

## Antagonismo de *Streptomyces* spp. sobre *Ralstonia solanacearum* causante de la marchitez bacteriana en papa

Karen Marilu Cieza-Barboza<sup>1</sup>

Nilda Judith Guevara-Quiroz<sup>1</sup>

Roberto Ventura-Flores<sup>1,§</sup>

1 Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo-Ciudad Universitaria. Av. Juan XXIII núm. 391, Lambayeque, Perú. (kciezab@unprg.edu.pe; nguevaraq@unprg.edu.pe).

Autor para correspondencia: rventuraf@unprg.edu.pe.

### Resumen

La marchitez bacteriana es una enfermedad que afecta a los cultivos de papa *Solanum tuberosum* y es causada por *Ralstonia solanacearum* generando disminución en la productividad y pérdidas económicas en los agricultores. El objetivo fue evaluar la actividad antagónica de *Streptomyces* spp. frente a *R. solanacearum* que causa la marchitez bacteriana en *S. tuberosum*. Se realizó un estudio descriptivo de tipo transversal donde se utilizó siembra por agotamiento y estría para los aislamientos bacterianos de muestras del tubérculo y del suelo. La actividad antagónica se evaluó mediante estrías perpendiculares. Se aislaron 28 cepas de *R. solanacearum* y 50 de *Streptomyces* spp., y un 22% de ellas inhibió el crecimiento de la bacteria fitopatógena. Los resultados del análisis de varianza (Anava) mostraron un efecto inhibitorio significativo de *Streptomyces* frente a *R. solanacearum*. Mientras que la prueba de Tukey reveló diferencias entre los tratamientos. Por tanto, los *Streptomyces* spp., tienen potencial para ser utilizadas como agentes de biocontrol, aspectos que deberá ser evaluado en experimentos con plantas de papa.

### Palabras clave:

*Ralstonia solanacearum*, *Streptomyces* spp., antagonismo, marchitez bacteriana.



## Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerada el tercer cultivo más significativo del mundo con aproximadamente 20 millones de hectáreas distribuidas en 150 países, entre los que se destacan China, India, Rusia, Estados Unidos de América, Polonia y Ucrania (FAO, 2022). Perú ocupa el puesto 12 (MIDAGRI, 2022), siendo los departamentos con mayor producción: Huánuco, Cusco, Huancavelica, Puno, Cajamarca y Junín. El cultivo está expuesto a varias enfermedades graves entre ellas la marchitez bacteriana provocada por *Ralstonia solanacearum* (Khairy *et al.* , 2021) . Siendo destructiva en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*), maní (*Arachis hypogaea*), berenjena (*Solanum melongena*), papa y plátano (*Musa paradisiaca*). El patógeno infecta más 1.5 millones de hectáreas, generando disminución en la productividad y pérdidas económicas (Wang *et al.* , 2019).

Su diseminación se debe a su fácil adaptabilidad a diferentes climas, habilidad para subsistir en agua y suelo, disminuyendo hasta un 89% del rendimiento en México (Rueda *et al.* , 2018). La eliminación de *R. solanacearum* ha sido difícil debido a la persistencia de la bacteria en el suelo, el uso de semilla sin certificación y el control químico ineficiente. En una investigación previa evaluaron el antagonismo de actinomicetos aislados del compost frente a fitopatógenos de la papa, donde el género *Streptomyces*, inhibió un 23.5% el crecimiento de *R. solanacearum*, lo cual permitió afirmar que son posibles candidatos para controlar biológicamente la marchitez bacteriana (Pérez *et al.* , 2015).

La actividad antagónica de *Streptomyces* spp., se debe a la producción de metabolitos secundarios que afectan el crecimiento de patógenos, but además al ser organismos colonizadores de la rizosfera, liberan sustancias inhibidoras como bacteriocinas, sideróforos y ácidos orgánicos (Khan *et al.* , 2023). Además, son los mayores productores de compuestos antimicrobianos que son empleados como agentes de biocontrol para enfermedades de plantas causadas por bacterias y hongos (Kumar *et al.* , 2021). El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad antagónica de aislamientos de *Streptomyces* spp., frente a *R. solanacearum* causante de la marchitez bacteriana en *S. tuberosum*.

