

Evaluación de la Efectividad de Cepas Nativas de Rizobios en la Producción de Diferentes Especies de Leguminosas

Evaluation of the Effectiveness of Native Strains of Rhizobia in the Production of Different Species of Legumes

Paul Fausto Lapa Unocc
Universidad Nacional de Cañete, Perú
paullapa1708@gmail.com ORCID:
<https://orcid.org/0009-0001-1474-4890>

Rosalý Eveling Salazar Paucar
Universidad Nacional de Cañete, Perú
rosalyeveling2002@gmail.com ORCID:
<https://orcid.org/0009-0007-7436-6258>

Luz Melissa Laura Lucas
Universidad Nacional de Cañete, Perú
melissalauralucas20@gmail.com ORCID:
<https://orcid.org/0009-0009-5154-8758>

Paola Ines Saldaña Barillas
Universidad Nacional de Cañete, Perú
paola241020@gmail.com ORCID:
<https://orcid.org/0009-0004-3247-5032>

Recepción: 03/11/2023

Aceptación: 18/12/2023

Publicación: 22/12/23

Resumen

Las leguminosas establecen una relación simbiótica con rizobios, bacterias que convierten el nitrógeno atmosférico en formas útiles para las plantas. La investigación destaca la necesidad de alternativas sostenibles debido al uso excesivo de fertilizantes químicos, que genera problemas como la salinidad del suelo y la contaminación. La fijación biológica de nitrógeno a través de la simbiosis leguminosa-rizobio se presenta como una estrategia eficiente para reemplazar los fertilizantes nitrogenados. La metodología se basa en una revisión sistemática centrada en la evaluación de cepas nativas de rizobios y su impacto en la producción agrícola. Los resultados muestran la eficacia de inoculantes con rizobios en cultivos como pallar, vainita, frijol, alfalfa y haba, mejorando la nodulación y rendimiento, con aumentos notables en altura y peso. Ciertas cepas seleccionadas mejoran la fijación de nitrógeno y la calidad del cultivo. Esta revisión orienta hacia futuras investigaciones con rizobios, subrayando la simbiosis leguminosa-rizobio como clave para abordar desafíos de fertilizantes químicos y desarrollar cepas específicas para mejorar la productividad agrícola.

Palabras clave: efectividad, leguminosas, cepas nativas, rizobios, producción.

Abstract

Legumes establish a symbiotic relationship with rhizobia, bacteria that convert atmospheric nitrogen into forms useful for plants. The research highlights the need for sustainable alternatives due to the excessive use of chemical fertilizers, which causes problems such as soil salinity and pollution. Biological nitrogen fixation through legume-*Rhizobium* symbiosis is presented as an efficient strategy to replace nitrogen fertilizers. The methodology is based on a systematic review focused on the evaluation of native rhizobia strains and their impact on agricultural production. The results show the effectiveness of inoculants with rhizobia in crops such as pallar, green beans, beans, alfalfa and broad beans, improving nodulation and yield, with notable increases in height and weight. Certain selected strains improve nitrogen fixation and crop quality. This review guides future research with rhizobia, highlighting the symbiosis between legumes and rhizobia as key to addressing the challenges of chemical fertilizers and developing specific strains to improve agricultural productivity.

Keywords: effectiveness, legumes, native strains, rhizobia, production.

1. Introducción

El ecosistema se compone de las conexiones entre los componentes vivos y no vivos, que proporcionan el sustento para la vida (Guzmán & Montero, 2021). Las leguminosas constituyen una extensa categoría de plantas de significativa relevancia a nivel global, dado que pueden formar una asociación simbiótica con bacterias conocidas como rizobios, las cuales pueden transformar el nitrógeno atmosférico en formas orgánicas que posteriormente se tornan accesibles para su utilización. Varias leguminosas, como las judías, tréboles, alfalfa y guisantes, tienen la capacidad de establecer asociaciones simbióticas con *Rhizobium* sp (Hernández et al., 2012). En las raíces de estas plantas, se forman pequeñas estructuras engrosadas conocidas como nódulos, que albergan internamente bacteroides o rizobios. Estos microorganismos, también llamados organismos infectivos de raíces, desempeñan un papel fundamental en esta simbiosis. El nitrógeno es mayoritariamente un gas en la naturaleza, representando el 79% de la atmósfera. Sin embargo, las plantas y animales no pueden aprovecharlo mientras esté en el aire debido a su incapacidad para capturarlo y usarlo (Cuadrado et al., 2009). Afortunadamente, existen microorganismos que pueden tomar ese nitrógeno atmosférico y convertirlo en compuestos que pueden ser fácilmente aprovechados, especialmente por las plantas leguminosas.

