

Recibido: 26.06.2023 • Aceptado: 03.12.2024

Palabras clave: Sustentabilidad, cultivos agrícolas, huasteca potosina.

# Uso y fabricación de biofertilizantes en la Huasteca Potosina

LUIS J. CASTILLO PÉREZ

*jesus.perez@uaslp.mx*

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZONA HUASTECA, UASLP

PAOLA LUCERO PÉREZ

*paola.lucero@citrofrut.com*

PROMOTORA CITRÍCOLA DEL GOLFO (CITROFRUT)

JUAN JOSÉ MALDONADO MIRANDA

*juan.maldonado@uaslp.mx*

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZONA HUASTECA, UASLP

CANDY CARRANZA ÁLVAREZ

*candy.carranza@uaslp.mx*

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZONA HUASTECA, UASLP

La Huasteca Potosina es una de las regiones que cuenta con mayor diversidad natural y cultural en el estado de San Luis Potosí. Los pobladores de esta región cuentan con diversos cultivos agrícolas, siendo los más destacados la caña de azúcar, el café, el maíz y los cítricos, como la naranja y el limón. En algunos cultivos de esta región aún se continúan utilizando fertilizantes sintéticos, los cuales ocasionan un alto impacto ambiental. Por ello, una alternativa que se ha propuesto para frenar estos efectos perjudiciales son los biofertilizantes. Los biofertilizantes son productos creados con microorganismos, como hongos y bacterias, los cuales producen un aumento en la disponibilidad de los nutrientes para los cultivos.

La región de la Huasteca Potosina, localizada al este del estado de San Luis Potosí, abarca una extensión aproximada de 11,803 km<sup>2</sup> y está conformada por 20 municipios. Cuenta con una población de 761,547 habitantes, entre los cuales se encuentran las etnias tének, náhuatl y xi'uy, quienes, junto con la población mestiza, convierten a esta región en una de las más biodiversas del estado potosino (Hernández-González *et al.*, 2020).

La gran biodiversidad natural y cultural que posee la Huasteca Potosina la ha posicionado como uno de los mayores

atractivos turísticos de México. Debido a ello, el turismo se ha convertido en una de las industrias más importantes para la región en los últimos años. Sin embargo, el otro motor económico de la Huasteca Potosina que ha prevalecido a lo largo del tiempo es la agricultura. En esta región se cuenta con diversos cultivos agrícolas, siendo los más destacados la caña de azúcar, el maíz, el café y los cítricos, como la naranja y el limón. En menor proporción se encuentran también los cultivos de vainilla y las hortalizas como la lechuga, las acelgas y las calabazas (Imagen 1), así como los cultivos de traspatio como frijol, yuca, cilantro y piña.



Imagen 1.  
Cultivos agrícolas en la Huasteca Potosina. a) Caña de azúcar, b) Maíz, c) Café, d) Naranja, e) Calabaza, f) Frijol y g) Vainilla.  
Créditos fotográficos: Salvador Luna

La mayoría de estos cultivos utiliza productos comerciales certificado en sus procesos de fertilización, los cuales, la mayoría de los casos son suministrados por las empresas que procesan y comercializan a gran escala estos cultivos. Por ejemplo, los ingenios azucareros o la empresa Citrofrut, en el caso de los cítricos. La producción agrícola en la Huasteca Potosina abarca no solo el cultivo, sino también el procesamiento, comercialización y distribución de los productos, lo que proporciona alimentos, materias primas útiles para la generación de otros bienes y genera oportunidades de empleo, siendo una fuente de sustento para muchas familias huastecas.

Por lo anterior, es de suma importancia que la agricultura en la región se vuelva una actividad sostenible, que no solo contribuya al desarrollo de las poblaciones, sino que también no afecte el ambiente donde se practica. En este contexto, se ha demostrado que el uso de fertilizantes sintéticos utilizados en los cultivos de forma tradicional presentan una baja eficiencia ( $\leq 50\%$ ) y ocasionan un alto impacto ambiental que se ve reflejado en procesos dañinos como la eutrofización de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) y la bioacumulación de compuestos tóxicos en especies de flora y fauna. Estos compuestos, al incorporarse en las cadenas tróficas, terminan siendo transferidos a los seres humanos, causando problemas de salud. Por ello, los biofertilizantes han surgido como una alternativa que se ha propuesto para frenar estos efectos perjudiciales.

#### Microorganismos utilizados como biofertilizantes

Los biofertilizantes son productos desarrollados a partir de microorganismos como hongos y bacterias, los cuales producen un aumento en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. El uso de estos productos ofrece grandes beneficios, entre los cuales destacan la disminución en costos de producción, el aumento de la fertilidad y biodiversidad de los suelos, así como un menor impacto ambiental al ecosistema (Castillo Pérez, *et al.*, 2022). Aunque el uso de biofertilizantes comenzó con pequeños productores agrícolas, en la actualidad ya están siendo aplicados en cultivos intensivos, como es el caso de los cítricos en la Huasteca Potosina.