## Materiales y métodos

### Aislamiento de *Ralstonia solanacearum*

Las muestras de papa fueron colectadas de cultivos de las comunidades San José y Congona, provincia de Cutervo. Se recolectaron 100 tubérculos con síntomas, los cuales fueron depositados en bolsas de Ziploc y transportadas al laboratorio donde se siguió la recomendación de Fornos *et al.* (2021), que consistió en lavar cinco veces con agua destilada, luego desinfectado con alcohol al 70%. Enseguida, con un bisturí se realizó un corte al tubérculo y de la zona afectada se obtuvo una alícuota del exudado bacteriano y se sembró en placas con agar cloruro de tetrazolio (TZC) para ser incubadas a 30 °C por 48 h. Las colonias de *R. solanacearum* fueron de forma irregular, color rojo, bordes blancos.

La identificación se realizó sobre la base de características morfofisiológicas (Phondekar *et al.* , 2020) mediante coloración Gram, test de hidróxido de potasio al 3%, catalasa, oxidasa, pruebas de citrato, triple azúcar de hierro (TSI), Lisina hierro (LIA); motilidad, Indol y Ornitina (MIO) (Figura 1).



Figura 1. Aislamiento e identificación de *R. solanacearum*. A y B) selección y recolección de tubérculos; C) extracción del flujo del anillo vascular; D) bacilos gram negativos del flujo vascular; E) unidades formadoras de colonia en TZC y F) reacción bioquímica.

