

***Pseudomonas fluorescens* Y SU EFECTO EN LA TOLERANCIA DEL ARÁNDANO (*Vaccinium* spp.) A HONGOS FITOPATÓGENOS**

José A. Álvarez-García¹, Gustavo Santoyo² y Ma. del Carmen Rocha-Granados¹

RESUMEN

El arándano es un cultivo relativamente joven en México, cultivándose desde principios del año 2000; sin embargo, en campo se ve afectado por el gusano del fruto, trips, y diferentes enfermedades. Se mostró el efecto de la inhibición *in vitro* de las cepas de *Pseudomonas fluorescens*: UM16, UM240, UM256, UM270 contra los hongos fitopatógenos *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp. y *Phomopsis vaccinii*, y la inoculación de *Pseudomonas* y los hongos en arándano (*Vaccinium* spp.) genotipos Biloxi y UM811. Las pruebas de inhibición mostraron que las cepas UM270, UM16 y UM256 inhibieron a *P. cinnamomi* y *Fusarium* sp., en un 34 y 30 % respectivamente, con respecto al control, pero no a *P. vaccinii*. Las plantas de Biloxi inoculadas con las cepas UM270, UM16+*Phytophthora* y UM16+*Phomopsis*, presentaron mayor altura de planta con 91,6, 90,1 y 90,8 cm, respectivamente, mayor peso seco de la raíz con 43,5 g (UM256+*Phomopsis*) y foliar con 31,5 g (UM16+*Phomopsis*), comparado con el genotipo UM811 con 45,3 cm (UM240+*Fusarium*); 43 g (UM240) y 15,1 g (UM240+*Phomopsis*), respectivamente, y las plantas testigo de cada uno de los genotipos. Se demostró que las cepas de *Pseudomonas*, utilizadas en esta investigación pueden ser una alternativa viable en el control de los hongos de raíz *Fusarium* y *Phytophthora* en el cultivo de arándano.

Palabras clave adicionales: Hongos fitopatógenos, inhibición, *Pseudomonas fluorescens*

ABSTRACT

***Pseudomonas fluorescens* and its effect on blueberry (*Vaccinium* spp.) tolerance to phytopathogenic fungi**

Blueberry is a relative new crop in Mexico, it has been cultivated since the early 2000s; however, in the field it presents fruit worm, trips, and different diseases. This research shown the effect of *in vitro* inhibition of *Pseudomonas fluorescens* UM16, UM240, UM256, and UM270 strains against pathogenic fungi *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp., and *Phomopsis vaccinii*, and the inoculation of *Pseudomonas* and fungi on blueberry (*Vaccinium* spp.) genotypes, Biloxi and UM811. The inhibition tests showed that the strains UM270, UM16, and UM256 inhibited *Phytophthora cinnamomi*, and *Fusarium* sp. by 34 and 30 % respectively, but not *Phomopsis vaccinii*. The Biloxi plants inoculated with the strains UM270, UM16+*Phytophthora*, and UM16+*Phomopsis* showed greater plant length with 91,6, 90,1 and 90,8 cm, respectively, greater dry root weight with 43,5 g (UM256+*Phomopsis*) and plant dry weight with 31,5 g, (UM16+*Phomopsis*), compared with the UM811 genotype con45,3 cm (UM240+*Fusarium*), 43 g (UM240), and 15,1 g (UM240+*Phomopsis*), respectively, and the control plants of each genotype. The results showed that *Pseudomonas* strains used in this research can be a viable alternative in the control of *Fusarium* and *Phytophthora* root fungi , in blueberry crop.

Additional Keywords: Inhibition, phytopathogenic fungi, *Pseudomonas fluorescens*

Editor Asociado: Prof. María Elena Sanabria Chópita.

INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium* spp), pertenece a la familia de las Ericaceae, nativa de los Estados Unidos, donde la mayoría de las variedades se han desarrollado a partir del género *Vaccinium* con la especie *cyanococcus*. Es rico en antocianinas, vitaminas, aminoácidos y minerales, con una fuerte capacidad antioxidante y alto valor nutricional (Zhao *et al.*, 2016; Lyrene, 2021),

siendo consumido comúnmente en fresco y en algunos manufacturados como yogurts, bebidas y jaleas (Dunford, 2022).

En México, los principales estados productores de arándano son Jalisco, Sinaloa y Michoacán, con más de 61 mil ton (SIAP, 2024), y aunque es un cultivo de reciente introducción en el país, es atacado por hongos fitopatógenos, entre los que destacan el tizón de puntas (*Phomopsis vaccinii*), el cáncer de tallo (*Botryosphaeria dothidea*) y el

Recibido: Septiembre 4, 2025

Aceptado: Marzo 8, 2026

¹Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. e-mail: ingalvarez1@gmail.com; carmen.rocha@umich.mx (autor de correspondencia)

²Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. e-mail: gustavo.santoyo@umich.mx

moho gris (*Botrytis cinerea*), entre otros (Xu *et al.*, 2015; Ru *et al.*, 2023; Abbey *et al.*, 2024). A nivel de raíz y tallos los hongos que más daños ocasionan son *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia theobromae* y *Armillaria mellea* (Bryda y Lindermar, 20008; Li *et al.*, 2022; Aguilar *et al.*, 2023).

Para el control de los hongos fitopatógenos se usan agroquímicos como, por ejemplo, Metil tiofano®, Benomilo®, Carbendazima® y bromuro de metilo, entre otros, que afectan de manera significativa la microbiología del suelo, además de que los patógenos desarrollan resistencia a estos productos y que éstos tienen un fuerte impacto ambiental (Gerhardson, 2002; González *et al.*, 2024). Asimismo, la creciente demanda del consumidor por alimentos exentos de plaguicidas químicos, han llevado a la búsqueda de nuevos métodos de control más benéficos para el ambiente, la salud humana y los animales (Faruque *et al.*, 2024).

El control biológico es una alternativa para reducir el uso de compuestos químicos en la agricultura (Welbaum *et al.*, 2004). Saharan y Nehra (2011), han reportado el uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV o PGPB) para el control de hongos fitopatógenos, porque colonizan rápidamente las raíces de las plantas y producen antibióticos que los atacan. Entre las especies de PGPB se han identificado a *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Entobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Serratia*, las cuales promueven el crecimiento de las plantas, mejoran la absorción de nutrientes y suprimen organismos patógenos que provocan enfermedades (Ahmad *et al.*, 2008; Marian y Shimizu, 2019). Algunas especies del género *Pseudomonas* son ubicuas en suelos agrícolas y efectivas en mantener la buena salud de éstos, como la especie *fluorescens* que es metabólicamente y funcionalmente más diversa (Lata *et al.*, 2002). Se ha observado que *Pseudomonas* pueden suprimir una gran cantidad de bacterias del género *Erwinia*, hongos y nematodos, y ayuda a las plantas a absorber y utilizar los nutrientes (Siddiqui, 2006; Li *et al.*, 2020). Algunas cepas de *P. fluorescens* (UM270, ZUM80 y CFBP2392) presentan características que las hacen idóneas para su uso en el biocontrol de hongos fitopatógenos, porque produce un amplio espectro de metabolitos activos como antibióticos, sideróforos, compuestos volátiles

como la cianida de hidrógeno y sustancias promotoras de crecimiento, además de competir agresivamente con otros microorganismos y adaptarse al estrés del ambiente (Weller, 2007; Hernández *et al.*, 2014). Por las características que presenta *P. fluorescens* en la promoción vegetal y el control de hongos fitopatógenos, el objetivo de esta investigación fue observar y cuantificar el efecto de *Pseudomonas fluorescens* cepas UM16, UM240, UM256 y UM270, en la inhibición del crecimiento *in vitro* de *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp. y *Phomopsis vaccinii*, y analizar los efectos fisiológico de las plantas de arándano (*Vaccinium* spp.) genotipos Biloxi y UM811 coinoculadas con *Pseudomonas* y los hongos fitopatógenos mencionados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación constó de dos etapas; en una primera se observó el efecto de *Pseudomonas fluorescens* cepas UM16, UM240, UM256 y UM270 en la inhibición *in vitro* de *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp., y *Phomopsis vaccinii*; y, en una segunda, se analizó el efecto fisiológico de la inoculación de cada una de las cepas de *Pseudomonas* solas o coinoculadas, con los hongos fitopatógenos, en la altura de la plantas, el número de brotes, y la concentración de clorofila en los genotipos de arándano Biloxi y UM811.

