

Análisis del potencial de *Pseudomonas* sp. S7 como promotor del crecimiento vegetal en semillas de maíz (*Zea mays*)

Arai Erazo, Sumie

2025

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6228>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Análisis del potencial de *Pseudomonas* sp. S7 como promotor del crecimiento vegetal en semillas de maíz (*Zea mays*)

Arai Erazo Sumie (cuarto semestre en Ingeniería Mecatrónica)¹, Araujo Rosales Mariana (cuarto semestre en Ingeniería en Biotecnología)¹, Azotla Serrato Montserrat Fátima (tercer semestre en Ingeniería en Biotecnología)^{1*}, Báez Flores María de la Piedad (cuarto semestre en Ingeniería en Biotecnología)¹, Ramírez Rodríguez Rocío (profesor responsable)¹, López Cruz Lesther Emmanuel (profesor asesor)¹

¹ Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Palabras clave: Solubilización, Rizobacterias, Contaminación agrícola

*Autor Corresponsal: 198554@iberopuebla.mx

Introducción

La agricultura moderna enfrenta desafíos crecientes debido a la erosión de los suelos y la contaminación por metales pesados, lo que limita la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo (P) y zinc (Zn), afectando el rendimiento de cultivos clave como el maíz (*Zea mays*) [2, 15, 17]. Ante esta problemática, las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), como *Pseudomonas* spp., emergen como una alternativa sostenible al mejorar la fertilidad del suelo a través de mecanismos como la solubilización de nutrientes y la producción de fitohormonas [1, 3, 6, 7, 11-13]. Este proyecto busca evaluar el potencial de *Pseudomonas* sp. cepa S7 como biofertilizante en maíz, integrando metodologías estandarizadas para la elaboración de un diseño experimental, con el fin de contribuir a la investigación sobre estas prácticas agrícolas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente con datos cuantitativos lo más confiables posible. Asimismo, propone un programa de automatización que permite optimizar la cuantificación de estos mecanismos, específicamente, los halos de solubilización [10].

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de literatura científica en bases de datos como Scopus, Web of Science y Google Scholar, abarcando publicaciones entre diciembre de 2019 y diciembre de 2024. Se utilizaron palabras clave relacionadas con *Pseudomonas* spp. y funciones promotoras del crecimiento vegetal, con el fin de identificar metodologías validadas y replicables en condiciones *in vitro*, de invernadero o de campo. A partir de esta revisión, se compararon protocolos estandarizados y se seleccionaron los más robustos y citados para integrarlos en el diseño experimental. Además, se desarrolló un software en Python v3.13 para la detección de bordes en la medición de halos de solubilización en placas Petri, utilizando visión por computadora con OpenCV y Tkinter, lo que permitió obtener resultados precisos y reproducibles mediante calibración automática y validación de datos.

Resultados y Discusión

Se analizaron 47 artículos científicos sobre metodologías para evaluar funciones promotoras del crecimiento vegetal en cepas de *Pseudomonas* spp.. De estos, 35 incluyeron pruebas de solubilización de fosfato, 21 de solubilización de zinc, 28 evaluaron la producción de AIA y 19 realizaron ensayos de adhesión y colonización en raíces.

Tabla 1 Comparación de metodologías estandarizadas para la caracterización funcional de *Pseudomonas* spp.

Función evaluada	Medio más utilizado	Tipo de ensayo	Método de detección	Condiciones frecuentes	Citas
Solubilización de fosfato	Pikovskaya, NBRIP, Aleksandrov	Cualitativo / Cuantitativo	Halo de solubilización / Reactivo de molibdato	28–30 °C, 5–7 días, agitación	[14]
Solubilización de zinc	Tris-mineral, PVK + ZnO / ZnCO ₃	Cualitativo / Cuantitativo	Halo de solubilización / Espectrofotometría	28–30 °C, 3–5 días	[15]
Producción de AIA	LB, YEM + L-triptófano (0.1–1 mg/mL)	Cuantitativo	Reactivo de Salkowski (abs. 530 nm)	28–30 °C, 24–72 h	[15]
Adhesión y colonización	Microplacas, raíces de plantas (in vivo)	Cualitativo / Cuantitativo	Tinción con cristal violeta, GFP, recuento de CFU	Variable según especie vegetal	[15]

Producción de sideróforos	CAS (Chrome Azurol S), medio M9, King B modificado	Cualitativo / Cuantitativo	Cambio de color (azul a naranja) en medio CAS / Espectrofotometría	28–30 °C, 48–72 h, oscuridad o poca luz	[16]
----------------------------------	--	----------------------------	--	---	------

Posteriormente se realizó la propuesta del diseño experimental que permite evaluar la capacidad promotora de crecimiento de *Pseudomonas* sp. S7. En la siguiente imagen se muestra un diagrama que ilustra los pasos a seguir.

