

La antracnosis del ñame y estrategias de manejo: una revisión

The anthracnose of the yam and management strategies: a review

Rodrigo Orlando Campo-Arana^{1*}; Jhoandys De Jesús Royet-Barroso¹

Recibido para publicación: agosto 25 de 2020 - Aceptado para publicación: diciembre 27 de 2020

RESUMEN

El ñame (*Dioscorea* spp.) es un tubérculo comestible de importancia económica en regiones tropicales, siendo un alimento básico de más de 155 millones de personas. Sin embargo, el rendimiento del cultivo se puede ver afectado por enfermedades devastadoras como la antracnosis (*Colletotrichum* spp.), la cual puede causar pérdidas de rendimientos hasta un 80% en zonas endémicas, si no se aplican medidas eficaces de manejo. En este sentido, se presenta el siguiente artículo de revisión, el cual tiene como objetivo buscar literatura que permita conocer las investigaciones que se están realizando sobre la antracnosis del ñame, su biología y epidemiología, la sintomatología, etiología y las diferentes estrategias para su manejo. Se describen los síntomas de la enfermedad, la biología y la epidemiología de su principal agente causal *Colletotrichum gloeosporioides*. Finalmente se presenta las diferentes estrategias de manejo empleadas como son el control genético, cultural, biológico y químico. Se concluye que en el manejo de la enfermedad debe emplearse el método integrado, partiendo de la selección de campos con baja cantidad de inóculo primario, siembra de genotipos resistentes o tolerantes, empleando semilla asexual sana protegida con fungicidas.

Palabras clave: Antracnosis; Control biológico; Epidemiología; Fungicidas; Resistencia genética.

ABSTRACT

Yam (*Dioscorea* spp.) is an edible tuber of economic importance in tropical regions, and a staple for more than 155 million people. Yam crop yields can be affected by devastating diseases such as anthracnose (*Colletotrichum* spp.), which can cause up to 80% loss in endemic areas, if control measures are not implemented. The following article is aimed to review the research conducted on anthracnose in yam, its biology and epidemiology, symptomatology, etiology and different management strategies. Disease symptoms, biology and epidemiology of the causal agent, *Colletotrichum gloeosporioides*, are described. Finally, the different management strategies such as genetic, cultural, biological and chemical control are presented. Integration of control methods should be used for disease management, starting with selection of fields with low amounts of primary inoculum, planting resistant or tolerant genotypes and using healthy asexual vegetative material protected with fungicides.

Keywords: Anthracnose; Biological control; Epidemiology; Fungicides; Genetic resistance.

Cómo citar

Campo-Arana, R.O. y Royet-Barroso, J.d.J. 2020. La antracnosis del ñame y estrategias de manejo: una revisión. *Temas Agrarios* 25(2):190-201.
<https://doi.org/10.21897/rta.v25i2.2458>



Temas Agrarios 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

INTRODUCCIÓN

El ñame (*Dioscorea* spp.) es un tubérculo comestible de importancia económica en regiones tropicales, siendo un alimento básico de más de 155 millones de personas (Andres *et al.*, 2017). Se cultiva principalmente en regiones tropicales y subtropicales de África, Asia, América central y América del sur (González, 2012; Andrés *et al.*, 2017). Este cultivo, desde los años noventa ha adquirido un papel importante en la economía global (González, 2012; Sun *et al.*, 2017), debido al aumento de su consumo y a que se ha extendido su uso en la industria farmacéutica (Siddiqui *et al.*, 2018; Wumbei *et al.*, 2019), hace parte de la dieta humana siendo valorado por sus aporte de calcio, fósforo, hierro, carbohidratos y vitaminas B y C (Andres *et al.*, 2017). Este se ha utilizado en la medicina tradicional africana y asiática para tratar enfermedades como la artritis reumatoide, lesiones traumáticas, bronquitis, enfermedad coronaria, fiebre reumática, además, de mostrar efectos inhibitorios sobre el cáncer (Sun *et al.*, 2017; Siddiqui *et al.*, 2018). En Colombia, el cultivo de ñame es una fuente de ingresos y de empleo rural para pequeños y medianos agricultores (Reina, 2012), existen alrededor de 30.000 familias productoras, el 70% siembra variedades criollas y solo el 16% y el 14% de la producción corresponden a las variedades espino y diamante respectivamente (MADR, 2020).

Existen diferentes problemas que pueden afectar la productividad del cultivo, entre los limitantes de este sistema productivo se encuentra la antracnosis (*Colletotrichum* spp.), enfermedad que reduce la producción en más del 50% (Abang *et al.*, 2003; Campo, 2011). La enfermedad ha sido limitante en diferentes países productores y en Colombia ha ocasionado pérdidas hasta en un 85% (Campo, 2011). El manejo de la antracnosis involucra el uso de semilla libre del patógeno, la rotación de cultivos, el uso de cultivares resistentes, extracción y quema material infectado y el uso

de fungicidas apropiados (Agrios, 2005; Uddin *et al.*, 2018; Islam *et al.*, 2020). A pesar que existen diferentes alternativas para el manejo de la enfermedad, se siguen presentando pérdidas significativas en la producción, principalmente por el desconocimiento que se tiene de la antracnosis, la variabilidad de los síntomas en campo (Ayodele *et al.*, 2006), la alta variabilidad genética de *Colletotrichum* (Weir *et al.*, 2012) y el surgimiento de razas del patógeno resistentes a las fungicidas empleados en el manejo (Han *et al.*, 2018; Arce *et al.*, 2019), los cuales causan impactos medioambientales negativos (Campo, 2000), y en algunos casos el abandono total del cultivo. Este artículo tiene como objetivo revisar literatura que permita conocer las investigaciones que se están realizando sobre la antracnosis del ñame, epidemiología, la sintomatología, etiología y manejo.