Inhibición *in vitro*

-Material biológico. Se utilizaron cuatro cepas de *Pseudomonas fluorescens* aisladas de plantas de *Medicago* sp. de la región de Morelia, Mich., identificadas como UM16, UM240, UM256 y UM270 (Hernández *et al.*, 2014), y los hongos fitopatógenos *Phytophthora cinnamomi* y *Fusarium* sp., que causan pudriciones de raíz, y *Phomopsis vaccinii* que provoca el tizón de ramas, los cuales fueron aislados en Los Reyes (Mondragón *et al.*, 2012) y Uruapan (Landeros *et al.*, 2024), Michoacán, México, identificados y proporcionados por el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Las pruebas de inhibición *in vitro* se realizaron en cajas Petri (90 x15 mm) que contenían medio de cultivo PDA (BD Bioxon®). Las placas fueron divididas en dos secciones, de un lado se realizó un rayado con la cepa bacteria y se incubaron a

Álvarez et al. Pseudomonas fluorescens y la tolerancia del arándano a hongos fitopatógenos

26 °C por 24 h; transcurrido este tiempo, se colocó un segmento del hongo (0,5 cm de diámetro) en el centro de la otra mitad y se incubaron en una cámara de crecimiento a 26 °C, en oscuridad, por 6 días. Cada cepa fue probada con los tres fitopatógenos de manera independiente. Se midió el crecimiento radial del fitopatógeno cada 24 horas por espacio de 6 días.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos consistieron en colocar por caja una cepa bacteriana (UM16, UM240, UM256 y UM270) con un hongo fitopatógeno (*Phytophthora*, *Fusarium* y *Phomopsis*) para un total de 12 tratamientos, con tres repeticiones, donde cada repetición correspondió a una caja Petri. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Duncan, $p \leq 0,05$) utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020e.

Tolerancia del arándano a hongos fitopatógenos

Material biológico. Se utilizaron plantas de arándano genotipos Biloxi y UM811 provenientes de cultivo *in vitro*. El genotipo UM811 fue proporcionado por los Investigadores del Programa de Mejoramiento Genético de Frutillas de la Facultad de Agrobiología de la UMSNH; presenta hojas verdes intenso y lanceoladas, con bayas de mayor diámetro que las que presenta el genotipo Biloxi, y obtenido por mejoramiento convencional de la cruce de los cvs. Biloxi x Ventura, y seleccionada en campo por sus características de porte de la planta, tamaño y sabor del fruto. Plántulas de arándano de 45 días de cultivo y con un promedio de 5 a 6 cm de longitud, se adaptaron a condiciones *in vivo* colocándolas en sustrato de turba, previamente esterilizado, dentro de charolas de plástico. Una vez adaptadas, se colocaron en contenedores individuales con capacidad de 1 L que contenía una mezcla de turba: perlita: fibra de coco (1:1:2); el sustrato y los contenedores fueron desinfectados a 121 °C, y con H₂O₂ al 3 %, respectivamente. Las plantas se mantuvieron en un invernadero entre 24 a 26 °C y una humedad relativa de 70 %. Colocadas en los contenedores, se realizaron riegos manuales una vez por día, utilizando regaderas con capacidad de 5 L y aplicando de 300 a 400 mL de agua por planta. Se fertilizaron con Basacote Plus 6M 16-8-12+2 (16 unidades de

nitrógeno, 8 unidades de fósforo, 12 unidades de potasio y 2 unidades de magnesio) y una solución de micronutrientes (B, Zn, Fe, Mn y Mo).

Cinética de crecimiento bacteriano. Se realizó una cinética de crecimiento bacteriano para determinar el momento adecuado para realizar la inoculación en las plantas de arándano, buscando un mínimo de 1×10^6 UFC mL⁻¹. Para esto se tomó una asada de cada cepa, previamente activados en medio PDA (Bioxon ®) y se colocó en 150 mL de medio PD (200 g de papa + 20 g de dextrosa), en un agitador (Llumistell IRO-70) a 120 rpm a 30 °C. Se registró la absorbancia del medio bacteriano de cada aislado, cada 4 horas, tomando 1 mL y colocándolo en una celda de luz visible; las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro (JENWAY 6305) a una longitud de onda de 540 nm. Posteriormente se generó una curva de crecimiento, con los datos de cada aislado, para determinar las fases exponencial y estacionaria en cada curva.

Inoculación de las plantas de arándano con *P. fluorescens* y hongos fitopatógenos. Se utilizaron plantas de arándano de los genotipos Biloxi y UM811 de 3 meses de edad y una altura promedio de 25 cm. Se tomó una azada de la bacteria *Pseudomonas fluorescens* cepas UM16, UM240, UM256 y UM270, crecidas en caja Petri de manera individual, y se colocó en un matraz Erlenmeyer con 25 mL medio PD (Papa-Dextrosa), incubada en agitación (120 rpm) a 28 °C por 24 h para activarla. Transcurrido el tiempo se colocaron en un matraz de 1 L con 500 mL de medio PD, 1 mL del medio con bacterias activadas de cada cepa, hasta que alcanzaran un D.O. (560-600 nm) entre 0,8 y 1, según el resultado de la cinética de crecimiento bacteriano. Las bacterias se inocularon durante 24 h, en 5 mL de la suspensión, diluidos en 50 mL de agua más 100 mg de aminoácidos (Aminocel), conteniendo 1×10^8 UFC·mL⁻¹ de cada una de las cepas de *Pseudomonas* por planta de arándano, mediante riego con la suspensión en la base del tallo, cubriendo todo el sistema radical. Para que aumentara la probabilidad de colonización, se realizó una segunda inoculación de las diferentes cepas de *Pseudomonas* 15 días después de la primera, siguiendo la misma metodología. En este experimento, además de las plantas inoculadas con *Pseudomonas* (UM16, UM240, UM256 y UM270) y los hongos fitopatógenos *Phytophthora*,

Fusarium y *Phomopsis*), se utilizaron como testigos plantas sin inocular, o solo inoculadas con *Pseudomonas* o con el patógeno. 30 días después de la aplicación de las cepas de *Pseudomonas fluorescens*, las plantas se inocularon con *Phytophthora cinnamomi* y *Fusarium* sp. según el tratamiento.

