

Uso de microorganismos benéficos en el cultivo de uchuva

Wilmar Alexander Wilches-Ortiz^{1,§}

María Margarita Ramírez-Gómez¹

Diana Paola Serralde-Ordoñez¹

Andrea María Peñaranda-Rolón¹

Andrés Díaz-García²

1 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Centro de Investigación Tibaitatá. Colombia

2 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Centro de Investigación Sede Central. Vía Mosquera Bogotá km 14, Mosquera-Cundinamarca, Colombia. CP. 250047.

Autor para correspondencia: wwilches@agrosavia.co.

Resumen

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una fruta tropical de interés para la exportación en Colombia, una de las principales causas de la baja productividad está asociada a la susceptibilidad a *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (Foph), causante de marchitez vascular. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal de forma individual y en mezcla, como estrategia para la tolerancia del cultivo a la enfermedad. Se estableció un ensayo de validación de un ciclo de cultivo en los años 2022 y 2023 en Granada, Cundinamarca (Colombia) para tres materiales de uchuva (Dorada, Comercial y Agricultor) con tres tratamientos; dos corresponden a la inoculación con microorganismos benéficos con hongos formadores de micorrizas arbusculares (*Rhizoglyphus irregularis* y *Acaulospora mellea*) (T1), de hongos formadores de micorrizas arbusculares + bacterias promotoras de crecimiento vegetal (*Bacillus subtilis* Bs006) (T2) y un control sin inoculación (T3). La fertilización de T1 y T2 se realizó al 50% y T3 al 100%. Se evaluó la severidad de la enfermedad, variables de desarrollo agronómico, producción del cultivo y calidad de frutos. Los resultados mostraron relación entre los de hongos formadores de micorrizas arbusculares con el peso con y sin capacho, frutos de exportación y altura de la planta. También se observó relación entre los de hongos formadores de micorrizas arbusculares + bacterias promotoras de crecimiento vegetal con la producción, cantidad de frutos y °Brix. Finalmente, en los tres materiales se notó que sin inoculación se favoreció el progreso de la marchitez vascular y frutos que no cumplen criterios de exportación. Se concluyó que la inoculación con microorganismos benéficos ejerce un efecto antagónico a la enfermedad de la marchitez vascular causada por Foph.

Palabras clave:

Acaulospora mellea, *Bacillus subtilis*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali*, *Rhizoglyphus irregularis*.



Introducción

El cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) es ampliamente difundido en el mercado internacional principalmente por su valor nutricional (Etzbach *et al.*, 2018). Con un alto impacto económico y social a nivel nacional, debido a su importancia para la seguridad alimentaria y por su demanda internacional. Para 2021 las exportaciones de uchuva en Colombia aumentaron 16% y la producción aumentó un 7% (Agronet, 2022).

En Colombia la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (Foph) es una limitante fitosanitaria del cultivo de uchuva, causando pérdidas de alrededor del 80% en la producción (Simbaqueba *et al.*, 2018), adicionalmente su control es muy difícil debido a que las clamidosporas permanecen viables por más de 15 años en suelo y toleran el efecto de los fungicidas aplicados al mismo (García-Bastidas *et al.*, 2019).

Para el control de patógenos del suelo, el desarrollo de medidas de control biológico con microorganismos rizosféricos es actualmente una alternativa prometedora que conduce a la disminución en la incidencia y severidad de la enfermedad (Chávez-Ramírez *et al.*, 2020). En ese sentido, las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (BPCV) y los Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HFMA) desencadenan mecanismos asociados a la supresión de enfermedades de las plantas (El-Saadony *et al.*, 2022).

Mohamed *et al.* (2019) destacaron la actividad biocontrol de los HFMA y BPCV contra fitopatógenos en plantas de frijol. La asociación de HFMA y BPCV para reducir el marchitamiento por *Fusarium* en plantas de uchuva ha sido poco explorada. Por lo tanto, el objetivo fue el de evaluar la capacidad biocontrol en campo de *F. oxysporum* Foph con la aplicación de HFMA y en mezcla con BPCV y su efecto en la productividad del cultivo.

Materiales y métodos

Caracterización inicial del lote

Se seleccionó un lote de producción de uchuva con historial de presencia de la enfermedad de marchitez vascular en el que se realizó un muestreo inicial georreferenciado tipo cuadrícula en puntos equidistantes para determinar las poblaciones iniciales de *Fusarium* y de HFMA. Las muestras de suelo recolectadas fueron llevadas para análisis en el Laboratorio de Microbiología Agrícola de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA (Centro de Investigación Tibaitatá).

