

Manejo de *Colletotrichum gloeospnejo* *deorioides* para la sanidad en cosecha de mango Tommy Atkins en Cundinamarca, Colombia*

Management of *Colletotrichum* *gloeosporioides* for health in harvest Tommy Atkins in Cundinamarca, Colombia

HIO, JUAN-CLIMACO¹; MARTÍNEZ- LEMUS, ERIKA-PATRICIA²; ROJAS-ZAMBRANO, EMERSON-DUVAN³; ARGUELLES-
CARDENAS, JORGE-HUMBERTO⁴; ROJAS-RAMÍREZ, DIEGO-ALEJANDRO⁵; BUSTOS-RODRIGUEZ, HENRY-ALEXANDER⁶

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 22 de enero 2024

Aprobado para publicación: 26 de mayo 2025

* Proyecto de investigación de origen: "Desarrollo de estrategias para el manejo integrado de enfermedades limitantes para la producción de Mango en Colombia". Financiación: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Agenda Dinámica Agrosavia (2018 – 2023).

- 1 Universidad Nacional, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (Docinade), MSc Fitopatología. Mosquera, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3620-4569>
- 2 Universidad Nacional, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (Docinade). Mosquera, Colombia. MSc Fitopatología. <https://orcid.org/0000-0002-5580-1564>
- 3 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Ingeniería Agronómica. Mosquera, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7605-3457>
- 4 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). MSc. Bioestadística. Mosquera, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-2886-1542>
- 5 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). MSc. Sostenibilidad. Mosquera, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6092-7428>
- 6 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). PhD. Ciencias Agrícolas. Mosquera, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-2432-5702>

Correspondencia: jclimaco@agrosavia.co

Cómo citar este artículo

HIO, JUAN-CLIMACO; LEMUS-MARTÍNEZ, ERIKA-PATRICIA; ROJAS-ZAMBRANO, EMERSON-DUVAN; ARGUELLES-
CARDENAS, JORGE-HUMBERTO; JORGE-HUMBERTO; ROJAS-RAMÍREZ, DIEGO-ALEJANDRO; BUSTOS-RODRIGUEZ,
HENRY-ALEXANDER. Manejo de *Colletotrichum gloeospnejo deorioides* para la sanidad en cosecha de mango Tommy Atkins en
Cundinamarca, Colombia. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 23, n. 2, 2025, p. 17-29. Doi:
<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v23.n2.2025.2402>

RESUMEN

La antracnosis representa un grave problema para la producción de mango, causando la pérdida de más del 40 % durante el cultivo y hasta el 100 % durante el almacenamiento. Las herramientas disponibles para los productores son insuficientes para controlar esta enfermedad. Esta investigación evaluó prácticas de control mediante un diseño de bloques completos al azar con dos tratamientos (manejo Agrosavia y manejo tradicional del productor), cuatro repeticiones y 16 árboles por repetición. Se midió la incidencia de antracnosis en inflorescencias, frutos en cuaje y frutos cosechados, además del rendimiento en toneladas. El tratamiento Agrosavia incluyó podas, nutrición y un programa específico para control del inóculo y la enfermedad. El estudio se realizó durante dos años (2019-2020). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la incidencia de antracnosis en flores, frutos en formación y severidad en poscosecha. El manejo Agrosavia demostró alta significancia en el control de la enfermedad con rendimientos superiores: en 2019 produjo 8,09 t/ha frente a 5,08 t/ha del manejo tradicional; en 2020 alcanzó 10,84 t/ha versus 7,57 t/ha del manejo convencional. La implementación de prácticas de manejo integrado constituye una estrategia eficaz para reducir significativamente la incidencia de antracnosis en el cultivo de mango (*Mangifera indica* L.). Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar tecnologías y enfoques innovadores en el manejo fitosanitario para disminuir pérdidas y aumentar la productividad. Las herramientas biotecnológicas y sostenibles representan una oportunidad clave para fortalecer la competitividad del sector agropecuario y agroindustrial.

ABSTRACT

Anthrachnose represents a serious problem for mango production, causing the loss of more than 40 % during cultivation and up to 100 % during storage. The tools available to producers are insufficient to control this disease. This research evaluated control practices using a completely randomized block design with two treatments (Agrosavia management and traditional producer management), four repetitions, and 16 trees per repetition. The incidence of anthrachnose was measured in inflorescences, fruit set, and harvested fruits, as well as yield in tons. The Agrosavia treatment included pruning, nutrition, and a specific program for inoculum and disease control. The study was conducted over two years (2019-2020). Results showed significant differences ($p < 0.05$) in the incidence of anthrachnose in flowers, developing fruits, and postharvest severity. The Agrosavia management demonstrated high significance in disease control with superior yields: in 2019 it produced 8,09 t/ha compared to 5,08 t/ha with traditional management; in 2020 it reached 10,84 t/ha versus 7,57 t/ha with conventional management. Implementing integrated management practices constitute an effective strategy to significantly reduce the incidence of anthrachnose in mango cultivation (*Mangifera indica* L.). These findings underscore the importance of integrating innovative technologies and approaches in phytosanitary management to decrease losses and increase productivity. Biotechnological and sustainable tools represent a key opportunity to strengthen the competitiveness of the agricultural and agroindustrial sectors.