Los biofertilizantes se clasifican en cuatro grandes grupos: *a)* fijadores de nitrógeno, *b)* solubilizadores de

fósforo, *c)* captadores de fósforo y *d)* reguladores del crecimiento vegetal (Chávez Díaz, *et al.*, 2020). En cuanto a los organismos fijadores de nitrógeno, existen bacterias que realizan una asociación simbiótica exclusiva con plantas leguminosas, como las bacterias del género *Rhizobium* y otro grupo que incluye a las bacterias que colonizan los suelos de forma natural como *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cuales se conocen también como bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. Todas estas bacterias aprovechan el nitrógeno atmosférico para sintetizar sustancias que incentivan el crecimiento de la planta.

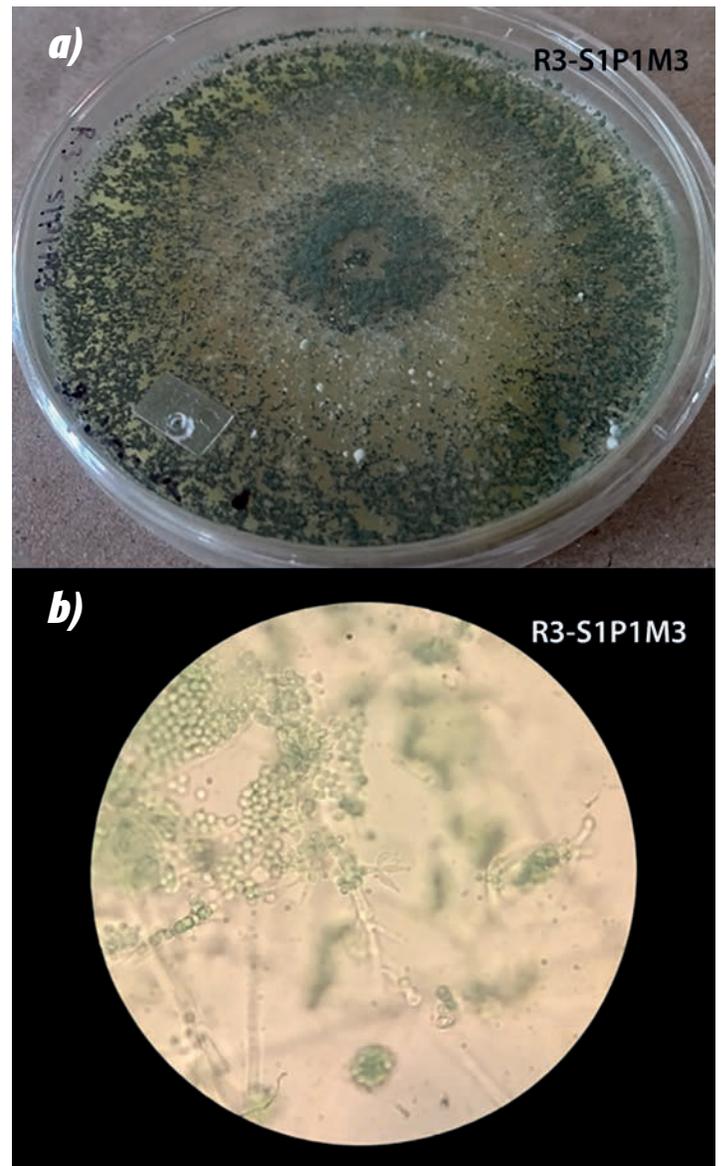


Imagen 2. *a)* Cultivo en placa, *b)* Observación microscópica (40x) *Trichoderma sp.*

Para el segundo y tercer grupo de microorganismos que están relacionados con el elemento fósforo, los que crecen y se desarrollan en la rizosfera son los más comunes. Entre las bacterias se encuentran las especies *Aspergillus niger*, *Bacillus circulans*, *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *Penicillium bilaji* y *Pseudomonas putida*. Además, destacan también un gran número de géneros de hongos micorrízicos, los cuales promueven el crecimiento del sistema radicular y con ello se lleva a cabo una mayor captación de agua y nutrientes del suelo.

Por otro lado, en lo que respecta a los microorganismos productores de sustancias del crecimiento vegetal, se encuentran algunos hongos como los del género *Trichoderma* (Imagen 2), los cuales son capaces de producir giberelinas, utilizados en cultivos de tomate, maíz y cacao. Las giberelinas, junto a las auxinas, las citocininas y el etileno conforman un grupo de moléculas químicas denominadas fitohormonas o reguladores de crecimiento vegetal. Estas sustancias son compuestos naturales que se encuentran en bajas concentraciones de forma natural y como su nombre lo indica, se encargan de regular el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos hongos también han sido utilizados como control biológico de otros microorganismos patógenos de plantas como el tomate (Martínez Canto, *et al.*, 2022).