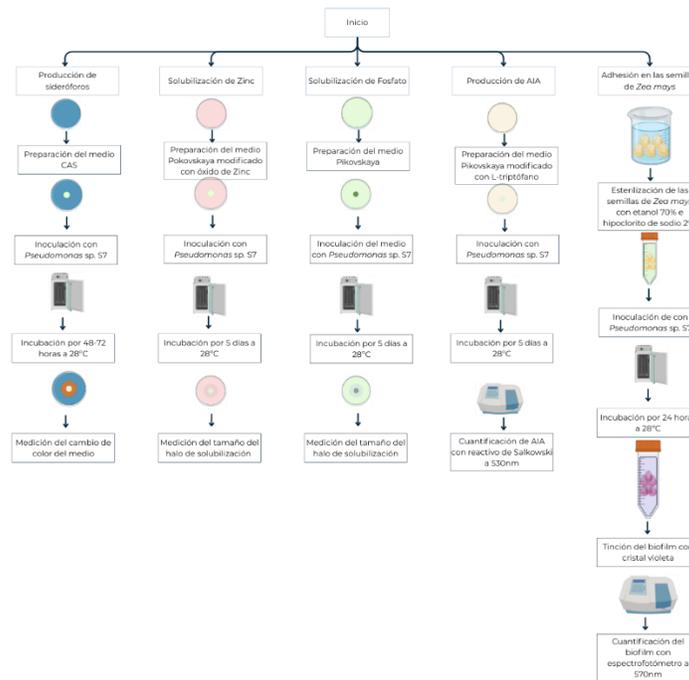


Fig.1. Diagrama del diseño experimental

Finalmente, se desarrolló un script en Python 3.13 para automatizar el análisis de imágenes de placas Petri, permitiendo delimitar con precisión los halos de solubilización, la siguiente imagen muestra los resultados [11–13].

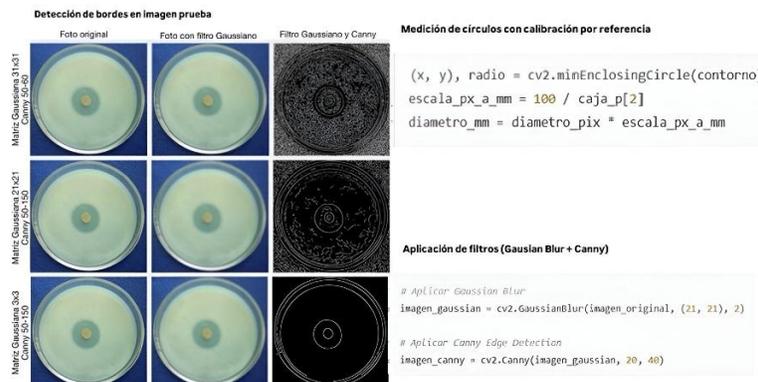


Fig.2. Detección de bordes en imagen prueba obtenida de [17], y fragmentos del código empleado

Conclusiones

Este proyecto ayudó desarrollar un diseño que experimental que permite evaluar a *Pseudomonas* sp. S7 como bacteria promotora de crecimiento vegetal. Por otro lado, se diseñó un programa que podría ayudar a la reducción el margen de error en las mediciones de solubilización. Como perspectivas futuras, se plantea aplicar esta metodología de manera experimental, para verificar que *Pseudomonas* sp. S7 pueda ser aprovechada como promotora de crecimiento vegetal. Este trabajo abre nuevas oportunidades para el uso biotecnológico de PGPR en la agricultura sostenible.