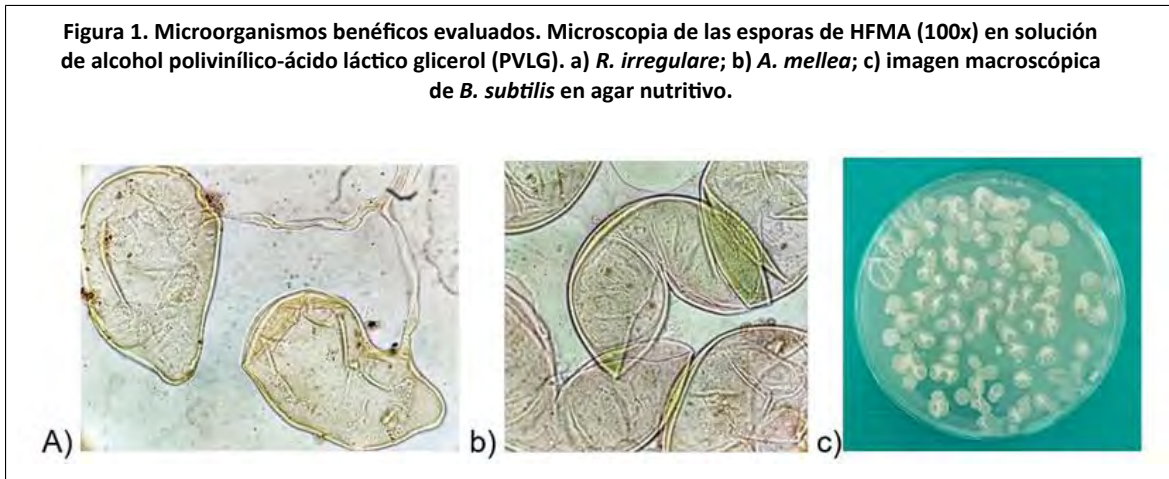
Para *Foph* se realizó detección del patógeno mediante el crecimiento de diluciones de las muestras de suelo en medio Komada y para la cuantificación de los HFMA se utilizó la técnica de tamizado húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963). Esto con la finalidad de conocer la cantidad de esporas por gramos de suelo de los microorganismos previo al establecimiento del material vegetal y las poblaciones iniciales del patógeno.

Localización, material vegetal y microorganismos

Posterior a la caracterización del lote, se estableció un ensayo de validación en campo en Granada, Cundinamarca, una de las regiones de mayor producción de uchuva en Colombia. El ensayo a nivel semicomercial se estableció aleatoriamente en nueve parcelas con unidades experimentales de 72 plantas cada una para dos tratamientos de inoculación (T1: HFMA y T2: HFMA+ BPCV; 50%; fertilización química) y un control (T3: Sin inoculación; 100%; fertilización química) en tres materiales de uchuva, correspondientes a un ecotipo de la región (material agricultor; "Uchuvón"), una variedad utilizada comercialmente en diversas regiones (material comercial) y finalmente la variedad Dorada desarrollada y liberada por AGROSAVIA (Núñez-Zarantes *et al.*, 2016).

Se utilizaron los HFMA *Rhizoglyphus irregularis* (Blaszkowski *et al.*, 2008; Sieverding *et al.*, 2014) y *Acaulospora mellea* (Schenck *et al.*, 1984) pertenecientes al Banco de Germoplasma de la

Colección de Microorganismos con Interés en Biofertilizantes (CMIB) de AGROSAVIA (Figura 1). Con respecto a la cepa BPCV, se utilizó el bioproducto Natibac[®] cuyo ingrediente activo es *Bacillus subtilis* cepa Bs006 (antes *Bacillus amyloliquefaciens*) (Figura 1c), cuya producción y control de calidad se realizó en las instalaciones de la Planta Piloto de Bioproductos de Agrosavia.



La multiplicación de los HFMA se efectuó con hospederos de cebolla (*Allium fistulosum* L.) sembradas en macetas de 500 g de capacidad en sustrato suelo:arena estéril (2:1 v/v). El control de calidad del inóculo se realizó a los cinco meses mediante tamizado húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963), con recuento de 144 esporas g⁻¹.

La inoculación de los HFMA se llevó a cabo a partir de 70 esporas por planta en bandejas de 72 alveolos en condiciones de casa de malla, posteriormente fueron llevadas a campo. La forma y frecuencia de aplicación de Natibac[®] se hizo de acuerdo a las condiciones estandarizadas previamente (Beltrán-Acosta *et al.*, 2023). Se aplicó en la germinación de las plántulas de uchuva en condiciones de casa de malla y en el trasplante a campo con dos refuerzos cada 15 días en cada una de las etapas (plantulaje y trasplante).

El manejo del cultivo se realizó al tener en cuenta el potencial biofertilizante de los microorganismos por lo que se aplicó para los tratamientos 1 y 2, la mitad de la dosis y para el tratamiento control la dosis completa recomendada de fertilización química de acuerdo con el análisis de suelos. El manejo de plagas, enfermedades, arvenses y tutorado se mantuvieron según el criterio del productor en todos los tratamientos.

Para la evaluación agronómica se midieron las variables de peso y cantidad de frutos en 10 plantas aleatorias por parcela. Adicionalmente a estos frutos se les midió con refractómetro los sólidos solubles totales (°Brix). Finalmente se registró el peso total de frutos y el porcentaje de calidad tipo exportación de cada parcela.