Otro ejemplo son las bacterias del género *Pseudomonas*, que producen compuestos de bajo peso molecular denominados sideróforos. Estos compuestos tienen afinidad por elementos químicos como el manganeso, el molibdeno y el hierro, los cuales son aprovechados por la planta en situaciones donde estos micronutrientes se encuentran deficientes. Es importante mencionar que el éxito de los cultivos agrícolas depende mucho de la riqueza de los suelos. Los suelos con un alto contenido de materia orgánica incentiva el crecimiento y desarrollo de microorganismos los cuales aportan nutrientes naturales que son captados por las plantas. Estos nutrientes, aunados a la fertilización exógena, potencian la capacidad de las plantas para obtener una mejor producción.

Fabricación de biofertilizantes: en el caso de la empresa Citrofrut, en Huasteca Potosina.

Uno de los mayores problemas en la producción agrícola asociada a grandes empresas son las enfermedades

causadas por microorganismos patógenos, las cuales suelen tener como consecuencia una disminución significativa en los rendimientos. Sin embargo, también existen múltiples microorganismos benéficos asociados a la diversidad del suelo, capaces de favorecer el desarrollo y rendimiento de los cultivos, la captación del agua, la disponibilidad de nutrientes, y la erradicación de plagas y enfermedades. Con el uso de estos microorganismos benéficos, diversas empresas han comenzado a desarrollar productos biológicos que adquieren una gran importancia en el sector agrícola, como es el caso de Citrofrut.

Citrofrut es una empresa agroindustrial mexicana, considerada socialmente responsable, dedicada a la producción y procesamiento de frutas cítricas y tropicales. Cuentan con cinco plantas de procesamiento a nivel nacional y más de 7,000 hectáreas destinadas a la producción. Una de estas instalaciones de procesamiento se encuentra localizada en la delegación de Huichihua-yán, perteneciente al municipio de Huehuetlán en la Huasteca Potosina.

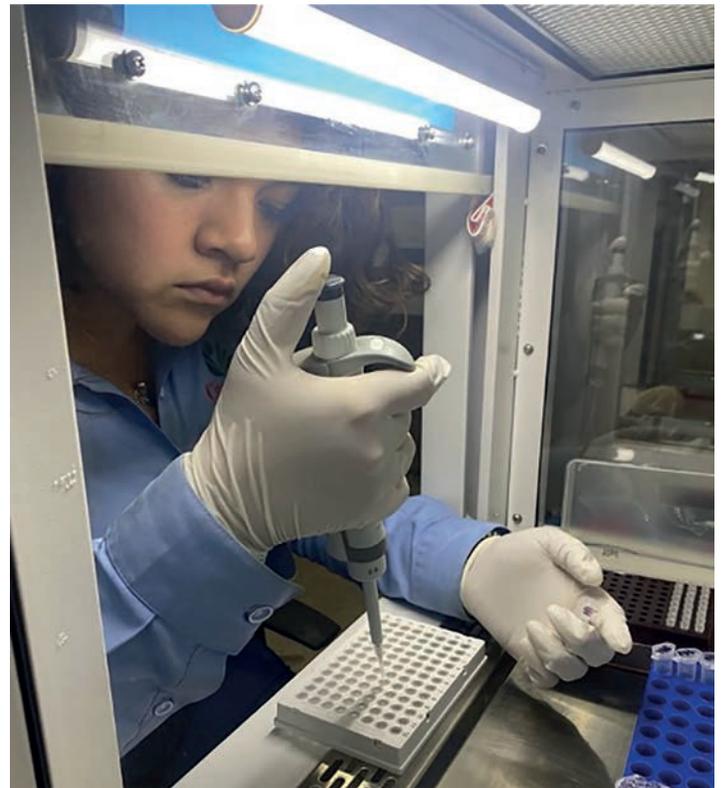


Imagen 3. Laboratorio de Producción de Hongos para Control.

Los biofertilizantes ofrecen una alternativa sostenible al uso de fertilizantes químicos, promoviendo prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente

Citrofrut cuenta también con la empresa biotecnológica denominada PROCIGO, en la cual se desarrollan diversas aplicaciones enfocadas en el mejoramiento y la sanidad vegetal. Entre las cuales se distingue el Laboratorio de producción de hongos para control biológico (Imagen 3), que proporciona una alternativa eficiente y no contaminante al desarrollar productos fitosanitarios basados en microorganismos antagónicos competitivos, utilizados para la protección de los cultivos. Uno de los microorganismos más destacados en este laboratorio es el hongo *Trichoderma* spp., el cual basa su antagonismo en diferentes mecanismos bioquímicos, como la producción de metabolitos antifúngicos, la competencia por espacio y nutrientes, así como la inducción de la resistencia y el micoparasitismo.