El aumento en la aplicación de fertilizantes minerales en la agricultura se atribuye a la creciente necesidad de alimentos a nivel global (Fernández, 2022). No obstante, esta situación ha ocasionado un incremento en la salinidad del suelo en la agricultura, una disminución en la capacidad de las plantas para captar nutrientes y una escasez de las materias primas necesarias para fabricar fertilizantes, lo que conlleva amenazas para la producción de estos insumos. En los últimos años, el uso excesivo de fertilizantes químicos ha surgido como una de las razones principales detrás de la degradación del suelo (Rodríguez & Longa, 2021). Paralelamente, la aplicación de abonos orgánicos en la agricultura es limitada, y se observa una falta de comprensión generalizada en cuanto a los niveles de contaminación y la gestión ambiental adecuada en la producción de cultivos. El uso excesivo de

nitrógeno trae graves consecuencias para la salud humana, ya que lamentablemente existe la posibilidad de desarrollar metahemoglobinemia y procesos cancerígenos como resultado del consumo regular de agua contaminada con nitrato (Martínez, 2009). Dado el elevado precio de los fertilizantes ricos en nitrógeno, una alternativa viable para aumentar la rentabilidad de este cultivo consiste en potenciar la capacidad de simbiosis del frijol con la bacteria *Rhizobium* (Acuña & Uribe, 2016).

La mejora de la productividad en cultivos de leguminosas se logra de manera ecológica y biológicamente eficiente a través de la fijación biológica de nitrógeno (FBN); este proceso implica una asociación simbiótica con rizobios, que forman nódulos en las raíces de las plantas (Álvarez, 2022); esta asociación contribuye significativamente a la absorción de nitrógeno, ofreciendo la posibilidad de reemplazar de manera efectiva el uso de fertilizantes nitrogenados. Se han llevado a cabo diversos estudios y experimentos en todo el mundo sobre el uso de cepas nativas de *Rhizobium*; en la presente investigación, se abordará y recopilará datos sobre cómo el uso de estos microorganismos beneficiosos tiene influencia en la producción de diferentes cultivos de leguminosas.

2. Desarrollo

2.1. Metodología

La metodología implica una revisión sistemática de artículos científicos provenientes de repositorios reconocidos, incluyendo Scopus, World Wide Science, SciELO y Google Académico. Estos repositorios contienen investigaciones que han sido sometidas a revisión por expertos de manera anónima, lo que asegura una alta confiabilidad en la calidad de los trabajos debido a los estrictos procesos de investigación involucrados. A pesar de que este estudio no es un artículo original, se llevó a cabo una minuciosa recopilación y análisis de investigaciones previas en el mismo campo temático. El enfoque principal de esta revisión se enfocó en evaluar la eficacia de las cepas nativas de rizobios en la simbiosis con leguminosas y su impacto en la producción agrícola.

Para la búsqueda, se emplearon palabras clave específicas; como "efectividad", "leguminosas", "cepas nativas", "rizobios" y "producción". Estas palabras clave fueron seleccionadas cuidadosamente para asegurar que los resultados estuvieran directamente vinculados al tema de interés. El período de tiempo seleccionado para la búsqueda abarcó desde el año 2005 hasta el 2022, con un énfasis particular en los últimos cinco años. Esta selección permitió recopilar información actualizada y relevante en el campo de estudio, teniendo en cuenta los avances más recientes en la investigación.

Cada material bibliográfico obtenido durante la búsqueda fue sometido a un análisis detallado y luego sintetizado para su inclusión en el contexto de la revisión propuesta. Este enfoque permitió evaluar la calidad, metodología y resultados de cada artículo, con el objetivo principal de presentar los hallazgos más relevantes y significativos de manera clara y coherente. Al utilizar una amplia gama de buscadores y palabras clave relevantes, esta revisión aseguró una cobertura completa y diversa de la literatura científica pertinente al tema. El análisis y la síntesis de cada artículo permitieron obtener una visión global y coherente de los avances y hallazgos en la comprensión de la efectividad de la simbiosis entre leguminosa y rizobios, así como su influencia en la agricultura.

