



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO ADICIONADO CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO DE VIDA LIBRE EN ÁRBOLES DE LIMÓN

EVALUATION OF AN ORGANIC FERTILIZER SUPPLEMENTED WITH FREE-LIVING NITROGEN-FIXING BACTERIA ON LEMON TREES

Adriana Reyes Castro

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Pedro Antonio Rodríguez Salazar

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Abraham Juarez de la Cruz

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Hugo Rodríguez Romero

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Laura Rodríguez Peláez

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Manuel González-Pérez

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18242

Evaluación de un Fertilizante Orgánico Adicionado con Bacterias Fijadoras de Nitrógeno de Vida Libre en Árboles de Limón

Adriana Reyes Castro¹adriana.rc@personal.uttecam.edu.mx<https://orcid.org/0009-0001-0863-7239>Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México**Pedro Antonio Rodríguez Salazar**pedro.rs@personal.uttecam.edu.mx<https://orcid.org/0009-0001-4373-4237>Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México**Abraham Juarez de la Cruz**abraham.jc@personal.uttecam.edu.mx<https://orcid.org/0009-0001-7605-8116>Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México**Hugo Rodríguez Romero**rodriguez6cheyz@gmail.com<https://orcid.org/0009-0003-2466-4928>Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México**Laura Rodríguez Peláez**lau7mx@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0007-1349-5347>Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México**Manuel González-Pérez**m.gonzalez.perez@personal.uttecam.edu.mx<http://orcid.org/0000-0001-8700-2866>Enlace - SECIHTI
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

RESUMEN

Uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores hoy en día es el alto costo de los insumos agrícolas, incluyendo fertilizantes sintéticos, que también causan severa contaminación ambiental y degradación del suelo. Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de un fertilizante orgánico suplementado con bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre en limoneros. La experimentación incluyó la formulación del fertilizante, lo cual implicó un proceso detallado de determinación del valor nutricional mediante pruebas de laboratorio. Estas pruebas evaluaron los niveles de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, cruciales para el crecimiento de las plantas. Posteriormente, el fertilizante se aplicó a los limoneros y se monitorearon las variables para evaluar su efecto. También se realizaron pruebas de humedad para determinar su funcionalidad como retenedor de humedad. Los resultados mostraron que el fertilizante orgánico afectó la altura, ya que los datos registrados oscilaron entre 90 y 104 cm, mientras que los árboles de control tuvieron una altura entre 66,5 y 80 cm. Además, el número de retoños varió de 12 a 17 en los árboles tratados y de 1 a 4 en los árboles de control. También se observó un mejor desarrollo vegetativo en los árboles tratados en comparación con los árboles sin tratar. Los resultados de humedad mostraron que el fertilizante funciona como retenedor de humedad.

Palabras clave: fertilizante, arboles frutales, bacterias

¹ Autor ptincipal

Correspondencia: m.gonzalez.perez@personal.uttecam.edu.mx

Evaluation of an Organic Fertilizer Supplemented with Free-Living Nitrogen-Fixing Bacteria on Lemon Trees

ABSTRACT

One of the main problems facing farmers today is the high cost of agricultural inputs, including synthetic fertilizers, which also cause severe environmental pollution and soil degradation. This study aimed to determine the effect of an organic fertilizer supplemented with free-living nitrogen-fixing bacteria on lemon trees. The experimentation included fertilizer formulation, which involved a detailed process of determining the nutritional value through laboratory testing. These tests assessed the levels of essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium, which are crucial for plant growth. The fertilizer was then applied to lemon trees, and variables were monitored to evaluate the effect. Humidity tests were also conducted to determine its functionality as a moisture retainer. The results showed that the organic-based fertilizer affected height, as the recorded data ranged from 90 to 104 cm, while the control trees had a height between 66.5 and 80 cm. In addition, the number of suckers ranged from 12 to 17 in treated trees and from 1 to 4 in control trees. There was also better vegetative development in treated trees compared to untreated trees. The moisture results showed that the fertilizer works as a moisture retainer.