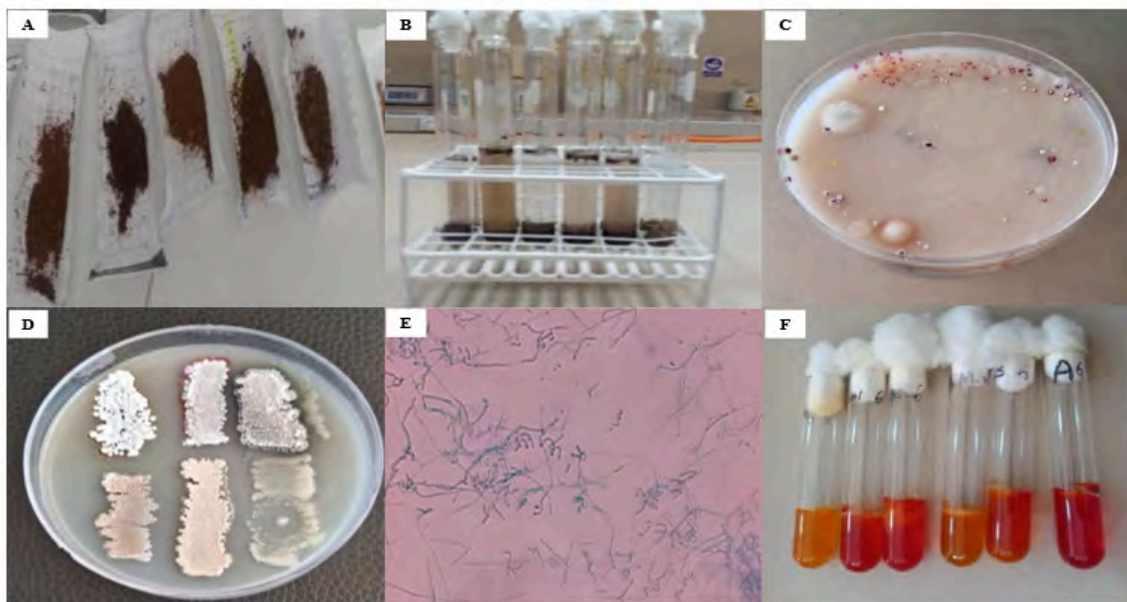


### Aislamiento de *Streptomyces* spp.

Se colectaron 95 muestras de tierra de cultivo de papa a una profundidad de 2 a 8 cm y depositadas (5 a 10 g) en bolsas ziploc. Luego se procesaron según recomendaciones de Parada *et al.* (2017) haciendo diluciones seriadas hasta obtener  $1 \times 10^{-3}$  g ml<sup>-1</sup> y pasteurización a 70 °C por 15 min. A partir de cada dilución se sembraron 100 µl en placas de Petri con agar avena y fueron incubadas a 30 °C por siete días. Para la identificación se consideraron características macroscópicas de las colonias tales como: tipo, tamaño, difusión de pigmento, coloración del micelio aéreo y vegetativo. Además, se realizó la tinción de Gram, técnica de microcultivo y fermentación de azúcares (Figura 2).



Figura 2. Aislamiento e identificación de *Streptomyces* spp. A) muestras de suelo; B) diluciones; C) unidades formadoras de colonias en agar avena; D) aspecto macroscópico; E) observación microscópica y F) fermentación de azúcares.



## Evaluación del antagonismo

Se empleó la metodología de estrías perpendiculares descrita por Hossain y RahmanII (2014) que consistió en sembrar por agotamiento y estría la cepa de *Streptomyces* spp. en la parte central de una placa de Petri conteniendo agar Mueller Hinton e incubado a 30 °C por siete días. Luego se sembraron las cepas de *R. solanacearum* en forma perpendicular y se incubaron a 30 °C por 48 h. Se realizó la lectura midiendo el halo de inhibición, considerando antagonismo positivo cuando la estría de *R. solanacearum* inició su crecimiento por lo menos a 5 mm de distancia de la estría del *Streptomyces* spp.

## Diseño experimental y análisis estadístico

El efecto antagonico, se evaluó aplicando el análisis de varianza (Anova) ajustándose al diseño factorial 50 x 28 x 3 para demostrar las diferencias entre los cincuenta aislamientos de *Streptomyces*, veintiocho de *R. solanacearum* y tres repeticiones, generando 4 200 unidades experimentales. El análisis estadístico de las diferencias entre los promedios de inhibición se complementó con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 0.05% de probabilidad. Para ello se usó el software estadístico Statística.

## Resultados y discusión

### Aislamiento *in vitro* de *R. solanacearum*

Las tres variedades de papa: chaucha, molinera y única fueron obtenidas de las comunidades San José y la Congona, Provincia de Cutervo. El 45% de aislamientos fueron bacilos Gram negativos, de los cuales 28% resultaron ser *R. solanacearum*, siendo el mayor número de aislamientos de la variedad molinera 47.4% (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Características de aislamiento de *R. solanacearum* en papa.**

Variables	n	(%)
Comunidades		
La Congona	50	50
San José	50	50
Variedades		
Chaucha	30	30
Molinera	35	35
Única	35	35
Tinción Gram		
Bacilo Gram negativo	45	45
No se observaron	55	55
Cultivo		
Positivo	28	28
Negativo	72	72
Aislamientos		
Chaucha	6	15.8
Molinera	9	36.8
Única	13	47.4

Existe reportes de aislamientos de *R. solanacearum* a partir de pseudotallos de platano, berenjena y tomate (Ling *et al.* , 2020; Kaari *et al.* , 2022). Donde las solanáceas tienen predisposición por sustratos como glutamina, asparagina, aminoácidos y azúcares que impulsan el crecimiento bacteriano (Baroukh *et al.* , 2022). Por otro lado, Vargas *et al.* (2023) afirma que la presencia de genes R ayudan a reconocer proteínas patógenas. Además, una elevada tasa de transpiración y estructura de la xilema favorece la difusión de la bacteria (Mamani, 2015).

La microbiota del suelo, mientras esté en equilibrio, evitará que los patógenos alcancen niveles suficientes para causar enfermedades (Zhang *et al.* , 2022). Sin embargo, el uso de plaguicidas, fertilizantes nitrogenados, deficiencia de fósforo y potasio, reduce a microorganismos beneficiosos (Cao *et al.* , 2022). Por otra parte, *Ralstonia* se propaga con rapidez en suelos ferralíticos a pH entre 5 a 7 y a temperatura entre 25 y 35 °C. Además, utiliza factores de virulencia como el sistema de secreción tipo III (T3SS), motilidad, biopelículas y exopolisacáridos (EPS) para infectar las plantas y obstruir la xilema (Vailleau y Genin, 2023). Así, manipula el metabolismo de la planta hospedadora, donde el ácido galacturónico y el ácido salicílico liberado por las paredes celulares de las plantas, lo emplean para su nutrición. Mientras que el ácido L-glutámico promueve la producción de factores de virulencia (Shen *et al.* , 2020).

