

# Bacterias presentes en el tracto digestivo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera, Dryophthoridae) inducen signos de pudrición en tejido de *Agave cupreata* Trel, & A. Berger (Asparagales, Asparagaceae)

Bacteria present in the digestive tract of *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera, Dryophthoridae) induce signs of rot in the tissue of *Agave cupreata* Trel, & A. Berger (Asparagales, Asparagaceae)

Laura Edith Gutiérrez-García<sup>1</sup> , Diana Iveth Orbe-Díaz<sup>1</sup> , Yanet Romero-Ramírez<sup>1</sup> , Agustín Ramírez-Franco<sup>2</sup> , Ángela Forero-Forero<sup>3</sup> , Jeiry Toribio-Jiménez<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria, 39070, Chilpancingo, Guerrero, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Investigación en Análisis Microbiológicos, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n, Delegación Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

\* Autor de correspondencia: jeiryjimenez2014@gmail.com

## Fecha de recepción:

14 de mayo de 2024

## Fecha de aceptación:

6 de julio de 2024

## Disponible en línea:

27 de marzo de 2025

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



## Reconocimiento-

NoComercial-

CompartirIgual 4.0

Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)

## RESUMEN

*Agave cupreata* Trel, & A. Berger (Asparagales, Asparagaceae) es una especie impactada por la pudrición blanda causada por *Scyphophorus acupunctatus* (picudo del agave) descrito como vector de la enfermedad. Sin embargo, se desconoce la diversidad bacteriana cultivable residente en su tracto digestivo y fuente de infección. Con el propósito de conocer la fauna bacteriana del tracto digestivo de este insecto, se colectaron picudos en tres comunidades de Guerrero, México; y se cultivaron sus tractos digestivos. Se seleccionaron 20 cepas en las que se evaluó su metabolismo microbiano, perfil de resistencia a antibióticos, y capacidad de causar pudrición en trozos de penca y tallo de agave papalote en condiciones estériles. Después de 21 días se encontró pudrición en tallo y se re-aisló en dos de ellas la misma cepa inoculada confirmando la especie. Las cepas causantes de signos se identificaron como *Pseudomonas putida* M2 y M2A, *Aeromonas salmonicida* M17 y M17A, *Kluyvera cryocrescens* M15 y *S. marcescens* M15A respectivamente, resistentes a cefalotina y multisensible a los demás grupos de antibióticos analizados. El conocimiento de microorganismos causantes de pudrición en agave y cuyo vector es el picudo del agave, contribuirá a aplicar medidas de control contra vectores y bacterias causantes de la pudrición blanda en *A. cupreata*.

## PALABRAS CLAVE

*Scyphophorus acupunctatus*, pudrición blanda, *Agave cupreata*

## ABSTRACT

*Agave cupreata* Trel, & A. Berger (Asparagales, Asparagaceae) is a species affected by soft rot caused by *Scyphophorus acupunctatus* (agave weevil) described as a vector of the disease. However, the cultivable bacterial diversity resident in its digestive tract and source of infection is unknown. In order to know the bacterial fauna of the digestive tract of this insect, weevils were collected in three communities in Guerrero, Mexico; and their digestive tracts were cultured. 20 strains were selected in which their microbial metabolism, antibiotic resistance profile, and ability to cause rot in pieces of agave papalote leaf and stem under sterile conditions were evaluated. After 21 days, rot was found in the stem and the same inoculated strain was re-isolated in two of them, confirming the species. The strains causing the symptoms were identified as *Pseudomonas putida* M2 and M2A, *Aeromonas salmonicida* M17 and M17A, *K. cryocrescens* M15 and *S. marcescens*

M15A respectivamente, resistente a cefalotina y multisensible a los otros grupos de antibióticos analizados. El conocimiento de los microorganismos que causan la pudrición blanda en agave y cuyo vector es el agave weevil, contribuirá a aplicar medidas de control contra los vectores y bacterias que causan la pudrición blanda en *A. cupreata*.