EL CULTIVO DE ÑAME (*Dioscorea* spp.)

El Ñame (*Dioscorea* spp.) es un género de amplia distribución y dentro de él se encuentran especies cultivadas y silvestres de la familia *Dioscoreaceae*; la cual está compuesta de nueve géneros y posee de 600 a 900 especies (Salehi *et al.*, 2019). Alrededor de 25 especies de *Dioscorea* son alimenticias, 15 especies son medicinales y seis ornamentales (González, 2012). Los orígenes de las especies son diversos, reportándose centro de origen en América tropical (*Dioscorea trifida*), África occidental (*D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. bulbífera*, *D. dumetorum*) y el sudeste asiático (*D. alata*, *D. esculenta*, *D. oposita*) (Andres *et al.*, 2017). Las especies más comercializadas en el mundo son *D. rotundata* y *D. alata*, siendo esta última la más cultivada (Abang *et al.*, 2003; Frossard *et al.*, 2017). En Colombia, tanto la producción como el consumo del ñame se concentran en la región caribe, donde existen alrededor de 30.000 familias productoras que siembran las variedades Criollo, Espino y Diamante (MADR, 2020).

Enfermedades limitantes de la Producción

El ñame es un tubérculo considerado sustituto de la papa y la yuca, y su consumo, al igual que su producción, se da principalmente en zonas de Clima Tropical Cálido-Húmedo (MADR, 2020). La producción mundial se referencia en 56 países, con una producción de 74.321.794 toneladas; donde el 90% es producida en los países de Nigeria con 50.052.977 ton, Ghana con 8.288.198 ton, Costa de Marfil con 7.148.000 ton y Benín con 3.088.498 ton, mientras que Colombia se encuentra en el puesto número 9, con una producción de 409.165 ton (FAO, 2019). Las enfermedades causadas por hongos y virus son las principales limitaciones para la producción de ñame. La antracnosis causada por *Colletotrichum* spp., y la enfermedad del mosaico causada por el virus del mosaico del ñame (YMV) son las enfermedades más destructivas del cultivo de ñame (Abang *et al.*, 2001; Ita *et al.*, 2020), siendo la antracnosis la enfermedad de mayor importancia económica, causando hasta un 80% de pérdida de rendimiento donde es endémica (Kolade *et al.*, 2018).

LA ANTRACNOSIS DEL ÑAME

La antracnosis, derivada de una palabra griega que significa "carbón", es el nombre común de las enfermedades de las plantas caracterizadas por lesiones muy oscuras y hundidas que afecta el follaje, tallos, flores o frutos; puede ser causada por especies de *Colletotrichum* o su teleomorfo *Glomerella*, afecta numerosos cultivos y plantas ornamentales, ocasionando pérdidas significativas en los trópicos y subtropicales (Agris, 2005). En la Costa Atlántica colombiana, la antracnosis del ñame se presenta en forma endémica, afectando principalmente a las variedades criollas de *D. alata*, reduciendo los rendimientos en más del 50% si no se establecen medidas eficaces de manejo (Campo y Luna, 1998). Esta enfermedad es llamada por los agricultores,

mancha de hierro o quemazón, presentándose en la región Caribe, colombiana desde 1989 en forma epidémica en el genotipo criollo "concha de coco", arrasando más del 80% de las áreas sembradas (Campo, 2011).

Biología de *Colletotrichum* spp

La antracnosis es causada por un complejo de especies del género *Colletotrichum*, entre las cuales se han descrito *C. gloeosporioides*, *C. dematium*, *C. alatae*, *C. fructicola*, *C. theobromicola*, *C. truncatum* (Abang *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2003, Jiménez *et al.*, 2009; Fuentes, 2015, Rosado, 2016; Han *et al.*, 2018) como especies que interactúan en el patosistema.

El ciclo de vida de las especies de *Colletotrichum* incluye etapas reproductivas tanto sexual (teleomorfo) como asexual (anamorfo), la cuales pueden ocurrir en la planta huésped o en los restos de la planta (Da Silva *et al.*, 2020). El tejido vegetal infectado desarrolla acérvulos, que produce masas de conidios en conidióforos (Moreira *et al.*, 2021). Para invadir las células del huésped las esporas del hongo germinan, forman un germen corto y un apresorio que incluye una capa de melanina en la pared celular del apresorio (Fukada *et al.*, 2019). Luego de la penetración, la mayoría de las especies de *Colletotrichum* establecen una interacción biotrófica temprana seguida de un cambio a un estilo de vida necrotrófico (De Silva *et al.*, 2017), y por tanto se les conoce como hemibiotróficos. Entre 48 y 72 h después de la inoculación, las hifas se convierten en su fase necrotrófica y secretan enzimas degradantes de la pared celular que matan las células huésped y aparecen los síntomas (Rojo *et al.*, 2017; Tugizimana *et al.*, 2019). Muchas especies de *Colletotrichum* existen como endófitos que pueden ser patogénicos (Mercado *et al.*, 2019). Estos complejos ciclos de vida, su potencial para infectar de manera cruzada una amplia gama de especies hospedadoras y cambiar su

estilo de vida, crean grandes dificultades para el manejo de la antracnosis (De Silva *et al.*, 2017).