### Aislamiento y evaluación *in vitro* de antagonismo de *Streptomyces* spp.

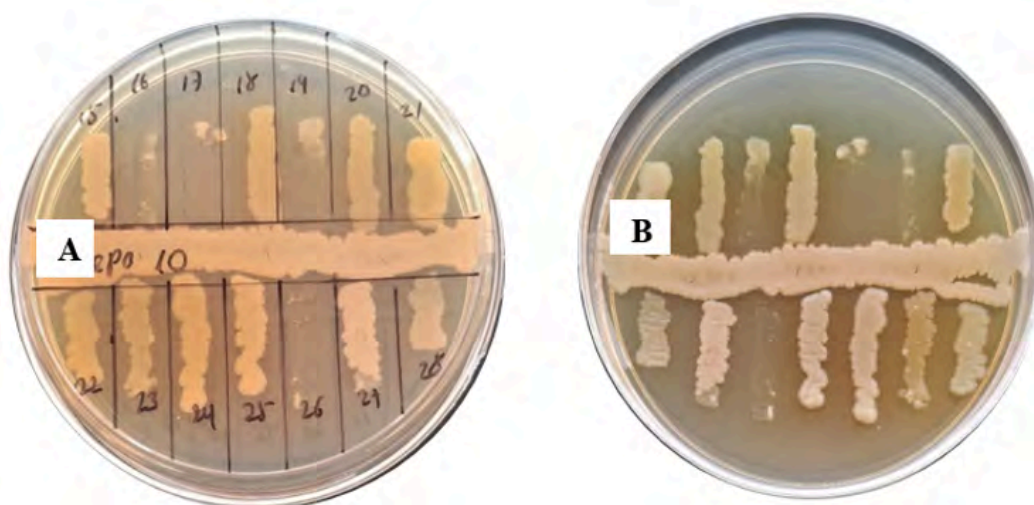
De 95 muestras de suelo, se aislaron 50 cepas de *Streptomyces* spp., 34% fueron pigmentadas y 64% no presentaron esta característica, además el 22% mostraron antagonismo (Cuadro 2). En la Figura 3, se muestra el antagonismo positivo de la cepa 10 de *Streptomyces* spp. que logro inhibir a las cepas 16, 17, 19 y 26 de *R. solanacearum*.

**Cuadro 2. Características de aislamiento de *Streptomyces* spp., de suelo de cultivos de papa.**

Variables	n	(%)
Comunidades		
La Congona	45	47.4
San José	50	52.6

Variables	n	(%)
Características macroscópicas		
Positivo	50	52.6
Negativo	45	47.4
Aislamientos positivos		
Con pigmento	17	34
Sin pigmento	33	66
Actividad antagónica		
Positivo	11	22
Negativo	39	78

**Figura 3. Antagonismo positivo y negativo de la cepa 10 de *Streptomyces* spp., frente a *R. solanacearum* por estrías perpendiculares en agar Mueller Hinton: A) cultivo reverso y B) cultivo anverso.**



En la investigación se logró obtener hasta cinco aislamientos diferentes de *Streptomyces* spp., en una sola muestra y en otras no se obtuvo ninguna cepa. Sin embargo, Espinosa *et al.* (2021) indica que la presencia y diversidad de la bacteria dependen de nutrientes, pH del suelo, competidores microbianos, actividad biológica y química del suelo. Por otra parte, la producción de pigmento difusible fue variable, similar al reporte de Antido y Climacosa (2022), donde 14 cepas fueron gris, amarillo y rosado, atribuido a pigmentos sintetizados como la melanina, actinorodina, prodigiosina, Carotenoides y compuestos poliquétidos, cuya producción depende de condiciones ambientales, metabolismo y genética bacteriana (Abraham y Chauhan, 2018).