2.2. Resultados

La interacción entre rizobios y leguminosas implica un intercambio complejo de señales, vital para todo el proceso simbiótico. Las leguminosas secretan flavonoides que son reconocidos por bacterias compatibles, desencadenando la expresión de sus genes Nod. De acuerdo con Nápoles et al. (2016) estos genes dirigen la síntesis y exportación de lipoquitooligosacáridos, conocidos como factores Nod. Estos factores activan procesos como la infección, la iniciación de la división celular en la raíz y, finalmente, la formación del nódulo. Además, desempeñan un papel crucial en la fijación biológica del nitrógeno, puesto que una combinación precisa de estas señales es esencial para una simbiosis eficiente.

Impacto de Inoculantes en la Microbiología de Cultivo de Pallar.

Se reconoce la importancia de buscar soluciones sostenibles a los problemas asociados con los fertilizantes y pesticidas convencionales en la agricultura. Pues, estos productos tienen costos significativos para los agricultores y pueden tener efectos perjudiciales en el medio ambiente. Para abordar este problema, se investiga el uso de inoculantes que contienen cepas de bacterias de los géneros *Rhizobium* y *BradyRhizobium* en combinación con leguminosas, como una estrategia biotecnológica prometedora para mejorar la producción vegetal y reducir los efectos secundarios asociados con los métodos tradicionales de fertilización y el control de plagas. De acuerdo con Ramos & Zuñiga (2008), en sus estudios utilizaron tratamientos con inoculantes rizobianos, codificados como cepa *BradyRhizobium* PSNC4N2 y cepa *BradyRhizobium* PCYGIVN. En términos de materia seca vegetal, los tratamientos que involucraron la inoculación con *BradyRhizobium* PSNC4N2 mostraron los valores más altos durante el período entre la floración y la madurez de las vainas; lo cual sugieren el potencial positivo de la inoculación con cepas específicas de bacterias para mejorar el rendimiento de las leguminosas. La interacción de las cepas *BradyRhizobium* PSNC4N2 y PCYGIVN3 mostraron un efecto positivo en la actividad microbiana en la rizósfera del cultivo de *Phaseolus lunatus* var. sieva y en el aumento de la materia seca de las plantas, lo que sugiere su utilidad como biofertilizante en la agricultura.

Inoculación con *Rhizobium etli* en el Rendimiento del Cultivo de Vainita.

Se tiene conocimiento, que se han aislado rizobios en todo el mundo, incluyendo especies que forman simbiosis con el frijol común y son eficientes en la fijación de nitrógeno. La inoculación con *Rhizobium* y estiércol mejora la productividad en leguminosas de grano, especialmente para agricultores que no usan fertilizantes inorgánicos. La vainita es un cultivo relevante, por ello se han realizado investigaciones de biofertilización con *R. etli* en este cultivo. El estudio realizado por Chipana et al. (2017) determinó la influencia de la inoculación con diferentes concentraciones de *R. etli* en el

rendimiento de la vainita como alternativa a la fertilización química; se usó la cepa de *R. etli* 188-03; el cual sirvió para mejorar significativamente la nodulación, el rendimiento y el número de vainas en las plantas de vainita. Resaltando, que la concentración más alta de inoculante (2.5×10^9 células por gramo de suelo) mostró los mejores resultados.

Simbiosis de cepas de *Rhizobium* en variedades de Cultivo de frijol.

El cultivo de frijol muestra una alta variabilidad en su capacidad para nodular y fijar nitrógeno, lo que ha llevado a la investigación en la simbiosis frijol-*Rhizobium*. La especificidad de las cepas bacterianas es crucial en esta relación, y la presencia de rizobios efectivos y compatibles en el suelo es esencial para la fijación de nitrógeno. En el experimento realizado por Cantaro et al. (2019) se utilizaron cuatro variedades comerciales de frijol común, en donde también se emplearon dos cepas de *Rhizobium* sp., denominadas LMT10 y LMT15. Las variedades que recibieron la inoculación con las cepas de *Rhizobium* mostraron un incremento en el rendimiento y el número de nódulos en comparación con las que no fueron inoculadas o que recibieron fertilización con nitrógeno. Se destaca que la cepa LMT10 demostró un mejor desempeño al obtener mayores valores en altura, peso fresco de follaje, peso fresco de raíces y peso seco de follaje.