Referencias

- [1] R. D. Finnie, "Microbial biofertilizers in sustainable agriculture," *J. Appl. Microbiol.*, vol. 128, no. 4, pp. 973–987, 2020. doi: 10.1111/jam.14524.
- [2] M. A. Sutton et al., "The European nitrogen assessment," Cambridge Univ. Press, 2011.
- [3] V. Kumar et al., "Biofertilizers: An eco-friendly technology for nutrient recycling," *Environ. Sustain.*, vol. 3, pp. 1–14, 2020. doi: 10.1007/s42398-020-00105-1.
- [4] F. D. Dakora et al., "Rhizosphere ecology of *Azospirillum*," *Plant Soil*, vol. 356, no. 1-2, pp. 1–16, 2012.
- [5] S. S. Khan et al., "Phosphate solubilizing *Bacillus* spp.," *Front. Microbiol.*, vol. 8, p. 971, 2017.
- [6] J. K. Vessey, "Plant growth promoting rhizobacteria," *Can. J. Microbiol.*, vol. 49, no. 4, pp. 239–252, 2003.
- [7] F. Ghadamgahi et al., "Plant Growth-Promoting Activity of *Pseudomonas aeruginosa* FG106 and Its Ability to Act as a Biocontrol Agent against Potato, Tomato and Taro Pathogens," *Biology*, vol. 11, no. 1, p. 140, 2022. doi: 10.3390/biology11010140.
- [8] J. Leal-Almanza et al., "Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra." https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952018000801149&script=sci_arttext
- [9] C. F. A. Aviles et al., "Characterization of native plant growth-promoting bacteria (PGPB) and their effect on the development of maize (*Zea Mays* L.)," *BIOtecnia*, vol. 24, no. 1, pp. 15-22, Feb. 2022. doi: 10.18633/biotecnia.v24i1.1353.
- [10] M. G. Sánchez-Ceja et al., "Isolation of native bacteria with potential growth promoting Mexican native maize (*Zea mays* L.)," *BIOtecnia*, vol. 26, no. 1, pp. 83-92, Dec. 2023. doi: 10.18633/biotecnia.v26i1.2125.
- [11] A. Yañez-Ocampo et al., "Phosphate solubilization and indoleacetic acid production by rhizobacteria isolated from coffee plantations and their effects on growth of maize seedlings," *Polish Journal of Microbiology*, vol. 69, no. 1, pp. 73–83, 2020. doi: 10.33073/pjm-2020-039.
- [12] B. Rojas-Sánchez, Ma. Del Carmen Orozco-Mosqueda, and G. Santoyo, "Field Assessment of a Plant Growth-Promoting *Pseudomonas* on Phytometric, Nutrient, and Yield Components of Maize in a Milpa Agrosystem," *Agricultural Research*, Jun. 2024. doi: 10.1007/s40003-024-00756-0.
- [13] Y. Sato, A. Yamamoto, and M. Ishida, "Production and characterization of siderophores from plant growth-promoting rhizobacteria and their effect on tomato plant growth under iron-limited conditions," *Microbes and Environments*, vol. 36, no. 3, 2021. doi: 10.1264/jsme2.ME21019.
- [14] A. Yañez-Ocampo, H. A. Gutiérrez-Miceli, M. Dendooven, et al., "Phosphate solubilization and indoleacetic acid production by rhizobacteria isolated from coffee plantations and their effects on growth of maize seedlings," *Polish Journal of Microbiology*, vol. 69, no. 1, pp. 73–83, 2020. DOI: 10.33073/pjm-2020-039
- [15] A. Kalayu, "Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers," *International Journal of Agronomy*, vol. 2019, Article ID 4917256, 7 pages, 2019. DOI: 10.1155/2019/4917256
- [16] Y. Sato, A. Yamamoto, and M. Ishida, "Production and characterization of siderophores from plant growth-promoting rhizobacteria and their effect on tomato plant growth under iron-limited conditions," *Microbes and Environments*, vol. 36, no. 3, 2021. DOI: 10.1264/jsme2.ME21019
- [17] M. Oves, M. S. Khan, A. Zaidi, and E. Ahmad, "Ensifer adhaerens for heavy metal bioaccumulation, biosorption, and phosphate solubilization under metal stress condition," *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.08.026>