#### KEY WORDS

*Scyphophorus acupunctatus*, pudrición blanda, *Agave cupreata*

## INTRODUCCIÓN

Existen más de 200 especies de agave descritas y más de la mitad son endémicas de México distribuidas en diversos ecosistemas, principalmente zonas áridas y semiáridas (Figueredo-Urbina et al. 2021). El agave es considerado un recurso potencial para el desarrollo económico y social, basado en las estrategias de valorización en la bioeconomía, al producir bebidas fermentadas (pulque) y destiladas (tequila, mezcal y charanda), funcionar como alimento para ganado, como materia para elaborar jarabes, en la cocción de alimentos, elaboración de cuerdas y textiles, entre muchos otros beneficios para la humanidad (Blas-Yañez y Thomé-Ortíz, 2021; Torres-García et al., 2019).

El agave papalote, *Agave cupreata* Trel. & A. Berger (Asparagales, Asparagaceae), es endémico en gran parte del estado de Guerrero, México. Se caracteriza por tener espinas de color cobre, hojas anchas verde claro, muy dentadas y con impresiones de espinas muy marcadas en los bordes; se usa especialmente para la producción de mezcal, y sus residuos se emplean para la producción de biocombustibles, composta, construcción de ecoviviendas y otros. Se reproduce exclusivamente por semillas a diferencia de otras especies, y su mezcal es distintivamente exquisito; la cosecha para su biotransformación varía desde los 8 a 15 años (Avendaño-Arrazate et al., 2015; Olvera-Vargas et al., 2022).

Muchas de las plantaciones empleadas para la producción de mezcal en Guerrero, son en su mayoría, silvestres; y hace unos cinco años se ha observado que algunas plantaciones son cosechadas antes de que florezcan y generen semillas para continuar la especie, esto en algunos años puede comprometer la producción de mezcal y los ecosistemas. Asimismo, *A. cupreata* se

ha visto afectado por enfermedades y plagas, especialmente por la presencia del cerambícido, *Acanthoderes funeraria* (Bates) (Sánchez-Jiménez et al., 2019) y del picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Orbe-Díaz et al., 2020). Estos son coleópteros de gran importancia económica y fitosanitaria por su capacidad de causar lesiones en la planta, dando acceso a fitopatógenos que ocasionan enfermedades, en las que se destaca la pudrición blanda (Olivares-Orozco et al., 2017; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2013; Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2016). Asimismo, son vectores de bacterias fitopatógenas causantes de la pudrición blanda como *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*), que causa la pudrición total de la planta (Sampietro et al., 2020), y otras bacterias como *Pantoea* sp. (Jiménez-Hidalgo et al., 2004) y *Pseudomonas* sp.

*Pseudomonas syringae* es uno de los fitopatógenos más comunes que infesta a través de heridas o aberturas naturales como las estomas (Xin et al., 2018); *Dickeya* sp. también es un patógeno del marchitamiento vascular al colonizar el xilema de la planta (Franco et al., 2007). La enfermedad de la pudrición blanda es un síndrome que se presenta comúnmente en plantas de regiones subtropicales y templadas. Los síntomas que presenta el agave infestado se manifiestan como lesiones necróticas acuosas en la punta de las pencas que avanzan hasta llegar al centro y base del cogollo, donde se manifiesta la pudrición blanda; esta posteriormente se dispersa al tallo, donde daña el tejido y provoca la muerte de la planta (Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, 2017; García-Martínez et al., 2022).

Sin embargo, existen pocos estudios que generen información sobre la frecuencia de otras bacterias fito-

patógenas presentes en el tracto digestivo del picudo del agave que estén relacionadas con la pudrición blanda de las pencas y tallo de agave, que sean consideradas oportunistas y con resistencia a los antibióticos como una estrategia de control dado que el insecto puede ser vehículo de estas bacterias. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es conocer la frecuencia de bacterias cultivables del tracto digestivo de picudo, su resistencia a antibióticos y su capacidad de generar pudrición en penca o tallo de *A. cupreata*, con la finalidad de generar estrategias de control de las bacterias fitopatógenas del agave.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Obtención de muestras biológicas

Los picudos del agave fueron recolectados durante el período mayo a julio de 2023, en tres comunidades mezcaleras de la región centro del estado de Guerrero, México: Coaxtlahuacán (17°23'2" N, 99°20'53" O, 1,700 msnm), El Calvario (17°46'30" N, 99°50'80" O, 2,200 msnm), y Petaquillas (17°48'55" N, 99°45'55", 1,160 msnm) (Cuadro 1). Los picudos se transportaron en contenedores de plástico a temperatura ambiente con una humedad relativa aproximada de 70%, y con circulación de aire a través de perforaciones. En laboratorio los adultos fueron alimentados con trozos frescos de pencas de agave papalote hasta su disección.