Para la obtención, determinación e inoculación de la concentración de conidios de *Fusarium* y *Phytophthora*, segmentos de inóculos de 5 mm de diámetro fueron crecidos en cajas Petrí con medio PDA (Bioxo) e incubados por 6 días a 26 °C. Una vez crecidos los hongos, se colectaron los conidios vertiendo 10 mL de agua destilada estéril por caja y se removieron del medio, para posteriormente colocarlo en un frasco de vidrio estéril. La concentración de conidios de 1×10^8 por mL⁻¹ fue determinada mediante conteo en una cámara de Neubauer. Para el caso de *Phomopsis vaccinii* se empleó la técnica aplicada por Guerrero y Godoy (1989), que consistió en desinfectar el área de la planta con alcohol al 95 %; luego se realizaron heridas, con un bisturí esterilizado, en la porción terminal desinfectada del tallo de cada planta, y posteriormente, se colocó el inóculo (micelio y conidios). El sitio de inoculación se cubrió con algodón humedecido y clean-pack para mantener una alta humedad.

El riego consistió en mantener el sustrato a capacidad de campo, la cual se determinó vertiendo diferentes cantidades de agua (100 a 500 mL), y observando el punto en el que no hubo escurrimiento de agua. Transcurridos 150 días después de las inoculaciones con los fitopatógenos, se tomaron muestras de raíz para aislar los microorganismos y determinar si hubo infección.

Los parámetros evaluados fueron:

-Concentración de clorofila. Se determinó mediante un Spad-502, que cuantifica unidades spad, se tomaron tres datos por planta y se obtuvo la media. Se midieron las hojas maduras de la parte media de la planta. Se tomaron 7 muestras del órgano fotosintético, con diferentes tonalidades, con tres repeticiones del cv. Biloxi y la selección 811, y se realizó la extracción de clorofila con el método de Torrecillas *et al.* (1984), que consistió en determinar la clorofila a, la b y la total. Primero, se colocaron 5 discos de tejido vegetal, de 5 mm de diámetro, en 5 mL de N,N-dimetilformamida dentro de frascos ámbar

durante 48 horas a 4 °C, se tomó el peso fresco y seco de cada muestra; pasado este tiempo, se tomaron 2 mL y se colocaron en una celda para medir la absorbancia con un espectrofotómetro (Jenway 6305) a 647 y 664 nm. La concentración de clorofila se determinó mediante las fórmulas según Torrecillas *et al.*, 1984):

Clorofila a (mg·L ⁻¹)	12.7 (A664) – 2.79 (A647)
Clorofila b (mg·L ⁻¹)	20.70 (A647) – 4.62 (A664)
Clorofila total (mg·L ⁻¹)	17.9 (A647) + 8.08 (A664)

-Parámetros fisiológicos. Se midieron la altura de la planta y el diámetro del tallo, regla y vernier, respectivamente, y se realizó el conteo del número de brotes.

-Masa de la raíz y del área foliar. Se colectó la muestra (raíz, hojas y tallos) dentro de una bolsa de papel; en el caso de la raíz, se lavó con abundante agua para eliminar todo el sustrato. Se colocaron en una estufa con flujo de aire a 60 °C por 48 h hasta que perdieron todo el contenido de agua.

Diseño experimental y análisis de datos. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, donde se consideraron los genotipos Biloxi y UM811 inoculados con una cepas bacterianas (UM16, UM240, UM256 y UM270) y un hongo fitopatógenos (*P. cinnamomi*, *F. sp.*, y *P. vaccinii*) (genotipos x cepa x patógeno), con un total de 24 tratamientos y 9 plantas por cada uno, con sus respectivos testigos que correspondieron a plantas sin inocular, inoculadas solo con una las cepas o con uno de los patógenos. Los datos de las pruebas de tolerancia de arándano a *Fusarium*, *Phytophthora* y *Phomopsis*, influenciada por *P. fluorescens* se evaluaron mediante un análisis de factores múltiples, y se aplicó la prueba de Tukey. Todos los datos se analizaron con el programa InfoStat versión 2020e.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inhibición *in vitro*. Las pruebas de inhibición *in vitro* revelaron que todas las cepas de *Pseudomonas* limitaron el crecimiento de *P. cinnamomi* y *Fusarium* sp., en comparación con los testigos que presentaron un mayor desarrollo, pero no tuvieron efecto sobre la expansión micelial de *P. vaccinii*, (Figura 1). Las cepas UM270, UM16 y UM256 fueron las que disminuyeron en mayor medida a *P. cinnamomi*

Álvarez et al. *Pseudomonas fluorescens* y la tolerancia del arándano a hongos fitopatógenos

con 14, 15,5 y 16 mm de crecimiento radial del hongo, reduciendo hasta un 34 % su crecimiento comparado con el testigo que creció hasta 28 mm; mientras que, *Fusarium* sp. tuvo un crecimiento limitado de 16, 16,8, 20,5 y 21,7 mm con UM16, UM270, UM240 y UM256 respectivamente, y un promedio de 28 a 30 % de inhibición, en comparación con el testigo. Sin embargo, en el caso de *Phomopsis vaccinii* ninguna de las cepas de *Pseudomonas* logró inhibirlo en condiciones *in vitro* (Figura 1).

Estos resultados concordaron con de Guerra *et al.* (2011) quienes reportaron la inhibición de *Fusarium oxysporum* y *Fusarium* spp. por *P. fluorescens* (cepas de PPC, WCS 374 y WCS 417) las cuales, al producir antibióticos, enzimas líticas y lipopolisacáridos pueden inhibir al hongo fitopatógeno. De igual forma, Hernández *et al.* (2014) observaron que las cepas UM16, UM240, UM256 y UM270 inhibieron el crecimiento *in vitro* de *Botrytis cinerea* hasta en 86 %, patógeno que causa la pudrición de frutos. La inhibición se debe a la producción de compuestos difusibles, como son el 2,4-diacetilfluroglucinol (DAPG), sideróforos, proteasas y compuestos volátiles (HCN, compuestos azufrados) que actúan directamente sobre los hongos fitopatógenos, restringiendo su crecimiento.

Respuesta de las plantas de arándano a la inoculación de *Pseudomonas fluorescens* y *Phytophthora*, *Fusarium* y *Phomopsis*. El análisis estadístico para los parámetros concentración de clorofila total (CC), altura de la planta (AP) y masa seca de la raíz (MSR), mostraron cambios altamente significativos ($p \leq 0,01$) para el genotipo (G), la cepa de *P. fluorescens* (C), la interacción entre el genotipo y la cepa (G*C) y la interacción entre el genotipo y el hongo fitopatógeno (G*F). La MSR fue la única variable con alta significancia en respuesta a la interacción entre el genotipo, el hongo fitopatógeno y la cepa (G*F*C); mientras que, la masa seca del área foliar (MSF) mostró cambios altamente significativos por efecto del genotipo (G), la cepa (C) y el genotipo con la cepa (G*C). La interacción G*F*C no fue significativa para CC, AP, número de brotes (NB) y PSF (Cuadro 1).

La altura de las plantas y la masa seca de la raíz fueron parámetros fisiológicos que presentaron alta significancia en los genotipos

inoculados con las bacterias y los hongos. En este sentido, se observa que Cortes *et al.* (2023), presentaron resultados muy similares a los de la presente investigación; ellos encontraron que plántulas de arándano variedad Biloxi inoculadas con la *Pseudomonas fluorescens* UM16, UM240, UM256 y UM270, tuvieron una mayor longitud de planta, de la raíz, y mayor masa fresca y seca de raíz, a consecuencia de la promoción del crecimiento de las sustancias reguladoras que los microorganismos producen. Ortiz *et al.* (2018), realizaron una comparación de *Pseudomonas* con los géneros de *Bacillus* y *Pantoea*, y determinaron que estos dos últimos presentaron una mayor producción de ácido indolacético (AIA) con 32 y 20 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, comparados con los 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ que produce *P. fluorescens* UM270.