Epidemiología de la antracnosis

La enfermedad se presenta en el campo cuando coinciden varios factores, entre estos se destacan, la susceptibilidad de la planta y el aumento de la población del patógeno, la humedad relativa, las precipitaciones, temperaturas, vientos fuertes; así como la alta intensidad de luz (Campo, 2011). La temperatura óptima para el crecimiento y la esporulación del patógeno varían entre 26°C y 32°C, con una humedad relativa del 100% (Moreira *et al.*, 2021).

Las investigaciones de los aspectos temporales y espaciales de la antracnosis en el ñame, muestran que las epidemias se inician a partir de focos distribuidos al azar, formando un patrón espacial agregado, finalmente se unen, ocasionando quemazones foliares en todo el cultivo; con una tasa de progreso hasta del 0,50, dependiendo del grado de resistencia de los genotipos y la aplicación de fungicidas (Sweetmore *et al.*, 1994; Popoola *et al.*, 2013).

Estudios sobre la fenología del ñame sugieren que las epidemias se establecen cuando la enfermedad alcanza el 10% de incidencia y 5% de severidad, en los inicios de la fase de tuberización especialmente en los genotipos criollos *D. alata* (Campo y Pérez, 2015).

La antracnosis es una enfermedad policíclica, y continuamente forma nuevos síntomas en hojas y tallos, siendo dispersado los conidios por el salpique de las lluvias y por el viento (Abang *et al.*, 2003; Penet *et al.*, 2014). El inóculo puede pasar de una temporada de cultivo a la siguiente por la semilla asexual contaminada (Penet *et al.*, 2016; Guyader, 2017). Por lo tanto, los intercambios comerciales de tubérculos y las infecciones inactivas confieren la capacidad

de diseminación a larga distancia (Frézal *et al.*, 2018).

El patógeno tiene la capacidad de sobrevivir en los residuos de cosecha del ñame, siendo una fuente potencial de inóculo primario (Ripoche *et al.*, 2007). Investigaciones han demostrado el potencial de las malezas para albergar especies de *Colletotrichum* patógenas en ñame, lo que sugiere la idea de que las malezas sirven como fuentes de inóculo durante el cultivo y explica la prevalencia en los campos después de la cosecha (Dentika *et al.*, 2021).

La epidemia en los genotipos *D. alata*, en el Caribe húmedo colombiano inicia los primeros síntomas a los 107 días después de siembra, cuando ha acumulado 903,6 grados días, en la fase media del crecimiento vegetativo, desarrollándose la epidemia 15 días después cuando ha acumulado 935,3 grados días, indicando que el periodo crítico de infección de los genotipos susceptibles es al inicio de la tuberización (Campo y Pérez, 2015)

Síntomas de la antracnosis

La antracnosis del ñame, bajo condiciones de campo presenta diferentes tipos de síntomas, entre los cuales se mencionan en el follaje, lesiones café oscuras regulares, irregulares, circulares, coalescentes, no coalescentes, con halos cloróticos, produciendo necrosis extensiva en las hojas y muerte regresiva del tallo (Abang *et al.*, 2003; Amusa *et al.*, 2003). Los síntomas observados son diversos, Ayodele *et al.* (2006), reportaron siete tipos de manchas y cuatro tipos de tizones, los tipos de manchas las diferenciaron por el tamaño, color, halo; mientras que los tizones por su forma y ubicación en la hoja. Evaluaciones realizadas a nivel de laboratorio y bajo condiciones controladas de inoculación en hojas de ñame con diferentes aislados de *Colletotrichum* spp., ha permitido desarrollar síntomas como los observados en campo que van desde la lesión

típica que es una necrosis grande, marrón oscuro, coalescente, alta tasa de expansión; hasta lesiones puntuales, que consta de pequeños puntos de menos de dos mm de diámetro, negros, no coalescente (Castro *et al.*, 2003; Frézal *et al.*, 2018). Actualmente la Universidad de Córdoba se encuentra desarrollando investigaciones encaminadas en la caracterización de los síntomas asociados a la antracnosis del ñame en el departamento de Córdoba.

CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL GENERO *Colletotrichum*

Métodos convencionales

La identificación precisa de las especies de *Colletotrichum* junto con el conocimiento de las poblaciones responsables de las epidemias es esencial para desarrollar e implementar estrategias efectivas de manejo de enfermedades (Brown, 2006; Campo, 2011; Raj *et al.*, 2013;). Tradicionalmente, la identificación y caracterización de las especies de *Colletotrichum* se ha basado en caracteres morfológicos, como el tamaño y la forma de conidios y apresorios; existencia de setas; el estado del teleomorfo y los caracteres culturales como el color de la colonia, la tasa de crecimiento y la textura (Abang *et al.*, 2002). El rasgo más usado para discriminar entre especies, es la forma de las conidias, con este se han identificado aislados de *C. gloeosporioides* en el cultivo de ñame, basándose en la producción de conidios ovales a oblongos o cilíndricos (Abang *et al.*, 2001), mientras que las especies *C. dematium* y *C. alatae* reportadas en ñame, se han caracterizado por presentar conidias falcadas (Castro *et al.*, 2003; Jiménez *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2018). Los estudios realizados por Abang *et al.* (2002), clasificaron aislamientos de *C. gloeosporioides* en ñame según el color de la colonia y la tasa de crecimiento, y se categorizaron en cuatro grupos: el gris de rápido crecimiento (FGG,