### Aislamiento e identificación bioquímica convencional de bacterias

Para el aislamiento de bacterias se diseccionó y maceró el tracto digestivo de los coleópteros en 3 mL de solución salina fisiológica (SSF) estéril. Se tomó 1 mL de cada muestra, y se hicieron diluciones de  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  en SSF. Posteriormente, se inocularon 100  $\mu$ L de la última dilución en placas de Petri con agar MacConkey, y se incubaron a 29 °C por 24-48 h. Después, se hizo el conteo de UFC/mL. Las colonias fueron seleccionadas con base en sus características macro y microscópicas con la tinción de Gram y observadas bajo microscopio a 100X con aceite de inmersión (Amaya-Guerrero et al., 2021); así mismo se determinó la identificación del género, por la capacidad de producir indol,

movilidad, fermentación de glucosa/lactosa en TSI, el uso del citrato como fuente de carbono, la oxidasa, e hipermucosidad y se interpretó basado en las tablas de identificación de Koneman (Procop et al., 2017).

### Inducción de infección en penca y piña de *A. cupreata* y re-aislamiento

Se seleccionaron y obtuvieron trozos sanos de pencas y tallo de *A. cupreata* de 3 cm cada uno y se sumergieron en una mezcla de hipoclorito de sodio comercial (Cloralex® Grupo AIEn, Estados Unidos, al 30% v/v) durante 20 minutos. Después se enjuagaron 6 veces con agua estéril (Orbe-Díaz et al., 2020). Se dejaron secar en cajas de Petri estériles en incubadora a 29°C por 4h. Posteriormente se colocaron 3 trozos por caja Petri para ser inoculados con 10  $\mu$ l de una suspensión bacteriana al 0.5 de la escala de McFarland ( $\sim 1-2 \times 10^8$  UFC/mL) de cada una de las cepas seleccionadas, y se usó como control, agua destilada. Todos los experimentos fueron hechos por triplicado. Todas las muestras se conservaron a 29°C en el laboratorio y se revisaban cada tercer día durante 21 días. Posteriormente, en aquellas muestras donde se observaron signos se re-aisló el microorganismo con el fin de confirmar si era el mismo que se inoculó inicialmente (Orbe-Díaz et al., 2021).

### Identificación de la especie y resistencia bacteriana de bacterias que inducen signos

Se identificaron las cepas de aquellos aislados que evidenciaron signos sugestivos de pudrición en los trozos de tallo inoculado con base en sus características morfológicas, tinción, y con el perfil bioquímico siguiendo las recomendaciones del fabricante con el uso del panel GN (GramNegativos) del sistema automatizado Vitek® 2 (Biomériux, México) y este mismo panel contiene los antibióticos; cefalotina, cefuroxima, cefotaxima, ceftazidima, ceftriaxona, cefepime, ertapenem, meropenem, amikacina, gentamicina, ciprofloxacina, norfloxacina, fosfomicina, nitrofurantoina y trimetoprim/sulfametoxazol en diferentes concentraciones para evaluar la resistencia a los antibióticos mediante la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), se expresó en  $\mu$ g/ml de cada antibiótico empleado, y se interpretó como Sensible (S), Intermedio (I) y Resistente (R) con base a los

lineamientos del Clinical and Laboratory Standards Institute (2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de muestreo se obtuvieron 28 especímenes del picudo del agave en individuos de *A. cupreata* con signos y síntomas de pudrición blanda (8, 10, y 10 adultos en Coaxtlahuacán, Calvario y Petaquillas, respectivamente) (Figura 1). *Scyphophorus acupunctatus* se puede encontrar en cualquier época del año (Figuroa-Castro et al., 2016; Olivares-Orozco et al., 2017).