Influencia de la inoculación con rizobios en la producción de alfalfa.

Un elevado contenido de proteínas en las plantas de alfalfa aumenta la demanda de nitrógeno, lo que puede tener efectos negativos como la pérdida de fertilidad del suelo o la limitación del crecimiento, a menos que exista un sistema eficiente de reciclaje de nitrógeno y fijación biológica de nitrógeno (FBN). Por lo tanto, según Toniutti & Fornasero (2020) la inoculación de alfalfa con cepas seleccionadas de *Ensifer meliloti*, un rizobio específico, es recomendable para mejorar la fijación biológica de nitrógeno, la producción y la calidad del cultivo; en compañía con la fertilización fosfatada al momento de la siembra de alfalfa. Pues se ha revelado que el uso de la Cepa B 399 INTA de *E. meliloti* tienen un impacto significativo en la nodulación y la producción de alfalfa en diferentes etapas de desarrollo del cultivo, esto subraya la importancia

de gestionar adecuadamente estos factores para maximizar el rendimiento de la alfalfa.

Evaluación de Variantes de *Rhizobium* en el cultivo de Vicia faba L.

La planta de haba tiene la capacidad de poder fijar nitrógeno atmosférico gracias a su asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*; sin embargo, la cantidad de nitrógeno fijado puede cambiar debido a factores como la competencia bacteriana, el genotipo de la planta y las condiciones del suelo. A pesar de esta capacidad, el uso de *Rhizobium* en el cultivo de haba presenta desafíos, ya que estas bacterias tienden a ser promiscuas y se requiere encontrar cepas efectivas. En investigaciones llevado a cabo por Nuñez et al. (2005) se emplearon cuatro cepas de *Rhizobium* que tuvieron un impacto notable en la producción y calidad de los granos del cultivo de haba. Se observó una mejora en la longitud y cantidad de vainas, así como en el rendimiento de vainas verdes. No obstante, no se encontraron diferencias significativas en la altura de la planta, el número de granos por vaina y el contenido de proteína en el grano seco entre los diversos tratamientos.

La aplicación de cepas nativas de rizobios en las leguminosas, no solo aumenta la productividad de esta leguminosa, sino que también mejora la calidad del suelo y disminuye la necesidad de utilizar fertilizantes nitrogenados en sistemas agrícolas sostenibles. El uso de un inoculante bacteriano formulado con la cepa nativa de rizobios resulta en un notable aumento tanto en el desarrollo como en la producción agrícola del cultivo, lo cual respalda la posibilidad de poner en práctica la interacción rizobios-leguminosa (Granda et al., 2017).

3. Conclusiones

La simbiosis entre leguminosas y rizobios, que facilita la fijación biológica de nitrógeno, es esencial para la salud de las plantas. Frente a los problemas asociados con el uso excesivo de fertilizantes químicos, la inoculación con cepas nativas de rizobios se presenta como una alternativa prometedora. Estudios demuestran que esta práctica mejora la actividad microbiana, la nodulación y el rendimiento en cultivos como la vainita y el frijol común. La investigación destaca la

importancia de esta simbiosis en diversos cultivos de leguminosas, incluyendo alfalfa y haba. La revisión sistemática de la literatura científica proporciona una visión completa de la efectividad de las cepas de rizobios en diferentes contextos agrícolas. Se subraya la necesidad de investigaciones continuas para desarrollar cepas específicas y promover prácticas agrícolas sostenibles. En conclusión, la simbiosis leguminosas - rizobios emerge como una estrategia clave para mejorar la productividad agrícola y abordar los desafíos vinculados a los fertilizantes químicos.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional de Cañete por proporcionar facilidades y acceso para la publicación del artículo de revisión en su repositorio, así como por impulsar la investigación estudiantil. De igual manera, se expresa gratitud al equipo de trabajo por la confraternidad y la cooperación mutua en los proyectos realizados.

