



Artículo Científico

Pantoea vagans, agente causal de pudrición de tallo en pitahaya (*Selenicereus undatus*, sin. *Hylocereus undatus*) en Puebla, México

Edith Luna-Martínez¹, Sergio Aranda-Ocampo^{1*}, Dimas Mejía-Sánchez⁴, Candelario Ortega-Acosta¹, Manuel Livera-Muñoz³, Laura Delia Ortega-Arenas², Antonio Mora-Aguilera¹, Eligio Pérez-Sosa¹, Daniel Teliz-Ortiz¹. ¹Fitopatología-Fitosanidad, ²Entomología y Acarología-Fitosanidad, ³Recursos Genéticos y Productividad (PREGEP)-Genética, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, C. P. 56230. Estado de México, México. ⁴Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco, Km 38.5, Texcoco, C. P. 56230, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia:

Sergio Aranda-Ocampo
arandasergio63@gmail.com

Sección:
Edición periódica

Recibido:
08 Diciembre, 2025
Aceptado:
11 Febrero, 2026
Publicado:
25 Febrero 2026

Cita:
Luna-Martínez E, Aranda-Ocampo S, Mejía-Sánchez D, Ortega-Acosta C, Livera-Muñoz M, et al. 2026. *Pantoea vagans*, agente causal de pudrición de tallo en pitahaya (*Selenicereus undatus*, sin. *Hylocereus undatus*) en Puebla, México. Revista Mexicana de Fitopatología 44(2): 115. <https://doi.org/10.18781/R.ME.X.FIT.2512-3>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. El cultivo de pitahaya (*Selenicereus undatus*) se ha extendido en los últimos años en México. En 2023, en huertos comerciales de pitahaya en el estado de Puebla se observaron síntomas de pudrición de tallo. El objetivo fue caracterizar e identificar el agente causal de la pudrición del tallo, evaluar la patogenicidad del agente causal en diferentes especies de pitahaya, además de otras especies de plantas y su sensibilidad *in vitro* a formulaciones de bactericidas comerciales.

Materiales y Métodos. Se analizaron 10 tallos con pudrición provenientes de Huitziltepec, Puebla. Muestras de tejido de cada tallo se desinfectaron y se maceraron en 500 µL de agua destilada estéril; de aquí, se sembraron 100 µL en medio de cultivo Wilbrink's y B de King. Del crecimiento bacteriano, la cepa CPHU23 se caracterizó bioquímicamente y se identificó por análisis multilocus de secuencias (MLSA, por sus siglas en inglés) y filogenético de los genes *rpoB*, *gyrB*, *leuS*, y *fusA*. La patogenicidad de CPHU23 se evaluó por infiltración de 3×10^8 UFC mL⁻¹ en cinco especies del género *Selenicereus*: *S. ocamponis*, *S. purpusi*, *Selenicereus* sp. "Golden", *Selenicereus* sp. "Solferina" y *S. undatus*, así como en *Agave cupreata*, *A. angustifolia*, *Aloe vera*, *Allium cepa*, *Solanum lycopersicum* y *Capsicum annuum*. La sensibilidad *in vitro* se determinó por el método de difusión en disco con 10 formulaciones de bactericidas comerciales.

Resultados. De los 10 tallos se aislaron tres morfotipos bacterianos. El morfotipo CPHU23 fue el más frecuente con colonias amarillas, redondas, borde liso, aspecto mucoso. La caracterización bioquímica de la cepa CPHU23 mostró 93 % de similitud con *Pantoea vagans*. El análisis MLSA agrupó filogenéticamente al aislamiento CPHU23 dentro del clado *Pantoea vagans* filogenéticamente relacionadas a las cepas tipo de *P. vagans* LMG 24199, YI-1 y MA I6050 con soporte de bootstrap superior a 85 %. La inoculación de *P. vagans* CPHU23 causó pudrición de tallo en las cinco especies del género *Selenicereus*, en hojas de *A. cupreata* y *A. vera*, pero no en bulbos de *A. cepa* y frutos de *S. lycopersicum* y *C. annuum*. *Pantoea vagans* CPHU23 fue sensible *in vitro* a oxiclورو de cobre, sulfato de gentamicina, clorhidrato de oxitetraciclina y estreptomycin, pero resistente a kasugamicina.

Conclusión. *Pantoea vagans* es el agente causal de la pudrición de tallo en pitahaya en Puebla. Las cinco variedades de pitahaya son susceptibles a la pudrición del tallo. *Agave cupreata* y *Aloe vera* podrían ser hospedantes potenciales de *P. vagans*. El uso de oxiclورو de cobre puede ser una estrategia eficiente de manejo de *P. vagans* en el cultivo de pitahaya en México.

Palabras clave: Enterobacteriaceae, Fruto dragón, Etiología, Multilocus MLSA, Identificación



INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Selenicereus undatus*) es un cactus semiepipfito con cladodios trialados, raíces aéreas y flores aromáticas de apertura nocturna, perteneciente a la familia Cactácea. El género *Selenicereus* es nativo de México, Centroamérica y Norte de Sudamérica (Bravo-Hollis, 1978) e incluye 18 especies que crecen en áreas templadas, tropicales, subtropicales y semiáridas (Britton y Rose, 1963; Anderson, 2001). Las especies de este género se caracterizan por su metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), que les confiere una alta eficiencia fotosintética en condiciones de limitada disponibilidad hídrica. Por lo anterior, el cultivo de pitahaya se ha expandido en las últimas décadas debido a su capacidad para adaptarse y crecer en suelos degradados, poco adecuados para otros cultivos agrícolas (Niechayev *et al.*, 2019; Montalvo *et al.*, 2023).

A nivel mundial, la producción de pitahaya, o “fruto dragón”, se ha incrementado debido a la creciente demanda y aceptación en el nicho de frutos exóticos en los mercados de importación de Europa, Asia y América, principalmente por su sabor, contenido nutricional, fitoquímicos y antioxidantes que se relacionan con la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades como diabetes, cáncer, presión arterial alta y obesidad, entre otras (Lu *et al.*, 2025). Asimismo, la pitahaya es la única fruta comercial que durante el proceso de maduración del fruto acumula niveles elevados de betalainas, entre las que se incluyen betacianinas rojas y betaxantinas amarillas. Por lo anterior, en la actualidad se reconocen frutos de pulpa blanca y roja, debido a la elevada concentración de betaxantinas y betacianinas en los frutos (Montalvo *et al.*, 2023).

Mundialmente, uno de los principales problemas para la óptima producción de pitahaya son las enfermedades. En este contexto, Balendres y Bengoa (2019) reportaron 17 géneros y 25 especies de fitopatógenos como agentes causales de enfermedades en tallos, flores y frutos de *Selenicereus* spp. La mayoría de estas enfermedades son causadas por hongos (22 especies) y únicamente dos enfermedades de etiología bacteriana. En *S. undatus* se ha identificado a las bacterias *Enterobacter cloacae* en Malasia y Perú (Masyahit *et al.*, 2009; Soto *et al.*, 2019) y *Paenibacillus polymyxa* en China (Zhang *et al.*, 2017), en tanto que en *S. costaricensis* se identificó a *Enterobacter hormaechei* en Costa Rica (Retana-Sánchez *et al.*, 2019), ambas bacterias como agentes causales de pudrición en tallo y fruto. Se estima que la pudrición del tallo en pitahaya causado por bacterias puede afectar severamente la producción de este fruto (Balendres y Bengoa, 2019).