El 22% de *Streptomyces* spp., demostraron actividad antimicrobiana, destacándose las cepas 21, 10 y 16 por su mayor antagonismo. Hallazgos similares reportados por Zaki *et al.* (2022); Kaari *et al.* (2022), obtuvieron 9 y 4 cepas antagónicas, respectivamente. Pero difiere al tener menor radio de acción a los reportados por Ling *et al.* (2020), que obtuvieron una zona de inhibición de 30.5 y 32.8 mm. Esta diferencia depende de la interacción de factores, que incluyen la diversidad genética, síntesis de peroxidasa que degrada los componentes de la pared celular y la producción de antibióticos.

La actividad antagónica se evaluó a través del análisis de varianza Anava encontrándose diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de las 50 cepas de *Streptomyces* y 28 de *R. solanacearum*, así como sus interacciones, donde el valor  $p$  (0) demuestra que existe capacidad antagónica (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Análisis de varianza (Anava) de la actividad antagónica de *Streptomyces* spp., sobre *R. solanacearum*.**

Categorías	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p
<i>Streptomyces</i>	3 190.46	49	65.111	403.5	0
<i>R. solanacearum</i>	540.72	27	20.027	124.1	0
<i>Streptomyces</i> * <i>Ralstonia</i>	16 670.56	1 323	12.601	78.09	0
Error	451.83	2 800	0.161		

Según la prueba discriminadora de Tukey realizada a los diferentes tratamientos, se demostró que los promedios de antagonismo de las cepas S24, S47, S20, S39, S30, S33, S43, S18, S10, S16 y S21 de *Streptomyces* spp., mostraron diferente actividad antagónica. Las cepas de *Streptomyces* sp. (S24 y S47) mostraron menor espectro de inhibición, en comparación con la cepa de *Streptomyces* sp. 21 (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) para la variable de *Streptomyces* spp. con antagonismo positivo.**

Cepas de <i>Streptomyces</i> spp.	Inhibición	Significancia			
S24	1.488095	b			
S47	1.636905	b			
S20	1.928571		c		
S39	2.083333		c	d	
S30	2.202381			d	e
S33	2.380952				e
S43	2.684524				f
S18	3.071429				g
S10	3.095238				g
S16	3.273810				g
S21	5.690476				h

El hecho de que las cepas de *R. solanacearum* mostraran sensibilidad a las especies de *Streptomyces* indican un potencial significativo para el biocontrol. Sin embargo, aportó nueva información de cepas con espectro antagónico con ciertas limitaciones, como la efectividad variable de los aislados. Por lo que es necesario hacer más investigación para comprender los mecanismos de interacción y aplicación en las prácticas agrícolas generando una agricultura ecológica, sostenible y productiva.

## Conclusiones

Se identificaron 28 cepas de *R. solanacearum* a partir de muestras de tubérculos y 50 *Streptomyces* spp., aisladas de suelo con cultivo de papa *S. tuberosum*. El 22% de *Streptomyces* spp., demostraron actividad antimicrobiana, siendo las cepas S21, S10 y S16 las que mostraron mayor antagonismo, destacando su potencial como agentes de biocontrol de patógenos como *R. solanacearum*. En ese contexto, se ha ampliado también el conocimiento científico básico disponible sobre este fitopatógeno, pues existen cepas más sensibles en condiciones *in vitro* frente a *Streptomyces* spp.

## Agradecimientos

Se agradece al personal técnico de los laboratorios de Microbiología de la Facultad de Biología de la UNPRG que coadyuvaron en la esterilización de medios de cultivo.