Fast Growing Grey); oliva de crecimiento rápido (FGO, Fast Growing Olive); salmón de crecimiento rápido (FGS, Fast Growing Salmon); aislados grises de crecimiento lento (SGG, Slow Growing Grey). Sin embargo, estos criterios por sí solos no siempre son adecuados para la identificación de especies debido a la superposición de caracteres morfológicos y la variación fenotípica entre especies en diferentes condiciones ambientales (Than *et al.*, 2008). Se ha evidenciado que los factores ambientales modifican la expresión genética y el fenotipo del hongo, dificultando así su clasificación e identificación (Cao *et al.*, 2019). No obstante, estas inexactitudes se han superado en gran medida mediante el uso de métodos moleculares (Abang *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2018). La identificación taxonómica correcta es importante en el manejo de enfermedades, como la elección de fungicidas apropiado. Por ejemplo, podría verse diferentes respuestas de especies de *Colletotrichum* spp. a fungicidas (Arce *et al.*, 2019).

Técnicas moleculares

La genética molecular ha permitido la identificación correcta de las especies de *Colletotrichum* spp. que afectan el cultivo de ñame (Beltrán, 2000); estas implican el uso de marcadores basados en hibridación del ADN, tales como polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción (RFLPs) (Abang *et al.*, 2002), métodos basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), como Polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLPs) (Aduramigba *et al.*, 2012), Amplificación aleatoria de ADN polimórfico (RAPDs) (Mignouna *et al.*, 2002) y la secuenciación del ADN ribosomal (rADN) que comprende tres genes conservados, el gen de la subunidad grande, el gen de la subunidad pequeña y el gen 5.8S, intercalados con una región espaciadora variable llamada Espaciador Interno Transcrito (ITS), la cual se repite muchas veces en el genoma nuclear (Fox

y Narra, 2006). Otros genes utilizados para la caracterización de especies de *Colletotrichum*, han sido los genes que codifican para las proteínas Beta-tubulina y Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH) (Liu *et al.*, 2016; Han *et al.*, 2018; dos Santos *et al.*, 2020). Las técnicas moleculares han identificado la especie *Colletotrichum gloeosporioides* como agente causal de la antracnosis del ñame en Nigeria (Abang *et al.*, 2001; Abang *et al.*, 2002). También se ha reportado *C. fructicola* y *C. capsici*, los cuales se presentaron de manera severa en India y China, causando grandes pérdidas en el cultivo, lo cual motivó a buscar diferentes estrategias para el manejo de la enfermedad (Han *et al.*, 2018; Jehani *et al.*, 2019). Investigaciones han registrado diferentes especies de *Colletotrichum* asociadas a la antracnosis del ñame, tales como, *C. truncatum*, *C. dematium*, *C. theobromicola*, *C. alatae*, (Rosado, 2016; Lin *et al.*, 2018). En Puerto Rico, mediante la secuenciación parcial de los genes ITS, GAPDH y β -tubulina se caracterizaron las especies *C. gloeosporioides*, *C. ignotum*, *C. tropicale*, *C. aoteora*, *C. truncatum*, *C. alatae*, *C. fructicola*, *C. theobromicola*, *C. siamense* y *C. cliviae* (Fuentes, 2015). En Colombia se realizó diagnóstico molecular de *C. gloeosporioides* en ñame, utilizando la técnica molecular "DNA Amplification Fingerprinting (DAF), estos estudios mostraron patrones altamente polimórficos entre los aislados de la colección (Marroquín *et al.*, 2016). La identificación correcta de los patógenos asociados a la antracnosis del ñame y el conocimiento de la variabilidad de rasgos morfológicos, moleculares y de patogenicidad, resulta de gran importancia para el establecimiento de medidas preventivas y curativas; como la aplicación de fungicidas (Brown, 2006; Campo, 2011; Raj *et al.*, 2013);

MANEJO DE LA ANTRACNOSIS

La antracnosis en el ñame es considerada la enfermedad con mayor distribución, siendo

el manejo integrado la mejor estrategia, que incluye la rotación de cultivos, uso de semilla sana, la destrucción de residuos de cosecha, el uso de cultivares resistentes y por último el uso de fungicidas apropiados (Amusa *et al.*, 2003). Estas estrategias también son planteadas en el manejo de la antracnosis en otras especies (Agrios, 2005). Se han realizado trabajos encaminados al manejo de la enfermedad a través de métodos químicos y de resistencia genética; sin embargo, los agricultores prefieren usar genotipos con resistencia a la enfermedad (Nwadili *et al.*, 2017).

Uso de cultivares resistentes

En las regiones tropicales el manejo de la antracnosis se ha realizado estableciendo genotipos de *D. alata* moderadamente resistentes a la enfermedad, siendo importante la identificación de nuevas fuentes de resistencia. Entre los métodos para identificar la resistencia de los genotipos de ñame a la antracnosis, se emplea la inoculación en invernadero de toda la planta con una o varias cepas virulentas, la inoculación de hojas desprendidas en el laboratorio y la evaluación en campo donde la enfermedad es endémica (Nwadili *et al.*, 2017). Los parámetros más usados para evaluar la resistencia son la severidad, el tamaño de la lesión, la producción de esporas, el área bajo curva de progreso y la tasa de progreso de la enfermedad (Onyeka *et al.*, 2006; Nwadili *et al.*, 2017). La severidad se mide con la escala de seis grados desarrollada por Green y Simons (1994), los cuales describen como 0 = 0%, 1=1%, 2=2%, 3= 3-9%, 4= 10-24%, 5= 25-50, 6= > 50% del tejido de la planta afectada. Una de las estrategias de manejo que se viene implementando en Colombia, en el departamento de Córdoba, son las siembras intercaladas de genotipos susceptibles como el *D. alata* variedad Concha de coco, con genotipos resistentes como lo es la variedad Diamantes 22, consiguiendo reducir la severidad en el genotipo susceptible en 29% e incrementando

