

FUSARIOSIS EN PLÁTANOS (*MUSSA PARADISIACA*) EN VENEZUELA, ALTERNATIVAS DE MANEJO Y CONTROL

(*Fusariosis in bananas (Mussa paradisiaca) in Venezuela, control management alternatives*)

**Dervi Nailin Candela-Echenique¹, Andrés José Castillo-Perdomo¹, Nirza de la Cruz
Noguera-Machado^{1*}**

Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo (FCS-UC), Núcleo Aragua

*Correspondencia a: moguera1@uc.edu.ve.

Recibido: 10/04/2023

Aceptado: 08/05/2023

RESUMEN

La Fusariosis o “Mal de Panamá” es una enfermedad caracterizada por el marchitamiento de la planta y es ocasionada por hongos del género *Fusarium*. Está distribuida a nivel mundial, y en la actualidad representa una amenaza emergente para los cultivos de musáceas en Venezuela y otros países de Latinoamérica, específicamente la producida por *Fusarium oxysporum* cepa 4 tropical (Foc R4T). Los bananos (*Mussa paradisiaca*), incluidos los plátanos y el cambur, son de suma importancia en la dieta de la población y ocupan los primeros lugares de producción de frutales en la región. En consecuencia, la presente revisión tuvo como objetivo analizar la información disponible más reciente sobre esta enfermedad, destacando las alternativas de manejo y tratamientos para el control. Algunos investigadores han demostrado la eficacia de los extractos en la inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium*, de hasta en un 100%. Entre los extractos que han demostrado efectividad destacan: “clavo de olor” (*Syzygium aromaticum*), galanga (*Alpinia galanga*), jazmín de serpiente (*Rhinacanthus nasutus*), cayena (*Hibiscus rosasinensis*), entre otros. Sin embargo, el tratamiento empleado comúnmente a nivel de campo es el químico, con Bromuro de metil, cloropicrina y amonio cuaternario, los cuales son altamente contaminantes al ambiente. En consecuencia, los investigadores siguen trabajando en esta materia a fin de hallar la mejor alternativa de control.

Palabras clave: *Fusarium spp*, Fusariosis, extractos vegetales, inhibición.

SUMMARY

Fusarium wilt disease or "Panama disease" is a disease characterized by wilting of the plant and is caused by fungi of the genus *Fusarium*. It is distributed worldwide, and currently represents an emerging threat to musaceae crops in Venezuela and other Latin American countries, specifically the one produced by *Fusarium oxysporum* tropical strain 4 (Foc R4T). Bananas (*Mussa paradisiaca*), including plantains and banana, are of utmost importance in the diet of the population and occupy the first places of fruit production in the region. Consequently, the present review aimed to analyze the most recent information available on this disease, highlighting management alternatives and treatments for control. Some researchers have demonstrated the efficacy of extracts in inhibiting *Fusarium* mycelial growth by up to 100%. Among the extracts that have demonstrated effectiveness are: clove (*Syzygium aromaticum*), galanga (*Alpinia*

galanga), snake jasmine (*Rhinacanthus nasutus*), cayenne (*Hibiscus rosasinensis*), among others. However, the treatment commonly used in the field is chemical, with methyl bromide, chloropicrin and quaternary ammonium, which are highly contaminating to the environment. Consequently, researchers continue to work on this subject in order to find the best control alternative.

Key words: *Fusarium* spp, Fusariosis, plant extracts, inhibition.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del plátano (*Mussa paradisiaca*) constituye una actividad agrícola rentable, que se distribuye en todo el país, puesto que se trata de un alimento característico en la dieta del venezolano (Rosales, 2007). El Instituto Nacional de Estadística para el año 2014, destacó que el plátano es una fuente energética fundamental y para 2015, de acuerdo con Sequín y Sosa (2021), el consumo per cápita anual de plátano y banano fueron de 16,23 y 12,45 kg por persona, respectivamente.

En cuanto a los niveles de producción, siempre ha ocupado los primeros lugares en el rubro de los frutales. Para 2003, se produjo un volumen de 438.875 toneladas de plátano, ocupando el segundo lugar dentro de la producción de frutales en el país (Terán, 2017). Las grandes plantaciones de banano *Cavendish* se concentran en el sur del estado Zulia, Trujillo y parte de Mérida (Martínez, 2009).