Declaración de consentimiento informado

Se contó con la aprobación informada de todos los participantes que formaron parte de la investigación.

Conflictos de interés

No existe ninguna declaración de conflictos de interés.

Referencias

- Acuña, O., & Uribe, L. (2016). Inoculación del frijol común con tres cepas seleccionadas de *Rhizobium leguminosarum* bv. Phaseoli. *Agronomía Mesoamericana*, 7(1), 35–40. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/24786/24999>
- Álvarez, A. (2022). Fijación biológica de nitrógeno en tres variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por medio del método de dilución isotópica ^{15}N . In *UNA*. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8048>
- Cantaro, H., Huaranga, A., & Zúñiga, D. (2019). Efectividad simbiótica de dos cepas de

Rhizobium sp. en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Perú. *IDESIA*, 37(4), 73–81.

<https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v37n4/0718-3429-idesia-37-04-73.pdf>

- Chipana, V., Clavijo, C., Medina, P., & Castillo, D. (2017). Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y su influencia sobre el rendimiento del cultivo. *Ecología Aplicada*, 16(2), 91–98. <https://doi.org/10.21704/rea.v16i2.1012>

- Cuadrado, B., Rubio, G., & Santos, W. (2009). Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, 38(1), 78–104. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v38n1/v38n1a06.pdf>

- Fernández, M. (2022). Obtención de fertilizantes líquidos a partir de material bioestabilizado. In *UVA*. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/55127/Tesis2047-220915.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Granda, K., Alvarado, Y., & Torres, R. (2017). Efecto en campo de la cepa nativa COL6 de *Rhizobium leguminosarum* bv. viciae sobre frijol común cv. Percal en Ecuador. *Centro Agrícola*, 44(2), 5–13. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000200001

- Guzmán, D., & Montero, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 87–101. <https://doi.org/10.53287/uyxf4027gf99e>

- Hernández, J. L., Cubillos-Hinojosa, J. G., & Milian, P. E. (2012). Aislamiento de cepas de *Rhizobium* spp., asociados a dos leguminosas forrajeras en el Centro Biotecnológico del Caribe. *Revista Colombiana De Microbiología Tropical*, 2(2), 51–62.

https://www.researchgate.net/profile/Juan-Cubillos-Hinojosa/publication/298069900_Aislamiento_de_cepas_de_Rhizobium_spp_asociados_a_dos_leguminosas_forrajeras_en_el_Centro_Biotecnologico_del_Caribe_Isolation_of_Rhizobium_spp_associated_two_forage_legumino

alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el centro de Santa Fe (Argentina). *AgriScientia*, 37(2), 1–10.
<https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n2.24067>

Martínez, J. (2009). El nitrógeno en las aguas subterráneas de la comunidad de Madrid: descripción de los procesos de contaminación y desarrollo de herramientas para la designación de zonas vulnerables. In *UAH*. <https://core.ac.uk/download/pdf/58906297.pdf>

Nápoles, M., Cabrera, J., Onderwater, R., Wattiez, R., Hernandez, I., Martinez, L., & Vazquez, M. (2016). Señales producidas por *Rhizobium leguminosarum* en la interacción con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(2), 37–44.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4466.8405>

Núñez, M., Santillana, N., & Zuñiga, D. (2005). Evaluación de cuatro cepas de *Rhizobium* en Vicia faba L. var. Rojo Mantaro en condiciones de campo. *Naturaleza y Desarrollo*, 3(2), 41–47.
<http://www.lamolina.edu.pe/Postgrado/pmdas/cursos/agroecologia/lecturas/naturalezaydesarrollo.pdf>

Ramos, E., & Zuñiga, D. (2008). Efecto de diferentes inoculantes sobre la actividad microbiana en la rizósfera del cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* var. sieva) en condiciones de campo. *Ecología Aplicada*, 7(1–2), 1331–139.
<https://www.redalyc.org/pdf/341/34111584016.pdf>

Rodríguez, E., & Longa, E. (2021). Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos en suelos agrícolas con cultivo de papa – distrito de Sorochuco 2020. In *UPN*. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28649/Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Toniutti, M. A., & Fornasero, L. V. (2020). Efecto de la inoculación con rizobios y la fertilización fosfatada sobre la nodulación y producción de