El cultivo de la pitahaya es una alternativa para zonas con escasez de agua y suelos pobres. En México, el cultivo de pitahaya se concentra en Quintana Roo, Yucatán y Puebla. En Puebla, la superficie sembrada de pitahaya fue de 152 ha distribuidas en 14 municipios en las regiones de la Cañada, el Valle de Tehuacán y Mixteca, con una producción anual de 546 t; el municipio de Huitziltepec aporta el 53 % de la producción estatal. Puebla fue el primer estado en exportar el fruto de pitahaya a los mercados de EU y Canadá y se ha mantenido en los primeros tres lugares de producción del fruto de pitahaya a nivel nacional (SIAP, 2024).

En 2023, en huertos comerciales de pitahaya de pulpa blanca destinados a exportación de fruto en la comunidad de Santa Ana, municipio de Huitziltepec, Puebla, se observaron síntomas de pudrición de tallo con una incidencia estimada de 40 % afectando el rendimiento y calidad del fruto. Por las características de los síntomas observados, pudrición inicial seca que progresa a una pudrición blanda con tejido acuoso; en esta investigación se asume que la pudrición del tallo de pitahaya es de etiología bacteriana. En

México, son escasas las investigaciones sobre las enfermedades que afectan el cultivo de pitahaya; por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar e identificar el agente causal de la pudrición del tallo de pitahaya en Huitziltepec, Puebla, evaluar la patogenicidad del agente causal en diferentes especies de pitahaya y su sensibilidad *in vitro* a formulaciones de bactericidas comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de material vegetal. Durante el ciclo de producción de 2023, mediante un muestreo dirigido, se recolectaron 10 tallos de *S. undatus* de pulpa blanca con síntomas de pudrición en un huerto comercial de 2 ha, destinado a la exportación de fruto en la comunidad de Santa Ana, municipio de Huitziltepec, Puebla ($18^{\circ}44'59.6''\text{N}$ $97^{\circ}53'27.9''\text{O}$) (Figura 1). Las muestras de tallo con síntomas se mantuvieron en frío en una hielera y se analizaron en el Laboratorio de Bacterias Fitopatógenas del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo en Texcoco, Estado de México.

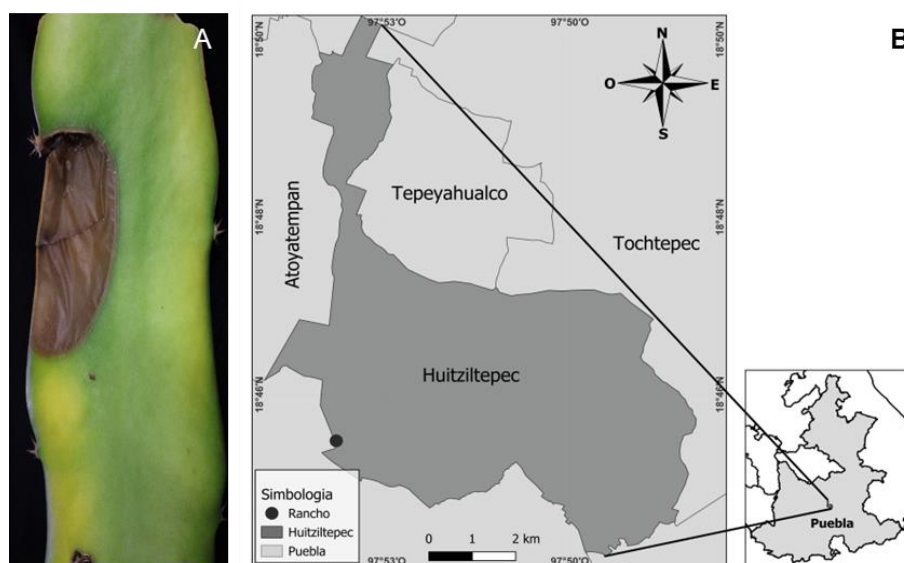


Figura 1. A) Síntoma de pudrición en tallo de pitahaya (*Selenicereus undatus*) en un huerto comercial en la comunidad de Santa Ana; B) Localización del huerto en el municipio de Huitziltepec, Puebla.

Aislamiento de bacterias. Los tallos con síntoma de pudrición se desinfestaron con etanol (70 %) por 1 minuto, seguido de tres lavados con agua destilada estéril; después, se separó la epidermis del tallo y se obtuvieron porciones de tejido de aproximadamente 3 mm entre el tejido sano y enfermo con síntomas de pudrición. Las porciones de tejido se maceraron en 500 μL de agua destilada estéril; de esta suspensión, se sembraron 100 μL con un asa Digralsky en placas Petri con medio de Wilbrink's (MgSO_4 0.25 g, K_2HPO_4 0.5 g, NaSO_3 0.05 g, sacarosa 10 g, peptona de carne 5 g, agar 18 g y 1 000 mL de agua destilada) (Koike, 1965) y B de King (K_2HPO_4 1.5 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1.5 g, proteasa de peptona 20 g, glicerol 15 mL agar 18 g y 1 000 mL de agua destilada) (Schaad *et al.*, 2001). Las placas se incubaron a 28°C durante 5 días. Las colonias bacterianas obtenidas se purificaron en medio Wilbrink's y se preservaron en cultivo criogénico (-80°C) en caldo nutritivo y glicerol (20 % V/V).

Caracterización fisiológica y bioquímica. La caracterización fisiológica y bioquímica se realizó con los protocolos descritos por Schaad *et al.* (2001) que incluyó: tinción de Gram, oxidasa, catalasa, oxidación y fermentación de glucosa, reducción de nitratos, hidrólisis de almidón y gelatina, producción de arginina hidrolasa, levana, indol, producción de gas a partir de glucosa y asimilación de fuentes de carbono, actividad pectinolítica en papa (*Solanum tuberosum*) e hipersensibilidad en tabaco (*Nicotiana tabacum* cv. *xanthi*) (Borkar, 2017). Asimismo, los aislados bacterianos se caracterizaron mediante API 20E (catálogo Biomerieux, Durhan, NC, U.S.A.) siguiendo las instrucciones del fabricante.

Identificación molecular multilocus y análisis filogenético. El ADN genómico se obtuvo a partir de cultivos puros incubados durante 48 h a 28 °C siguiendo el método CTAB 2 % (Doyle y Doyle 1990). La concentración y pureza del ADN se analizó con un espectrofotómetro NanoDrop™ 2000 (Thermo Fisher Scientific). Los aislados se sometieron a análisis de secuencia multilocus (MLSA) con los genes constitutivos 16S rRNA, *rpoB*, *gyrB*, *leuS* y *fusA* (De Armas *et al.*, 2022). La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó con 100 ng μL^{-1} de ADN utilizando los iniciadores y condiciones de PCR descritas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Iniciadores y condiciones de PCR utilizadas para la identificación multilocus de las bacterias aisladas del síntoma de pudrición de tallo de pitahaya.