Keywords: fertilizer, fruit trees, bacteria

Artículo recibido 15 abril 2025

Aceptado para publicación: 21 mayo 2025



INTRODUCCIÓN

Beltrán-Pineda y Bernal-Figueroa (2022); Fernández (2005) presentan una revisión acerca del uso de fertilizantes, la contaminación ambiental en agroecosistemas, los biofertilizantes y las propiedades de algunos microorganismos que sirven como base para su fabricación (fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfato), al igual que los pasos generales del proceso de producción, de tal forma que se promueva el conocimiento de esta biotecnología para manejo de agroecosistemas (Muñoz, 2025). Ellos concluyeron que los problemas ambientales a causa del uso desmedido de fertilizantes sintéticos en los campos agrícolas han generado preocupación en la comunidad científica en general, que ha trabajado en el desarrollo de estrategias biotecnológicas para subsanar tal problemática (Castro-Landín, 2025). En consecuencia, el desarrollo de biofertilizantes se ha convertido en una alternativa que contribuye a la sostenibilidad ambiental y productividad de los cultivos, debido al papel fundamental de las poblaciones microbianas durante los procesos que promueven la estabilidad y productividad de los agroecosistemas (Basso et al., 2025).

Mamani (2023) señala que el aumento significativo en los últimos años de estudios enfocados a los biofertilizantes a base de microorganismos y materia orgánica, es explicado por la concientización de los efectos que se han evidenciado por un uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos y acumulación de residuos sólidos, siendo la conversión en biofertilizantes una manera adecuada para el tratamiento de estos.

García Rivera, I. (2019). Señala que el uso de biofertilizantes elaborados por microorganismos eficientes, se promueve como una alternativa ecológica que ha tomado y tiene que tomar más impulso, ya que con este método se puede recuperar la fertilidad de los suelos en México y del mundo, y así conseguir y determinar un equilibrio ecológico que se verá reflejado en el aumento la productividad del mismo. Los ME (Microorganismos efectivos) es una alternativa ecológica muy eficiente en el ámbito de la agricultura orgánica, que con los estudios ya realizados se demuestra que los microorganismos Eficientes actúan de manera satisfactoria para restaurar el equilibrio microbiano que por ende nos ayudará a la regeneración de los suelos degradados y que se verá reflejado en la producción (Palacios, 2025).



De Lira Villa, B. E. (2013) expresa que la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los cultivos obliga a buscar alternativas fiables y sostenibles. Ella concluye que la revolución verde trajo consigo un incremento notable en la producción agropecuaria; sin embargo, el abuso en el uso de fertilizantes químicos, dio por resultado contaminación de suelo y agua, así como deterioro en la salud.

Hernández et al. (2021) evaluaron la actividad del biofertilizante Nutrihum en aguacate, en variables productivas. Ellos concluyeron que los productos orgánicos Nutrihum y el tratamiento con micorrizas (*Glomus* sp.) presentan un desempeño aceptable con características agronómicas similares y en algunos casos superior a la fertilización 100% química. La dosis que mejor desempeño tuvo para características del fruto y rendimiento fue Nutrihum 2L /árbol, y 6 L/árbol al suelo y la aplicación de micorrizas al suelo. El rendimiento de fruto en los tratamientos Nutrihum fue superior a 50kg/árbol y con pesos medios de fruto superiores a 200g, lo cual asegura la calidad del fruto. De acuerdo a los resultados obtenidos se confirma que el producto Nutrihum tiene efectos favorables en el desarrollo del aguacate. Guadarrama y Chávez (2018) presentan cómo fue posible mejorar el suelo para el cultivo de frutales mediante la agricultura orgánica. Ellos concluyen que el uso de abonos orgánicos beneficia a los componentes del suelo, así como a sus propiedades físicas. La aplicación de los abonos orgánicos favorece la producción de frutos, teniendo una ganancia en el contenido de materia seca (Velarde, 2025).

Uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores en la actualidad es el alto costo de los insumos agrícolas, tales como fertilizantes sintéticos y agroquímicos, que además causan serios problemas de contaminación ambiental y degradación de los suelos. Es por ello el planteamiento de utilizar residuos vegetales y microorganismos benéficos para la nutrición de suelo y la asimilación de nutrientes por las plantas.

Utilizar bacterias fijadoras del nitrógeno de vida libre en árboles frutales representa una alternativa al empleo de fertilizantes convencionales ya que su uso constituiría un ahorro económico para el agricultor y contribuiría a la preservación del medio ambiente.



METODOLOGÍA

El estudio se realizó en laboratorios y campo experimental del Programa Educativo de Agricultura Sustentable y Protegida, e incluyó 5 etapas: la formulación del fertilizante, la determinación del aporte nutricional mediante pruebas de laboratorio, las aplicaciones en árboles de limón y el monitoreo de variables para evaluar el efecto. También se midió humedad a los 3 días de cada aplicación para determinar la funcionalidad del producto como retenedor de humedad.