Es por ello, que este frutal merece especial atención ante cualquier factor que afecte la producción. En la actualidad, hay un alto riesgo con la enfermedad fusariosis, también conocida como “Mal de Panamá” o “Marchitamiento del Banano”. Esta enfermedad es causada por el hongo del género *Fusarium*, específicamente la cepa denominada *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. Es por ello, que la presente revisión tiene como objetivo analizar la más reciente información disponible sobre esta enfermedad, destacando las alternativas de manejo y tratamientos para el control.

ORIGEN DE LA ENFERMEDAD Y SITUACIÓN ACTUAL

Se ha descrito que esta enfermedad es originaria del sudeste asiático donde evolucionó con el banano, pero fue reportada inicialmente en Australia en 1870. Posteriormente, se observó afectaciones en las plantaciones de la variedad "Gros Michel" de Costa Rica y Panamá. Allí generó grandes pérdidas en la década de 1900, que figuran como las peores de la

historia agrícola, lo que vincula su zona geográfica más propensa a su nombre coloquial: enfermedad de Panamá o marchitamiento del banano. En 1910, se identificó al *Fusarium oxysporum* (Foc) como el agente causal en Cuba, de donde se derivó el nombre de la “forma specialis” (*f. sp*) *cubense* (Ordóñez *et al.*, 2015). Los datos de secuenciaciones de ADN nuclear y mitocondrial sugieren un origen polifilético del género *Fusarium* y que cada “forma specialis” tiene la capacidad infectar una especie de planta huésped única (O’Donnell *et al.*, 1998)

En la actualidad, este patógeno se encuentra distribuido a nivel mundial produciendo fusariosis, destruyendo miles de hectáreas de plantaciones de banano en países tropicales y subtropicales (Martínez *et al.*, 2019). Esta situación obligó al despliegue de cultivares resistentes al patógeno del subgrupo *Cavendish* AAA. No obstante, la cepa 4 tropical (R4T) también conocida como *Fusarium odoratissimum*, es una cepa nueva surgida en el sudeste asiático. La misma, muestra ser destructiva y amenaza los bananos *Cavendish*, la cual soporta la mayor parte de la producción global, junto a otras variedades locales. La amenaza que representa *Fusarium odoratissimum* o Foc R4T se ha extendido a

otras regiones incluyendo a la India, África y América Latina (García *et al.*, 2020). En esta última región, es de vital importancia poner una alerta en la enfermedad de marchitamiento por Foc R4T, ya que es la mayor zona exportadora del mundo, cultivando el 28% de la producción mundial. Los países Ecuador, Costa Rica y Colombia son parte del top 10 de los países exportadores de banano (Martínez *et al.*, 2019).

En Venezuela se han realizado estudios en los estados Aragua, Carabobo, Cojedes y Zulia, encontrando la presencia de la cepa Foc R4T en los tres estados centrales. Adicionalmente, la problemática se agudiza puesto que en el país existen deficiencias en el control, desconocimiento de muchos productores del patógeno y de la enfermedad, y ausencia de planes de contingencia (Martínez *et al.*, 2019). Esto crea la necesidad de implementar estrategias de manejo e investigaciones para su diagnóstico temprano y erradicación en zonas de producción.

SINTOMATOLOGÍA DE LA FUSARIOSIS

Como se mencionó anteriormente, el “Mal de Panamá” es el nombre vulgar para la fusariosis, enfermedad producida por *Fusarium oxysporum* que puede afectar a

plantas y humanos (I.C.A., 2015; Dignani y Anaissie, 2004; Monzón y Rodríguez, 2001). En musáceas, se presenta como un marchitamiento general de la planta, debido a la trombosis de los vasos. Siendo susceptibles al ataque todos los estadios de crecimiento de la planta y en caso de producirse en semillero, acaba con la muerte de las plántulas (SENASICA, 2023).