Gen	Iniciador	Secuencia (5'-3')	Amplificación (pb)	Condiciones de la PCR	Referencia
16S rRNA (ARN ribosomal 16s)	8F	AGAGTTTGATCCTGGCTCAG	1 500	95 °C-30 s; (30 ciclos) 95 °C-2 min, 60 °C-1 min, 72 °C-2 min; 72 °C-5 min	Galkiewicz y Kellogg, 2008
	1492R	GGTTACCTTGTTACGACTT			
rpoB (ARN polimerasa subunidad β)	vic2	GAG TCT TCG AAG TTG TAA CC	498	95 °C-30 s; (30 ciclos) 95 °C-30 s, 50 °C- 1 min , 68 °C-1 min; 68 °C- 5 min	Delétoile <i>et al.</i> , 2009
	vic3	GGC GAA ATG GCW GAG AAC CA			
gyrB (ADN girasa subunidad β)	gyrB3	GCG TAA GCG CCC GGG TAT GTA	405	95 °C-30 s; (30 ciclos) 95 °C-30 s, 58 °C- 1min, 68 °C-1 min; 68 °C- 5 min	
	gyrB4	CCG TCG ACG TCC GCA TCG GTC AT			
leuS (Leucil ARNt sintetasa)	leuS3	CAG ACC GTG CTG GCC AAC GAR CAR GT	586	95 °C-30 s; (30 ciclos) 95 °C-30 s, 58 °C- 1 min, 68 °C-1 min; 68 °C- 5 min	Salerno <i>et al.</i> , 2007
	leuS4	CGG CGC GCC CCA RTA RCG CT			
fusA (Factor G de elongación (EF-G))	fusA3	CAT CGG TAT CAG TGC KCA CAT CGA	516	95 °C-30 s; (30 ciclos) 95 °C-30 s, 58 °C- 1 min, 68 °C-1 min; 68 °C- 5 min	
	fusA4	CAG CAT CGC CTG AAC RCC TTT GTT			

Para la PCR se utilizó GoTaq Flexi DNA Polymerase (Cat. M8295, PROMEGA) con 25 μL de mezclas de reacción que contenían 5 μL de Buffer 5X; 1.5 mM MgCl_2 ; 0.2 mM de dNTP; 10 μmol de cada iniciador; 1 U de Taq ADN polimerasa; 100 ng de ADN genómico. La amplificación se llevó a cabo en un termociclador Mastercycler™ Nexus gradient (Eppendorf™). Los productos de PCR se visualizaron en un gel de agarosa al 2 %, los cuales se purificaron y secuenciaron bidireccionalmente con los cinco pares de

iniciadores en la empresa Macrogen Inc. (Seúl, Corea del Sur). Las secuencias resultantes se analizaron y editaron con el programa BioEdit (v7.7.1) y la secuencia consenso se generó en el programa MEGA12. Las secuencias consenso fueron sometidas a un BLASTn y registradas en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Para el análisis filogenético, se incluyeron secuencias del GenBank del género *Pantoea* más las generadas en este estudio de los cuatro genes (*rpoB*, *gyrB*, *leuS* y *fusA*). Se realizó el alineamiento y recorte para cada gen. Los cuatro genes se concatenaron utilizando Mesquite 3.6.1. El análisis filogenético se realizó con el método Maximum-likelihood en IQ-tree 3 (Wong *et al.*, 2025). Se utilizó ModelFinder para la selección del modelo evolutivo (Kalyaanamoorthy *et al.*, 2017). *Tatumella punctata* se utilizó como grupo externo. El soporte nodal se estimó mediante ultrafast bootstrap (UFBoot) (1 000 réplicas) (Hoang *et al.*, 2018) y el árbol se visualizó y editó en iTOL (Letunic y Bork, 2024).

Pruebas de patogenicidad. Se utilizó la cepa CPHU23 identificada como *P. vagans* en este estudio. Las pruebas de patogenicidad se realizaron en tallos sanos de cinco especies de pitahaya: *Selenicereus ocamponis*, *S. purpusi*, *Selenicereus* sp. “Golden”, *Selenicereus* sp. “Solferina” y *S. undatus*, las cuales se cultivan extensivamente en el municipio de Huitziltepec. Inicialmente, los tallos se desinfectaron con alcohol (70 %), seguido de tres lavados con agua destilada estéril; después, se inocularon por inyección con una jeringa hipodérmica con 500 µL de una suspensión con 3×10^8 UFC mL⁻¹, de acuerdo con el estándar de turbidez de la escala de McFarland (Isenberg, 2004). Además de pitahaya, la patogenicidad de la cepa CPHU23 se evaluó en hojas de agave (*Agave cupreata* y *A. angustifolia*), sábila (*Aloe vera*), bulbo de cebolla (*Allium cepa*), frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capsicum annuum* 'Serrano'), bajo el mismo protocolo de inoculación descrito anteriormente. Para cada especie vegetal, la inoculación se realizó con tres repeticiones y se mantuvieron en cámara húmeda (humedad relativa >90 %) y temperatura constante de 28 °C durante 20 días. En el testigo se inyectó la misma cantidad de agua destilada estéril en lugar del inóculo bacteriano. La patogenicidad de la cepa CPHU23 se determinó por la maceración o necrosis en el área de tejido inoculado.

Sensibilidad *in vitro* a bactericidas. La sensibilidad *in vitro* a bactericidas se evaluó cualitativamente con la cepa CPHU23 por el método de difusión en disco (Sosa-Pérez *et al.*, 2025). Se evaluaron 10 formulaciones bactericidas comerciales a la dosis recomendada en etiqueta: Kasumin® (Kasugamicina 2.3 %); Sagol® (Oleato de cobre 22 %); Cobre Control® (Sulfato de cobre 30 %); Quatz® (Amonio cuaternario); Manto® 80 PH (Mancozeb [dietilditiocarbamato] 80 %); Oxicob® (Oxicloruro de cobre 85 %); Bordocop® (Sulfato cuprocálcico 42.4 %: mezcla de sulfato de cobre + hidróxido cálcico); Cobrezate® M (Oxicloruro de cobre 50 % + mancozeb 30 %); Final Bacter (Sulfato de Gentamicina 2 % + Clorhidrato de Oxitetraciclina 6 %); Intermicin 500® (Oxitetraciclina 0.235 % + estreptomycin 2.2 % + de sulfato tribásico de cobre 71.8 %). La sensibilidad *in vitro* a los bactericidas se determinó por la presencia de un halo de inhibición del crecimiento bacteriano alrededor del disco de papel filtro impregnado con 10 µL de la suspensión del bactericida. El ensayo se repitió tres veces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento de bacterias. De los 10 tallos de *S. undatus* con síntomas de pudrición se aislaron tres morfotipos bacterianos. El morfotipo CPHU23 fue el más frecuente con colonias amarillas, redondas, borde liso, aspecto mucoide en medio de cultivo Wilbrink's incubado a 28 °C por 72 h (Figura 2A). En medio B de King, la pigmentación amarilla de las colonias fue más intensa comparada con el medio Wilbrink's a la misma temperatura y periodo de incubación (Figuras 2B y 2C). Estas características fenotípicas son similares a las descritas para colonias bacterianas del género *Pantoea* (Brady *et al.*, 2009; Stice *et al.*, 2021).

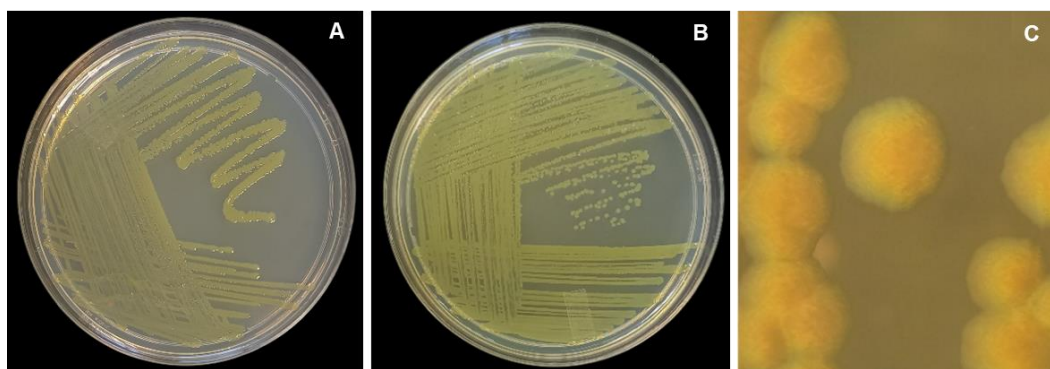


Figura 2. Morfología de las colonias bacterianas aisladas de tallo de *Selenicereus undatus* con síntomas de pudrición. Cepa CPHU23 en medio Wilbrink's (A) y B de King (B, C) incubado a 28 °C por 72 h.