Severidad de la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (Foph)

Se utilizó la escala de severidad del marchitamiento vascular de la uchuva (0 a 5) con registros conjuntos del porcentaje de severidad de 0 a 100%. La evaluación se realizó de las 72 plantas por parcela con lecturas del porcentaje de área foliar y tallos afectados, a través de percepción visual desde el tercio inferior hasta el superior.

Con los datos de severidad se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC, por sus siglas en inglés), el cual es un resumen cuantitativo útil de la intensidad de la enfermedad a lo largo del tiempo. El método utilizado fue el trapezoidal, se discretizó la variable de tiempo (días después de siembra) y se calculó la intensidad promedio de la enfermedad entre cada par de puntos de tiempo (Madden *et al.*, 2007).

En la Ecuación 1 se expresa el cálculo del AUDPC en donde los valores obtenidos son estandarizados sin unidades.

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{N_i-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

(Ecuación 1).

Donde: N= número de mediciones de la enfermedad en el tiempo; t_i = puntos de tiempo de muestra en una secuencia; y_i = medidas asociadas del nivel de enfermedad.

Análisis estadísticos

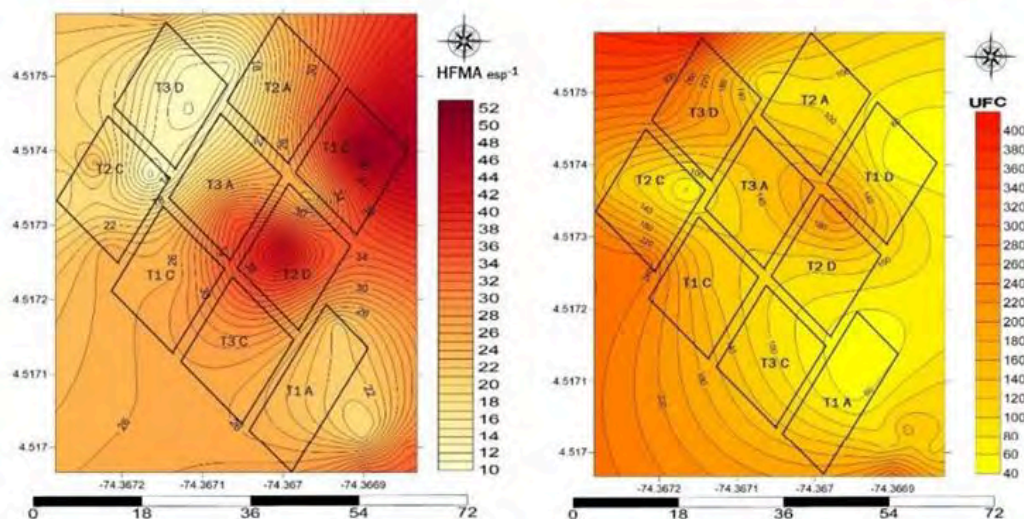
Para los datos agronómicos, de producción y de severidad de la enfermedad se realizó análisis de varianza ($\alpha= 0.05$), pruebas t de Student y de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$). Se incluyó un análisis de correspondencia canónica entre tratamientos y variables. Se utilizó el programa estadístico R[®] v.4.3.2 (R Core Team, 2020).

Resultados y discusión

Caracterización inicial del lote

Con los datos obtenidos en laboratorio de las muestras de suelo, se identificó la distribución inicial de las poblaciones de HFMA y *Foph* en el lote. En la Figura 2 se muestran los mapas que representan gráficamente la densidad de los microorganismos en el suelo por medio de interpolación "IDW" (Ponderación de distancia inversa) y se ilustra la distribución de las parcelas de forma aleatoria en el lote.

Figura 2. Representación gráfica de la densidad de las poblaciones hongos formadores de micorriza arbuscular (HFMA) y *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (*Foph*) en el suelo y distribución de las parcelas y tratamientos en el mismo. T= tratamiento; A= material Agricultor; C= material Comercial; D= variedad Dorada.



La distribución de *Foph* en el lote es de 40 a 400 unidades formadoras de colonia UFC g^{-1} suelo, lo que permitió en el estudio asegurar la presencia del patógeno en el lote. Para los HFMA se encontró valores de 10-40 esporas g^{-1} suelo, contenidos cercanos a los reportados en el estudio de estos hongos en el cultivo de uchuva en la misma localidad (Granada), los cuales van de 5-35 esporas g^{-1} suelo (Ramírez-Gómez et al., 2019).

Severidad de la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (Foph)

Al evaluar el desarrollo y progreso de la enfermedad de la marchitez vascular se observó un porcentaje de severidad mayor en los tratamientos control, ratificando los valores del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, que presentan diferencias significativas en los tratamientos control con respecto a los de inoculación, en donde fue menor para la mezcla (HFMA + BPCV) seguido de los HFMA de forma individual.

En las Figuras 3 y 4 se observa un mayor control de la enfermedad con la mezcla de los HFMA+ BPCV respecto al control sin inoculación con diferencias estadísticas en el AUDPC, en los materiales comercial y agricultor, lo que demuestra potencial biocontrolador de la enfermedad por parte de estos microorganismos. Esto coincide con los reportes de Moreno-Velandia *et al.* (2019) en donde demostraron la actividad de biocontrol y promotora de crecimiento vegetal de la uchuva con *Bacillus velezensis* contra el marchitamiento por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (Foph)).