PALABRAS CLAVE:

Manejo y control; Antracnosis; Inflorescencia; Frutos mango; Rendimiento; Sanidad en poscosecha; almacenamiento; Fitopatología; Productividad agrícola; Manejo integrado de enfermedades

KEYWORDS:

Management and control; Anthracnose; Inflorescence; Mango Fruits; Yield; Post-harvest health, storage; Plant pathology; Agricultural productivity; Integrated disease management.

INTRODUCCIÓN

El mango es una de las frutas más cultivadas y consumidas a nivel mundial, apreciada por su sabor, aroma y valor nutricional, lo que la convierte en un alimento clave para la seguridad alimentaria y el sustento económico de muchas familias (Mohamad *et al.*, 2022; Betancourt *et al.*, 2023). Su disponibilidad casi permanente facilita el acceso incluso a poblaciones de bajos recursos. No obstante, para mantener la calidad del fruto durante la producción y postcosecha, se requieren prácticas de manejo adecuadas que garanticen sanidad, buen aspecto y ausencia de residuos químicos. Sin estos cuidados, la fruta se vuelve más susceptible a plagas, enfermedades y deterioro prematuro (Ntsoane *et al.* 2019; Le *et al.* 2022).

En Colombia, la producción de mango enfrenta serios problemas sanitarios en postcosecha, lo que limita su competitividad en mercados internacionales que exigen altos estándares de inocuidad y ausencia de residuos químicos (Silveira *et al.*, 2022; Olivares-Salazar & Villalobos-Castro, 2022; Torres *et al.*, 2022). Estas deficiencias se relacionan con el manejo inadecuado del cultivo y la limitada asistencia técnica. Además, la sobreoferta estacional y el contrabando desde países vecinos generan una baja en los precios. Ante la falta de programas de transformación e industrialización, grandes volúmenes de fruta se pierden o se desechan, generando impactos económicos, ambientales y fitosanitarios por la acumulación de residuos en zonas rurales (Orjuela-Castro *et al.* 2016; Ntsoane *et al.* 2019)

Las pérdidas en el cultivo de mango en Colombia, que alcanzan entre el 30 y 60 %, se deben principalmente al deficiente manejo agronómico y a enfermedades como la antracnosis, agravadas por fenómenos climáticos como El Niño y La Niña (Mohamad *et al.*, 2022; Tarekegn & Kelem, 2022; Jiménez-Maldonado *et al.*, 2022). Además, la cosecha en estados inadecuados de madurez reduce la vida útil del fruto. Es urgente implementar esquemas de manejo preventivo adaptados a cada región, que integren controles culturales, biológicos y químicos sostenibles (Osuna-García *et al.*, 2022). Un enfoque integral y contextualizado es clave para mitigar impactos económicos y sanitarios en la cadena productiva.

Para que Colombia sea competitiva en la producción de mango, se requiere implementar programas de cosecha de agua, romper la estacionalidad productiva, inducir floración con nitratos y reemplazar variedades obsoletas por materiales más productivos y aceptados en los mercados (Liang *et al.*, 2022; Jiang *et al.*, 2022; Garcia-Mahecha *et al.*, 2023). Las pérdidas por antracnosis, causadas por el complejo *Colletotrichum gloeosporioides*, pueden alcanzar hasta el 100 % en almacenamiento (Silveira *et al.*, 2022; Osuna-García *et al.*, 2022; Betancourt *et al.*, 2023). Además, es clave incorporar polinizadores en los sistemas productivos mediante tecnologías adaptadas y transferidas eficientemente al productor (Ndlela *et al.*, 2022; Dofuor *et al.*, 2023).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de un esquema de manejo preventivo para el control de la antracnosis en mango (*Mangifera indica* L., var. Tommy Atkins), mediante la integración de prácticas agronómicas como poda sanitaria, nutrición basada en análisis de suelo y foliar, uso racional de agroquímicos de baja toxicidad en etapas tempranas del cultivo, y aplicaciones rotativas de productos biológicos durante la fase reproductiva. El estudio se desarrolló en un lote comercial con árboles de siete años en producción, evaluando la incidencia de la enfermedad en frutos cosechados y la severidad en fruta almacenada, con el fin de mejorar la calidad poscosecha y la competitividad del cultivo.

MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante los años 2019 y 2020 en dos ciclos productivos en una parcela experimental de mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins de 10 años, ubicada en el municipio de Tocaima Cundinamarca, vereda Guacana, a una altura de 672 m.s.n.m. La evaluación de la enfermedad se realizó en condiciones de campo (en flores y frutos hasta su madurez fisiológica), temperatura promedio 27 °C y precipitación promedio de

445 mm/año. En la etapa poscosecha en el laboratorio de microbiología agrícola de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- Agrosavia, C.I Tibaitatá, ubicado en el municipio de Mosquera Cundinamarca.

En campo se empleó un diseño de bloques completos al azar, con dos tratamientos, cuatro repeticiones, 15 árboles como unidad experimental. Los tratamientos se definieron como un esquema de manejo preventivo de la antracnosis (esquema Agrosavia), mediante la aplicación de prácticas (poda, nutrición y aplicación de controles) en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, frente a las prácticas de manejo realizadas por el productor (manejo productor).

La poda a los árboles correspondientes al tratamiento esquema Agrosavia, se llevó a cabo en la etapa vegetativa, realizando una poda de producción, la cual consistió en reducir la copa de los árboles aproximadamente a cinco metros de altura, eliminando ramas entrelazadas, secas, improductivas, con bastantes entrenudos y dejando cerca de cuatro entrenudos por rama, además, eliminando ramas que puedan tener contacto con el suelo; también, se eliminaron pedúnculos secos y frutos momificados; los cortes de la poda se cicatrizaron con una mezcla de vinilo tipo 1, Oxiclورو de cobre, y un insecticida lambdacialotrina, protegiendo los cortes de la humedad y del ataque de patógenos. Una vez finalizada la cosecha del primer ciclo productivo, se llevó a cabo una nueva poda sanitaria, despuntes y de producción preparando los árboles para el segundo ciclo productivo de evaluación (Hio *et al.*, 2024).

La fertilización de los árboles de mango para el tratamiento manejo Agrosavia, se basó en los resultados de los análisis de suelo y foliar, que evidenciaron deficiencias de algunos elementos mayores y menores entre ellos el fósforo asimilable, tanto en el suelo como a nivel foliar, las deficiencias se corrigieron mediante la aplicación de la fuente DAP granulado (18-46-0) (fosfato diamónico) en mezcla con cloruro de potasio, nitrato de calcio, kieserita y Agrimins® granulado, aplicando 1,5 Kg de la mezcla por árbol; la fertilización edáfica fue aplicada en los dos ciclos productivos en la etapa vegetativa finalizada la poda. Además, se realizó un complemento con nutrición foliar de acuerdo con la fenología de los árboles de mango, aplicando Nutrifoliar® completo una vez terminada la poda y dos aplicaciones del fertilizante líquido a base de Boro y Molibdeno en la etapa de floración y amarre de frutos respectivamente, finalmente durante la etapa de llenado de frutos se realizaron tres aplicaciones foliares con fosfato mono potásico en mezcla con el fertilizante líquido con fuentes de Calcio y Boro aplicadas cada tres meses.

La aplicación de productos para el control de antracnosis en cada ciclo productivo se llevó a cabo de acuerdo con la fenología del cultivo y fue aplicada dependiendo de la incidencia de la enfermedad en el cultivo y dadas las condiciones de clima (Hio *et al.* 2024), en la etapa vegetativa se utilizó un fungicida de protección sulfato de cobre pentahidratado 10 Kg/m³; en prefloración se empleó el fungicida protectante, propineb 2 Kg/m³; en la floración se aplicó el fungicida sistémico azoxystrobin + difenoconazole 1 mL/L; en la etapa de amarre y formación de frutos se usó el fungicida captan 2,5 Kg/m³ de agua; a los 30 días se repite aplicación con azoxystrobin + difenoconazole 1 mL/L; posteriormente en la etapa de llenado de fruto se aplicó el biológico *Bacillus subtilis* 1,5 mL/L y finalmente una aplicación sulfato de cobre pentahidratado 10 Kg/m³ antes de la cosecha.

A los árboles asignados al tratamiento manejo productor, durante los dos ciclos productivos del año 2019 y 2020 se les realizó en la etapa vegetativa una poda sanitaria y despuntes, se efectuó la aplicación de fertilización edáfica con una mezcla de fertilizante granulado 15-15-15 más menores empleando 500 g por árbol, no se realizó complemento con nutrición foliar y se llevó a cabo una sola aplicación de productos de control de antracnosis en la etapa de floración con la aplicación del fungicida azoxystrobin + difenoconazole 1 mL/L. En campo, de acuerdo con los tratamientos, se realizó el seguimiento y evaluación de las variables a 5 árboles por repetición para un total de 20 árboles por tratamiento, evaluando el porcentaje de panículas afectadas por antracnosis en la etapa de floración y del porcentaje de antracnosis en frutos desde el amarre hasta la cosecha en los dos ciclos productivos.