Caracterización fisiológica y bioquímica. La cepa CPHU23 fue Gram negativa, oxidasa negativa, catalasa positiva y metabolismo fermentativo; estas son características que distinguen a la familia Enterobacteriaceae que incluye al género *Pantoea* (Walterson y Stavrinides, 2015). Asimismo, la cepa CPHU23 causó pudrición de rodajas de papa e hipersensibilidad en hojas de tabaco a las 72 h después de la infiltración.

Pantoea se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Diversas especies de este género se han aislado e identificado de plantas, suelo, agua, animales y humanos; en plantas, las especies de *Pantoea* pueden establecer una relación tanto epífita como patógena (Adeolu *et al.*, 2016; Brady *et al.*, 2008). En los últimos años, especies de *Pantoea* han destacado por causar enfermedades emergentes a nivel mundial en cultivos de importancia como arroz (*Oryza sativa*) (Duan *et al.*, 2025), fresa (*Fragaria* sp.) (Wang *et al.* 2025) en China, agave (*Agave angustifolia*) en México (Palemón-Alberto *et al.*, 2021) y cebolla (*Allium cepa*) en Taiwan (Chang *et al.*, 2018).

En esta investigación, la caracterización bioquímica de la cepa CPHU23 aislada de pitahaya mostró alta similitud del metabolismo (93 %) con ambos enfoques de caracterización utilizados. En la caracterización mediante API20, los resultados fueron comparados con el perfil metabólico descrito para la cepa tipo *P. vagans* LMG24199, aislada en Uganda de hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) con síntomas de tizón y muerte regresiva (Brady *et al.*, 2009) y, mediante los protocolos descritos por Schaad *et al.* (2001), con *P. vagans* MalMa-22, aislada en México de agave con síntomas de pudrición en hojas (Cuadro 2) (Rodríguez-Velázquez *et al.*, 2024).

Cuadro 2. Caracterización fisiológica y bioquímica, patogenicidad y sensibilidad *in vitro* a bactericidas de *P. vagans* CPHU23 aislada de la pudrición de tallo de *S. undatus*.

CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA					PATOGENICIDAD Cepa CPHU23 pitahaya			SENSIBILIDAD <i>in vitro</i> Cepa CPHU23 pitahaya		
Prueba	Cepa CPHU23 ^a Pitahaya		<i>P. vagans</i> R21566 ^b Eucalipto	<i>P. vagans</i> MalMa-22 ^c Agave	Especie	Órgano inoculado	Pudrición	Formulación bactericida	Ingrediente activo	Sensibilidad
	Prueba ¹	API 20E	Prueba ² API	Prueba ¹						
Gram	-	ND	-	-	Pitahaya <i>S. undatus</i>		+	Intermicin 500 [®]	0.235 % oxitetraciclina	+
Catalasa	+	ND	ND	ND	Pitahaya <i>S. purpusi</i>		+		2.2 % estreptomicina +	+
Oxidasa	-	ND	ND	-	Pitahaya <i>S. ocamponis</i>		+		71.8 % sulfato tribásico de cobre	
Levana	-	ND	ND	ND	Pitahaya <i>Selenicereus</i> “golden”	Tallo	+	Kasumin [®]	2.3 % kasugamicina	-
Fosfatasa	+	ND	ND	ND	Pitahaya <i>Selenicereus</i> “solferina”		+	Finalbacter [®]	2 % Sulfato de gentamicina + 6 %	+
β-Galactosidasa	ND	-	+	ND	Agave (<i>Agave</i> <i>angustifolia</i>)		+		Clorhidrato de oxitetraciclina	
Arginina dihidrolasa	+	+	ND	ND	Agave (<i>A. cupreata</i>)	Hoja	+	Bordocop [®]	42.4 % mezcla de sulfato de cobre +	-
Lisina descarboxilasa	ND	-	ND	-	Sábila (<i>Aloe vera</i>)		+		hidróxido cálcico	
Ornitina descarboxilasa	ND	-	ND	-	Chile (<i>Capsicum</i> <i>annuum</i> 'Serrano')	Fruto	-	Cobre control [®]	30 % sulfato de cobre	-
Utilización de citrato	ND	-	ND	ND	Jitomate (<i>Solanum</i> <i>lycopersicum</i>)		-	Cobrezate [®] M	50 % oxicleoruro de cobre + 36 %	+
Producción de H ₂ S	+	-	-	-	Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	Bulbo	-		mancozeb	
Hidrólisis de urea	-	-	-	-				Manto [®] 80 ph	80 % mancozeb	-
Producción de indol	-	-	-	-				Oxicob [®]	85 % oxicleoruro de cobre	-

Continuación Cuadro 2.

Hidrólisis de gelatina	+	+	+	ND	Sagol®	22 % oleato de cobre	-
Fermentación de glucosa (O/F)	+	+	+	-	Quatz®	Amonio cuaternario	+
Producción de Gas	-	ND	ND	ND			
Reducción de nitratos	+	ND	ND	ND			
Hidrólisis de almidón	-	ND	ND	ND			
Hidrólisis de esculina	-	ND	-	ND			
Manitol	+	+	+	ND			
Inositol	+	+	+	ND			
Sorbitol	-	-	-	ND			
Ramnosa	ND	+	+	+			
Sacarosa	+	+	+	+			
Melibiosa	+	+	ND	ND			
Amigdalina	ND	-	-	ND			
Arabinosa	+	+	+	+			
Dextrosa	+	ND	ND	+			
D-ribosa	ND	ND	+	+			
L-tartrato	+	ND	-	ND			
Adonitol	-	ND	-	ND			
Maltosa	ND	ND	-	+			
D-xilosa	+	ND	+	+			
D-fructosa	+	ND	ND	+			
D-manosa	+	ND	ND	+			
D-galactosa	+	ND	ND	+			
Trehalosa	ND	ND	ND	+			
D-manitol	+	ND	+	+			

¹ Caracterización fisiológica y bioquímica (Schaad *et al.*, 2001).

² Caracterización fisiológica y bioquímica con API 20E, API 50CHB/E, Biotype-100 (bioMérieux) y placas Biolog GN (Brady *et al.*, 2009).

^a Cepa CPHU23 aislada de la pudrición de tallo en pitahaya (*S. undatus*) en Puebla, México

^b Cepa tipo *P. vagans* R-21566 ^T aislada de necrosis foliar en eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en Uganda (Brady *et al.*, 2009).

^c Cepa *P. vagans* MalMa-22 aislada de pudrición de hoja en agave (*A. angustifolia*) en México (Rodríguez-Velázquez *et al.*, 2024).

ND= No determinado.

Identificación molecular multilocus y análisis filogenético. El análisis de la secuencia 16S rRNA (Número de acceso: PX596407) identificó a la cepa CPHU23 aislada de *S. undatus* como *Pantoea* sp. sin ser resolutivo a nivel especie. No obstante, se identificó como *Pantoea vagans* basado en el árbol filogenético concatenado de las secuencias de los cuatro genes analizados: *rpoB* (PX641593), *gyrB* (PX641591), *leuS* (PX641592) y *fusA* (PX641590) y secuencias derivadas de diferentes cepas de referencia del género *Pantoea*, inferidas por Máxima verosimilitud. El análisis multilocus agrupó al aislamiento CPHU23 dentro del clado *Pantoea vagans* junto a las cepas tipo de referencia LMG 24199, YI-1 y MA I6050 con soporte de bootstrap superiores al 85 %, lo cual indica una alta robustez en la inferencia filogenética (Figura 3) (Hoang *et al.*, 2018).