Figura 3. Severidad de la marchitez vascular y área bajo la curva en el material comercial. HFMA= *R. irregularare* y *A. mellea*; BPCV= *B. subglis*; AUDPC= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; DDS= días después de siembra. Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

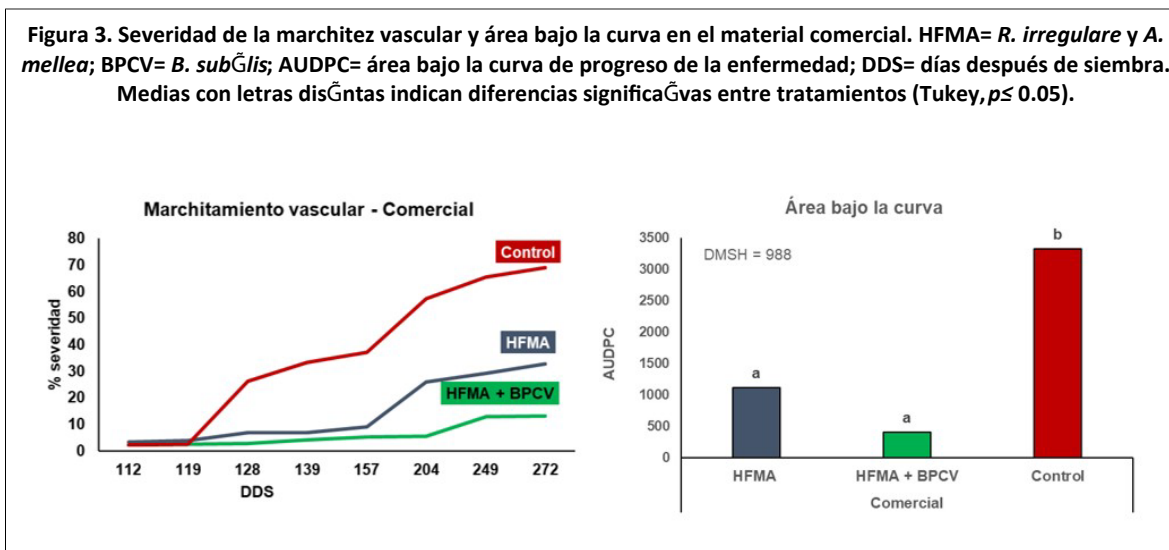
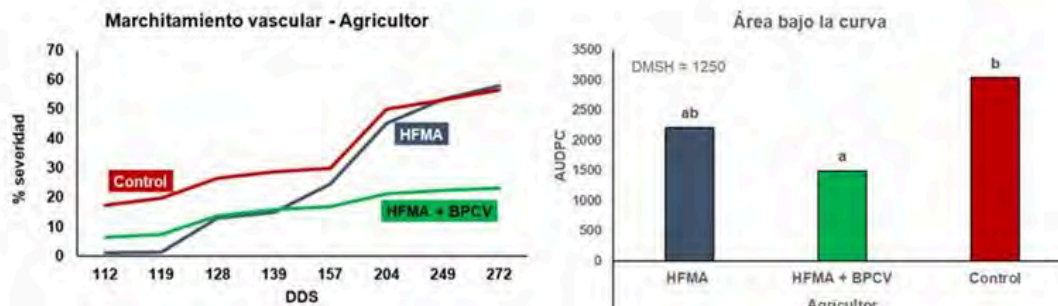


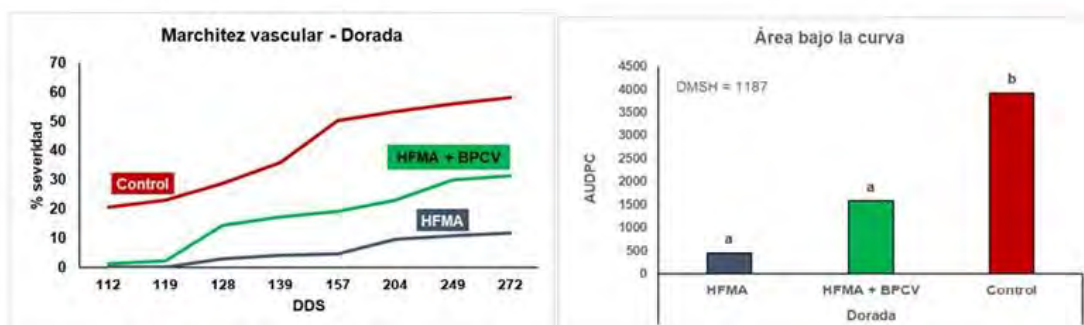
Figura 4. Severidad de la marchitez vascular y área bajo la curva en el material Agricultor. HFMA= *R. irregularis* y *A. mellea*; BPCV= *B. subtilis*; AUDPC= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; DDS= días después de siembra. Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).