Se seleccionaron 16 cepas bacterianas representativas del tracto digestivo de picudos del agave, las colonias macroscópicamente son mucoides, brillantes, de diferentes colores (lactosa positivas -rosa-, lactosa negativa -beige y pigmentada roja-), algunas mostraron hipermucosidad (Cuadro 1 y Figura 2), pero todas al microscopio se visualizaron bacilos Gramnegativos.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del perfil bioquímico convencional de las cepas y la capacidad de hipermucosidad. Las cepas fueron identificadas y corresponden a los géneros: *Enterobacter* sp. (4), *Pseudomonas* sp. (3), *Aeromonas* sp. (3), *Acinetobacter* sp., *Serratia* sp., *Kluyvera* sp., *Pantoea* sp., *Citrobacter* sp. y *Klebsiella* sp. La diversidad de bacterias en el tracto digestivo de coleópteros parece ser normal, por ejemplo, Torres-Valderrama (2022) reportó la presencia de varias bacterias Gram negativas del intestino de *Alphitobius diaperinus* (Pancet): *Morganella* sp., *Providencia* sp., *Proteus* sp., *Paonthea* sp., *Pseudomonas* sp., *Serratia* sp., entre entre otras.

Se observaron síntomas de pudrición blanda en los trozos de pencas inoculados con las suspensiones bacterianas después de 21 días de inoculadas a 29°C, solo en tres muestras. Este resultado es interesante dado que estas bacterias en las condiciones evaluadas no todas causaron daño al tejido de agave, pero sí se observó oxidación del tejido. Es posible que la dosis utilizada fuese baja o las condiciones ambientales no favorecieron la infección. Arista-Carmona et al. (2023) estudiaron la severidad de *S. acupunctatus* en maguey pulquero y reportaron que, dentro de los hábitos alimenticios de los adultos, éstos realizan perforaciones en el tejido de la planta que facilitan la entrada de bacterias y hongos fitopatógenos. Aguado-Santacruz et al. (2022) realizaron un estudio similar para aislar microorganismos endófitos en trozos de agave retirando la epidermis, consiguiendo el desarrollo bacteriano; por lo tanto, fue necesario provocar una lesión en la penca para inducir la enfermedad.

En el Cuadro 2 y la Figura 3, las especies capaces de causar signos y síntomas en los tallos de *A. cupreata* a los 21 días de inoculación fueron: M2 (identificada como *Pseudomonas putida*), y M17 (*Aeromonas salmonicida*) antes y después de la re-identificación corresponde al género y especie. En el caso de la cepa M15, originalmente se identificó a *Kluyvera cryocrescens*, pero en el reaislamiento se recuperó a *S. marcescens*, posiblemente por una contaminación cruzada. Aunado a estos resultados se deben confirmar por métodos moleculares y hacer más repeticiones para corroborar los efectos fitopatógenas de estas especies.

Al parecer, el número y diversidad de especies de bacterias asociadas al síntoma de pudrición blanda en agaves en el país, es amplia. Rincon-Enriquez



Figura 1. Colecta de picudo del agave en *Agave cupreata* en comunidades de la zona centro de Guerrero, México.

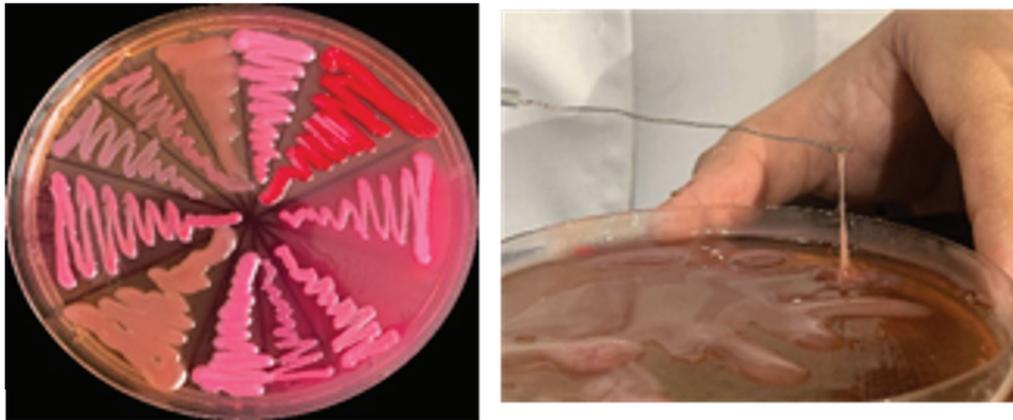


Figura 2. Características macroscópicas e hiper mucosidad de cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo del picudo del agave colectado en *A. cupreata* en Guerrero, México.

