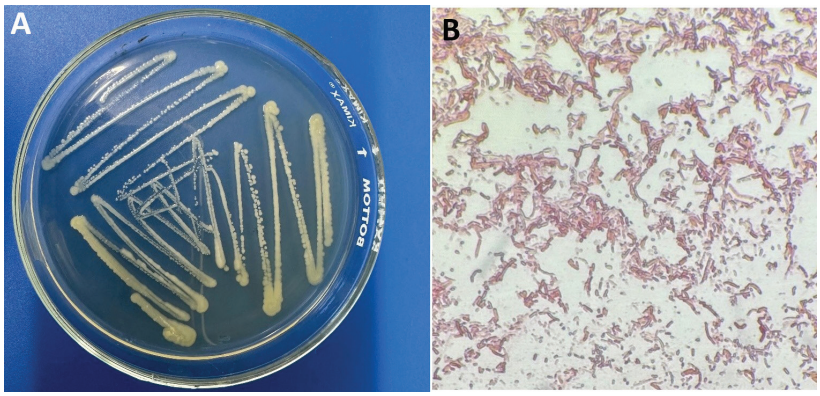


Figura 2. A) Morfología macroscópica de colonias bacterianas obtenidas a partir de muestras de suelo de plantas de naranja Valencia 'Olinda' tratadas con fermento.
B) Morfología microscópica de las células bacterianas mediante tinción de Gram
Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, se han observado aislados fúngicos con características morfológicas compatibles con el género *Trichoderma* en muestras de suelo de plantas de naranja Valencia 'Olinda' tratadas con fermento (Figura 3). La presencia de estos microorganismos es de interés debido a la su participación en diversas interacciones suelo-planta y a la disponibilidad de nutrientes, esto sugiere una posible relación entre aplicaciones de fermento y la composición del microbiota del suelo. Así mismo, se han encontrado diferencias en algunas variables de crecimiento, particularmente en altura y número de ramas a partir de aplicaciones de este fertilizante orgánico (Figura 4 y 5).

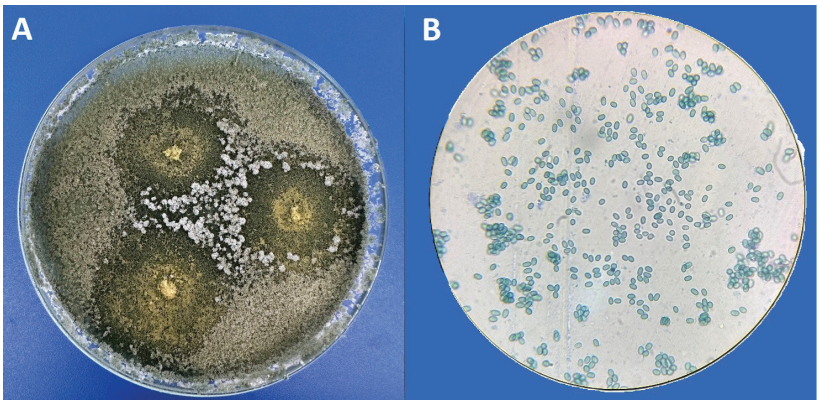


Figura 3. A) Morfología macroscópica de la colonia fúngica desarrollada en medio de cultivo a partir de una muestra de suelo de plantas de naranja Valencia 'Olinda' tratadas con fermento Supermagro.
B) Observación microscópica de estructuras reproductivas del aislado mediante microscopía óptica.
Fuente: Elaboración propia.