los rendimientos en 554 kg.ha⁻¹ (Campo y Luna, 1998). En África e India se ha evaluado la resistencia del banco de germoplasma de ñame a la antracnosis, bajo condiciones de campo en lotes en donde la enfermedad se manifiesta en forma endémica, teniendo como resultado varios genotipos con resistencia a la enfermedad (Ayisah *et al.*, 2019; Arya *et al.*, 2019). Trabajos similares se adelantan en Colombia por parte de la Universidad de Córdoba, quienes vienen evaluando anualmente la resistencia del banco de germoplasma a la antracnosis (Campo, 2011).

Uso de agentes biológicos

Las estrategias de manejo se han enfocado hacia la resistencia genética, control químico y prácticas culturales; por lo que no son muchos los reportes encontrados en esta revisión sobre el uso de biológicos para el manejo. Los reportes encontrados son trabajos experimentales empleando microorganismos antagonistas, a nivel *in vitro*, casa de malla y bajo condiciones de campo, donde los géneros *Trichoderma* y *Streptomyces* presentaron un alto potencial para el control de la antracnosis del ñame (Soares *et al.*, 2006; Palaniyandi *et al.*, 2011; Gwa y Ekefa, 2017). El actinomiceto *Streptomyces* sp. MJM5763, mostró un alto potencial al reducir la enfermedad tanto en laboratorio como en invernadero; estudios en campo empleando el sustrato de este actinomiceto redujo bajo condiciones de campo 86 y 75% la severidad y la incidencia de la antracnosis (Palaniyandi *et al.*, 2011) siendo una estrategia que podría ser empleada en el manejo integrado de la enfermedad.

Manejo químico

En la región Caribe colombiana existen pocos estudios sobre el uso de fungicidas para el control de la antracnosis en ñame y se ha reportado que los bencimidazoles son los más eficientes en el manejo (Osorio, 1989). No

obstante, estas investigaciones son antiguas, requiriendo evaluar la sensibilidad con los aislados de *Colletotrichum*. Investigaciones realizadas por Arce *et al.*, (2019) en Costa Rica indicaron que las concentraciones de fungicidas químicos utilizadas sobre los aislamientos fúngicos de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum truncatum* y *Mycoleptodiscus* sp. asociados a la antracnosis del ñame, no alcanzaron el 100% de inhibición micelial; y productos como el Carbendazin, Propiconazol y Propineb fueron los de mayor eficacia; mientras que, la Azoxistrobina no fue eficaz a ninguna concentración sobre ningún aislamiento. Rosado (2016), mediante ensayos colorimétricos *in vitro*, mostraron que los fungicidas Fludioxonil, Ciprodinil, Penthiopyrad, Clorotalonil inhibieron el crecimiento micelial de aislados de *C. gloeosporioides* y *C. alatae* causantes de antracnosis en ñame en Puerto Rico, además se evidenció resistencia a *Azoxystrobin*. En China se ha reportado la resistencia de Carbendazim en el manejo de la antracnosis causada por el complejo *C. gloeosporioides* en cultivos de ñame debido a la mutación que ha sufrido esta especie en el gen E198A de la β -tubulina 2TUB2 (Han *et al.*, 2018). Estos trabajos indican que el género *Colletotrichum* ha mostrado la tendencia a presentar resistencia a los fungicidas usados para el manejo de la antracnosis en ñame, debido a que posee una extraordinaria capacidad de adaptación y variabilidad genética elevada (Weir *et al.*, 2012; Suwannarat *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

El cultivo de ñame es de gran importancia en las regiones tropicales, por ser parte de la seguridad alimentaria. Las enfermedades limitan la producción, siendo la antracnosis la de mayor importancia económica en los países productores, afectando las especies *D. alata* y *D. rotundata*. Entre los géneros fungosos causantes de la antracnosis se reporta un complejo de especies de *Colletotrichum*,

siendo *C. gloeosporioides* la de mayor incidencia.

El manejo integrado, es la estrategia recomendada en el manejo de la enfermedad; esta involucra la siembra en lotes que no tenga residuos de cosecha de ñame en la superficie y el establecimiento de genotipos resistentes o tolerantes. La semilla antes de la siembra debe ser tratada con fungicidas a base de bencimidazoles, Carbendazim, Propiconazol, Propineb o Clorotalonil. Las practicas agronómicas durante el desarrollo del cultivo deben hacerse oportunamente, como son la fertilización adecuada, la distancia de siembra, el control de malezas y aplicación de fungidas teniendo en cuenta el periodo crítico de la infección y el límite de daño económico para la región.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que es un trabajo original y no existió conflicto de intereses de ningún tipo en la elaboración y publicación del manuscrito.