**Cuadro 1. Sitios de colecta y características bioquímicas de las cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de adultos del picudo del agave en Guerrero, México.**

Muestra	Localidad	UFC/mLx10 <sup>6</sup>	Pruebas bioquímicas						Género
			TSI	Indol	Citrato	Oxidasa	Movilidad	Hiper mucosidad	
M2	Calvario	23	K/K	-	-	+	-	+++	<i>Pseudomonas</i> sp.
M6		23	K/K	-	-	+	-	++	<i>Pseudomonas</i> sp.
M7		29	A/A	-	+	-	-	+++	<i>Enterobacter</i> sp.
M8		19	K/K	-	+	-	-	+++	<i>Acinetobacter</i> sp.
M9		26	A/A	-	+	-	+	++	<i>Enterobacter</i> sp.
M10		25	K/A	-	+	-	+	+	<i>Serratia</i> sp.
M11	Coaxtlahuacán	20	A/A	-	-	+	-	++	<i>Citrobacter</i> sp.
				H <sub>2</sub> S					
M12		28	A/A	-	-	-	-	+++	<i>Klebsiella</i> sp.
M13		23	A/A	-	-	-	+	++	<i>Pantoea</i> sp.
M14		25	A/A	+	-	-	+	+++	<i>Enterobacter</i> sp.
M15		20	K/A	-	-	-	+	+	<i>Kluyvera</i> sp.
M16	Petaquillas	21	K/K	-	+	+	-	+++	<i>Pseudomonas</i> sp.
M17		20	A/A	-	+	+	+	++	<i>Aeromonas</i> sp.
M18		21	A/A	+	+	+	+	++	<i>Aeromonas</i> sp.
M19		20	A/A	-	+	+	+	+	<i>Aeromonas</i> sp.
M20		21	K/A	+	+	-	+	+	<i>Enterobacter</i> sp.

<sup>a</sup>(+) = Positivo, (-) = Negativo, (+) = Poco, (++) = Moderado, (+++) = Abundante

**Cuadro 2. Identificación de bacterias que indujeron signos de infección en trozos de tallo de *A. cupreata***

Inoculo inicial	Re-aislamiento
<i>Pseudomonas putida</i> M2	<i>Pseudomonas putida</i> M2A
<i>Kluyvera cryocrescens</i> M15	<i>Serratia marcensces</i> M15A
<i>Aeromonas salmonicida</i> M17	<i>Aeromonas salmonicida</i> M17A

et al. (2014) estudiaron muestras de suelo y tejido vegetal con síntomas de pudrición en cogollo de *A. tequilana* F.A.C.Weber, de donde aislaron e hicieron pruebas de patogenicidad a *Pectobacterium* sp., *Pantoea* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Arthobacter* sp., y *Streptomyces* sp. como causantes de los síntomas en *A. tequilana* Weber var. Azul y *A. cupreata* Trel, & A.Berger. Además, en Jalisco también se reporta como patógeno

de pudrición a *Bacillus pumilis* (Cen-Caamal, 2012) y la pudrición del cogollo lo relacionan con *Fusarium oxysporum* (Acevedo-Sánchez et al., 2017, López-Bautista et al., 2020) y *Pectobacterium carotovora* (Castro-Valera, 2003) en *A. tequilana* Weber var. Azul respectivamente. En este estudio reportamos a *P. putida* y *A. salmoccida* como posibles patógenos en agave, pero se necesitan más estudios enfocados a corroborar su patogenicidad *in situ*.