Formulación del fertilizante

Se utilizaron podas de nopal y sábila previamente desecadas y trituradas. Se realizaron tres mezclas con porcentajes distintos de nopal, sábila y un hidroabsorbente natural, y se midió la capacidad de retención de humedad, mediante la incorporación de agua seguido por un periodo de reposo.

La activación de bacterias se realizó inoculando muestras extraídas de un producto biotecnológico en tubos con caldo nutritivo y se da continuidad con el aislamiento en placas de cristal con agar nutritivo.

Figura 1. Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno.



Se realizan tinciones de Gram para determinar la morfología de la bacteria aislada, utilizando yodo lugol, cristal violeta, alcohol acetona y safranina.

A continuación, se preparo el fermento agregando agua, azúcar 1.5%, Ever Green al 0.5% y las bacterias aisladas previamente, y se dejó fermentar durante 5 días.

El fertilizante se obtuvo mezclando la fórmula solida que presento mejor retención de humedad con el fermento que contenía las bacterias fijadoras de nitrógeno.

Determinación de aporte nutricional

Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar el aporte nutricional en el suelo, tales como: medición de nitratos, calcio y potasio, además de pH y conductividad eléctrica.

Pruebas de aplicación

Se consideraron 6 árboles de limón en periodo de reproducción, 4 fueron considerados para el tratamiento y 2 como control. Durante las aplicaciones se removió tierra alrededor de la planta para la incorporación del fertilizante y se cubrió nuevamente con la tierra extraída, se realizó un riego manual buscando la filtración de nutrientes presentes en el producto hasta las raíces, así mismo el arrastre de las bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre.

Monitoreo de variables

El seguimiento fue por un periodo de 45 días considerando una aplicación cada 2 semanas, y se midieron variables como: número de hojas, altura, retoños y chupones.

Figura 2. Árboles de limón en periodo de reproducción



Medición de humedad

A los tres días de cada aplicación se realizó la medición de humedad del sustrato utilizando un medidor con escala del 0 al 10, para determinar la funcionalidad del fertilizante como retenedor de humedad.

Figura 3. Determinación de humedad en árboles tratados y sin tratamiento.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo que las bacterias incorporadas al fertilizante correspondían a *Azospirillum*. Las bacterias de este grupo convierten el N_2 en amoníaco gracias a la actividad del complejo enzimático Nitrogenasa; dichas bacterias fijan el nitrógeno a través de esta enzima.

Se obtuvo un fertilizante de base natural que de acuerdo a las pruebas de laboratorio realizadas aporta nitratos, potasio y calcio.

Tabla 1. Datos de pruebas de laboratorio

Análisis	Resultado
pH	7.1
C.E	4.3 dS/m
Nitratos	1000 ppm
Potasio	850 ppm
Calcio	13 ppm

El calcio es un macroelemento necesario para evitar desbalances de calcio y potasio en la planta y evitar la pudrición apical en frutos por deficiencia de este macronutriente. También aporta nitratos los cuales son nutrientes que la planta absorbe en grandes cantidades, ya que los utiliza como sistemas de defensa para hacer aminoácidos y para llevar a cabo la fotosíntesis. Y finalmente aporta potasio un macronutriente que juega un papel fundamental en la nutrición vegetal, pues contribuye a una mejora en la calidad de frutos.

El parámetro de pH obtenido indico que se encuentra en el rango óptimo por lo que determina que habrá disponibilidad de muchos de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas. Respecto a conductividad eléctrica el parámetro es ligeramente alto, sin embargo, influyen factores como: tipo de cultivo al que se le va aplicar, lugar de ubicación del cultivo y la calidad del agua, además de la concentración de nutrientes que presenta el fertilizante.

Los resultados de las variables medidas se muestran en la tabla No 2.

Tabla 2. Datos de variables medidas.

Muestras	No. hojas	Altura	Retoño	Chupones
Testigo 1	85	66.5cm	S/N	1
Testigo 2	128	80cm	S/N	4
Muestra 1	159	104cm	S/N	14
Muestra 2	164	103.5cm	S/N	13
Muestra 3	155	91cm	S/N	17
Muestra 4	185	90cm	S/N	12

De acuerdo a los datos de cada una de las variables medidas se observa que los árboles tratados muestran mayor número de hojas, altura y chupones, en comparación con los árboles sin tratamiento, esto es, debido a que el mucilago presente en el tejido del nopal (*Opuntia ficus indica*) es capaz de retener nitratos, y las raíces de las plantas pueden utilizarlos en el momento que lo necesiten, a través de la acción de las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre incorporadas.