Los autores atribuyen a la cepa de prueba un potencial antagónico contra *Foph*. Lo cual se complementa con los HFMA evaluados (*R. irregularis* y *A. mellea*), que potencializaron este efecto antagónico en conjunto con la BPCV en los dos materiales de uchuva.

En la Figura 5 se observa la marchitez vascular en la variedad Dorada en donde destacan los HFMA con porcentajes de severidad más bajos respecto a los demás tratamientos. Esto coincide con Ramírez-Gómez *et al.*, (2016) en donde encontraron que las plantas de uchuva inoculadas con una mezcla de HFMA tuvieron una baja incidencia y severidad de la marchitez vascular causada por *F. oxysporum* en comparación con los controles, lo cual demuestra un buen desarrollo agronómico y sanidad vegetal en el cultivo.

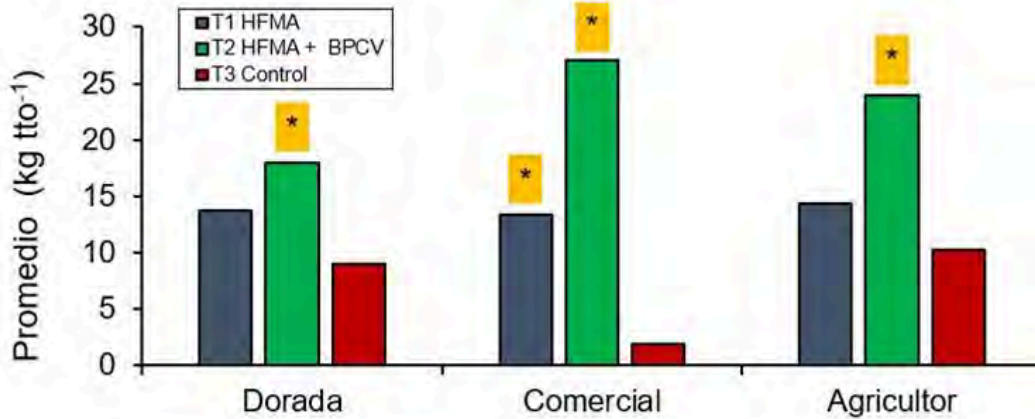
Figura 5. Severidad de la marchitez vascular y área bajo la curva en la variedad Dorada. HFMA= *R. irregularis* y *A. mellea*; BPCV= *Bacillus subtilis*; AUDPC= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; DDS= días después de siembra. Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).



Producción

De acuerdo con los resultados de la prueba t-Student y con el p-valor obtenido, con un nivel de significancia del 5%, se concluyó que las medias muestrales difirieron estadísticamente para los tratamientos de inoculación con respecto al control, lo cual se corrobora en el gráfico con diferencias en la producción obtenida entre los tratamientos HFMA + BPCV y control sin inoculación en cada variedad. El tratamiento HFMA y el control en el material Comercial, muestran diferencias significativas (Figura 6).

Figura 6. Producción frutos de uchuva por parcela en tres materiales evaluados en campo. HFMA= *R. irregulare* y *A. mellea*; BPCV= *B. subtilis*. Medias con *, indican diferencias significativas con el tratamiento control en cada material (t-Student, $p \leq 0.05$).



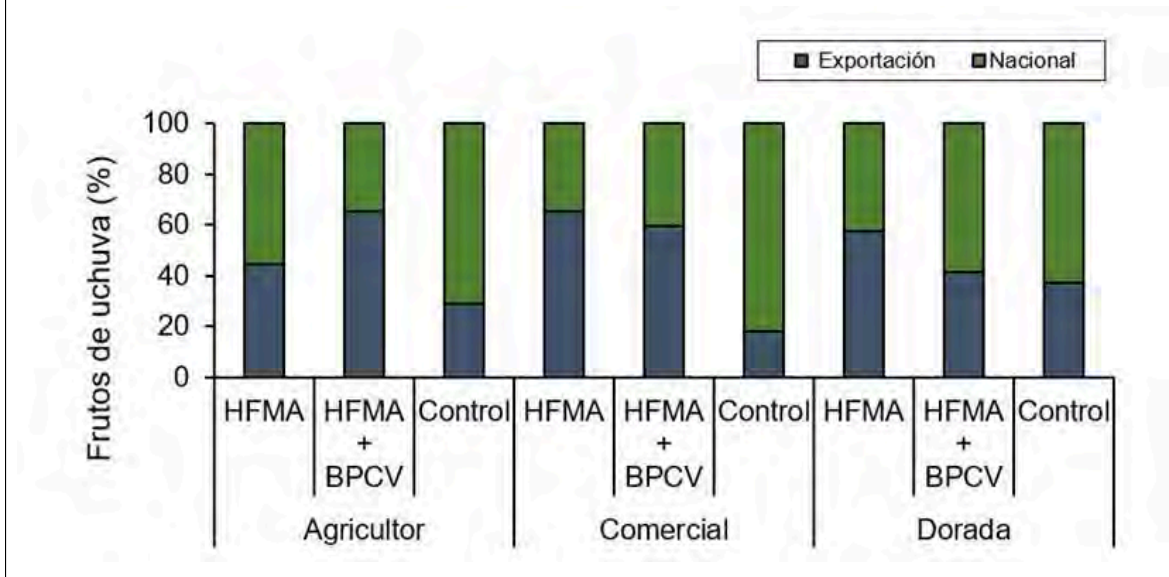
Estos resultados concuerdan con otros en solanáceas como el de Desai *et al.* (2020) en donde revelaron en plantas de *Solanum lycopersicum* L. y *Capsicum annum* L. inoculadas con *Bacillus sonorensis* y *Funneliformis mosseae*, un estado fitosanitario sano y un crecimiento vigoroso en comparación con las no inoculadas. Beltrán-Acosta *et al.* (2023) obtuvieron que la inoculación con *B. subtilis* incrementó 58% la longitud de los tallos y 119% el peso seco aéreo de plántulas de uchuva en comparación con el control.