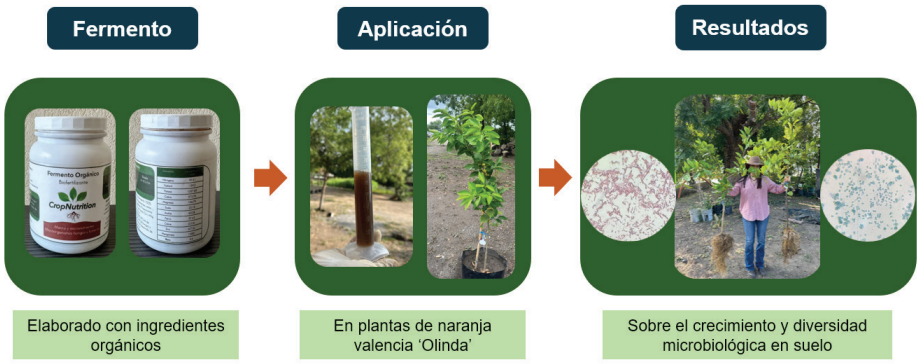


Figura 4. Proceso de aplicación de fermento en plantas de naranja Valencia "Olinda".
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. A) Planta de naranja Valencia "Olinda" con aplicación de fermento Supermagro,
B) Planta de naranja Valencia "Olinda" sin fertilización.
Fuente: Elaboración propia.

Compostas

Las compostas son el resultado de un proceso biológico oxidativo en donde son degradados residuos orgánicos por microorganismos, llevándose a cabo en un periodo de 90 días (Ramírez-Gerardo et al., 2021). Uno de los aspectos interesantes de este fertilizante orgánico es que puede aportar hasta 10% de materia orgánica, variando de acuerdo con los insumos utilizados en su elaboración, esta característica además de beneficiar a los cultivos ayuda en la restauración del suelo. Se elabora comúnmente con restos de verduras, frutas, hojas de hierbas, hojas secas, flores, aserrín, cartón, cascaras de huevo, así como estiércol animal, muchos de los ingredientes son considerados desechos en la vida cotidiana.

Galecio-Julca et al. (2023), han observado efecto positivo tras la utilización de compost en distintos cultivos, aplicada de forma foliar y suelo mejora el rendimiento y rentabilidad del cultivo de quinoa (Galecio-Julca et al., 2023). Asimismo, González-Rodríguez et al. (2023), indican que puede complementarse inoculando microorganismos eficientes, es decir bacterias anaeróbicas y levaduras lácticas beneficiosas para las plantas, las cuales aceleran el proceso para obtener el compostaje, éste es llamado Bokashi. De igual manera, se ha encontrado que la incorporación de microorganismos benéficos como *Azotobacter chroococum* y *Metarhizium anisopliae* en combinación con compost líquido enriquecido con K4SiO4, en el cultivo de arroz promueve un mayor rendimiento al reducir la esterilidad de la panícula, además favorece la salud general del ecosistema agrícola (Llerena-Ramos et al., 2025).

El compostaje además de aportar beneficios al desarrollo de los cultivos constituye una herramienta clave para la restaurar la fertilidad del suelo y consolidar la sostenibilidad agroecológica, al integrar procesos microbianos activos con mejoras edáficas duraderas (Sánchez et al., 2026).

Conclusiones

Los fertilizantes orgánicos y biofertilizantes son una alternativa ante las diferentes problemáticas que se presentan en la producción de cultivos y sostenibilidad del medio ambiente, ya que a través de ella se aprovechan distintos residuos generados por la agroindustria. Además, disminuye la posibilidad de generar nichos de contaminación y reduce el costo de fertilización del cultivo; por otra parte, proporcionan una gran diversidad microbiológica, lo cual influye en la mejora de la estructura, calidad y fertilidad del suelo. Su implementación puede contribuir a disminuir la dependencia de fertilizantes sintéticos y favorecer prácticas agrícolas más sostenibles, siempre que su aplicación sea adecuada y se garantice un suministro suficiente de nutrientes para el cultivo. Más que plantear una sustitución inmediata de la fertilización convencional, su incorporación debe considerarse como parte de un manejo integrado de la nutrición vegetal, orientado a mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles, mantener la fertilidad del suelo y reducir progresivamente los impactos ambientales asociados al uso intensivo de insumos agrícolas.