El análisis de medias de los parámetros fisiológicos mostró que el genotipo (G) no influye en la CC, ni en el PSR y PSF; sin embargo, sí lo hace sobre la AP, DT y NB. El genotipo Biloxi presentó una mejor respuesta que el genotipo UM811, con 97,7, 34 y 10,4 %, respectivamente. La presencia del fitopatógeno (F) influyó en la CC; se obtuvo que las plantas que fueron inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* (PC) y *Fusarium* sp. (FS) fueron las que presentaron la menor concentración de clorofila total. La AP fue menor en presencia de *Fusarium*, pero no afectó el DT, NB y PSF, por lo que las plantas que poseían dichos patógenos se comportaron estadísticamente iguales. Las cepas de *P. fluorescens* (C) tienen efectos importantes sobre la CC; las plantas inoculadas fueron estadísticamente diferentes al testigo sin inocular (C0), elevando los niveles de clorofila en el follaje. La AP es influenciada por la cepa UM270 en 14,6 % más que el testigo (C0); el DT no fue influenciado por las cepas, sin embargo, la cepa UM16 incrementó el NB en 18,7 % más al igual que para el PSR, junto con la cepa UM256 (Cuadro 2).

Interacción entre genotipos, hongos y *P. fluorescens*. La interacción del genotipo con los fitopatógenos y las cepas de *Pseudomonas* mostró que para NB no hubo diferencias significativas; mientras que, las variables altura de la planta y el diámetro del tallo presentan valores menores solamente en el genotipo UM811 con *Phytophthora* y *Fusarium* en comparación con los testigos (Tabla 3). Los genotipos respondieron de manera

diferente a la inoculación de *Pseudomonas*, siendo Biloxi el genotipo que tuvo valores superiores para las variables altura de la planta (91,6 cm) y diámetro del tallo (7,1 mm); por su parte, el

genotipo UM811 solo mostró valores superiores en el diámetro del tallo (5,1 mm), en los testigos (Cuadro 3).

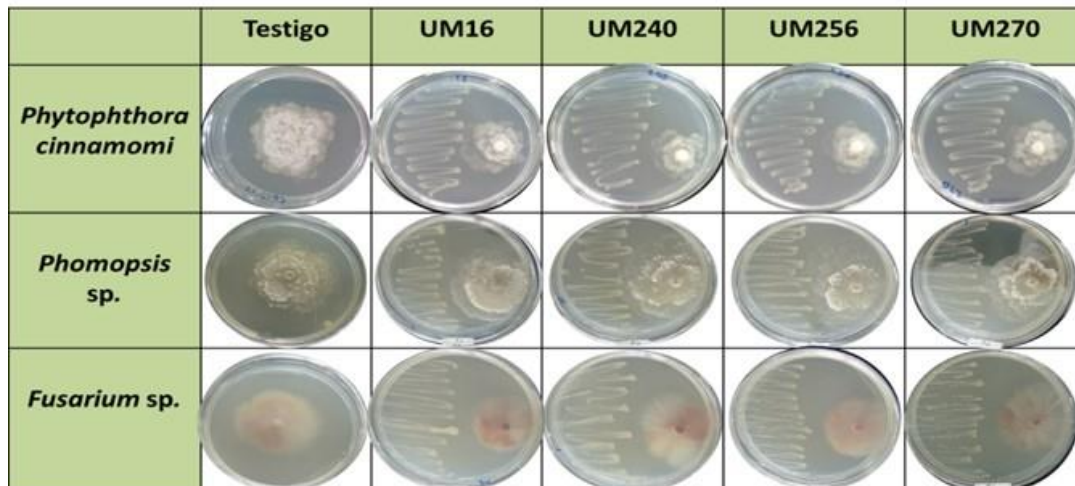
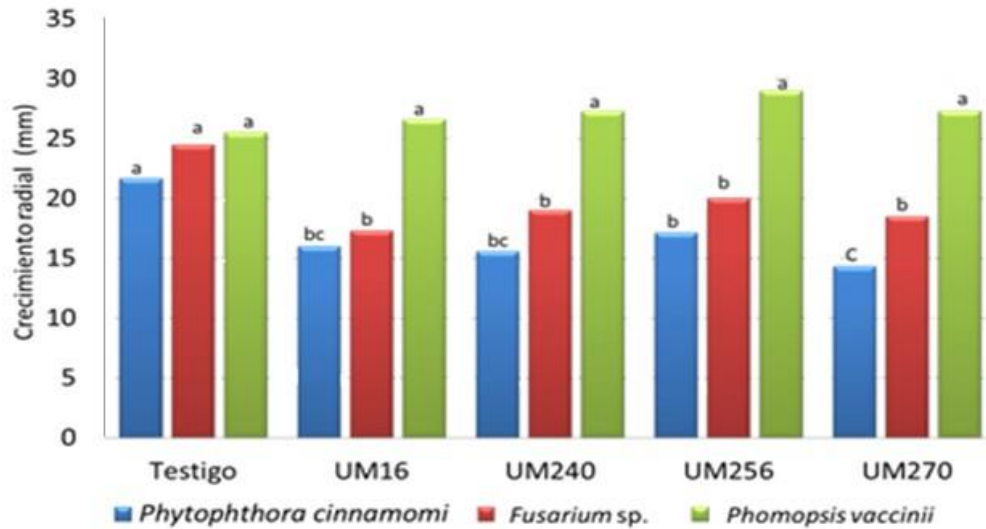


Figura 1. Crecimiento micelial e inhibición *in vitro* de *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium sp.*, y *Phomopsis vaccinii* mediada por *Pseudomonas fluorescens*, cepas UM: 16, 240, 256 y 270. *Las barras indican la media (\pm error estándar), los datos con la misma letra no difieren en uno del otro según la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

Los resultados de las interacciones mostraron que muy pocos parámetros fisiológicos fueron afectados por los hongos fitopatógenos cuando las plantas de arándano, genotipos Biloxi y UM811, fueron inoculadas con *Pseudomonas*. Los tres patógenos afectaron la concentración de clorofila en los dos genotipos, mientras que la altura de la planta fue afectada solamente por *Fusarium sp.* La

altura de las plantas fue potenciada por UM270, mientras que el número de brotes fue mayor con UM16 y UM256. Algunos de los trabajos que concuerdan con los resultados de esta investigación son los de Hernández *et al.* (2014), quienes hallaron que en pruebas de biocontrol las cepas de *Pseudomonas fluorescens* UM16, UM240, UM256 y UM270 fueron capaces de

Álvarez et al. *Pseudomonas fluorescens* y la tolerancia del arándano a hongos fitopatógenos

reducir el daño, en tallos y raíces, de *Medicago truncatula* provocados por *Botritis cinnerea*. Asimismo, Rojas et al. (2016), encontraron que la combinación de UM256 con un *Bacillus* (UM96) mejoraron significativamente el peso fresco (0,008 g),

la longitud del hipocótilo (8 mm) y la raíz (14 mm) en plántulas de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm, en comparación con el testigo con 0,0055 g, 4,5 mm y 7 mm, respectivamente.

Cuadro 1. Análisis estadístico de la concentración de clorofila (CC), altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de brotes (NB), masa seca de raíz (MSR) y masa seca del área foliar (PSF) en función del genotipo, hongo fitopatógeno y cepa de *P. fluorescens*.