La colonización en plantas susceptibles ocasiona que las hifas de este hongo penetren por las raíces, a través de heridas, hasta los vasos conductores, dificultando la circulación interna de nutrientes y agua. Además, la formación de geles y túloides por parte de la planta para restringir la expansión del hongo y el colapso celular, eventualmente causan la oclusión de los vasos de la xilema. En consecuencia, esto ocasiona una decoloración marrón rojiza de los rizomas y los vasos vasculares presentes en el pseudotallo (Dita *et al.*, 2018).

En referencia a los signos externos pueden evidenciarse como un amarillamiento o marchitez progresivo en hojas, que con el progreso de la enfermedad ocasionan el colapso de las que se encuentran alrededor del pseudotallo, además de un agrietamiento del mismo (Cangrejo y Barrantes, 2022). Inicialmente la marchitez puede ser reversible, luego se

hace permanente, hasta que la planta se seca y muere (García *et al.*, 2020).

Las plantas infectadas a menudo mueren antes de producir racimos, en tal sentido, la enfermedad reduce significativamente los rendimientos en los campos afectados. Adicionalmente, el patógeno produce persistentes clamidosporas que contaminan los suelos durante mas de veinte años (Martínez *et al.*, 2020). Además, se ha reportado supervivencia incluso en ausencia de banano y especies de malezas no hospedantes (Dita *et al.*, 2018). Cabe destacar que *Fusarium spp* posee un periodo de incubación de 6 a 8 meses en plantas adultas y es posible observar síntomas al primer mes de haber sido sembradas en caso de infección en semillas (Rodríguez, 2023).

IDENTIFICACIÓN

Fusarium oxysporum, es un hongo saprofito del suelo y tiene varias formas especializadas, conocidas como *formae specialis* que infectan una variedad de plantas vegetales como cereales, soja, algodón, plátanos, cebolla, patatas, manzanas, entre otros (Groenewald, 2006). Posee más de 120 *formae specialis* y sufre frecuentes mutaciones en cultivo, apareciendo progresivamente más micelio y desapareciendo las esporoquias y la coloración natural de la planta (Michielse y

Rep, 2009). Respecto al crecimiento en medios de cultivo, en agar patata dextrosa (APD) presenta un crecimiento rápido, la colonia formada en dicho medio es lisa y algodonosa. Con el tiempo toma un aspecto como el fieltro, de color blanco o salmón pálido, tiñéndose de púrpura en su zona central. El reverso es púrpura o azul oscuro. Produce un pigmento púrpura-violeta que difunde al medio. La esporodoquia, presente en algunas cepas, da una coloración crema anaranjada al cultivo. Las características microscópicas que ayudan a la identificación son: Conidióforos, células conidiógenas, conidias, clamidosporas, mesoconidias, esporodoquia, esclerotia, estroma y esporas (Monzón y Rodríguez, 2001).

MEDIO DE PROPAGACIÓN

El material vegetal infectado, el agua contaminada y las herramientas y/o maquinaria con suelo infestado son las principales vías para movilizar el patógeno, particularmente en regiones de grandes monocultivos (Stover y Ploetz, 1990). Otros medios secundarios de propagación también son: herramientas de trabajo no desinfectadas, ruedas de los vehículos que ingresan a las plantaciones, terrenos que no posean escorrentías o poco permeables. Adicionalmente, la tala de plantas enfermas expuestas sobre el terreno puede esparcir

esporas por el viento, a través de los sistemas de riego compartidos y/o estancados (Rodríguez, 2023).

PREVENCIÓN

La fusariosis es una enfermedad de difícil control, razón por la cual, para disminuir considerablemente las posibilidades de infección de suelos por este agente patógeno se recomienda el uso de normas de bioseguridad. Entre ellas ha demostrado buena efectividad la desinfección tanto de herramientas para deshija, cosecha y poda entre cada planta individual, así como de botas y maquinaria con productos a base de amonio cuaternario como desinfectante, dentro de los cuales destacan el Cloruro de Polimetilamonio y el Hipoclorito de Sodio (Montero, 2020). Se ha evaluado la eficacia biocida de compuestos de amonio cuaternario (QAC) a concentraciones de 1200 ppm y a base de glutaraldehído (GA) en diferentes concentraciones (500, 800, 1200 y 2000 ppm) sobre estructuras reproductivas (microconidios y macroconidios) y esporas de supervivencia (clamidosporas) de *Foc R4T* obteniéndose como resultado que todos los QAC mostraron una eficacia biocida del 100% frente a microconidias, macroconidias y clamidosporas (Izquierdo *et al.*, 2021). Aunado a esto, se deben establecer sistemas

de desinfección de los vehículos que entran a la plantación, bien sea con rodaluvios o hidrojeteo (Rodríguez, 2023).