Guana *et al.* (2011) evaluaron la inoculación con HFMA en uchuva, identificando el potencial de *A. mellea* en el desarrollo radicular en etapa de vivero y mayor producción de biomasa. En producción encontraron un 45% de incremento con *A. mellea* respecto al tratamiento control y un efecto superior al 60% debido a la inoculación de *A. mellea* y *R. irregulare* (antes *Glomus intraradices*) con un menor porcentaje de rajado de fruto.

En el presente estudio se evaluó la calidad del fruto obtenido, con base en el destino de comercialización, el cual está definido por las demandas del mercado internacional en donde los tratamientos de inoculación reflejaron un mayor porcentaje de frutos de exportación respecto al control para los materiales bajo estudio (Figura 7).



Figura 7. Comercialización de frutos de uchuva en los diferentes materiales evaluados en campo. HFMA= *R. irregulare* y *A. mellea*; BPCV= *B. subtilis*.

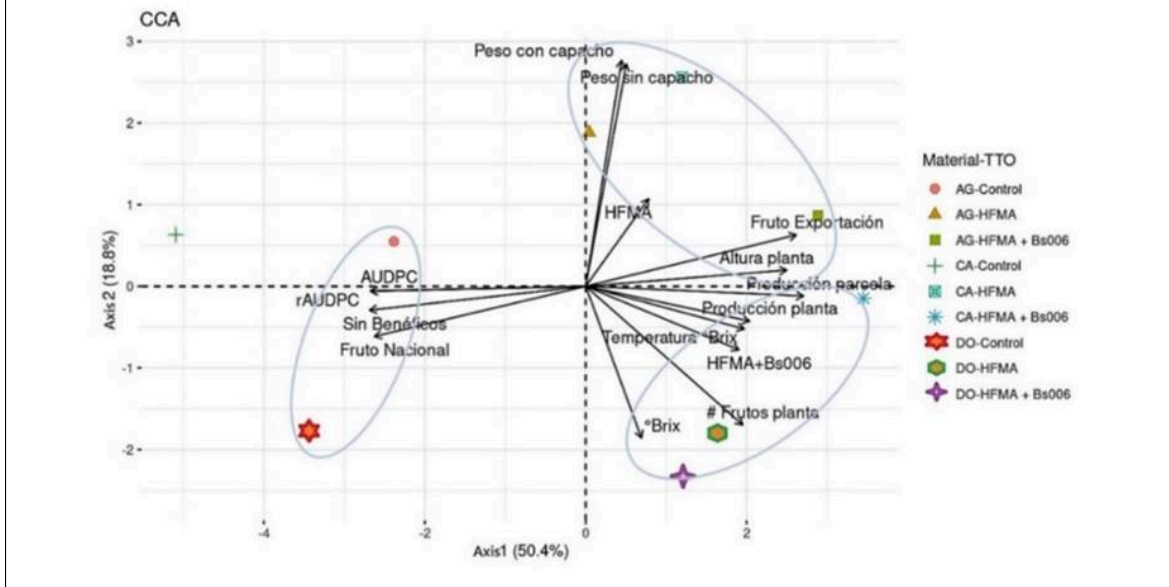


Correlaciones entre factores y variables respuesta.

En la Figura 8 se observa el comportamiento e interacción de los tres materiales de uchuva bajo estudio con los diferentes tratamientos. A través del análisis de correspondencia canónica (CCA) con un 71.5% de la varianza total se confirmó las correlaciones positivas entre variables y tratamientos, donde se destacan la alta afinidad entre los HFMA con las variables de peso con y sin capacho, frutos de exportación y altura de la planta con una mayor representación en los materiales de agricultor y comercial.



Figura 8. Análisis de correspondencia canónica de los microorganismos benéficos con producción, calidad y tolerancia a *F. oxysporum* f. sp. *physali* en tres materiales de uchuva. AG= Agricultor; CA= Comercial; Do= Dorada; control= sin inoculación; HFMA= *R. irregularis*, *A. mellea*; Bs006= *B. subtilis*; AUDPC= área bajo la curva de progreso de la enfermedad; rAUDPC= relativo del AUDPC.