REFERENCIAS

- Abang, M., Green, K., Wanyera, N. and Lloba, C. 2001.** Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* from yam (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. In: Akoranda MO, Ngeve JM, eds. Root Crops in the 21st Century. Proceedings of the 7th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops–Africa Branch, Cotonou, Bénin. 613-615.
- Abang, M., Winter, S., Green, K., Hoffmann, P., Mignouna, H. and Wolf, G. 2002.** Molecular identification of *Colletotrichum gloeosporioides* causing yam anthracnose in Nigeria. *Plant Pathology* 51(1): 63-71.
- Abang, M., Winter, S., Mignouna, H., Green, K. and Asiedu, R. 2003.** Molecular taxonomic, epidemiological and population genetic approaches to understanding yam anthracnose disease. *African Journal of Biotechnology* 2:486-496.
- Aduramigba, A., Asiedu, R., Odebode, A. and Owolade, O. 2012.** Genetic diversity of *Colletotrichum gloeosporioides* in Nigeria using amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. *African Journal of Biotechnology*, 11(33): 8189-8195.
- Agrios, G. 2005.** *Plant pathology*. Academic press (pp. 487-494)
- Amusa, N., Adegbite, A., Muhammed, S. and Baiyewu, R. 2003.** Yam diseases and its management in Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 2, 497-502.
- Andres, C., AdeOluwa, O. and Bhullar, G. 2017.** “Yam (*Dioscorea* spp.),” in *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, Vol. 3. eds B. Thomas, B. G. Murray, and D. J. Murphy (Waltham, MA: Academic Press), 435–441.
- Arce, C., Varela, I. y Torres, S. 2019.** Inhibición del crecimiento micelial de hongos asociados a antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*: 381-393.
- Arya, R., Sheela, M., Jeeva, M. and Abhilash, P. 2019.** Identification of Host Plant Resistance to Anthracnose in Greater Yam (*Dioscorea alata* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8(8):1690-1696.
- Ayisah, K., Banito, A. and Oupressawa, M. 2019.** Screening of *D. alata* varieties grown in Togo for resistance to yam anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of Applied Biosciences*, 138, 14082-14091.
- Ayodele, M., Hughes, J. and Asiedu, R. 2006.** Yam anthracnose disease: field symptoms and laboratory diagnostics. 1-16 p. <https://www.iita.org>
- Beltrán, J. 2000.** Caracterización y diagnóstico del género *Colletotrichum* causante de la antracnosis en ñame y otros cultivos. In: Ñame: producción de semilla por biotecnología (eds) Guzmán M y Buitrago G. Universidad Nacional. Bogota, Colombia. (pp. 55-66)

- Brown, J. 2006.** Surveys of variation in virulence and fungicide resistance and their application to disease control. In *The epidemiology of plant diseases* Springer, Dordrecht. (pp. 81-115).
- Campo, R. y Pérez, D. 2015.** EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y LA FENOLOGÍA DEL ÑAME (*Dioscorea* spp.) SOBRE LA ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Fitopatología Colombiana* 39(2):37-40
- Campo, R. 2000.** La antracnosis, enfermedad limitante del cultivo del ñame. In *Ñame: producción de semilla por biotecnología* (eds) Guzmán M y Buitrago G. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia p 67- 70.
- Campo, R. 2011.** Manejo integrado de la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en ñame (*Dioscorea alata*) mediante el uso de alternativas para reducir el inóculo primario, la dispersión y el establecimiento del patógeno. informe final de proyecto. Universidad de Córdoba, Co. Doi:[10.13140/rg.2.1.2576.9846](https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2576.9846)
- Campo, R. y Luna, J. 1998.** Evaluación de la antracnosis en ñame *Dioscorea alata* var. Diamante 22 en monocultivo e intercalado con la variedad concha de coco. *Ascolfi Informa* 24 (5): 26-27 p.
- Cao, X., Xu, X., Che, H., West, J. and Luo, D. 2019.** Characteristics and distribution of *Colletotrichum* species in coffee plantations in Hainan, China. *Plant Pathology* 68(6):1146-1156.
- Castro, L., Saquero, M. y Herrera, J. 2003.** Caracterización morfológica y patogénica de *Colletotrichum* sp. como agente causal de la antracnosis en ñame *Dioscorea* sp. *Revista colombiana de Biotecnología* (1): 24-35.
- Da Silva, L., Moreno, H., Correia, H., Santana, M. and de Queiroz, M. 2020.** *Colletotrichum*: Species complexes, lifestyle, and peculiarities of some sources of genetic variability. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(5), 1891-1904.
- De Silva, D., Crous, P., Ades, P., Hyde, K. y Taylor, P. 2017.** Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3): 155-168.
- Dentika, P., Ozier, H. and Penet, L. 2021.** Weeds as Pathogen Hosts and Disease Risk for Crops in the Wake of a Reduced Use of Herbicides: Evidence from Yam (*Dioscorea alata*) Fields and *Colletotrichum* Pathogens in the Tropics. *Journal of Fungi*, 7(4):283.
- Dos Santos, W., Bezerra, P., da Silva, A., Veloso, J., Câmara, M. and Doyle, V. 2020.** Optimal markers for the identification of *Colletotrichum* species. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 143: 106694.
- FAO. 2019.** Datos sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Fox, R. and Narra, H. 2006.** Plant disease diagnosis. In *The epidemiology of plant diseases* Springer, Dordrecht. (pp. 1-42).
- Frézal, L., Jacqua, G. and Neema, C. 2018.** Adaptation of a fungal pathogen to host quantitative resistance. *Frontiers in plant science* 9:1554.
- Frossard, E., Aighewi, B., Aké, S., Barjolle, D., Baumann, P., Bernet, T., Dao, D., Diby, L., Floquet, A., Hgaza, V., Ilboudo L., Kiba, D., Mongbo, R., Nacro, H., Nicolay, G., Oka, E., Ouattara, Y., Pouya, N., Senanayake, R., Six, J. and Traoré, O. 2017.** The Challenge of Improving Soil Fertility in Yam Cropping Systems of West Africa. *Front. Plant Sci.* 8:1953. Doi: [10.3389/fpls.2017.01953](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01953)
- Fuentes, S. 2015.** Caracterización morfológica, patogénica y molecular de especies de *Colletotrichum* asociados al follaje del cultivo de ñame (*Dioscorea* spp.). Tesis Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez p 1-50.