## Bibliografía

- 1 Abraham, J. and Chauhan, R. 2018. Profiling of red pigment produced by *Streptomyces* sp. JAR6 and its bioactivity. *Biotech.* 8(1):1-9. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-1044-7>.
- 2 Antido, J. W. and Climacosa F. M. 2022. Enhanced Isolation of *Streptomyces* from different soil habitats in calamba city, laguna, philippines using a modified integrated approach. *International Journal of Microbiology* . 1:1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/2598963>.
- 3 Baroukh, C.; Zemouri, M.; Manikkam, Z. and Genin, S. 2022. Trophic preferences of the pathogen *Ralstonia solanacearum* and consequences on its growth in xylem sap. *Microbiologyopen*. 11(1):1-14. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1240>.
- 4 Cao, Y.; Thomashow, L.; Luo, Y.; Hu, H.; Drng, X.; Liu, H.; Shen, Z.; Li, R. and Shen, Q. 2019. Resistance to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* depends on the nutrient condition in soil and applied fertilizers: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 329:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107874>.
- 5 Espinosa, B. A.; Serrano, P. H. y Centeno, L. S. 2021. *Streptomyces*: 'la vieja confiable'. Desde El Herbario CICY. 13(1):36-44. <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/2622>.
- 6 FAO. 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Duplicar la producción mundial de papa en 10 años es posible. <https://www.fao.org/newsroom/detail/doublingglobalpotatoproductionin10yearspossible/es>.
- 7 Fornos, J. A.; Rivera, J. C.; Sánchez, I. E.; Monzón, A. J. y Ramírez, D. J. 2021. Razas, biovares y mecanismos de resistencia de aislados de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Nicaragua. *La Calera*. 21(37):100-105. <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12821>.
- 8 Hossain, N. and Rahman, M. 2014. Antagonistic activity of antibiotic producing *Streptomyces* sp. against fish and human pathogenic bacteria. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 57(2):233-237. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132014000200011>.
- 9 Kaari, M.; Joseph, J.; Manikkam, R.; Sreenivasan, A.; Venugopal, G.; Alejandro, B. and Krishnan, S. 2022. Biocontrol *Streptomyces* Induces resistance to bacterial wilt by increasing defense-related enzyme activity in *Solanum melongena* L. *Current Microbiology* . 79(5):1-12. <https://doi.org/10.1007/s00284-022-02832-6>.
- 10 Khairy, A. M.; Tohamy, M. A.; Zayed, M. A. and Ali, M. A. 2021. Detecting pathogenic bacterial wilt disease of potato using biochemical markers and evaluate resistant in some cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences* . 28(9):5193-5203. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.045>.
- 11 Khan, S.; Srivastava, S.; Karnwal, A. and Malik, T. 2023 *Streptomyces* as a promising promising control agents for plant pathogens. *Frontiers in Microbiology*. 14(12):1-22. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1285543>.
- 12 Kumar, M.; Kumar, P.; Das, P.; Solanki, R. and Kapur, M. K. 2021. Proactive role of *Streptomyces* spp. in plant growth stimulation and management of chemical pesticides and fertilizers. *International Journal of Environmental Science and Technology* . 19(1):10457-10476. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03473-1>.
- 13 Ling, L.; Han, X.; Li, X.; Zhang, X.; Wang, H.; Zhang, L.; Cao, P.; Wu, Y.; Wang, X.; Zhao, J. and Xiang, W. 2020. A *Streptomyces* sp. NEAU-HV9: isolation, identification, and potential as a biocontrol agent against *Ralstonia solanacearum* of tomato plants. *Microorganisms*. 8(3):3-15. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8030351>.
- 14 Lopes, C. A.; Carvalho, A. D.; Pereira, A. S.; Azevedo, F. Q.; Castro, C. M.; Emygdio, B. M. and Silva, G. O. 2021. Performance of *Solanum phureja*-derived bacterial-wilt resistant potato clones in a field naturally infested with *Ralstonia solanacearum* in Central Brazil. *Horticultura Brasileira* . 39(4):411-416. <https://doi.org/10.1590/S0102-0536-20210410>.