También se observó una alta relación entre los HFMA+BPCV con la producción, cantidad de frutos y °Brix. En los tres materiales sin inoculación existe correlación con las variables de AUDPC y su relativo, así como con los frutos de menor calidad (nacional), variables que tienden a ser inversamente proporcionales a la inoculación con HFMA.

Estos resultados coinciden con otros estudios como el de Wilches-Ortiz *et al.* (2022) en donde reportan la contribución de los HFMA *R. irregularis* y *A. mellea*, relacionados directamente con la calidad de panela en caña de azúcar. En otras solanáceas como *S. lycopersicum*, estudios de Schubert *et al.* (2020) demostraron que *R. irregularis* contribuye al mejoramiento de la calidad y los °Brix en frutos de tomate. En el presente estudio se vio reflejada esta relación potencializada en la mezcla de los HFMA con la BPCV, que contribuyó en la producción de frutos de uchuva y sus °Brix.

Conclusiones

La inoculación de los microorganismos benéficos evaluados ejerce un efecto antagónico a la enfermedad de la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* (*Foph*), este efecto es potencializado con los dos grupos funcionales hongos formadores de micorriza arbuscular y bacterias promotoras de crecimiento vegetal (HFMA + BPCV).

Los HFMA contribuyen en una mayor producción de frutos exportación y altura de la planta de uchuva, mientras que la mezcla HFMA y BPCV se relacionó con una mayor producción de frutos y calidad de frutos expresada en °Brix.

Se demostró que la falta de inoculación tanto de los HFMA de forma individual y en mezcla con BPCV favoreció la marchitez vascular causada por *Foph*, así como una disminución en la producción y calidad del fruto sin cumplir estándares de exportación. El presente estudio se consolida como base para futuras investigaciones del efecto biocontrol de estos microorganismos con potencial de transferencia a otros cultivos.

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia-MADR, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Gobernación de Cundinamarca y al Sistema General

de Regalías, por la financiación y ejecución del producto: Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación que reduzca la baja competitividad de uchuva derivada de la emergencia por el Covid-19, mediante la disminución del marchitamiento vascular en Ubaté y Granada, Cundinamarca. Convenio 2049. BPIN 2020000100700.

Bibliografía

- 1 Agronet. 2022. Colombia es el mayor productor y exportador de uchuva a nivel mundial. Agronet-Noticias. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Colombia-es-el-mayor-productor-y-exportador-de-uchuva-a-nivel-mundial.aspx>.
- 2 Beltrán-Acosta, C. R.; Zapata-Narváez, Y. A.; Millán-Montaño, D. A. y Díaz-García, A. 2023. Efecto de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas migulae* sobre el crecimiento de plántulas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en semillero. Agronomía Mesoamericana. 34(1):1-11. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50669>.
- 3 Błaszowski, J. B. C.; Tesfaye, W. T. S. and Renker, C. 2008. *Glomus irregulare*, a new arbuscular mycorrhizal fungus in the Glomeromycota. Mycotaxon. 106(4):247-267.
- 4 Chávez-Ramírez, B.; Kerber-Díaz, J. C.; Acoltzi-Conde, M. C.; Ibarra, J. A.; Vásquez-Murrieta, M. S. and Estrada-Santos, P. 2020. Inhibition of rhizoctonia solani RhCh-14 and *Pythium ultimum* PyFr-14 by *Paenibacillus polymyxa* NMA1017 and Burkholderia cenocepacia CACua-24: a proposal for biocontrol of phytopathogenic fungi. Microbiological Research. 230(1):126347-126347. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126347>.
- 5 Desai, S. L.; Bagyaraj, D. J. and Ashwin, R. A. 2020. Inoculation with microbial consortium promotes growth of tomato and capsicum seedlings raised in pro trays. Proceedings of the national academy of sciences, India Section B: Biological Sciences. 90(1):21-28. <https://doi.org/10.1007/s40011-019-01078-w>.
- 6 El-Saadony, M. T.; Saad, A. M.; Soliman, S. M.; Salem, H. M.; Ahmed, A. I.; Mahmood, M.; El-Tahan, A. M.; Ebrahim, A. A. M.; El-Mageed, A. T.; Negm, S. H.; Selim, S.; Babalghith A. O.; Elrys A. S.; El-Tarabily, K. A. and AbuQamar, S. F. 2022. Plant growth-promoting microorganisms as biocontrol agents of plant diseases: mechanisms, challenges and future perspectives. Frontiers in Plant Science. 13(1):923880-923880. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.923880>.
- 7 Etbach, L.; Pfeiffer, A.; Weber, F. and Schieber, A. 2018. Characterization of carotenoid profiles in goldenberry (*Physalis peruviana* L.) fruits at various ripening stages and in different plant tissues by HPLC-DAD-APCI-MSn. Food Chemistry. 245:508-517. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.120>.
- 8 García-Bastidas, F. A.; Quintero-Vargas, J. C.; Ayala-Vasquez, M.; Schermer, T.; Seidl, M. F.; Santos-Paiva, M.; Noguera, A. M.; Aguilera-Galvez, C.; Wittenberg, A. Hofstede, R.; Sørensen, A. and Kema, G. H. J. 2019. First report of fusarium wilt tropical race 4 in cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. Plant Disease. 104(3):994-994. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1922-PDN>.
- 9 Gerdemann, J. W. and Nicolson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society. 46(2):235-244. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(63)80079-0).
- 10 Guana, O. A.; Rodríguez, V. A.; Ramírez, M. M. y Roveda, H. G. 2011. Evaluación del efecto de la inoculación de plantas de uchuva con hongos formadores de micorrizas arbusculares. Suelos Ecuatoriales. 41(2):122-127.
- 11 Madden, L. V.; Hughes, G. and Van Den-Bosch, F. 2007. The study of plant disease epidemics. Am. Phytopath. Society. (Issue 632.3 M33). 279-318. <https://doi.org/10.1094/9780890545058>.