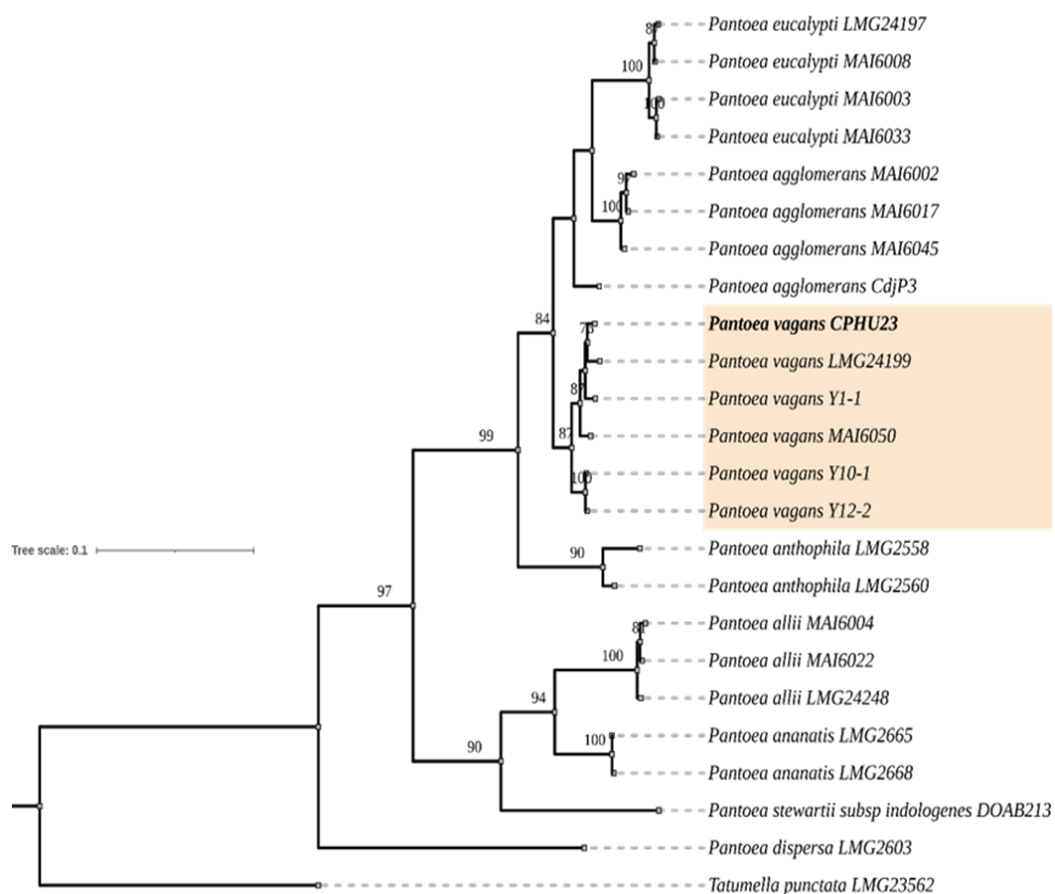


Figura 3. Figura 3. Árbol filogenético de Máxima verosimilitud basado en el modelo TIM2+I+G4, derivado de la concatenación de cuatro genes constitutivos (*fusA*, *gyrB*, *rpoB* y *leuS*) de cepas del género *Pantoea*. Valores de ultrafast bootstrap >70% (generados a partir de 1000 réplicas). Se utilizó *Tatumella punctata* LMG23562 como grupo externo. La cepa CPHU23 aislada de *S. undatus* en este estudio se encuentra en negrita.

En esta investigación, la cepa *P. vagans* CPHU23 aislada de *S. undatus* fue filogenéticamente relacionada con las cepas *P. vagans* LMG 24199 aislada en Uganda de hojas de eucalipto con síntomas de tizón y muerte regresiva (Brady *et al.*, 2009), *P. vagans* YI-1 aislada en China de hojas de mango con síntoma de necrosis (Chen *et al.*, 2023) y *P. vagans* MA I6050 aislada en Uruguay de hojas con síntomas de tizón y pudrición de bulbo de cebolla (De Armas *et al.*, 2022). Lo anterior sugiere que comparten un origen evolutivo y posibles factores de virulencia como fitopatógeno. La diferenciación precisa entre

especies de *Pantoea* se considera difícil basado en la caracterización fisiológica y bioquímica y secuenciación parcial, única, del gen 16S rRNA; se estima que en el pasado las especies de *Pantoea* con frecuencia fueron erróneamente identificadas basados en este enfoque. Por lo anterior, se consigna que para este propósito el análisis multilocus se ha evidenciado como un método eficiente para definir con precisión las especies de *Pantoea* tanto patógenas como no patógenas (Chang *et al.*, 2018; Yao *et al.*, 2023;) e inferir su relación filogenética y evolutiva (Anwer *et al.*, 2025). Los resultados de esta investigación identificaron a *P. vagans* CPHU23 aislada de *S. undatus* con la concatenación de cuatro genes constitutivos *fusA*, *gyrB*, *rpoB* y *leuS* y confirman los resultados del alto porcentaje de similitud del perfil metabólico (93 %) de *P. vagans* CPHU23 con la cepa de referencia LMG 24199 y MalMa-22 de *P. vagans* aisladas de eucalipto y agave respectivamente (Cuadro 1). Las secuencias de nucleótidos del análisis filogenético multilocus de la cepa *P. vagans* CPHU23 se registraron en el GenBank del NCBI con los números de acceso: *rpoB* (PX641593) *gyrB* (PX641591), *leuS* (PX641592) y *fusA* (PX641590).

Pruebas de patogenicidad. La inoculación por infiltración de la cepa *P. vagans* CPHU23 causó pudrición en las cinco especies de pitahaya (Figura 4), en agave y sábila (Figura 5) a los 14 días después de la inoculación. De estos síntomas se re-aislaron colonias bacterianas con la misma morfología de la cepa *P. vagans* CPHU23 inoculada. No se observaron síntomas en los testigos sin inóculo.