En el mismo sentido, deben crearse cercas que limiten los accesos (Vicente *et al.*, 2013). De esta manera, se debe dividir toda la plantación en zonas o secciones para regular y aplicar las normas de bioseguridad a cada cambio de zona (Rodríguez, 2023). En caso de infección con *Fusarium spp.*, se deben eliminar las plantas enfermas para evitar la propagación de la enfermedad. También es recomendable eliminar plantas vecinas para disminuir el riesgo de infección a una plantación posterior (Montero, 2020).

Finalmente, de acuerdo a Montero (2020), se debe conocer el material que se va a sembrar en el terreno y restringir la entrada de personas y material que provenga de países con incidencia de *Foc* R4T. Lo anterior es debido a que se recomienda partir de material de plantación en buenas condiciones, el uso de variedades resistentes, agua libre de microorganismos y desinfección de semillas, que eviten los ataques durante la germinación, así como la rotación de cultivos. Además, dependiendo del tipo de cultivo deben tomarse unas u otras medidas, puesto que *Fusarium spp.* resiste el invierno en restos de cultivos anteriores. Por lo cual, debe haber una

correcta disposición de desechos (SENASICA, 2020).

ALTERNATIVAS DE CONTROL

El uso de extractos vegetales con actividad biológica, se ha descrito como alternativa para el control de *Fusarium*. Se ha estudiado el potencial para disminuir y controlar el crecimiento micelar de *Fusarium oxysporum*. Uno de ellos es el aceite esencial de Orégano (*Lippia graveolens*) con el cual se logró una inhibición del 100% a una concentración de 0,20 y 0,25 $\mu\text{l/ml}$ (Albarracín *et al.*, 2023), mientras que el Orégano mexicano (*Lippia berlandieri*) al 0,5% inhibió la colonización del hongo en las semillas sin afectar su capacidad de germinación (Cueto *et al.*, 2010). Además, los aceites esenciales de Orégano (*Origanum vulgare*) y Pimienta Tabasco (*Pimenta dioica*), a nivel *in vitro* pudieron inhibir el 100 % del crecimiento micelar de *Foc* (Martínez *et al.*, 2020). Por otro lado, se han probado extractos de diferentes plantas contra *Fusarium* entre ellas se tiene: Neem (*Azadirachta indica*), donde el extracto seco de estas semillas inhibió completamente el crecimiento micelar de *F. oxysporum* a todas las concentraciones, mientras que los extractos acuosos de hojas frescas redujeron el

crecimiento con el aumento progresivo concentraciones (Agbenin, 2006).

Además, el extracto de la hoja de Neem demostró inhibición del halo de crecimiento 1,45 cm a concentraciones del 20% del hongo en todos los tratamientos a los seis días de la inoculación (Mengane y Kamble, 2014). Fueron también efectivos extractos acuosos a concentraciones de 10, 20 y 50 g/100 ml, evidenciando inhibiciones del 20, 40 y 53,3% respectivamente en un lapso de 24 horas de incubación, aumentando estos porcentajes a 37,5, 50,0 y 65,6% respectivamente utilizando placas de vertido (Oladipo *et al.*, 2015).

En el mismo orden de ideas, los extractos de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) a una concentración de 6 μ L/mL, demostraron la inhibición completa del crecimiento micelar de *Fusarium spp* (Gakuubi *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos con el extracto de *Eucalyptus globulus* en el crecimiento radial de Foc R4T indicaron que era eficaz en la reducción del crecimiento del hongo (20%) (Mengane y Kamble, 2014). Así mismo, el extracto acuoso de “clavo de olor” (*Syzygium aromaticum*), presenta una actividad antifúngica efectiva contra *Fusarium oxysporum* a una concentración de 5%, al evidenciar un porcentaje de inhibición de

100%. (Acedo-Zegarra *et al.*, 2020). Cabe destacar que los extractos acuosos de albahaca sagrada (*Ocimum sanctum*) reportaron una inhibición del 60% en comparación con otros extractos de plantas (Villa-Martínez *et al.*, 2014).