- Fukada, F., Kodama, S., Nishiuchi, T., Kajikawa, N. and Kubo, Y. 2019.** Plant pathogenic fungi *Colletotrichum* and *Magnaporthe* share a common G1 phase monitoring strategy for proper appressorium development. *New Phytologist*, 222(4):1909-1923.
- González, M. 2012.** El Ñame (*Dioscorea* spp.). Características, usos y valor medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. *Cultivos Tropicales*, 33(4): 05-15.
- Green, K. and Simons, S. 1994.** Quantitative methods for assessing the severity of antracnose on yam (*Dioscorea alata*). *Trop. Sci.* 34: 216-224.
- Guyader, S. 2017.** Resilience of *Colletotrichum gloeosporioides* strains infecting yams to dry period and elevated temperature stresses. In 53. Annual Meeting of the Caribbean Food Crops Society (CFCS) (p. np).
- Gwa, V. and Ekefan, E. 2017.** Fungal Organisms Isolated from Rotted White Yam (*Dioscorea rotundata*) Tubers and Antagonistic Potential of *Trichoderma harzianum* against *Colletotrichum* Species. *Agri Res & Tech: Open Access J*, 10(3): 555787.
- Han, Y., Zeng, X., Xiang, F., Zhang, Q., Cong, G., Chen, F. and Gu, Y. 2018.** Carbendazim sensitivity in populations of *Colletotrichum gloeosporioides* complex infecting strawberry and yams in Hubei Province of China. *Journal of integrative agriculture* 17(6): 1391-1400.
- Islam, A., Schreinemachers, P. and Kumar, S. 2020.** Farmers' knowledge, perceptions and management of chili pepper anthracnose disease in Bangladesh. *Crop Protection*, 133, 105139.
- Ita, E., Uyoh, E., Nakamura, I. and Ntui, V. 2020.** Efficient elimination of *Yam mosaic virus* (YMV) from white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) by cryotherapy of axillary buds. *South African Journal of Botany*, 130, 123-129.
- Jehani, M., Patel, P. and Chaudhary, A. 2019.** Evaluation of bioagents against *Colletotrichum capsici* caused anthracnose disease of yam (*Dioscorea alata* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 8(3):4788-4790.
- Jiménez, Y., Campo, R. and López, L. 2009.** Caracterización morfológica de aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de la antracnosis del ñame. *Dioscorea alata* L. *Fitopatología Colombiana* 33(1):1-6
- Kolade, O., Oguntade, O. and Kumar, L. 2018.** Screening for resistance to Yam Anthracnose Disease. <https://africayam.org/download/screening-resistance-yam-anthracnose-disease/>.
- Lin, C., Wu, W., Liao, X., Liu, W., Miao, W. and Zheng, F. 2018.** First Report of Leaf Anthracnose Caused by *Colletotrichum alata* on Water Yam (*Dioscorea alata*) in China. *Plant Disease* 102(1): 248.
- Liu, F., Tang, G., Zheng, X., Li, Y., Sun, X., Qi, X. and Zhang, S. 2016.** Molecular and phenotypic characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease in peppers from Sichuan Province, China. *Scientific reports* 6: 32761.
- Marroquín, N., Rodríguez, S., Gutiérrez, Y. y Hurtado, G. 2016.** Caracterización molecular de *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de plantas de ñame de la Costa Atlántica Colombiana utilizando la técnica "DNA Amplification Fingerprinting (DAF)". *Revista Colombiana de Biotecnología* 18(1): 95-103.
- Mercado, A., Dagon, F. y Páez, A. 2019.** Aislamientos endofíticos de *Colletotrichum* spp. a partir de hojas y ramas de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Azúcar en el municipio de Ciénaga, Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 43(166): 65-77.