- 12 Mohamed, I. A.; Eid, K. E.; Abbas, M. H. H.; Salem, A. A.; Ahmed, N.; Ali, M.; Shah, G. M. and Fang, C. 2019. Use of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizae to improve the growth and nutrient utilization of common bean in a soil infected with white rot fungi. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 171:539-548. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.100>.
- 13 Moreno-Velandia, C. A.; Izquierdo-García, L. F.; Ongena, M.; Kloepper, J. W. and Cotes, A. M. 2019. Soil sterilization, pathogen and antagonist concentration affect biological control of *Fusarium* wilt of cape gooseberry by *Bacillus velezensis* Bs006. *Plant and Soil*. 435(1):39-55. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3866-4>.
- 14 Núñez-Zarantes, V. M.; Sánchez-Betancourt, E. P.; Mayorga-Cubillos, F. G.; Navas-Arboleda, A. A. y Gómez-Gil, L. F. 2016. Corpoica dorada: variedad de uchuva para Boyacá, Cundinamarca y Antioquia. ## Corporación colombiana de investigación agropecuaria-Agrosavia. 4-6 pp. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11565>.
- 15 R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>.
- 16 Ramírez-Gómez, M.; Pérez-Moncada, U.; Serralde-Ordoñez, D.; Peñaranda-Rolón, A.; Roveda-Hoyos, G. and Rodríguez-Villalta, A. 2019. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi communities associated with cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) crops. *Agronomía Colombiana*. 37(3):239-254. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n3.74008>.
- 17 Ramírez-Gómez, M. M.; Pérez-Moncada, U. A.; Serralde-Ordóñez, D. P. and Peñaranda-Rolón, A. M. 2016. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on vascular wilt control caused by *Fusarium oxysporum* in cape gooseberry plantlets. 1 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22120>.
- 18 Schenck, N. C.; Spain, J. L.; Sieverding, E. and Howeler, R. H. 1984. Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. *Mycologia*. 76(4):685-699. <https://doi.org/10.1080/00275514.1984.12023899>.
- 19 Schubert, R.; Werner, S.; Cirka, H.; Rödel, P.; Moya, Y. T.; Mock, H. P.; Hutter, I.; Kunze, G. and Hause, B. 2020. Effects of arbuscular mycorrhization on fruit quality in industrialized tomato production. *International Journal of Molecular Sciences*. 21(19):1-15. <https://doi.org/10.3390/ijms21197029>.
- 20 Sieverding, E.; Da Silva, G. A.; Berndt, R. and Oehl, F. 2014. *Rhizoglosum*, a new genus of the Glomeraceae Mycotaxon. 129(2):373-386. <https://doi.org/10.5248/129.373>.
- 21 Simbaqueba, J.; Catanzariti, A.; González, C. and Jones, D. A. 2018. Evidence for horizontal gene transfer and separation of effector recognition from effector function revealed by analysis of effector genes shared between cape gooseberry#and tomato#infecting formae speciales of *Fusarium oxysporum*. *Molecular Plant Pathology*. 19(10):2302-2318. <https://doi.org/10.1111/mpp.12700>.
- 22 Wilches-Ortiz, W. A.; Ramírez-Gómez, M. M.; Reyes-Mendez, L. M.; Pérez-Moncada, U. A.; Serralde-Ordoñez, D. P. y Peñaranda-Rolon, A. M. 2022. Hongos formadores de micorrizas arbusculares en caña de azúcar y su relación en calidad y rendimiento de panela. *Revista Centro Azúcar*. 49(3):78-89. <http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro-azucar/article/view/716>.



Uso de microorganismos benéficos en el cultivo de uchuva

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

Article/Issue Information
Date received: 01 November 2024
Date accepted: 01 January 2025
Publication date: 27 January 2025
Publication date: Jan-Feb 2025
Volume: 16
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3480
DOI: 10.29312/remexca.v16i1.3480
Funded by: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia-MADR
Funded by: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Funded by: Gobernación de Cundinamarca y al Sistema General de Regalías
Award ID: 2020000100700

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Acaulospora mellea

Bacillus subtilis, Fusarium oxysporum f. sp. physali

Rhizoglyphus irregularis

Counts

Figures: 8

Tables: 0

Equations: 1

References: 22

Pages: 0