Por otro lado, la prueba de humedad arrojó que el fertilizante funciona como retenedor de humedad, pues los árboles tratados presentaron escalas entre 8 y 9, mientras que los árboles control entre 4 y 5 (ver **tabla 3**). El nopal incluido en la formula contiene mucilago como sal de calcio por lo que presenta la capacidad de retenedor de agua. Al mismo tiempo que la sábila por su naturaleza hidrofílica es capaz de actuar como un promotor de hidratación (Darzi et al. 2021).

Tabla 3. Datos de humedad.

Tabla 3. Datos de humedad.											
Muestras	Escala del medidor										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										x	
2									x		
3										x	
4									x		
Testigo 1						x					
Testigo 2					x						

Los datos de humedad muestran que los árboles tratados presentaron mayor escala en este parámetro en comparación con los árboles sin tratamiento. Lo que explica que la aplicación del fertilizante está interviniendo en la retención de humedad. El nopal contiene mucilago como sal de calcio por lo que presenta la capacidad de retención de agua. Al mismo tiempo que la sábila por su naturaleza hidrofílica es capaz de actuar como un promotor de hidratación (Darzi et al. 2021).

CONCLUSIONES

El fertilizante de base natural y adicionado con bacterias fijadoras de nitrógeno tuvo efecto respecto a desarrollo vegetativo, altura y número de chupones en árboles de limón, además de actuar como retenedor de humedad.

Los fertilizantes orgánicos son una excelente opción para mejorar la calidad de los cultivos y para el cuidado del suelo, ya que aseguran que este permanezca fértil por más tiempo.

Agradecimientos

A la universidad Tecnológica de Tecamachalco por el apoyo otorgado durante la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Basso, M. C. A., Sant'Ana, D. D., Fujita, A. T., da Silva, F. M., Meireles, E., Gomes, W. S., ... & Ventura, R. (2025). Biofertilizantes e biochar: impactos sustentáveis e políticas públicas para a agricultura brasileira. *Caderno Pedagógico*, 22(1), e13575-e13575.
- Beltrán-Pineda, M. E., & Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1).
- Castro-Landín, A. L., Navarro-Salto, G. E., Pardo-Reyes, P. S., & Gras-Rodríguez, R. (2025). La yuca (*Manihot esculenta* Crantz): Revisión del uso de biofertilizantes y su impacto en la agricultura sostenible en Ecuador. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 8(15), 225-239.
- Darzi S, Paul K, Leitan S, Werkmeister J, Mukherjee S (2021) Immunobiology and application of aloe vera-based scaffolds in tissue engineering. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Fernández, M. T., & Rodríguez, H. (2005). El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 39(3), 27-34.
- García Rivera, I. (2019). La alternativa de la agricultura orgánica con biofertilizantes.



- Guadarrama, J., Duarte, B., & Chávez, R. H. (2018). Mejoramiento de un agro-ecosistema para frutales. Biodiversidad, Servicios Ecosistémicos y los Objetivos del Desarrollo Sostenible en México, 239.
- Guiedani, G. O., Gathsemaní, S. S. D., Manuel, S. J., & Toledo, J. R. Centro Educativo Cruz Azul AC.
- Hernández-Valencia, A., Tapia-Vargas, L., Hernández-Pérez, A., & Larios-Guzmán, A. (2021). Evaluación de fertilizantes orgánicos y su efecto en la nutrición y desarrollo del aguacate. Contribuciones tecnológicas para el futuro forestal y agropecuario Veracruzano, 66-73.
- Lira Villa, B. E. (2013). Fertilización Orgánica.
- Mamani, A. (2023). Biofertilizantes a base de microorganismos beneficiosos y materia orgánica: una revisión sistemática. Revista Acciones Médicas, 2(4), 43-55.
- Muñoz Arias, N. E. (2025). Uso de biofertilizantes en la producción de hortalizas (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2025).
- Palacios Guerrero, F. A. (2025). Importancia de los abonos orgánicos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*, L.) en el Ecuador (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2025).
- Velarde, A. A. C., Tancara, G. C., Colomo, G. H. V., & Romero, F. M. B. Efecto de Abonos Orgánicos en Rendimiento de Híbridos de.