Referencias

Ana A. N. M., Jesús G. G. O., Eduardo O. H. and José A. N. Z. (2026). Influence of biological and chemical fertilisation on rhizosphere bacterial communities of *Citrus sinensis* L. *Plant Science Today*, *13*(3), 1-7. https://doi.org/10.14719/pst.13124

Basu, A., Prasad, P., Das, S., Kalam, S., Sayyed, R., Reddy, M. and H. El Enshasy. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability, 13*(3), 1-20. https://doi.org/10.3390/su13031140

Benega-Risaldi, A., Morel-López, E., Servín-Niz, A., López-Avalos, D., Caballero-Casuriaga, O., Lugo-Pereira, W., Silva-Oviedo, M., Valdez-Ocampo, F., Huerta-Maciel, A. y C. Fernández-Ortiz. (2024). Comportamiento agronómico de cultivares de maíz en respuesta a la inoculación con A*zospirillum brasilense*, segunda zafra. *IDESIA, 42*(4), 31-42. https://doi.org/10.4067/S0718-34292024000400031

Bhat, T. A., Ahmad, L., Ganai, M. A., Shams-Ul-Haq and Khan, O. A. (2015). Nitrogen fixing biofertilizers; mechanism and growth promotion: A review. *Journal of Pure and Applied Microbiology, 9*(2), 1675-1690.

Burges, P., Nadler, N., Hirsch, M., Bongiorno, M., Villareal, N. y M. Marina. (2023). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del biopreparado “Supermagro”, efectos de su aplicación precosecha en parámetros de calidad de frutilla. *Biología y Tecnología Poscosecha - Investigación Joven, 10*(2), 229-333. https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/16269

Campomane, R., Ferraris G. y S. Arechaga. (2024). Bioinsumos y biopreparados en la producción agropecuaria: conceptos y marco normativo. *Ministerio de Desarrollo Agrario, 5*(2), 7-13.

Coutiño-Puchuli, A. E., Peña-Borrego, M. D. y Z. T. Infante-Jiménez. (2023). Estudio bibliométrico sobre biofertilizantes en México durante el período 2015-2020. *Terra Latinoamericana, 41*, 1-14. https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1449

Creus, C. M. (2017). Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología, 49*(3), 207-209. http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2017.07.001

Cruz-Cárdenas, C., Zelaya, L., Sandoval, G., Santos, S., Rojas, E., Chávez, I. y S. Ruíz. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12*(5), 899-913.

De los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Herrera-Sepúlveda, A.,Valenzuela-Aragón, B. y J. C. Estrada-Mora. (2018). Colección de microorganismos edáficos y endófitos nativos para contribuir a la seguridad alimentaria nacional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*, 191-202.

Delgado-Torres, N., Chumacero-Acosta, J., Rodriguez-Perez, L., Tuesta-Casique, A. y Y. Alvarez-Arista. (2022). *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de café (*Coffea arabica*). *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas, 1*(2), 1-9. https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.345

Díaz, G., Rodríguez, G., Montana, L., Miranda, T., Basso, C. y M. Arcia. (2022). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *Trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. *Bioagro, 32*(3), 195-204.

Dincă, L. C., Grenni, P., Onet, C., & Onet, A. (2022). Fertilization and soil microbial community: a review. *Applied Sciences, 12*(3), 1198.

Domingues, C., Cecato, C., Trento, T., Mamédio, D. y S. Galbeiro. (2020). *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11*(1), 223-240. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951

Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., García-Hernández, J., Preciado-Rangel, P., Sáenz-Mata, J. y J. Reyes-Carrillo. (2019). Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Biotecnia, 21*(3), 100-107.

FAO. (2022). El mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Galecio-Julca, M., Neira-Ojeda, M., Chanduvi-García, R., Peña-Castillo, R., Álvarez-Bernaola, L. A., Granda-Wong, C., Lindo-Seminario, D., Saavedra-Alberca, E., Javier-Alva, J. y Morales-Pizarro, A. (2023). Efecto de los microorganismos eficientes nativos y compost en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla. *Terra Latinoamericana, 41*, 1-12. https://doi.org/10.28940/terra. v41i0.1622

Gil, L., Leiva, F., Ledezma, M., Bardales, C. y C. León. (2023). Biofertilizante "biol": caracterización física, química y microbiológica. *ALFA, 7*(20), 336-345. https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219

Gillespie, G. and Hardwick D. (2018). Bioferments, biostimulants and biofertilizers. Australia: Soil land food, ecological agriculture.