Factores Principales	CC	AP	DT	NB	MSR	MSF
G	**	**	**	**	**	**
F	**	**	ns	ns	**	ns
C	**	**	ns	**	**	**
G*C	**	**	ns	ns	**	**
G*F	**	**	ns	ns	**	ns
F*C	**	**	ns	ns	*	
G*F*C	ns	ns	*	ns	**	ns

***: $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$, respectivamente, NS: no significativo. G: genotipo, F: Hongo fitopatógeno, C: cepa de *P. fluorescens*

Cuadro 2. Concentración de clorofila (CC), altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de brotes (NB), masa seca de raíz (MSR) y masa seca del área foliar (MSF) en cada uno de los factores de manera independiente.

FACTORES	NIVELES	CC (mg·g ⁻¹ ms)	AP (cm)	DT (mm)	NB	MSR (g)	MSF (g)
G	Biloxi	9,4 a	78,3 a	5,9 a	5,3 a	31,7 a	23,3 a
	811	10,6 a	39,6 b	4,4 b	4,8 b	27,4 a	12,7 a
F	F0	10,1 ab	57,7 ab	5,1 a	5,1 a	30,7 a	17,9 a
	PC	9,7 b	60,7 a	5,2 a	4,8 a	30,3 ab	17,4 a
	FS	9,8 b	55,6 b	5,1 a	5,1 a	30,1 ab	18,0 a
	PV	10,4 a	61,7 a	5,3 a	5,2 a	27,1 b	18,6 a
	C0	9,2 b	53,7 b	5,2 a	4,8 b	26,4 b	17,6 abc
C	UM16	10,5 a	59,0 ab	5,3 a	5,7 a	31,1 a	20,1 a
	UM240	10,1 a	58,4 ab	5,0 a	5,1 ab	29,0 ab	15,5 c
	UM256	10,0 a	59,8 ab	5,1 a	4,6 b	31,0 a	17,2 bc
	UM270	10,1 a	62,7 a	5,3 a	4,9 ab	30,0 ab	19,5 ab
Media general		10,1	58,9	5,2	5,1	29,5	18
DHS	G	1,9	9,6	0,8	2,2	47,7	23,6
	F	0,52	4,6	0,47	0,73	3,2	2,2
	C	0,62	5,4	0,56	0,87	3,9	2,7
C.V (%)		11,1	16,4	19,3	30,8	23,4	26,6

Letras distintas en la misma columna indican diferencias, Tukey 0,05. G: genotipo, F: Hongo fitopatógeno, C: cepa de *P. fluorescens*. F0: Testigo absoluto, PC: *Phytophthora cinnamomi*, FS: *Fusarium* sp. PV: *Phomopsis vaccinii*. C0: Testigo absoluto. DHS: diferencia significativa según Tuckey ($p \leq 0,05$).

La inoculación de las cepas de *Pseudomonas*, solas o en combinación con los fitopatógenos, tuvieron efectos solo en las algunas combinaciones (Biloxi-UM270; Biloxi-UM16-Pc; Biloxi-UM16-Pv; Biloxi-UM256-Pv y Biloxi-

UM270-Pv). La MSR de las plantas de arándano Biloxi inoculadas con la cepa UM256 presentaron valores superiores (36,3 g) en comparación con el resto de las bacterias, mientras que las todas plantas que fueron coinoculadas con *Phytophthora*

cinnamomi tuvieron valores superiores al testigo; esto difirió de las raíces de las plantas que se coinocularon con *Fusarium sp.* y *Phomopsis vaccinii*, donde la MSR fue mayor sólo en las plantas con UM256 y UM270 (Figura 2). UM240

favoreció la MSR de las plantas de arándano genotipo UM811 (41,5 g), mientras que la MSR de las plantas que se inocularon con *Phytophthora cinnamomi* y *Phomopsis vaccinii* solo fue mayor en las plantas con UM16 (Figura 2).

Cuadro 3. Altura de la planta, diámetro del tallo y número de brotes de plantas de arándano, en función del genotipo interactuando con hongos fitopatógenos y cepas de *P. fluorescens*.

Genotipo	Fitopatógeno	<i>P. fluorescens</i>	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de brotes
BILOXI	FO	CO	62,0 bc	5,6 abcdef	5,5 a
		UM16	80,3 ab	6,0 bcde	6,1 a
		UM240	73,8 abc	5,5 abcdef	5,1 a
		UM256	80,3 abc	5,5 abcdef	4,5 a
		UM270	91,6 a	7,1 a	4,5 a
	PC	CO	74,5 abc	5,2 abcdef	4,5 a
		UM16	90,1 a	6,3 abcd	5,1 a
		UM240	79,6 abc	6,2 abcd	5,3 a
		UM256	83,1 ab	6,5 ab	4,8 a
		UM270	80,1 abc	5,8 abcdef	5,8 a
	FS	CO	61,8 bcd	5,6 abcdef	5,5 a
		UM16	59,0 cde	6,3 abcd	5,6 a
		UM240	71,5 abc	5,5 abcdef	4,6 a
		UM256	80,3 abc	5,3 abcdef	6,5 a
		UM270	80,3 abc	6,5 ab	5,0 a
	PV	CO	79,6 abc	6,4 abcd	4,6 a
		UM16	90,8 a	6,5 abc	5,8 a
		UM240	76,6 abc	6,4 abcd	5,1 a
		UM256	85,5 a	6,5 abc	5,5 a
		UM270	84,1 a	5,3 abcdef	6,3 a
811	FO	CO	37,1 f	4,3 bcdef	4,6 a
		UM16	36,8 f	4,6 bcdef	5,8 a
		UM240	38,6 ef	4,1 def	6,3 a
		UM256	36,3 f	4,2 cdef	4,0 a
		UM270	40,0 ef	4,5 bcdef	4,3 a
	PC	CO	43,3 def	5,1 abcdef	4,1 a
		UM16	39,5 ef	4,5 bcdef	5,0 a
		UM240	40,6 def	4,5 bcdef	5,6 a
		UM256	36,6 f	3,8 def	3,3 a
		UM270	39,6 ef	4,3 bcdef	4,1 a
	FS	CO	42,3 def	5,0 abcdef	4,0 a
		UM16	35,5 f	3,6 f	5,6 a
		UM240	45,3 def	4,3 bcdef	4,6 a
		UM256	38,8 ef	4,5 bcdef	4,1 a
		UM270	41,6 def	4,1 def	4,8 a
	PV	CO	37,5 ef	4,8 bcdef	5,5 a
		UM16	40,0 ef	4,5 bcdef	6,6 a
		UM240	41,1 def	4,5 bcdef	4,0 a
		UM256	38,0 ef	4,3 bcdef	4,6 a
		UM270	44,3 def	4,6 bcdef	4,5 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias, Tukey 0.05. CO: Testigo (plantas sin bacteria y sin hongo). FO: Testigo (planta con el hongo fitopatógenos), PC: *Phytophthora cinnamomi*, FS: *Fusarium sp.*, PV: *Phomopsis vaccinii*