Igualmente, según la investigación realizada por Gopi y Thangavelu (2014) los extractos de *Alpinia galanga*, *Rhinacanthus nasutus*, *Hibiscus rosasinensis*, *Allium sativum L.* (Zimmu), *Ocimum tenuiflorum* y *Vitex spp*, demostraron una inhibición del 100% de la germinación de las esporas. Y de los seis extractos evaluados para la inhibición del crecimiento micelar mediante la técnica del alimento envenenado. Como resultado sólo el extracto de hoja de Zimmu (*Allium sativum*) registró una inhibición del 100% del crecimiento micelar y de la germinación de las esporas del patógeno Foc. Cabe destacar, que los autores también evidenciaron la supresión completa de la marchitez por *Fusarium* a concentraciones de 50% en el suelo, empapando y sumergiendo las raíces del plátano en el extracto, y esto a su vez inhibió los propágulos en suelo (Gopi y Thangavelu, 2014)

Otro de los extractos probados fue el efecto antifúngico de las semillas de “higuerilla” (*Ricinus communis*), en

concentración al 10%, ocasionó un porcentaje de inhibición del 22% en el crecimiento del diámetro micelar de *Fusarium oxysporum* (Tiznado y Clotilde, 2012). Por su parte, los extractos metanólicos al 2% de la planta llamada “gobernadora” (*Larrea tridentata*) inhibió al 100 % el crecimiento del *Fusarium*; mientras que el de *Rosamarinus officinalis* inhibió el 50,7% (Castro *et al.*, 2019; Ocaña, 2013). Añadiendo a lo anterior, extractos metanólicos de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), en concentraciones de 5% y 10% demostraron una inhibición de 100%, mientras que el extracto acuoso de la hoja de mango (*Manguífera indica*) presentó inhibición del 100% a una concentración de 10% (López *et al.*, 2005). Por su parte los extractos hidroalcohólicos y acuosos de aroma (*Acacia farnesiana*) mostraron más de un 90% de inhibición del crecimiento micelial a una concentración de 1g/ml (Pedroso *et al.*, 2011).

En ese mismo contexto, recientemente se reportó el uso de nanopartículas de plata (AgNPs) como sustancia antimicrobiana sustentable y efectiva para el control in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* a concentraciones de 10, 20, 40, 75, y 150 mg/L, observándose una inhibición del crecimiento micelial en un 94,6% con una

concentración de extracto de 150mg/L (Macías-Sánchez *et al.*, 2023). También se ha demostrado que el uso de microorganismos como *Trichoderma harzianum* (SENASICA, 2020) y *Bacillus spp* (Florencio-Anastasio *et al.*, 2022) puede inhibir el crecimiento de Foc R4T actuando antagónicamente. En el mismo orden de ideas, se seleccionó una cepa que presentó una actividad antagónica del 40% contra *Fusarium spp* de *Streptomicetos spp.* donde el extracto de esta cepa obtenido mediante fermentación en fase sólida, alcanzó una concentración mínima inhibitoria y concentración mínima letal de 0.19 y 0.38 mg/mL respectivamente. En esta misma investigación, se realizó un ensayo de germinación de microconidios a 8 h, mostrando un porcentaje de inhibición del 17 y 98% para ¼ y ½ de la concentración mínima inhibitoria (Ríos *et al.*, 2021).