Desde el año 2020, esta cepa de biocontrol se produce en el laboratorio y se distribuye a los proveedores, con una excelente eficacia en las huertas propias de aguacate y cítricos. Además, se ha trabajado en conjunto con el programa de sanidad vegetal del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) del gobierno federal mexicano, logrando formar parte de su directorio nacional de empresas encargadas de mejorar el estatus fitosanitario del país.

Para hacer llegar este producto de biocontrol a un mayor número de huertas, la empresa Citrofrut trabaja en equipo con los productores para que la aplicación del producto biológico sea eficaz, debido a que las condiciones edafoclimáticas juegan un papel primordial para su desarrollo en el suelo. En el Laboratorio PROCIGO, no se limita al desarrollo de biofertilizantes; también se producen bioinsecticidas de amplio espectro, como es el caso de cuatro cepas distintas de hongos (*Paecilomyces* spp., *Metarrhizium* spp., *Bauveria* spp. y *Trichoderma* spp.) las cuales se han comenzado a desarrollar para el control de enfermedades y plagas en el sector agrícola.

#### Comentarios finales

En los últimos años, el ambiente ha sufrido diversas transformaciones. Las altas temperaturas y las sequías son algunas de las primeras consecuencias del cambio climático. Por ello, es importante migrar a técnicas agrícolas sustentables, que mejoren la producción de los cultivos y que tengan un bajo impacto ambiental. En este contexto,

Licenciado en bioquímica por la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca de la UASLP; maestro y doctor en Ciencias Ambientales por el Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales de la UASLP. Profesor investigador del programa educativo de Bioquímica de la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca de la UASLP. Actualmente se encuentra trabajando en proyectos relacionados con la conservación de recursos naturales en la Huasteca Potosina a través de la biotecnología vegetal y en el análisis de compuestos bioactivos de orquídeas medicinales.



los biofertilizantes se han convertido en productos importantes para la agricultura mexicana y mundial, pues su fabricación resulta una excelente alternativa para aumentar la producción de los cultivos en la región de la Huasteca Potosina. Por ello, es importante que otras empresas o cooperativas de agricultores y productores tomen el ejemplo de la empresa Citrofrut, y comiencen con la fabricación y distribución de biofertilizantes a los productores que colaboran con ellos.

El desarrollo de estas prácticas agrícolas de bajo impacto ambiental son importantes en una región con gran potencial turístico de nivel internacional, por lo cual es importante que se perciba una imagen de un región en

pro del desarrollo sustentable. Asimismo, la disminución del impacto ambiental en los ecosistemas y las enfermedades que pudieran estar ocasionando como consecuencia, se verían disminuidas con el uso y la fabricación de biofertilizantes.

Otra alternativa es la creación de convenios de las empresas agroindustriales o de los mismos productores con la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, como el que se tiene actualmente con la cooperativa de vainilla para el desarrollo de un programa de estudio y conservación de este cultivo en la Huasteca Potosina. A través de este proyecto, se han identificado hongos benéficos que podrían, en un futuro, utilizarse como biofertilizantes para este cultivo que hasta el momento es orgánico. Además, los alumnos de la Licenciatura en Bioquímica de la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca se encuentran ampliamente capacitados para incursionar en el área de la biotecnología ambiental e incluso han trabajado ya con la creación de biofertilizantes en cantidades piloto, que han sido funcionales en ensayos a nivel de laboratorio e invernadero (Imagen 4). <sup>UP</sup>



Imagen 3. Estudiantes de la Licenciatura en Bioquímica de la FEPZH-UASLP, exponiendo un proyecto sobre la fabricación de biofertilizantes y biopesticidas.

#### Referencias bibliográficas:

- Castillo Pérez, L. J., Maldonado Miranda, J. J., & Carranza Álvarez, C. (2022). Use and Manufacture of Biopesticides and Biofertilizers in Latin America. *Bioresource Technology: Concept, Tools and Experiences*, 424-442.
- Chávez Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruiz Ramírez, S., & de los Santos Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423-1436.
- Hernández González, G. B., Bojórquez Vargas, A. R., & Pedraza Gómez, C. (2020). Gestión pública del turismo: un enfoque de gobernanza local en la Huasteca potosina (México). *Revista Turismo y Sociedad*, 27, 77-94.
- Martínez Canto, O. J., Cristóbal Alejo, J., Tun Suárez, J. M., & Reyes Ramírez, A. (2022). *Trichoderma* spp. como agente de control biológico contra fitopatógenos en *Solanum lycopersicum* L. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(2), 19-20.