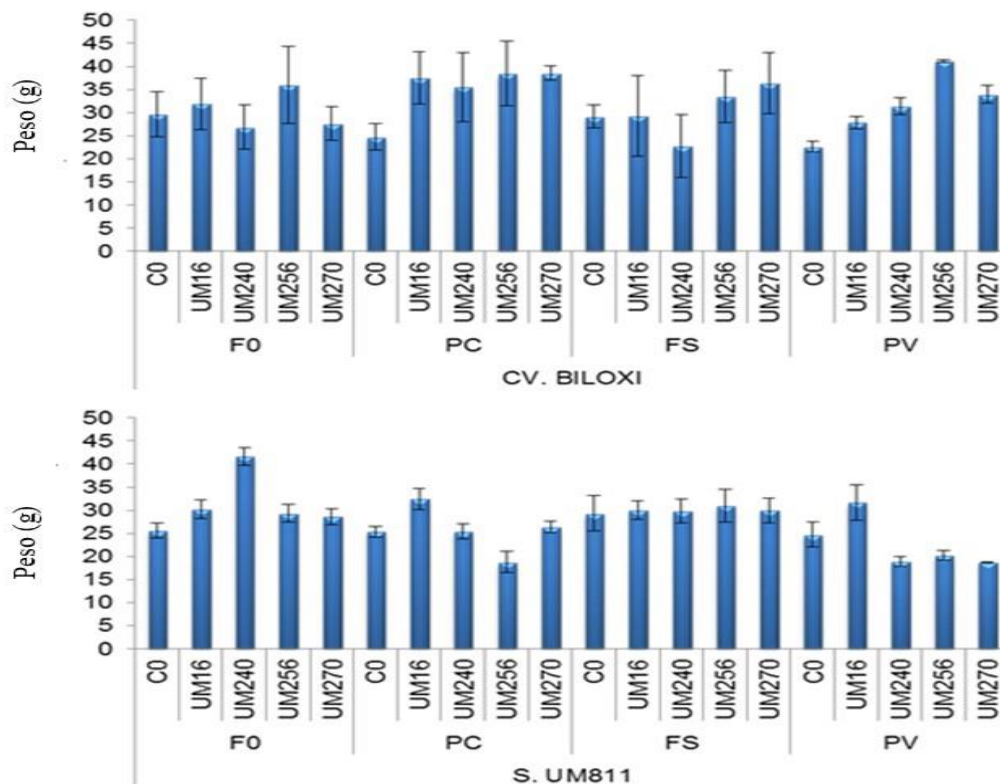


Figura 2. Masa seca de raíz (MSR) en dos genotipos de arándano Biloxi y UM811. C0: Testigo absoluto (sin *P. fluorescens* y hongos). F0: Testigo (solo con *P. fluorescens*), inoculadas con *Pseudomonas* y *Phytophthora cinnamomi* (PC), *Fusarium* sp. (FS) y *Phomopsis vaccinii* (PV).

La masa seca del área foliar (MSF) fue mayor en el genotipo Biloxi comparado con UM811. El mayor efecto se observó con la interacción de Biloxi-F0-UM16 y Biloxi-PV-UM16 con 29,3 g y 30,2 g, respectivamente. Las plantas que presentaron un menor desarrollo del área foliar fueron las del genotipo UM811-PC-UM256 y UM811-FS-UM256, con un promedio de 1,5 g y 9,3 g, respectivamente (Figura 3).

Los efectos fisiológicos de la inoculación de las cepas de *Pseudomonas*, solas o en combinación con los hongos fitopatógenos, están determinados por el efecto de las interacciones y en su mayoría por el genotipo de la especie vegetal. Los resultados concordaron con los reportados por De Silva *et al.* (2000), quienes demostraron que *Pseudomonas fluorescens* Pf 5 incrementaron el área foliar en un 60% en plantas de arándano cv. Bluecrop, así como el diámetro del tallo, el peso seco de raíz y de brotes. Además, los microorganismos promotores del crecimiento

vegetal incrementaron la concentración de nutrientes en las plantas

Las plantas de arándano, tanto del genotipo Biloxi, como UM118 toleraron la presencia de microorganismos fitopatógenos, ya sea *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp. y *Phomopsis vaccinii*, una vez inoculadas con las cepas de *Pseudomonas fluorescens*. Mediante el uso de estas cepas (UM16, UM256 y UM270), los hongos fitopatógenos fueron restringidos, bien por mecanismos directos o indirectos..

Phytophthora y *Fusarium* son dos géneros de patógenos que están presentes en todas las regiones productoras de arándano; han sido reportados en países como Estados Unidos y Chile (Prodorutti *et al.*, 2007). Los resultados que se obtuvieron en esta investigación permitieron observar que las plantas de arándano Biloxi infectadas con *Phytophthora* mostraron una disminución en la altura de las plantas, una reducción en la concentración de clorofila, además

de, un menor peso seco del área foliar y de la raíz. En Oregón se muestrearon 55 cultivares de blueberry y de acuerdo con Bryla y Linderman (2008) *Phytophthora* fue detectado en 24 % y *Pythium* en 85 %, de ellos. La especie identificada

fue *Phytophthora cinnamomi* y la encontraron con mayor frecuencia en los cv. Duke y Bluecrop, con 46 %; los cv. Rubel y Briggitta Blue 24 %, mientras que Berkeley, Bluejay, Bluetta, Darrow, Earliblue, Elliot y Powderblue no lo presentaron.

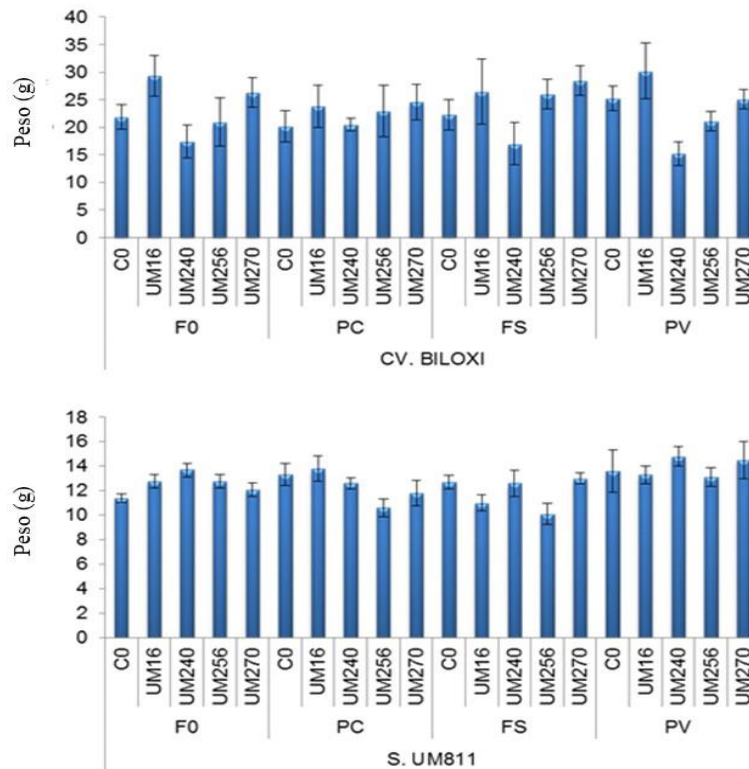


Figura 3. Masa seca del área foliar (MSF) en dos genotipos de arándano Biloxi y UM811. C0: Testigo absoluto (sin *P. fluorescens* y hongos). F0: Testigo (solo con *P. fluorescens*), inoculadas con *Pseudomonas* y *Phytophthora cinnamomi* (PC), *Fusarium* sp. (FS), *Phomopsis vaccinii* (PV).