- Mignouna, H., Mank, R., Ellis, T., Van Den Bosch, N., Asiedu, R., Abang, M. and Peleman, J. 2002.** A genetic linkage map of water yam (*Dioscorea alata* L.) based on AFLP markers and QTL analysis for anthracnose resistance. *Theoretical and Applied Genetics* 105(5):726-735.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. 2020.** Organización de Cadena Nacional del Ñame. Internet. p 1-5 <https://www.minagricultura.gov.co>
- Moreira, R., Zielinski, E., Castellar, C., Bergamin, A. and De Mio, L. 2021.** Study of infection process of five species of *Colletotrichum* comparing symptoms of glomerella leaf spot and bitter rot in two apple cultivars. *European Journal of Plant Pathology*, 159(1): 37-53.
- Nwadili, C., Augusto, J., Bhattacharjee, R., Atehnkeng, J. and López, A. 2017.** Comparative reliability of screening parameters for anthracnose resistance in water yam *Dioscorea alata*. *Plant Disease* 101:209-216.
- Onyeka, T., Petro, D., Ano, G., Etienne, S. and Rubens, S. 2006.** Resistance in water yam (*Dioscorea alata*) cultivars in the French West Indies to anthracnose disease based on tissue culture-derived whole-plant assay. *Plant pathology* 55(5): 671-678
- Osorio, C 1989.** Control químico de la antracnosis del ñame causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, Penz (No. Doc. 25497) CO-BAC, Bogotá). 1-4 p.
- Palaniyandi, S., Yang, S., Cheng, J., Meng, L. and Suh, J. 2011.** Biological control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in yam by *Streptomyces* sp. MJM5763. *Journal of applied microbiology* 111(2): 443-455.
- Penet, L., Cornet, D., Blazy, J., Alleyne, A., Barthe, E. and Bussièrre, F. 2016.** Varietal dynamics and yam agro-diversity demonstrate complex trajectories intersecting farmers' strategies, networks, and disease experience. *Front. Plant Sci.* 7:1962.
Doi: [10.3389/fpls.2016.01962](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01962)
- Penet, L., Guyader, S., Pétró, D., Salles, M. and Bussièrre, F. 2014.** Direct splash dispersal prevails over indirect and subsequent spread during rains in *Colletotrichum gloeosporioides* infecting yams. *PLoS One*, 9(12), e115757
- Popoola, A., Adedibu, B. and Ganiyu, S. 2013.** Rapid assessment of resistance of tissue-cultured water yam (*Dioscorea alata*) and white guinea yam (*Dioscorea rotundata*) to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 46(6): 663-669.
- Raj, M., Hegde, V., Jeeva, M., Senthil, M., Nath, V., Vidyadharan, P. and Archana, P. 2013.** Molecular diagnosis of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose/dieback disease in greater yam (*Dioscorea alata* L.). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*46(8): 927-936.
- Reina, Y. 2012.** El Cultivo de ñame en el caribe colombiano. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana. 168, 2-34
- Ripoche, A., Jacqua, G., Bussièrre, F., Guyader, S. and Sierra, J. 2007.** Survival of *Colletotrichum gloeosporioides* (causal agent of yam anthracnose) on yam residues decomposing in soil. *Appl. Soil Ecol.* 38: 270-278.
Doi: [10.1016/j.apsoil.2007.10.015](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.10.015)
- Rojo, I., García, R., Sañudo, J., Leon, J. y Allende, R. 2017.** Proceso de infección de antracnosis por *colletotrichum truncatum* en papaya maradol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(SPE).
- Rosado, Y. 2016.** Evaluación de fungicidas orgánicos y convencionales para el control de enfermedades follares en ñame (*Dioscorea alata* L.). Tesis Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez p 68-83.
- Salehi, B., Sener, B., Kilic, M., Sharifi, J., Naz, R., Yousaf, Z. and Santini, A. 2019.** *Dioscorea* plants: a genus rich in vital nutra-pharmaceuticals-A review. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, 18(Suppl1), 68.

- Siddiqui, M., Ali, Z., Chittiboyina, A. and Khan, I. 2018.** Hepatoprotective Effect of Steroidal Glycosides From *Dioscorea villosa* on Hydrogen Peroxide-Induced Hepatotoxicity in HepG2 Cells. *Frontiers in pharmacology* 9: 797.
- Soares, A., Sousa, C., Garrido, M., Perez, J. y Almeida, N. 2006.** Actinomicetos do solo com atividade *in vitro* contra patógenos do inhame *Curvularia eragrostides* e *Colletotrichum gloeosporioides*. *Brazilian Journal of Microbiology* 37(4): 456-461.
- Sun, W., Wang, B., Yang, J., Wang, W., Liu, A., Leng, L. and Chen, S. 2017.** Weighted gene co-expression network analysis of the dioscin rich medicinal plant *Dioscorea nipponica*. *Frontiers in plant science* 8: 789.
- Suwannarat, S., Steinkellner, S., Songkumarn, P. and Sangchote, S. 2017.** Diversity of *Colletotrichum* spp. isolated from chili pepper fruit exhibiting symptoms of anthracnose in Thailand. *Mycological Progress*, 16(7): 677-686.
- Sweetmore, A., Simons, S. and Kenward, M. 1994.** Comparison of disease progress curves for yam anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Plant Pathology*, 43(1): 206-215.
- Than, P., Prihastuti, H., Phoulivong, S., Taylor, P. and Hyde, K. 2008.** Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. *Journal of Zhejiang University Science B* 9(10): 764-778.
- Tugizimana, F., Djami, A., Fahrman, J., Steenkamp, P., Piater, L. and Dubery, I. 2019.** Time-resolved decoding of metabolic signatures of *in vitro* growth of the hemibiotrophic pathogen *Colletotrichum sublineolum*. *Scientific reports*, 9(1): 3290.
- Uddin, M., Shefat, S., Afroz, M. and Moon, N. 2018.** Management of anthracnose disease of mango caused by *Colletotrichum gloeosporioides*: A review. *Acta Scientific Agriculture*, 2(10): 169-177.
- Weir, B., Johnston, P. and Damm, U. 2012.** The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology* 73, 115–180.
- Wumbei, A., Bawa, J., Akudugu, M. and Spanoghe, P. 2019.** Absence of Effects of Herbicides Use on Yam Rots: A Case Study in Wulensi, Ghana. *Agriculture* 9(5): 95.