Todas estas alternativas requieren estandarizaciones a fin de que este potencial pueda ser efectivo a nivel de campo. De hecho, la alternativa de control más usada a nivel de campo es el químico. Se realiza aplicando ciertas sustancias al suelo y cubriéndolo para que los vapores no se disipen, tales como Bromuro de metil y Cloropicrina (SENASICA, 2020). El amonio cuaternario contribuye a la desinfección del

suelo (materia orgánica), aunque la presencia de este disminuyó la eficacia de los desinfectantes. QAC3-1°, QAC7-4° y QAC5-4°, evidencian una eficacia del 98%, 98% y 100% contra las clamidosporas de Foc R4T, respectivamente tras 1 min de tiempo de contacto (Izquierdo *et. al* 2021). Sin embargo, en Venezuela existe controversia en relación al tema debido a que este compuesto puede desnaturalizarse en la tierra y no ser efectivo (Rodríguez, 2023). Por último, es importante mencionar que en Venezuela se han desarrollado nanomoléculas capaces de combatir a *Fusarium oxysporum* (Noticiero Venevisión, 2023). En otros países se han utilizado químicos inductores de resistencia hacia plantas, mejorando así la resistencia a Foc R4T (Martínez *et al.*, 2020).

CONCLUSIÓN

Dada la importancia de este frutal y del riesgo fitosanitario que representa la presencia de este agente causal, es necesario que el Estado afine sus controles e invierta recursos en investigaciones para desarrollar alternativas de manejo.

Los compuestos bioactivos presentes en las plantas representan una alternativa potencial, sin embargo, requieren pruebas de campo para verificar su eficacia.

REFERENCIAS

- Acedo-Zegarra, V., Arana-Bardales, D., y Condo-Montano, A (2020). Actividad antifúngica in vitro de diferentes concentraciones de *Syzygium aromaticum* “clavo de olor” contra *Fusarium oxysporum*. *Revista de investigación en agroproducción sustentable*.
<https://doi.org/10.25127/aps.20201.541>
- Agbenin, O, y Marley, P. (2006). In-vitro assay of some plant extracts against *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* causal agent of tomato wilt. *Journal of Plant Protection Research*, 46(3), 215-220. [http://www.plantprotection.pl/pdf-90820-25226?filename=In_vitro assay of some.pdf](http://www.plantprotection.pl/pdf-90820-25226?filename=In_vitro%20assay%20of%20some.pdf)
- Albarracín-Gómez, L. D., Hortua-Gamboa, S. D., y Acero-Godoy, J. (2022). Efecto inhibitorio del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre *Fusarium oxysporum* en la familia *Solanaceae*. Una revisión. *Tecnología en Marcha*.
<https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5877>
- Cangrejo, M., y Barrantes, M. (2022). La red de musáceas del IICA realiza actividades para promover acciones frente a *Fusarium oxysporum* (Foc R4T). Blog del IICA. Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://blog.iica.int/blog/red-musaceas-del-iica-realiza-actividades-para-promover-acciones-frente-fusarium-oxysporum-foc>
- Castro, A. C., Herrera, S. C. C., Calleros, A. D., García, A. M., y Flores, M. (2019). Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y

- Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. *Abanico agroforestal*, 2. <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2020.7>
- Cueto-Wong, M. C., Rivas-Morales, C., Alanís-Guzmán, M. G., Oranday-Cárdenas, A., Amaya-Guerra, C. A., Núñez-González, A., Samaniego-Gaxiola, J. A., y Cano-Ríos, P. (2010). Propiedades antifúngicas del aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia berlandieri*) contra *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. *Revista mexicana de micología*, 31(31), 29-35. <https://doi.org/10.33885/sf.2010.3.1059>
- Dignani, M. C. y Anaissie, E. (2004). Human fusariosis. *Clinical Microbiology and Infection*, 10, 67-75. <https://doi.org/10.1111/j.1470-9465.2004.00845.x>
- Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E. S. G., y Staver, C. P. (2018). Fusarium wilt of banana: current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- Florencio-Anastasio J.G., Alarcón A., García-Ávila C.J., Ferrera-Cerrato R., Quezada-Salinas A., Almaraz Suárez J.J., Espinosa-Mendoza M., Bocanegra-Flores D.A. y Hernández-Ramos L. (2022). In vitro inhibition of bacteria against *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 2. *Mexican Journal of Phytopathology* 41(1): 126-142.
- Gakuubi, M. M., Maina, A. W., y Wagacha, J. M. (2017). Antifungal activity of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against selected *Fusarium* spp. *International Journal of Microbiology*, 2017, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/8761610>
- García, F. A., Pachacama, S. F., Jarrín, D. A., Iza, M. L., Vásquez, M. A., Ortiz, H. E., Dix Luna, O. J., Buezo, J. E., Menéndez, D. F., Martínez, I. B., Montoya, C. B., y Céspedes, G. Z. (2020). Fusariosis. Guía andina para el diagnóstico de *Fusarium Raza 4 Tropical (R4T)*.
- Gopi, M., y Thangavelu, R. (2014). Suppression of Fusarium wilt disease of banana by Zimmu (*Allium cepa* L. x *Allium sativum* L.) leaf extract. *African Journal of Microbiology Research*. <https://doi.org/10.5897/ajmr2014.6810>
- Groenewald, S. (2006). Biology, pathogenicity and diversity of *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense [Tesis de maestría]. University of Pretoria.
- Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A.). (s. f.). Informe especial: *Raza 4 Tropical del Mal de Panamá* / Portal Corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/2015/informe-especial-raza-4-tropical-del-mal-de-panama#:~:text=El%20Mal%20de%20Panam%C3%A1%20es,Este%20hongo%20tiene%20varias%20razas>
- Izquierdo-García, L. F., Carmona, S. L., Zuluaga, P., Rodríguez, G. R., Dita, M. A., Betancourt, M. M., y Soto-Suárez, M. (2021). Efficacy of disinfectants against *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4 Isolated from La Guajira,

- Colombia. *Journal of Fungi*, 7(4), 297.
<https://doi.org/10.3390/jof7040297>
- López-Benítez, A., López-Betancourt, S. R., Vázquez-Badillo, M. E., Rodríguez-Herrera, S. A., Mendoza-Elos, M., y Padrón-Corral, E. (2005). Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Verticillium dahliae* Kleb. mediante extractos vegetales acuosos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 183-190.
- Macías Sánchez, K. L., González Martínez, H. D. R., Carrera Cerritos, R., y Martínez Espinosa, J. C. (2023). In vitro evaluation of the antifungal effect of AgNPs on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Nanomaterials*.
<https://doi.org/10.3390/nano13071274>
- Martínez, G. (2009). Situación nacional de las musáceas: Breve análisis. *PROAGRO: Producción Agropecuaria*, (2), 31-44.
- Martínez, G. E. R., Rey, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., y Domínguez, M. (2020). Actualización sobre el manejo de la marchitez por *Fusarium* Raza 4 Tropical en musáceas. *Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)*.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4291108>
- Martínez, G. E. R., Rey, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., y Manzanilla, E. E. (2019). Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía mesoamericana*, 259-276.
<https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37925>
- Martínez, G., Olivares, B. O., Rey, J. C., Rojas, J., Cardenas, J., Muentes, C., y Dawson, C. (2023). The Advance of *Fusarium* Wilt Tropical Race 4 in Musaceae of Latin America and the Caribbean: Current Situation. *Pathogens*, 12(2), 277.
<https://doi.org/10.3390/pathogens12020277>
- Mengane, S. K., y Kamble, S. S. (2014). Bioefficacy of plant extracts on *fusarium oxysporum* f.sp. *Cubense* causing panama wilt of banana. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 4(3), 24-27.
- Michielse, C. B., y Rep, M. (2009). Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. *Molecular Plant Pathology*, 10(3), 311–324. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00538.x>
- Montero, F. (2020, julio). Mal de Panamá en Banano (*Fusarium oxysporum* sp. *cubense*). Ingbiosistemas UCR. Recuperado 11 de marzo de 2023, de <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/09/BoletinFusarium.pdf>
- Monzón, A., y Rodríguez, J. L. (2001). *INFECCIONES CAUSADAS POR EL GÉNERO Fusarium*. seimc.org. Recuperado 18 de febrero de 2023, de <https://seimc.org/contenidos/ccs/revisiostematicas/micologia/fusarium.pdf>
- Noticiero Venevisión. (2023, 29 marzo). Científicos venezolanos desarrollan nanomolécula contra el hongo fusarium. *Noticiero Venevisión*.
<https://www.noticierovenevision.net/notic>