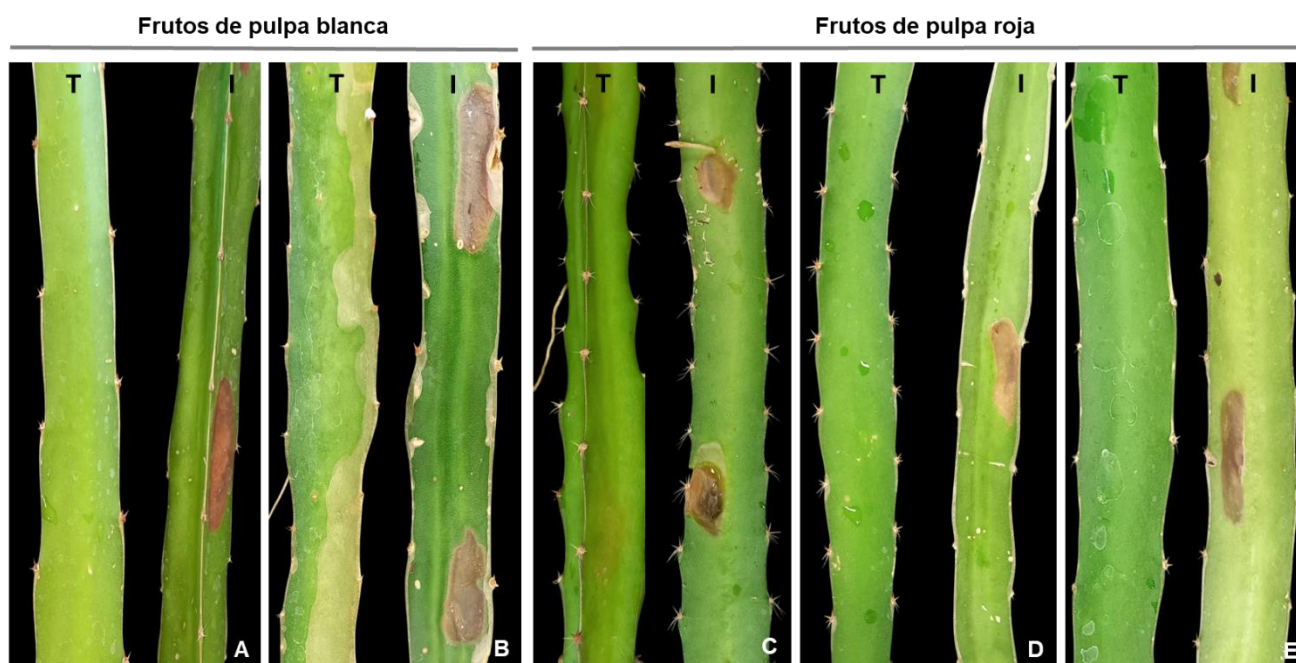


Figura 4. Pudrición en tallos de pitahaya inoculados por infiltración de una suspensión con 3×10^8 UFC mL⁻¹ de *Pantoea vagans* CPHU23. A) *Selenicereus undatus*, B) *Selenicereus* sp. “Golden”, C) *Selenicereus purpusi*, D) *Selenicereus ocamponis* y E) *Selenicereus* “Solferina”. T= testigo, I= inoculado.

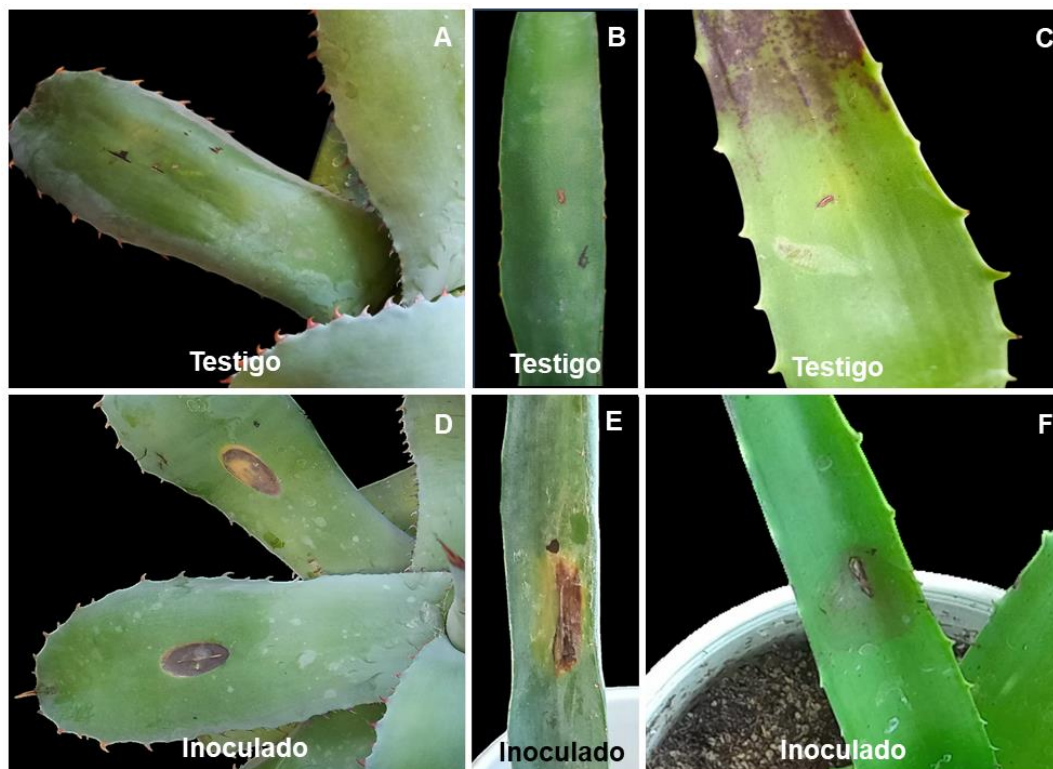


Figura 5. Pudrición de hojas en **D)** Sábila (*Aloe vera*), **E)** Agave (*Agave angustifolia*) y **F)** Agave (*Agave cupreata*), inoculados por infiltración de una suspensión con 3×10^8 UFC mL⁻¹ de *Pantoea vagans* CPHU23. **A, B y C**= testigos.

En pitahaya, los síntomas fueron iguales a los observados en tallos de *S. undatus* en Huitziltepec, Puebla. Entre las cinco especies inoculadas, se observó mayor severidad (mayor extensión de tejido dañado) del tallo en *Selenicereus undatus* y *Selenicereus* “Golden” (Figura 4A y 4B), las cuales producen frutos de pulpa blanca; lo anterior es coincidente con el aislamiento de origen de *P. vagans* CPHU23 de *S. undatus*. Asimismo, la inoculación de *P. vagans* CPHU23 causó pudrición en hojas de *Agave angustifolia*, *Agave cupreata* y *Aloe vera* (sábila) (Figura 5), pero no en bulbos de cebolla y frutos de jitomate y chile (Cuadro 2). Por lo anterior, *P. vagans* podría ser un potencial problema fitosanitario en agave y sábila, dado que estos son especies cultivadas en Huitziltepec, Puebla. En México, se ha evidenciado a *P. vagans* como agente causal de pudrición de *Agave angustifolia* (Rodríguez-Velázquez *et al.*, 2024); no obstante, hasta donde sabemos, no existe ningún reporte de *P. vagans* causando pudrición en *A. cupreata* y *A. vera*.

Las poblaciones de *P. vagans* se consideran con alta plasticidad ecológica, ya que pueden establecer una interacción con plantas como endófitas, epífitas e incluso algunas cepas se han evidenciado como agentes de biocontrol (Walterson y Stavrínides, 2015). *P. vagans* se identificó por primera vez como fitopatógeno en Uganda causando tizón y muerte del eucalipto (Brady *et al.*, 2008). No obstante, recientemente ha sido identificado con mayor frecuencia como fitopatógeno y su incidencia se está incrementado a nivel global. En los últimos cuatro años, *P. vagans* se ha identificado como agente causal de pudrición en col (*Brassica* sp.) en Korea (Lee *et al.*, 2022), necrosis foliar y pudrición de bulbo de cebolla en Uruguay (De Armas *et al.*, 2022), necrosis foliar en mango (*Mangifera indica*) en China (Chen *et al.*, 2023), y necrosis foliar y de tallo en algodón (*Gossypium* sp.) en Pakistán (Anwer *et al.*, 2025). En México, *P. vagans* se ha identificado como agente

causal de pudrición en *Agave angustifolia* (Rodríguez-Velázquez *et al.*, 2024), lo cual coincide con los resultados de esta investigación.

El conocimiento sobre los factores de virulencia utilizados por *P. vagans* durante la infección con plantas hospedantes es escaso. En un estudio genómico comparativo se identificó una familia de plásmidos LPP-1 (Large Pantoea Plasmid) distribuidos en siete especies de *Pantoea*, entre ellas *P. vagans*, vinculados al metabolismo, colonización y patogénesis (Walterson y Stavrinides, 2015). Asimismo, en poblaciones de *P. vagans* se destacan los genes del sistema de secreción tipo III (SST3) y VI (SST6) con un importante papel en la infección y patogenicidad (Lv *et al.*, 2022; Yao *et al.*, 2023). En esta investigación, *P. vagans* CPHU23 aislada de pitahaya (*S. undatus*) causó reacción de hipersensibilidad en tabaco, el cual está estrechamente relacionada con el cluster de genes de hipersensibilidad y patogenicidad y el SST3 en bacterias fitopatógenas Gram negativas (Chang *et al.*, 2014).