En cuanto a resistencia a antibióticos, se observó a cefalotina, así como se registró multi-sensibilidad a otros grupos de antibióticos; aunque en el caso de *A. salmoccida* no se logró determinarla. Esto es positivo porque con este conocimiento se pueden generar estrategias de control que mitiguen los efectos de estas bacterias en los tejidos de *A. cupreata*. Torres-Valderrama (2022) describe la resistencia a cefalosporinas y carbapenémicos en cepas de *K. cryocrescens* por la presencia de genes que codifican para betalactamasa (*bla*NDM-1, *bla*SHV-12 y *bla*CTXM-3) y detectan los genes de resistencia a tetraciclina en las cepas Gram negativas aisladas del escarabajo

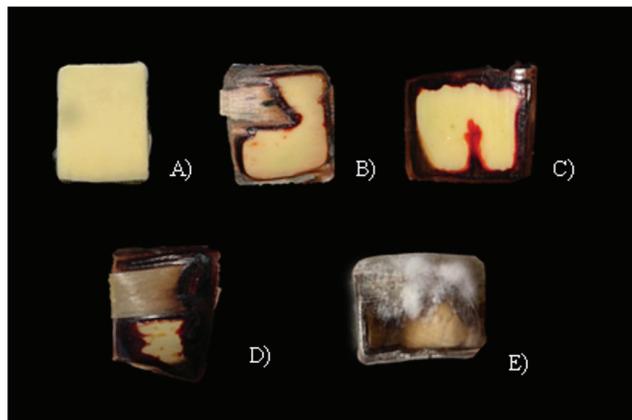


Figura 3. Síntomas en tallo de agave posterior a 21 días. A) control; B) Cepa M2; C) Cepa M15; D) Cepa M17 y E) *Fusarium* sp. (control positivo).

### Cuadro 3. Perfil de resistencia a antibióticos de las bacterias que indujeron signos de infección en trozos de tallo de *Agave cupreata*.

Perfil de resistencia a antibióticos					
Antibiótico	<i>P. putida</i> (Cepa M2)	<i>P. putida</i> (Cepa M2A)	<i>K. cryocrescens</i> (Cepa M15)	<i>S. marcescens</i> (Cepa M15A)	<i>A. salmoccida</i> (Cepas M17 y M17A)
Cefalotina	R	R	R	R	ND
Cefuroxima	R	R	I	R	ND
Cefotaxima	S	I	S	S	ND
Ceftazidima	S	S	S	S	ND
Ceftriaxona	I	I	S	S	ND
Cefepima	S	S	S	S	ND
Ertapenem	ND	ND	S	S	ND
Meropenem	S	S	S	S	ND
Amicacina	S	S	S	S	ND
Gentamicina	S	S	S	S	ND
Ciprofloxacino	S	S	S	S	ND
Norfloxacino	S	S	S	S	ND
Fosfomicina	R	R	S	R	ND
Nitrofurantoína	ND	ND	S	R	ND
Trimetoprima/ Sulfametoxazol	S	S	S	S	ND

S= Sensible, I= Intermedio, R= Resistente, ND=No Detectado

*Alphitobius diaperinus* (Panzer) y resaltan que la resistencia puede dificultar la erradicación bacteriana.