Síntomas presentes los genotipos Biloxi y UM811 inoculados con *Phytophthora*, *Fusarium* y *Phomopsis*. Las plantas de Biloxi que fueron inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* no presentaron síntomas relacionados con la enfermedad, aunque tuvieron menor número de brotes y una reducción en la altura. Con *Fusarium* sp. mostraron coloraciones marrones en las hojas y clorosis, siendo más severos en las plantas testigo inoculadas únicamente con el patógeno. Durante los cinco meses de evaluación no se manifestaron daños por *Phomopsis vaccinii*; únicamente se mostró una necrosis en la zona donde se inoculó el fitopatógeno, con un mínimo daño. En el cultivar UM811 inoculadas sólo con *Phytophthora cinnamomi*, se observaron hojas con

clorosis y manchas marrones; fenómeno que también fue observado con *Fusarium* sp., pero no con *Phomopsis vaccinii* donde no se desarrollaron síntomas visibles, únicamente formaron una pequeña mancha necrótica en la zona de inoculación. De manera general, se observó una menor cantidad de follaje en las plantas inoculadas con los patógenos solos o combinados con la bacteria, en comparación con las plantas testigo.

Determinación de la inoculación eficiente de microorganismos en los genotipos Biloxi y UM811. Para comprobar la colonización del arándano, genotipos Biloxi y UM811, por los hongos fitopatógenos, se realizó su reaislamiento. Se aislaron todos los hongos de los testigos

Álvarez et al. *Pseudomonas fluorescens* y la tolerancia del arándano a hongos fitopatógenos

inoculados con los mismos (Figura 4). Las plantas que no fueron inoculadas, o bien se inocularon con las diferentes cepas de *Pseudomonas*, no presentaron a *Phytophthora* ni a *Fusarium*; pero si a *Phomopsis*. Aunque *Phytophthora* no fue aislado de ninguno de los genotipos coinoculados con este

patógeno, *Fusarium* si se aisló del cv. Biloxi con las cepas UM16, UM240 y UM256, pero no de Biloxi con UM270; mientras que en el caso de UM811 se presentó en las coinoculaciones con UM240 y UM270, pero no en UM811 con UM216 y UM256 (Figura 4).

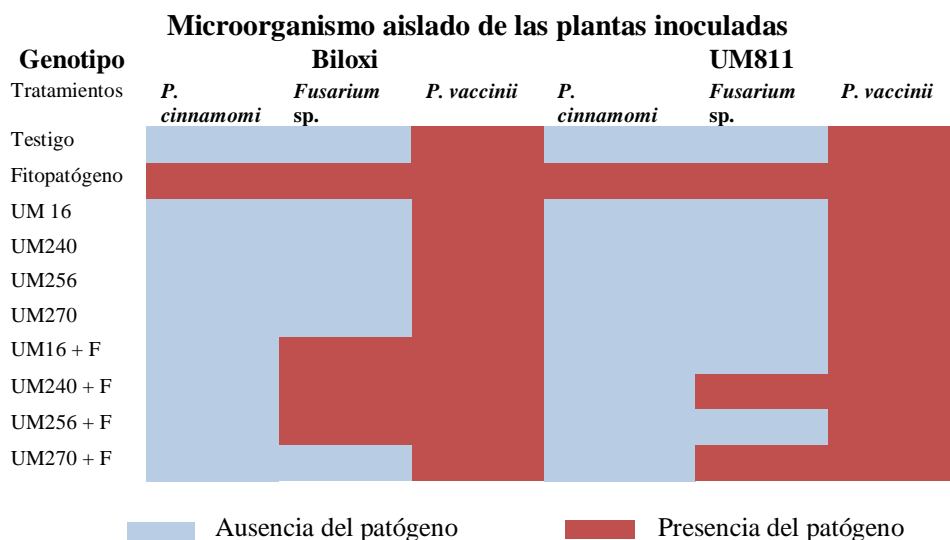


Figura 4. Presencia o ausencia de los hongos fitopatógenos *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp. y *Phomopsis vaccinii* en las plantas de arándano, genotipos Biloxi y UM811, coinoculados con *Pseudomonas* cepas UM16, UM240, UM256 y UM270.

Las cepas de *P. fluorescens* tienen la capacidad de colonizar la rizósfera, no sólo de arándano, sino de hortalizas y otras especies vegetales, donde logran estimular el crecimiento de las plantas e inhibir a hongos fitopatógenos de importancia agrícola (Hernández et al., 2018; Castaldi et al., 2021). Los resultados demostraron que *Pseudomonas fluorescens* UM270 disminuyó el desarrollo de *Phytophthora* y *Fusarium* en el genotipo Biloxi; en este sentido, Morales et al. (2023), demostraron que esta misma cepa presentó un excelente biocontrol en frutos de fresa sobre la incidencia de *Fusarium brachygibbosum*, *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata*, reduciendo su incidencia en 60, 55 y 65 % respectivamente, producto de los compuestos difusibles que esta cepa bacteriana produce. Tanto *Phytophthora* como *Fusarium* no fueron aislados del cv Biloxi que contenían a UM270, el genoma de esta bacteria ha sido secuenciado y analizado (Hernández et al., 2016). Los resultados del análisis de UM270 demostró que produce compuestos antifúngicos, entre los que destacan el phenazine, pyocyanina, pyoverdina,

2,4-diacetyl phloroglucinol y el volátil cianida de hidrógeno, los cuales son de gran importancia para el biocontrol de varios tipos de enfermedades como la secadera de ramas y tallos, el moho gris y la pudrición de tallos, raíces y frutos, causadas por hongos fitopatógenos, oomycetes y bacterias (Morales et al., 2023).

Estas características (producción de antibióticos, hormonas y compuestos volátiles) hacen a *Pseudomonas fluorescens* idónea para su uso en la agricultura, reduciendo la contaminación ambiental, la degradación de los suelos e incrementando la rentabilidad de los cultivos.

CONCLUSIONES

Pseudomonas fluorescens, cepas UM16, UM240, UM256 y UM270, tienen la capacidad de promover el desarrollo radical y foliar en los cv Biloxi y UM811 e inhibir a *Fusarium* sp. y *Phytophthora cinnamomi*, hongos que provocan pudrición, pero no inhiben a *Phomopsis vaccinii*, hongo que afecta las hojas de las plantas. Los genotipos respondieron de manera diferente a la

inoculación de *Pseudomonas* y a la coinoculación con hongos fitopatógenos. Se demostró que es posible utilizar a *Pseudomonas* en el cultivo de arándano, como una alternativa en la agricultura sustentable de este cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Coordinación de Investigación Científica (CIC)-UMSNH, por los fondos otorgados para este proyecto y al CONACyT por la beca de maestría del estudiante José A. Álvarez García.