En esta investigación, la sensibilidad *in vitro* de *P. vagans* CPHU23 aislado de pitahaya a bactericidas, notablemente mostró resistencia *in vitro* a la mayoría de los bactericidas evaluados; no obstante, fue sensible a Intermicin® 500 (oxitetraciclina + estreptomicina + sulfato tribásico de cobre), Finalbacter® (sulfato de gentamicina + clorhidrato de oxitetraciclina), Cobrezate® M (oxicloruro de cobre + mancozeb) y Quatz® (amonio cuaternario) y resistente a kasugamicina (Cuadro 2). La eficiencia de análogos de tetraciclinas para el control de *Pantoea agglomerans* se ha evidenciado en frutales (Zhou *et al.*, 2025); sin embargo, hasta donde sabemos, no se reportan estrategias químicas bactericidas a nivel global para el control de *P. vagans*; por lo anterior, esta investigación evidencia la sensibilidad *in vitro* de *P. vagans* CPHU23 a formulaciones de cobre y antibióticos para el desarrollo de futuras estrategias de manejo en el cultivo de pitahaya. La utilización de cobre ha sido ampliamente documentada como una estrategia de manejo eficiente para el control de enterobacterias; se consigna que la mezcla con mancozeb mejora la solubilidad del cobre y control bacteriano (Charkowski, 2018). *P. vagans* CPHU23 fue sensible a Quatz® (Cuadro 2), las sales de amonio cuaternario son potentes bioicidas poco estudiados en la agricultura como pesticidas; no obstante, se ha recomendado como desinfectante de superficies de invernaderos (Peyneau *et al.*, 2022); lo que sugiere su evaluación en la desinfección de herramientas de poda y cosecha en el cultivo de pitahaya.

El número de reportes de *P. vagans* como agente causal de enfermedades en cultivos se incrementó en los últimos años; por lo tanto, se justifica el desarrollo de futuras investigaciones sobre la epidemiología y mecanismos de infección de *P. vagans* en el cultivo de pitahaya en México y otros hospedantes potenciales, y la evaluación de estrategias de manejo eficientes para reducir el impacto en la producción de este fruto. Esta investigación representa el primer reporte de *P. vagans* como agente causal de pudrición de tallo en pitahaya.

CONCLUSIONES

Se confirmó por caracterización fisiológica, bioquímica, análisis multilocus de secuencias y pruebas de patogenicidad que *Pantoea vagans* es el agente causal de la pudrición de tallo en pitahaya en Puebla. Las especies de pitahaya cultivadas en el municipio de Huitziltepec son susceptibles; entre estas, las especies de pitahaya de fruto de pulpa roja son menos susceptibles a la pudrición de tallo causada por *P. vagans*. Asimismo,

Agave cupreata y *Aloe vera* son susceptibles a la pudrición causada por *P. vagans*, por lo que podrían ser hospedantes potenciales de este patógeno. *P. vagans* es resistente a kasugamicina, pero sensible a cobres y otros antibióticos. Es necesario evaluar en condiciones de campo la efectividad biológica del Oxiclورو de cobre + Mancozeb, la utilización de esta formulación combinada puede ser una estrategia de manejo eficiente de *P. vagans* en el cultivo de pitahaya en México.

Conflicto de interés. Los autores declaramos que no existe conflicto de interés relacionado con esta investigación.

Agradecimientos. Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al Postgrado Fitosanidad-Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, por el financiamiento de esta investigación. C. Ortega-Acosta agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca posdoctoral (CV: 738615).

Contribución de los autores. **Edith Luna-Martínez:** Llevó a cabo la investigación, condujo los experimentos de inoculación y evaluación. **Sergio Aranda-Ocampo:** Concepción, diseño y conducción de la investigación, redacción, revisión y edición del artículo original. **Candelario Ortega-Acosta.** Análisis filogenético, diseño de figuras. **Eligio Pérez-Sosa.** Muestreo en campo, diseño de figuras. **Manuel Livera-Muñoz.** Investigación, proporcionó las variedades de pitahaya para las pruebas de patogenicidad. **Dimas Mejía-Sánchez, Laura Delia Ortega-Arenas, Antonio Mora-Aguilera, Daniel Teliz-Ortiz:** Investigación, metodología. Todos los autores contribuyeron en la revisión y edición del manuscrito final.

REFERENCIAS

- Adeolu M, Alnajjar S, Naushad S and Gupta R. 2016. Genome-based phylogeny and taxonomy of the 'Enterobacteriales': proposal for Enterobacterales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov., and Budviciaceae fam. nov. International journal of systematic and evolutionary microbiology 66: 5575–5599. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.00148>
- Anderson EF. 2001. The Cactus Family. Timber Press, Portland Oregon. 776 p.
- Anwer M, Azam MW, Shakeel MT, Moosa A, Zhao H, et al. 2025. Salicylic acid-induced defense responses against a newly identified cotton pathogen, *Pantoea vagans*. Physiological and Molecular Plant Pathology, 138, 102723. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102723>
- Balendres MA and Bengoa JC. 2019. Diseases of dragon fruit (*Hylocereus species*): Etiology and current management options. Crop protection 126: 104920. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104920>.
- Borkar SG. 2017. Laboratory techniques in plant bacteriology. CRC Press. 343 p.
- Brady C, Cleenwerck I, Venter S, Vancanneyt M, Swings J, et al. 2008. Phylogeny and identification of *Pantoea* species associated with plants, humans and the natural environment based on multilocus sequence analysis (MLSA). Systematic and applied microbiology 31: 447-460. <https://doi.org/10.1099/ijms.0.009241-0>
- Brady CL, Venter SN, Cleenwerck I, Engelbeen K, Vancanneyt M, et al. 2009. *Pantoea vagans* sp. nov., *Pantoea eucalypti* sp. nov., *Pantoea deleyi* sp. nov. and *Pantoea anthophila* sp. nov. International journal of systematic and evolutionary microbiology 59: 2339-2345. <https://doi.org/10.1099/ijms.0.009241-0>
- Bravo-Hollis H. 1978. Las Cactáceas de México, Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 755 p.
- Britton NL, and Rose JN. 1963. The Cactaceae: descriptions and illustrations of plants of the cactus family (Vol. 3). Courier Corporation. 314p.
- Chang CP, Sung IH, and Huang CJ. 2018. *Pantoea dispersa* causing bulb decay of onion in Taiwan. Australasian Plant Pathology 47: 609-613. <https://doi.org/10.1007/s13313-018-0596-2>