## CONCLUSIÓN

Es importante hacer estudios específicos de diversidad de bacterias presentes en el tracto digestivo del picudo del agave, dado que es un vector importante de bacterias causantes de la pudrición blanda en agave papalote. En esta investigación se determinó que *P. putida*, *S. marcescens*, *K. cryocrescens* y *A. salmocida*, son bacterias capaces de promover signos de pudrición en tallo de *A. cupreata* en 21 días, además son resistentes a cefalotina y multisensibles a otros grupos de antibióticos. Esto representa una opción terapéutica para el control de estas bacterias fitopatógenas.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo-Sánchez, G., Santana-Peñaloza, B., López-Bautista, V., Martínez-Bustamante, V., Coria-Contreras, J., Mendoza-Ramos, C., Jiménez-González, L., & Mora-Aguilera, G. (2017). Criterios epidemiológicos para implementar una red de monitoreo de enfermedades causadas por *Fusarium spp.* en regiones agaveras de Jalisco. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35, 176-177. <http://rmf.smf.org.mx/suplemento/Suplemento352017.html>
- Aguado-Santacruz, G. A., Aguado-Rodríguez, D. L., Moreno-Gómez, B., Arroyo-González, D., Centeno-Jamaica, D., Aguirre-Mancilla, C., & García-Moya, E. (2022). Endomicrobiota bacteriana de agave pulquero (*Agave salmiana*). I. Aislamiento, frecuencia e identificación molecular. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 45(2), 243-250. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.2.243>
- Amaya-Guerrero, A. P., Beltrán-Pineda, M. E., & Alfonso-Vargas, N. C. (2021). *Pectobacterium carotovorum*: agente fitopatógeno causante de la pudrición blanda en la papa (*Solanum tuberosum*). *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2), e1710. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num2\\_art:1710](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1710)
- Arista-Carmona, E., González-Hernández, H., Rodríguez-De la O, J. L., & Cibrián-Tovar, J. (2023). Incidencia, fluctuación poblacional y porcentaje de severidad de *Scyphophorus acupunctatus* en maguey pulquero en el noreste del Estado de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 46(2), 157-165. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.157>
- Avendaño-Arrazate, C. H., Iracheta-Donjuan, L., Gódinez-Aguilar, J. C., López-Gómez, P., & Barrios-Ayala, A. (2015). Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México. *Phyton*, 84(1), 148-162.
- Blas-Yáñez, S., & Thomé-Ortiz, H. (2021). Agave pulquero (*Agave salmiana*), socio-economic and agro-ecological importance and its development perspectives: a literature review. *Ciència Rural*, 51(4), e20300441. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200441>
- Castro-Valera, R. A. (2003). *Incidencia y distribución de marchitez y pudrición del cogollo del agave (Agave tequilana weber variedad azul) en la zona sur de Jalisco*. [Tesis de Maestría en Ciencias no publicada]. Universidad de Guadalajara.
- Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. (2017). *Ficha técnica pudrición blanda del cogollo del agave*. Recuperado el 20 octubre 2024 de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/244028/Ficha\\_T\\_cnica\\_Pectobacterium\\_carotovorum\\_en\\_agave\\_Versi\\_n\\_FINAL.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/244028/Ficha_T_cnica_Pectobacterium_carotovorum_en_agave_Versi_n_FINAL.pdf)
- Cen-Caamal, J. C. (2012). *Determinación del agente causal de la pudrición del cogollo del Agave tequilana Weber var. azul en el Estado de Jalisco*. [Tesis de Maestría en Ciencias no publicada]. Colegio de Postgraduados.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. 2020. *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. CLSI supplement M100*. Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Figueredo-Urbina, C. J., Álvarez-Ríos, G. D., García-Montes, M. A., & Octavio-Aguilar, P. (2021). Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico. *Plos ONE*, 16(7). e02254376. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254376>
- Figuroa-Castro, P., Rodríguez-Rebollar, H., González-Hernández, H., Solís-Aguilar, J. F., del Real-Laborde, J. I., Carrillo-Sánchez, J. L., & Rojas, J. C. (2016). Attraction range and inter-trap distance of pheromone-baited traps for monitoring *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) on blue agave. *Florida Entomologist*, 99(1), 94-99. <https://doi.org/10.1653/024.099.0117>
- Franco, Y., Nalimova, M. S., & Coronado, M. F. (2007). Patogenicidad y virulencia de cepas de *Pectobacterium carotovorum* y *Dickeya chrysanthemi* en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Fitosanidad*, 11(1), 15-18.
- García-Martínez, D. C., Vázquez-López, A., Ayala-Escobar, V., Nava-Díaz, C., & Aranda-Ocampo, S. (2022). *Bacillus* y *Pseudomonas fluorescentes* de la rizosfera de agaves silvestres antagonistas contra bacterias pectinolíticas.

- Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), e3177. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3177>
- Jiménez-Hidalgo, I., Virgen-Calleros, G., Martínez-de la Vega, O., Vandemark, G., & Olalde-Portugal, V. (2004). Identification and characterization of bacteria causing soft-rot in *Agave tequilana*. *European Journal of Plant Pathology*, 110(3), 317-331. <https://doi.org/10.1023/b:ejpp.0000019791.81935.6d>
- López-Bautista, V., Mora-Aguilera, G., Gutiérrez-Espinosa, M. A., Mendoza-Ramos, C., Martínez-Bustamante, V. I., Coria-Contreras, J. J., Acevedo-Sánchez, G., & Santana-Peñalosa, B. (2020). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium* spp. asociados a la ocurrencia regional de marchitez y pudrición seca del cogollo en *Agave tequilana*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(1), 79-106. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1911-4>
- Olivares-Orozco, J., Ramírez-Sánchez, S. E., Jiménez-Aguilar, A., Guerrero-Andrade, O., Montiel-Salero, D., & Rodríguez-Diego, J. G. (2017). Notificación de *Acanthoderes funeraria* (Bates) sobre dos tipos de *Agave salmiana* (Otto ex Salm-Dyck) en Hidalgo, México. *Revista de Protección Vegetal*, 32(2), 1-5.
- Olvera-Vargas, L. A., Pardo-Núñez, J., Aguilar-Rivera, N., & Contreras-Medina, D. I. (2022). Detección de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* con técnicas geomáticas en Guerrero, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), e2241. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol23\\_num2\\_art:2241](https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2241)
- Orbe-Díaz, D. I., Juárez-López, A. L., Sampedro-Rosas, M. L., Ramírez-Rojas, S. G., & Toribio-Jiménez, J. (2020). Primer reporte del picudo en maguey (*Scyphophorus acupunctatus*) en *Agave cupreata* y su control biológico en el estado de Guerrero, México. *Tlamati*, 11(2), 38-41.
- Orbe-Díaz, D. I., Sampedro-Rosas, M. L., Juárez-López, A. L., Palemón-Alberto, F., Ramírez-Rojas, S. G., Forero-Forero, Á. V., & Toribio-Jiménez, J. (2021). Aplicación de dos consorcios microbianos para promover el rendimiento de jamaica criolla (*Hibiscus sabdariffa*) en Guerrero, México. *REMDIS*, 2(13), 96-102.
- Procop, G. W., Church, D. L., Hall, G. S., Janda, W. M., Koneman, E. W., Schreckenberger, P. C., & Woods, G. L. (2017). *Koneman. Diagnóstico microbiológico. Texto y atlas*. Wolters Kluwer.
- Rincón-Enríquez, G., Quiñones-Aguilar, E., QuiZapata, J., Vega-Ramos K., & Uvalle-Bueno J. (2014). Selección de bacteriófagos para el control biológico del agente causal de la pudrición del *Agave tequilana*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 32, S112.
- Sampietro, D. A., Bertini, M. S., & Vattuone, M. A. (2020). Efficacy of Argentinean propolis extracts on control of potato soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(12), 4575-4582. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10516>
- Sánchez-Jiménez, E., Orbe-Díaz, D. I., Romero, Y., & Toribio-Jiménez, J. (2019). Primer reporte del escarabajo *Acanthoderes funeraria* (Bates) (Coleoptera: Cerambycidae) en el agave silvestre *Agave cupreata* (Trel. & Berger) en Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 35, e3502072. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502072>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2013). *El picudo Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal y su manejo en el agave tequilero (Agave tequilana FAC Weber) Variedad azul*. Recuperado el 20 octubre de 2024 de: <http://www.inifapcirme.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/946.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2016). *Picudo del agave (Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal 1838) (Coleoptera. Dryophthoridae)*. Ficha Técnica. Recuperado el 20 octubre de 2024 de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281890/Ficha\\_Tcnica\\_Picudo\\_del\\_agave\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281890/Ficha_Tcnica_Picudo_del_agave_2016.pdf)
- Torres-García, I., Rendón-Sandoval, F. J., Blancas, J., Casas, A., & Moreno-Calles, A. I. (2019). The genus *Agave* in agroforestry systems of Mexico. *Botanical Sciences*, 97(3), 263-290. <https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
- Torres-Valderrama, C. (2022). *Estudio del microbioma de Alphitobius diaperinus recolectado en una granja avícola mediante una aproximación metagenómica*. [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Xin, X.-F., Kvitko, B., & He, S. Y. (2018). *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen. *Nature Review Microbiology*, 16, 316-328. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.17>