

Manejo integrado de la marchitez por *Fusarium* Raza 1: la experiencia brasileña

Fernando Haddad; Edson Perito Amorim; Leandro de Souza Rocha

Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA, Brasil.

***Autor de**

Correspondencia:

Fernando Haddad

Fernando.haddad@embrapa.br

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Fitosanidad

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Haddad F, Perito AE y de Souza RL. 2024. Manejo integrado de la marchitez por *Fusarium* Raza 1: La experiencia brasileña.

Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia 1(1):

86

<https://doi.org/10.62498/AR>

TC.2486

INTRODUCCIÓN

La bananicultura brasileña se destaca entre las cinco más grandes del mundo, con una producción aproximada de 6,8 millones de toneladas en 457,410 mil hectáreas cultivadas (IBGE, 2023). Cabe señalar que las estadísticas brasileñas no distinguen entre la producción de plátano y banano. Actualmente, el cultivo brasileño se basa principalmente en cultivares del subgrupo Prata, con énfasis en BRS Prata-Anã (AAB), clon Prata Gorutuba y Prata Catarina. Sin embargo, cultivares como 'Grande Naine', 'Nanica' y 'Nanicão', pertenecientes al subgrupo Cavendish, principal fruto de exportación de la producción mundial, también cobran relevancia en los cultivos del Sudeste y Sur de Brasil. La cultura del banano está extendida por todo el territorio brasileño, con énfasis en las regiones Nordeste y Sudeste, responsables respectivamente por 35,1 y 33,5% del volumen total de producción en 2022 (IBGE, 2023). Sin embargo, el cultivo enfrenta desafíos fitosanitarios constantes y ampliamente distribuidos geográficamente, destacando problemas relacionados con hongos y nematodos.

En las principales regiones de bananicultura en Brasil, las mayores pérdidas en la producción, en cultivares del subgrupo Prata y Manzano, están asociadas a la marchitez por *Fusarium* raza 1, agravadas por la presencia de nematodos, principalmente del género *Meloidogyne* spp. y *Radopholus similis*, presentes en las principales regiones productoras de banano. Por ejemplo, en el Norte de Minas Gerais (NMG), hay pérdidas del 100% en bananeras del subgrupo Prata. Existe consenso en que el control cultural y biológico aplicado de manera individual no es eficiente en el control de la enfermedad en variedades susceptibles. En NMG, algunos productores han derribado las bananeras de 'Prata', susceptibles al patógeno, con una alta incidencia de marchitez por *Fusarium*, y han plantado cultivares del subgrupo Cavendish, resistentes a la raza 1 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). Sin embargo, las variedades tipo Cavendish tienen un menor valor en el mercado brasileño y, en condiciones de alta densidad de inóculo y estrés ambiental, pueden verse afectadas y favorecer el surgimiento de nuevas poblaciones del patógeno, más agresivas y con virulencia diferenciada.



La resistencia genética destaca como la opción de manejo más eficaz y sostenible para la enfermedad (Stover, 1986). Sin embargo, el uso de variedades resistentes en el control de la enfermedad es limitado debido a la variabilidad genética del patógeno (Rocha et. al, 2022; Batista et. al, 2022; Costa et. al, 2014) y a la suplantación de la resistencia causada por la infección por nematodos, principalmente *R. similis* (Rocha et. al, 2020).

La interacción entre nematodos y Foc en el banano es clave para la eficiencia de la resistencia. En los trabajos de Embrapa, la estrategia para el manejo de la marchitez por *Fusarium* combina el control genético y el control biológico. Para ello, se cuenta con tecnologías en fase de registro de dos productos biológicos para el manejo de nematodos y la marchitez por *Fusarium* en el Ministerio de Agricultura brasileño. Estas tecnologías, agregadas al control genético, tienen control total de la marchitez por *Fusarium* en invernaderos y campo. La principal tecnología desarrollada para integrar el manejo de la enfermedad es un aislado de *Trichoderma asperellum*, con muy buenos resultados a nivel de campo (Haddad et al., 2018). La estrategia para la utilización del control biológico es trabajar no solo en el efecto directo del agente sobre Foc, sino también utilizar microorganismos que estimulen el desarrollo de las plantas de banano, proporcionando nutrientes y promoviendo el crecimiento (Moreira et al., 2021). Otro factor a destacar en la utilización de microorganismos antagonistas a Foc es la protección de genotipos resistentes frente a la suplantación de esa resistencia por parte del patógeno.