- [ias/nacional/cientificos-venezolanos-desarrollan-nanomolecula-contra-el-hongo-fusarium](https://nacional/cientificos-venezolanos-desarrollan-nanomolecula-contra-el-hongo-fusarium)
- Oladipo, O. G., Ogunkanbi, D. A., y Ayo-Lawal, R. A. (2015). Assessing the efficacy of *Azadirachta indica* seed extract on *Fusarium Oxysporum*. *West African Journal of Applied Ecology*, 23(2), 73–83. <https://journals.ug.edu.gh/index.php/waje/article/download/771/468>
- O'Donnell, K., Kistler, H. C., Cigelnik, E., y Ploetz, R. C. (1998). Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(5), 2044-2049. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.5.2044>
- Ocaña López, M. E. (2013). Actividad antifúngica in vitro de extractos vegetales contra *Fusarium oxysporum* snyd y hans. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Ordóñez, N., Seidl, M. F., Waalwijk, C., Drenth, A., Kilian, A., Thomma, B. P. H. J., Ploetz, R. C., y Kema, G. H. J. (2015). Worse Comes to Worst: Bananas and Panama Disease—When Plant and Pathogen Clones Meet. *PLOS Pathogens*, 11(11), e1005197. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005197>
- Pedroso, A. T. R., Arrebato, M. A. R., Bautista-Baños, S., Triana, A. C., y González, D. R. (2011). Actividad antifúngica de extractos de Acacia farnesiana sobre el crecimiento in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 91-96. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4277990>
- Ríos-Hernández, T. A., Uc-Varguez, A., y Evangelista-Martínez, Z. (2021). Biological control of *Fusarium oxysporum* causal agent of gladiolus corm rot by streptomycetes. *Revista Mexicana De Fitopatología*, 39(3). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2105-3>
- Rodríguez, G. (2023). *Contención del FOC R4T*. Situación de FOC R4T en Venezuela y alternativas de manejo, Maracay, Aragua, Venezuela.
- Rosales, M. (2007). Reseña «El cultivo del plátano en Venezuela. Desde el campo hasta la mesa» de Abreu Olivo, Edgar Allan; Gutiérrez, Alejandro; Quintero, María Liliana; Molina, Luisa Elena; Anido, José Daniel; Ablan, Elvira; Cartay, Rafael y Mercado, Carmen E. *Agroalimentaria*, 14(27), 125. <http://www.redalyc.org/pdf/1992/199216329009.pdf>
- Sequín, L. Z., y Sosa, S. (2021). Evolución del consumo de alimentos en Venezuela (1998-2017). *Temas de Coyuntura*, 78-79, 72-104. <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/temasdecoyuntura/article/view/5246/4387>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. SENASICA. (2020). *Fusarium spp. (Hypocreales)*

- Nectriaceae*) Podredumbre de raíces. gov.mx. Recuperado 26 de febrero de 2023, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600884/Podredumbre de raices.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600884/Podredumbre_de_raices.pdf)
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2023, March). Fusariosis de las musáceas. prod.senasica.gob.mx. Retrieved May 1, 2023, from <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Fusariosis%20de%20las%20mus%C3%A1ceas.pdf>
- Stover, R. H., y Ploetz, R. C. (1990). Fusarium wilt of banana. Some history and current status of the disease. *USA*.
- Terán, F. T. (2015). Análisis económico del cultivo de plátano (*Musa AAB* cv. Hartón) en Venezuela durante el periodo 1989-2014 [Tesis]. Universidad Central de Venezuela.
- Tiznado, S., y Clotilde, Y. (2012). “Efecto del extracto etanolico de corteza de *Cinnamomun zeylanicum* L. «canela» y semillas de *Ricinus communis* L. «higuerilla» sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum* y *Alternaria tenuis*”. Universidad Nacional de Trujillo.
- Vicente, L. P., Dita, M., y De La Parte, E. M. (2013). Technical manual: Prevention and diagnostic of fusarium wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum f. sp. cubense Tropical Race 4 (TR4)*. *FAO eBooks*. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=15149>
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., y Martínez-Escudero, E. (2014). Situación actual en el control de *Fusarium spp.* y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43358>