- Chang JH, Desveaux D, and Creason AL. 2014. The ABCs and 123s of bacterial secretion systems in plant pathogenesis. Annual review of phytopathology 52: 317-345. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-011014-015624>
- Charkowski AO. 2018. The changing face of bacterial soft-rot diseases. Annual review of phytopathology 56: 269-288. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045906>
- Chen X, Sun Q, Tang L, Guo T, Huang S, *et al.* 2023. First report of bacterial necrosis caused by *Pantoea vagans* in mango in China. Plant Disease 107: 1935. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-22-1950-PDN>
- De Armas S, Galván GA, Lapaz MI, González-Barrios P, Vicente E, *et al.* 2022. Phylogeny and identification of *Pantoea* species associated with bulb rot and bacterial leaf blight of onion crops in Uruguay. Plant Disease 106: 1216-1225. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-21-1140-RE>
- Delétoile A, Decré D, Courant S, Passet V, Audo J, *et al.* 2009. Phylogeny and identification of *Pantoea* species and typing of *Pantoea agglomerans* strains by multilocus gene sequencing. Journal of Clinical Microbiology 47: 300-310. <https://doi.org/10.1128/JCM.01916-08>
- Doyle JJ, and Doyle JL. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12: 13-15.
- Duan G, Liu X, Zhang S, Chai M, Peng Z, *et al.* 2025. An emerging bacterial leaf disease in rice caused by *Pantoea ananatis* and *Pantoea eucalypti* in Northeast China. Microorganisms 13: 1376. <https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.2.55>
- Galkiewicz JP, and Kellogg CA. 2008. Cross-kingdom amplification using bacteria-specific primers: complications for studies of coral microbial ecology. Applied and environmental microbiology 74: 7828-7831. <https://doi.org/10.1128/AEM.01303-08>
- Hoang DT, Chernomor O, Von Haeseler A, Minh BQ, and Vinh LS. 2018. UFBoot2: improving the ultrafast bootstrap approximation. Molecular biology and evolution 35: 518-522. <https://doi.org/10.1093/molbev/msx281>
- Isenberg HD. 2004. McFarland Standards. Clinical microbiology procedures handbook, vol 2, 2nd edn. ASM Press, Washington, DC, pp 5.14.11-5.14.14
- Kalyaanamoorthy S, Minh BQ, Wong TKF, von Haeseler A. and Jermini LS. 2017. ModelFinder: Fast model selection for accurate phylogenetic estimates. Nature Methods 14:587-589. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4285>.
- Koike H. 1965. The aluminum-cap method for testing sugarcane varieties against leaf scald disease. Phytopathology 55: 317-319. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-aluminum-cap-method-for-testing-sugarcane-leaf-Koike/f8569858502ad5f3dca055e8bc7eb50c4cda428a>
- Lee KW, Kim GS, Kim JA, Kwon DY, Lee JJ, *et al.* 2022. Isolation, characterization, and control of *Pseudomonas kribbensis* and *Pantoea vagans* that cause soft-rot disease isolated from Chinese cabbages. Journal of Food Hygiene and Safety 37: 55-62. <https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.2.55>
- Letunic I, and Bork P. 2024. Interactive Tree of Life (iTOL) v5: An online Tool for Phylogenetic Tree Display and Annotation. Nucleic Acids Research 52: W78-W82. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab301>
- Lu J, You Z, Zhang Y, Wang F, Wang L, *et al.* 2025. Structural characterization and *in vitro* fermentation properties of polysaccharides from Dragon fruit (*Hylocereus undatus*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 73: 5981-5995. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jafc.4c11795>
- Lv C, Li Y, Wei Y, Wang J, Yu H, *et al.* 2022. Research progress on small molecular inhibitors of the Type 3 secretion system. Molecules 27: 8348. 10.3390/molecules27238348
- Masyahit M, Sijam K, Awang Y, and Ghazali M. 2009. First report on bacterial soft rot disease on dragon fruit (*Hylocereus* spp.) caused by *Enterobacter cloacae* in peninsular Malaysia. International Journal of Agriculture and Biology 11: 659-666. 10.21704/pja.v3i3.1367
- Montalvo JEO, Prieto AC, and Rivera EDJR. 2023. La pitahaya (*Hylocereus* spp.) como alimento funcional: fuente de nutrientes y fitoquímicos. Milenaria. Ciencia y arte 21: 5-8. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi21.342>
- Niechayev NA, Pereira PN, and Cushman JC. 2019. Understanding trait diversity associated with crassulacean acid metabolism (CAM). Current Opinion in Plant Biology 49: 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.06.004>
- Palemón-Alberto F, Ortega-Acosta SÁ, Domínguez-Monge S, Castañeda-Vildozola Á, Reyes-García G, *et al.* 2021. First report of bud soft rot on *Agave angustifolia* caused by *Pantoea dispersa* in México. Plant Disease 105: 3286. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-21-0316-PDN>
- Peyneau M, de Chaisemartin L, Gigant N, Chollet-Martin S, and Kerdine-Römer S. 2022. Quaternary ammonium compounds in hypersensitivity reactions. Frontiers in Toxicology 4: 973680. <https://doi.org/10.3389/ftox.2022.973680>
- Retana-Sánchez K, Castro-Zúñiga O, Blanco-Meneses M, and Quesada-González A. 2019. Etiología de las pudriciones en el tallo de *Hylocereus costaricensis*, provocadas por *Enterobacter hormaechei*, en Costa Rica. Agronomía Costarricense 43: 61-73. <https://doi.org/10.15517/rac.v43i2.37949>

- Rodríguez-Velázquez ND, Pérez-Pérez GO, Vergara-Arellano G, Estrada-de los Santos P, Mendoza-Figueroa JS, *et al.* 2024. *Pantoea vagans* causing soft rot disease in *Agave angustifolia*, in Mexico. Journal of Phytopathology 172 (1): JPHY-23-250.R2. <https://doi.org/10.1111/jph.13280>
- Salerno A, Delétoile A, Lefevre M, Ciznar I, Krovacek K, *et al.* 2007. Recombining population structure of *Plesiomonas shigelloides* (Enterobacteriaceae) revealed by multilocus sequence typing. Journal of bacteriology 189: 7808-7818. 10.1128/JB.00796-07
- Schaad NW, Jones JB, and Chun W. 2001. Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria (No. Ed. 3). American Phytopathological Society (APS Press).
- SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sosa-Pérez E, Luna-Martínez E, Ortega-Acosta C, Rivera-Sosa M. and Aranda-Ocampo S. 2025. *Pectobacterium brasiliense*, causal agent of rhizome rot in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Agro Productividad. <https://doi.org/10.32854/d8vs3838>
- Soto J, Cadenas C, Mattos L, and Trigoso C. 2019. First report of *Enterobacter cloacae* as a causative agent of soft rot disease in dragon fruit (*Hylocereus undatus*) stems in Peru. Peruvian Journal of Agronomy 3: 144-152. <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/jpagronomy/index>
- Stice SP, Shin GY, De Armas S, Koirala S, Galván GA, *et al.* 2021. The distribution of onion virulence gene clusters among *Pantoea* spp. Frontiers in plant science 12: 643787. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.643787>
- Walterson AM, and Stavrinides J. 2015. *Pantoea*: insights into a highly versatile and diverse genus within the Enterobacteriaceae. FEMS microbiology reviews 39: 968-984. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuv027>
- Wang P, Zhang J, Dong L, Fu Y, Guo Q, *et al.* 2025. First report of *Pantoea dispersa* causing strawberry root rot in China. Plant Disease 109: 1372. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-24-2486-PDN>
- Wong TKF, Nhan IT, Huaiyan R, Hector B, Andrew JR, *et al.* 2025. IQ-TREE 3: Phylogenomic inference software using complex evolutionary models. Submitted. <https://ecoevorxiv.org/repository/view/8916/>
- Yao B, Huang R, Zhang Z, and Shi S. 2023. Diverse virulence attributes of *Pantoea alfalfae* sp. nov. CQ10 responsible for bacterial leaf blight in alfalfa revealed by genomic analysis. International Journal of Molecular Sciences 24: 8138. <https://doi.org/10.3390/ijms24098138>
- Zhang RY, Zhao SX, Tan ZQ, and Zhu CH. 2017. First report of bacterial stem rot disease caused by *Paenibacillus polymyxa* on *Hylocereus undulatus* in China. Plant Disease 101: 1031-1031. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-16-1577-PDN>
- Zhou H, Guo K, Yang J, Umai G., Yin XMY, *et al.* 2025. Antibacterial mechanism of tetracycline against *Pantoea agglomerans*, the causal agent of plum bacterial shot-hole disease. European Journal of Plant Pathology p 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10658-025-03133-x>