El programa brasileño de mejoramiento genético del banano se inició en 1983 por Embrapa, a partir de la formación de una extensa colección de germoplasma proveniente de expediciones de recolección realizadas en Asia, África y América. La base de los trabajos está asociada con hibridaciones entre diploides y cultivares comerciales, y tiene como objetivo desarrollar progenies con resistencia a enfermedades, alta productividad y mayor calidad de los frutos (SOARES et al., 2021). Los primeros cruces se realizaron entre diploides salvajes recolectados en las expediciones y los cultivares Prata-Anã y Pacovan, y en menor escala con Manzano. Después de una década de cruces, Embrapa comenzó a utilizar diploides mejorados en los cruces como donantes de polen. La ventaja del uso de diploides mejorados radica en la capacidad de agregar diferentes fuentes de resistencia a enfermedades y características agronómicas demandadas por los productores en un solo híbrido, mediante el cruce entre diferentes diploides salvajes. Embrapa posee una colección de diploides mejorados, todos con resistencia a la marchitez por *Fusarium* raza 1 (Foc R1), muchos también con resistencia a Sigatoka negra, así como diploides con resistencia a *Fusarium* raza tropical 4 (Foc R4T) (ROCHA et al., 2021).

Para desarrollar nuevas variedades, Embrapa utiliza tres estrategias de mejoramiento: 1) hibridación entre cultivares comerciales y diploides mejorados; 2) inducción de variantes somaclonales in vitro; y 3) inducción de mutantes mediante irradiación con rayos gamma. La primera estrategia ha permitido el lanzamiento de varias variedades, destacando BRS Platina (híbrido tipo Prata resistente a Foc R1 y R4T) y BRS Princesa (híbrido tipo Manzano resistente a Foc R1 y R4T). Un nuevo híbrido tipo Prata, llamado Embrapa 2, está en evaluación en áreas de productores en Brasil, mostrando un excelente rendimiento agronómico, que podría propiciar su lanzamiento oficial en 2025. Este híbrido es resistente a Foc R1 y Sigatoka negra, y está siendo probado para resistencia a Foc R4T en Colombia.

La segunda estrategia de mejora está asociada con la inducción de variantes somaclonales in vitro de los tipos Prata y Cavendish. Este trabajo ha permitido la selección de somaclones resistentes a Foc raza subtropical 4 (Foc ST4), que es más agresiva y virulenta que Foc R1, endémica en Brasil (REBOUÇAS et al., 2021; FERREIRA, et al. 2020). Los somaclones están en validación agronómica en áreas de productores y, si muestran características demandadas por los productores, tienen potencial para lanzamiento futuro. Los resultados preliminares indican que la mayoría de los somaclones no difieren de las variedades comerciales susceptibles a Foc en cuanto a características agronómicas y sensoriales.

La última estrategia de mejoramiento utilizada por Embrapa utiliza irradiación gamma para generar mutantes derivados de las variedades Prata-Anã, Prata Catarina, Williams, Grande Naine y Valery con resistencia a Foc ST4. Esta línea de investigación comenzó en 2022 y los resultados iniciales se obtuvieron en 2023, con la selección de los primeros mutantes resistentes a Foc ST4 obtenidos a partir de la variedad Valery. Miles de mutantes putativos están siendo evaluados para resistencia o están en etapas de multiplicación en este momento. En colaboración con AgroSavia (Colombia), la Universidad de Stellenbosch (Sudáfrica) y el Instituto de Investigación Agrícola de Mozambique (IIAM, Mozambique), los mutantes resistentes serán evaluados contra Foc R4T, con trabajos que comenzarán en 2024. Esta tecnología tiene la capacidad de generar miles de mutantes putativos, que requieren una preselección antes de las pruebas de resistencia a Foc R4T en campo, considerando que Brasil está libre de esta enfermedad.

El mejoramiento de Cavendish por hibridación se lleva a cabo en Embrapa desde 2021, gracias a un convenio con Corbana (Costa Rica). Hasta la fecha actual, se han desarrollado cuatro híbridos en Brasil y uno en Costa Rica, resultado del cruce entre cultivares comerciales y diploides mejorados desarrollados por Embrapa. Los híbridos producidos en Brasil son triploides, y dos de ellos fueron plantados en el campo en

2023 para su caracterización agronómica. Un segundo proyecto de cooperación fue firmado a finales de 2021 con AgroSavia y Augura, con el objetivo de desarrollar híbridos del tipo Cavendish mediante cruces entre cultivares comerciales y diploides mejorados. Este trabajo está en curso tanto en Brasil como en Colombia.

El programa de mejoramiento de Embrapa tiene como líneas de investigación complementarias actividades de edición genética mediante CRISPR, para la tolerancia a la sequía y la resistencia a *Fusarium* raza 1, específicamente utilizando la variedad Prata-Anã como modelo. Además, se suma la duplicación de cromosomas de diploides con el objetivo de desarrollar triploides secundarios mediante hibridación y estudios de biología avanzada, especialmente la identificación de genes asociados con la resistencia a Foc R1, están en curso, con resultados prometedores.