González, H. y N. Fuentes. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista Ciencias Agrícolas, 34*(1): 17-31. doi:http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.60

González-Rodríguez, G., Preciado-Rangel, P., Lizárraga-Bernal, C. G., Espinosa-Palomeque, B. (2023). Análisis bibliométrico de la literatura científica sobre el abono orgánico Bokashi: alternativa en la agricultura sostenible. *Biotecnia, 25*(2), 181-193. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1848

González-Salas, U., Gallegos-Robles, M., Preciado-Rangel, P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Hernández, M., García-Hernández, J. y T. Guzmán-Silos. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes en la producción y calidad de frutos de melón. *Terra Latinoamericana, 29*, 1-10. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.904

Jazmín-Marín, D. (2019). Impacto del Uso de Biofertilizantes a Base de Residuos Orgánicos en los Suelos. *Conciencia Tecnológica, 58*, 1-7. Redalyc: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94461547008

Jiménez, D., Galo, J., Vahos, D. y L. Ríos-Osorio. (2022). Efecto del uso de biofertilizantes sobre la productividad agrícola: revisión sistemática. *Hechos Microbiológicos, 13*(2), 37-50. DOI: 10.17533/udea.hm.v13n2a05

Khan, N. (2025). Exploring plant resilience through secondary metabolite profiling: Advances in stress response and crop improvement. *Plant, Cell & Environment, 48*(7), 4823-4837.

Llerena-Ramos, L. T., Rodríguez Rodríguez, S., Reyes-Pérez, J. J., López-Álvarez, S., Jiménez-Pizarro, M. y Espinosa-Palomeque, B. (2025). Microorganismos benéficos y compost líquido enriquecido con silicio: alternativas para la producción agroecológica del cultivo de arroz. *Terra Latinoamericana, 43,* 1-15. https://doi.org/10.28940/terra. v43i.2108

Martínez, C., B. y G. M. Soto. (2022). Microorganismos benéficos o agroquímicos. *Elementos, 128*, 57-63.

Mestre, M. C., Fioroni, F., Heinzle, L. Y., Sisón-Cáceres, L., Cardozo, A., Chillo, V., El Mujtar, V. y N. Fernández. (2024). Efecto de biofertilizantes a base de microorganismos de montaña sobre la colonización micorrícica y el rendimiento de lechuga y zanahoria, en la Patagonia argentina. *Siembra, 11*(2). https://doi.org/10.29166/siembra.v11i2.6815

Morillo, J., Piccinetti, C. y G. Lattanzio. (2024). Efectos de la inoculación con *Trichoderma* en el crecimiento y rendimiento de frutilla en la localidad de General Rodríguez, Buenos Aires, Argentina. *Ministerio de Desarrollo Agrario, 5*(2), 68-74.

Ona Y., L. E. (2021). Plantas y microorganismos rizosféricos: Una vía sostenible para generar crecimiento vegetal. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes, 11*(3), 102-124.

Ramírez-Gerardo, M. G., Vázquez-Villegas, S., Méndez-Gómez, G. I. y Mejía-Carranza, J. (2021). Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *CienciaUAT, 16*(1), 150-161. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1518.

Rojas-Badía, M., Bello-González, M., Ríos-Rocafull, Y., Lugo, D. y J. Rodríguez. (2020). Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica, 69*(1), 54-60. https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606

Sánchez T., S., Ramírez-Vargas, D. y García Cruzatty, L. (2026). El compostaje en agroecología: Efectos sobre la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes y los microorganismos beneficiosos. *Scientia Agropecuaria, 17*(1),211-225. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2026.015

Sánchez, M. (2022). Potencial de aislados de *Trichoderma* spp como promotor de crecimiento en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Nexo, 35*(4), 924-934. https://doi.org/10.5377/nexo.v35i04.15529

Vera-Cruz, E., Quevedo-Guerrero, J., Tuz-Guncay, I., Chabla-Carillo, J. y J. Cuenca-Sedamanos. (2023). Evaluación de *Trichoderma* en tres variedades de maní (*Arachis hypogaea* L.). Ciencia y *Agricultura, 20*(1), 1-12. https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n1.2023.1469