- 15 Mamani-Rojas, P. y Francois-Ledent, J. 2015. Comportamiento fisiológico de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de sequia. Revista Latinoamericana de la Papa. 19(2):42-67. <https://doi.org/10.37066/ralap.v19i2.233>.
- 16 MIDAGRI. 2021. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Día nacional de la papa 'papa pa' ti', lo bueno se comparte. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/campa%C3%B1as/4265-dia-nacional-de-la-papa-papa-pa-ti-lo-bueno-se-comparte>.
- 17 Parada, R. B.; Marguet, E. R. y Vallejo, M. 2017. Aislamiento y caracterización parcial de actinomicetos de suelos con actividad antimicrobiana contra bacterias multidrogo-resistentes. Revista Colombiana de Biotecnología. 19(2):15-23. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.64098>.
- 18 Pérez-Rojas, F.; León-Quispe, J. y Galindo-Cabello, N. 2015. Actinomicetos aislados del compost y su actividad antagonista a fitopatógenos de la papa (*Solanum tuberosum* spp. andigena Hawkes). Revista Mexicana de Fitopatología. 33(2):116-139. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0185-33092015000200116>.
- 19 Phondekar, U. R.; Bhagwat, R. G.; Rathod, R. R.; Gadhade, A. D.; Nirgude, Y. R.; Nalawade, R. R. and Joy, J. 2020. Isolation and characterization of *Ralstonia solanacearum* causing bacterial wilt of potato in konkan region of maharashtra. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences . 9(10):136-142. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.910.018>.
- 20 Rueda-Puente, E. O.; Juvera, J. J.; Romo, I. G. and Holguín, R. J. 2018. Evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de aceites esenciales de orégano y tomillo contra *Ralstonia solanacearum*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas . 9(20):4251-4261. <https://doi.org/doi:10.29312/remexca.v0i20.995>
- 21 Shen, F.; Yin, W.; Song, S.; Zhang, Z.; Ye, P.; Zhang, Y.; Zhou, J.; He, F.; Li, P. and Deng, Y. 2020. *Ralstonia solanacearum* promotes pathogenicity by utilizing l # glutamic acid from host plants. Molecular Plant Pathology . 21(8):1099-1110. <https://doi.org/10.1111/mpp.12963>.
- 22 Vailleau, F. and Genin, G. 2023. *Ralstonia solanacearum*: an arsenal of virulence strategies and prospects for resistance. Annual Review Phytopathology. 61(1):25-47. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-104551>.
- 23 Vargas, C. D.; Soto-Suárez, M. y Zuluaga, P. 2023. Búsqueda de resistencia a *Ralstonia solanacearum* en variedades comerciales de papa en Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 24(2):1-11. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol24-num2-art:2976>.
- 24 Wang, H.; Hu, J.; Lu, Y.; Zhang, M.; Qin, N.; Zhang, R. and Lu, H. 2019. A quick and efficient hydroponic potato infection method for evaluating potato resistance and *Ralstonia solanacearum* virulence. Plant methods . 15(145):1-11. <https://link.springer.com/article/10.1186/s13007-019-0530-9>.
- 25 Zaki, M. A.; Saleh, E. S.; Zaki, M. M.; Korayem, A. S. M. and Amin, S. 2022. Antibacterial Activity of a New Strain of *Streptomyces maritimus* MSQ21 against *ralstonia solanacearum*. Pakistan Journal of Biological Sciences. 25(7):642-653. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2022.642.653>.
- 26 Zhang, Y.; Ye, C.; Su, Y.; Peng, W.; Lu, R.; Liu, Y. and Zhu, S. 2022. Soil Acidification caused by excessive application of nitrogen fertilizer aggravates soil-borne diseases: evidence from literature review and field trials. Agriculture, ecosystems & environment. 340(1):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108176>.



## Antagonismo de *Streptomyces* spp. sobre *Ralstonia solanacearum* causante de la marchitez bacteriana en papa

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc.
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 00 August 2025
Date accepted: 00 October 2025
Publication date: 25 October 2025
Publication date: Oct-Nov 2025
Volume: 16
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e3775
DOI: 10.29312/remexca.v16i7.3775

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

#### Palabras clave:

*Ralstonia solanacearum*

*Streptomyces* spp.

antagonismo

marchitez bacteriana

### Counts

Figures: 3

Tables: 4

Equations: 0

References: 26

Pages: 0