Los trabajos desarrollados en Embrapa y antes descritos, tienen como objetivo principal proporcionar al agricultor tecnologías para una producción más sostenibles e integrada, capaz de minimizar pérdidas de producción y mantener el área plantada; además, de contribuir con la producción de alimentos saludables.

REFERENCIAS

1. BATISTA, I.; HECK, D.W.; SANTOS, A.; ALVES, G.; FERRO, C.; DITA, M.; HADDAD, F.; MICHEREFF, S.J.; CORREIA, K.C.; SILVA, C.F.B.; MIZUBUTI, E.S.G. The population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in Brazil is not structured by VCG or by geographic origin. *Phytopathology*, v. 125, p. 1-54, 2022.
2. COSTA, S. N.; BRAGANÇA, C. A. D.; RIBEIRO, L. R.; [AMORIM, E. P.](#); OLIVEIRA, S. A. S.; [DITA, M. A.](#); LARANJEIRA, F. F.; HADDAD, F. Genetic structure of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in different regions from Brazil. *Plant Pathology (Print)*, v. 64, p. n/a-n/a, 2014.
3. [HADDAD, F.](#); ROCHA, L.S.; SOARES, A.C.F.; MARTINS, I.P.S.; TEIXEIRA, L.A.J.; STAVES, C.; DITA, M. Management of Fusarium wilt of bananas in Minas Gerais, Brazil. *Acta Horticulturae*, v. 1, p. 137-146, 2018.
4. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://ibge.gov.br>>. Acesso em 10 de novembro de 2023.
5. MOREIRA, F.M.; CAIRO, P.A.R.; BORGES, A.L.; SILVA, L.D.; HADDAD, F. Investigating the ideal mixture of soil and organic compound with *Bacillus* sp. and *Trichoderma asperellum* inoculations for optimal growth and nutrient content of banana seedlings. *South African Journal of Botany*, v. 137, p. 249-256, 2021.
6. ROCHA, A.J.; FERREIRA, M.S.; ROCHA, L.S.; OLIVEIRA, S.A.S.; AMORIM, E.P.; MIZUBUTI, E.S.G.; Haddad, F. Interaction between *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and *Radopholus similis* can lead to changes in the resistance of banana cultivars to Fusarium wilt. *European Journal of plant pathology*, v. 157, p. 1, 2020.

7. ROCHA, A.J.; SOARES, J.M.S.; NASCIMENTO, F.S.; ROCHA, A.S.; AMORIM, V.B.O.; RAMOS, A.P.S.; FERREIRA, C.F.; HADDAD, F.; AMORIM, E.P. Molecular, Histological and Histochemical Responses of Banana Cultivars Challenged with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* with Different Levels of Virulence. *Plants*, v. 11, p. 2339, 2022.
8. STOVER, R. H., BUDDENHAGEN, I. W. Banana breeding: Polyploidy, disease resistance and productivity. *Fruits*, v. 41, p. 175-191, 1986.
9. Soares, J.M.; Rocha, A.J.; Nascimento, F.S.; Santos, A.S.; Miller, R.N.; Ferreira, C.F.; Amorim, E.P. Genetic improvement for resistance to black Sigatoka in bananas: A systematic review. *Front. Plant Sci.* 2021, 12, doi:10.3389/fpls.2021.657916.
10. Rocha A.J.; Soares J.M.D.S.; Nascimento F.D.S.; Santos A.S.; Amorim V.B.O.; Ferreira C.F.; Haddad F.; Santos-Serejo J.A.D.; Amorim E.P. Improvements in the Resistance of the Banana Species to Fusarium Wilt: A Systematic Review of Methods and Perspectives. *J Fungi (Basel)*. 2021 Mar 25;7(4):249. doi: 10.3390/jof7040249. PMID: 33806239; PMCID: PMC8066237.
11. Rebouças, T. A.; de Jesus Rocha, A.; Cerqueira, T. S.; Adorno, P. R.; Barreto, R. Q.; dos Santos Ferreira, M.; ... & Amorim, E. P. Pre-selection of banana somaclones resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, subtropical race 4. *Crop Protection*, 2021, 147, 105692.
12. Ferreira, M. D. S.; Moura, É. R. D.; Lino, L. S. M.; Amorim, E. P.; Santos-Serejo, J. A. D.; & Haddad, F. (2020). Selection of somaclonal variants of the cultivar ‘Prata-Anã’ for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 1. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(6), 1-10.