LITERATURA CITADA

- Abbey, J.A., S.A. Alzohairy, K.A. Neugebauer, R.J. Hatlen y T.D. Miles. 2024. Fungicide resistance in *Botrytis cinerea* and identification of *Botrytis* species associated with blueberry in Michigan. *Fron. Microbiol.* 15: 1425392.
- Ahmad, F., I. Ahmad y M.S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple growth promoting activities. *Microbiological Research* 163: 173-181.
- Aguilar-Ancota, R., M.A. Imán-Castillo, J.A. Silupú-Masias., R. Rafael-Rutte, Y.H. Calle-Cheje, I.A. Campos de Silva *et al.* 2023. Prospección y alternativas de manejo de enfermedades fungosas asociadas en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agroind. Sci.* 13(3): 163-171.
- Bryla, D.R. y R.G. Linderman. 2008. Indices of *Phytophthora* and *Pythium* infection and the relation to cultural conditions in Commercial blueberry fields. *HortScience* 43(1): 260-263.
- Castaldi, S., M. Masi, F. Sautau, A. Cimmino, R. Istatico, M. Carmona *et al.* 2021. *Pseudomonas fluorescens* showing antifungal activity against *Macrophomina phaseolina*, a severe pathogenic fungus of soybean, produces phenazine as the main active metabolite. *Biomolecules* 11: 1728.
- Cortes-Solis, Y., V. Tovar-Rocha, J.C. Tovar-Rocha, G. Santoyo y M.C. Rocha-Granados. 2023. Growth parameters of blueberry (*Vaccinium* spp.) plants inoculated with *Pseudomonas fluorescens*. *Acta Biol. Colomb.* 28(1): 165-172.
- De Silva, A., K. Patterson, C. Rothrock y J. Moore. 2000. Growth promotion of highbush blueberry by fungal and bacterial inoculants. *HortScience* 35(7): 1228-1230.
- Dunford, N.T. 2022. Blueberries and health. *Functional Food Science* 2(1): 1-15.
- Faruque-Ahmad, M.D., F. Ali-Ahmad., A.A. Alsayegh, M.D. Zeyaulah, A.M. AlShahrani, K. Muzammil *et al.* 2024. Pesticides impacts on human and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Helyon* 10: e29128.
- González-Pérez, J.S., E. Cabrera-Huerta, A.E. Becerril-Román, J.A. Mora-Aguilera, Ma. de L. Arévalo-Galarza, A. López-Jiménez *et al.* 2024. Control químico de enfermedades fúngicas y bacterianas en el cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi. *Agro-Divulgación* 4(5).
- Guerra, G.A., C.A. Betancourth y C.E. Salazar. 2011. Antagónismo de *Pseudomonas fluorescens* Migula frente a *Fusarium oxysporum* fsp. Pisi Schtdl en arveja *Pisum sativum* L. *Rev. UDCA Acta & Cient.* 14(2): 33-42.
- Hernández-León, R., D. Rojas-Solís, M. Contreras-Pérez, Ma del C. Orozco-Mosqueda, L.I. Macías-Rodríguez, H. Reyes-de la Cruz *et al.* 2014. Characterization of the antifungal and plant growth-promoting effects of diffusible and volatile organic compounds produced by *Pseudomonas fluorescens* strains. *Biological Control* 81: 83-92.
- Hernández-Salmerón, J.E., R. Hernández-León, M.C. Orozco-Mosqueda, E. Valencia-Cantero, E. Moreno-Hagelsieb y G. Santoyo. 2016. Draft genome sequence of the biocontrol and plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas fluorescens* strain UM270. *Stand. Genom. Sci.* 11(5).
- Hernández-Salmerón, J.E., B.R. Hernández-Flores, M.C. Rocha-Granados., P.D. Loeza-Lara y G. Santoyo. 2018. Hongos fitopatógenos modulan la expresión de los genes antimicrobianos *phlD* y *hcnC* de la rizobacteria *Pseudomonas fluorescens* UM270. *Biotecnia XX*(82): 110-116.

Álvarez et al. Pseudomonas fluorescens y la tolerancia del arándano a hongos fitopatógenos

15. Landeros-Gálvez, E.C., A. Hernández-Pérez, E. Cerna-Chávez y Y.M. Ochoa-Fuentes. 2024. Diversidad de hongos asociados al cultivo del arándano en Michoacán, México. *Scientiafungoru* 55:e1449.
16. Lata, K., A.K. Saxena y K.V.B.R. Tilak. 2002. Biofertilizers to augment soil fertility and crop production. *In: Soil Fertility and Crop Production Science*. Publishers, USA. Edited by Krishna R. R. pp: 279-291.
17. Li, J., M. Hu, Y. Xue, X. Chen, G. Lu, L. Zhang y J. Zhou. 2020. Screening, identification and efficacy evaluation of antagonistic bacteria for biocontrol of soft rot disease caused by *Dickeya zea*. *Microorganism* 8(5): 697.
18. Li, S., Hou, R., M.F. Zhang y J.X. Shang. 2022. First report of *Fusarium commune* causing root rot of blueberry in Guizhou Province, China. *Plant Disease* 107(4).
19. Lyrene, M.P. 2021. Breeding cultivars from blueberry x deerberry hybrids: Progress and prospects. *HortScience* 56(4): 439-446.
20. Marian, M. y M. Shimizy. 2019. Improving performance of microbial biocontrol agents against plant diseases. *J. Gen. Plant Pathol.* 85: 329-336.
21. Mondragón-Flores, A., J. López-Medina, S. Ochoa-Ascencio y M. Gutiérrez-Contreras. 2012. Hongos asociados a la parte aérea del arándano en Los Reyes, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30: 141-144.
22. Morales-Cedeño, L.R., I.A. Barajas-Barrera, F.I. Parra-Cota, V. Valenzuela-Ruiz, S. de los Santos-Villalobos, P.D. Loeza-Lara *et al.* 2023. Evaluation of biocontrol potential of *Bacillus* spp. and *Pseudomonas fluorescens* UM270 against postharvest fungal pathogens. *Microbiol. Res.* 14: 1511-1523.
23. Prodorutti, D., I. Pertod, L. Giongo y L. Gessler. 2007. Highbush blueberry: Cultivation, protection, breeding and biotechnology. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(1): 44-56.
24. Ortiz-Galeana, M.A., J.E. Hernández-Salmerón, B. Valenzuela-Aragón., S. de Los Santos-Villalobos., M.C. Rocha-Granados y G. Santoyo. 2018. Diversidad de bacterias endófitas cultivables asociadas a plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi con actividades promotoras del crecimiento vegetal. *Chilean J. Agric. Anim. Sci. Ex Agro-Ciencia* 34(2): 140-15.
25. Rojas-Solís, D., C.E. Hernández-Pacheco y G. Santoyo. 2016. Evaluation of *Bacillus* and *Pseudomonas* to colonize the rhizosphere and their effect on growth promotion on in tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hor.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 22(1): 45-55.
26. Ru, S., S. Ding, J.E. Oliver y A. Amodu. 2023. A review of Botryosphaeria stem blight disease of blueberry from the perspective on plant breeding. *Agriculture* 13: 100.
27. Saharan, B.S. y V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research. LSMR-* 21: 1-30.
28. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pecuaría). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción-agrícola-por-cultivo/ (consulta junio 2025).
29. Siddiqui, Z. 2006. PGPR: prospective biocontrol agents of plant pathogens. *PGPR: Biocontrol and biofertilization*. Springer. pp. 211-220.
30. Torrecillas, A., A. León, F. Del Amor y M.C. Martínez-Mompeán. 1984. Determinación rápida de clorofila en discos foliares de limonero. *Fruits* 39(10): 617-622.
31. Weller, D.M. 2007. *Pseudomonas* biocontrol agents of soilborne pathogens: looking back over 30 years. *Symposium. The Nature and Application of Biocontrol Microbes III: Pseudomonas spp.* *Phytopathology* 97(2): 250-256.
32. Xu, C., H. Zhang, Z. Zhou, T. Hu, S. Wang, Y. Wang y K. Cao. 2015. Identification and distribution of Botryosphaeriaceae species associated with blueberry stem blight in China. *Eur. J. Plant Pathol.* 143: 737-752.
33. Zhao, L.N., H.X. Wang, G.H. Xu y Y.M. Chen. 2016. The latest *Vaccinium* cultivars and their characteristics released by the United States. *Zhongguo Nanfang Guoshu (South China Fruits)* 45(05): 174-180.