La evaluación de la incidencia de la enfermedad en panículas florales se realizó semanalmente durante un período de tres semanas. Para tal fin se seleccionaron por árbol cuatro puntos del tercio medio, y en cada punto se realizó el conteo total de panículas presentes, y se estableció el número de panículas con síntomas de antracnosis, la incidencia (%) se determinó bajo la ecuación 1 (Ecuación1):

$$\% Inc = \frac{N^{\circ}Ua}{N^{\circ}Ue} * 100 \quad (Ec.1)$$

Donde, (% Inc) es la incidencia en porcentaje, (N°Ua), corresponde al número de unidades afectadas y (N°Ue) es el número total de unidades evaluadas.

La evaluación del porcentaje de antracnosis en frutos (incidencia) se realizó mensualmente, durante un periodo de tres meses, iniciando las evaluaciones cuando el fruto se encontró en tamaño pequeño tipo garbanzo 10 mm de diámetro hasta la cosecha 90 % de su tamaño final de desarrollo cosecha, (García, 2010) , la observación se realizó en los mismos puntos donde se llevó a cabo la evaluación en flores, realizando el conteo total de frutos presentes, estableciendo el total de frutos con síntomas de la enfermedad y se calculó el porcentaje de incidencia con la ecuación descrita anteriormente.

En la etapa de postcosecha se realizaron dos evaluaciones por tratamiento, la primera evaluación fue la presencia de inóculo quiescente (IQs) en frutos con el montaje en cámaras húmedas y una segunda evaluación determinando el efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la antracnosis en frutos de mango en almacenamiento o anaquel, el montaje fue realizado en canastillas plásticas y su objetivo fue dar respuesta a las prácticas de manejo realizadas durante la experimentación en los dos tratamiento (manejo Agrosavia y manejo productor) en campo. Para tal fin se cosecharon 192 frutos en cada uno de los tratamientos (tratamiento manejo Agrosavia y tratamiento manejo productor) los frutos colectados estuvieron libres de daños fitosanitarios, libres de daños físicos, ; con uniformidad en tamaño y grado de madurez según norma técnica NTC 5210, madurez tipo 1 y 2 “verde – amarillo”, 90 % del tamaño final para cosecha (García, 2010; Páez, 2020), los frutos cosechados de cada tratamiento fueron transportados en canastillas plásticas a temperatura ambiente aproximada de 18 °C a las instalaciones del laboratorio de microbiología agrícola de Agrosavia, C.I. Tibaitata.

En laboratorio a los frutos cosechados, se les realizó un lavado con agua de grifo, se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 2 % por un minuto y se dejaron secar. Los frutos para lecturas de IQs fueron dispuestos en cámaras húmedas previamente preparadas, en cada caja se montaron cuatro frutos y tres cajas por repetición, en total 48 frutos y doce cajas por tratamiento; las cámaras húmedas se ubicaron es estantes a una temperatura 25 °C ± 2 °C, las lecturas se realizaron durante 4 semanas. Para la evaluación en almacenamiento o anaquel, los frutos una vez desinfectados fueron dispuestos en canastillas plásticas, 20 frutos por repetición y un total de 80 frutos por tratamiento, las canastillas fueron almacenadas en condiciones de casa de malla a una temperatura 20 °C ± 2 °C, las evaluaciones de daño en frutos según los tratamientos se llevaron a cabo en el transcurso de 5 semanas. Los daños se estimaron de acuerdo con la escala severidad de la antracnosis del mango basada en el porcentaje de área afectada medido experimentalmente, manejando la escala de Brodrick (1978), ajustada por (Corkidi, 2006).

Finalmente se realizó una estimación de producción por tratamiento, realizando un conteo total de frutos en cada uno de los 20 árboles identificados para el seguimiento y evaluación de variables y se determinó el peso promedio de 20 frutos por repetición con el fin de determinar un estimativo de la producción.

Análisis estadístico de datos. Para cada variable evaluada, los datos recolectados y digitalizados en Excel fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), seguido por una prueba de comparación de medias mediante el método LSD de Fisher ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS

En la zona de estudio, el ciclo productivo de mango en 2019 se caracterizó por un largo periodo de sequía que duró 7 meses sin precipitaciones, acompañado de temperaturas promedio de 39 °C. Estas condiciones climáticas extremas afectaron significativamente la floración de los árboles, resultando en una pérdida considerable de flores, lo que a su vez impactó la productividad del cultivo. Por otro lado, el ciclo productivo 2020 presentó condiciones más favorables, con una floración abundante en los árboles de mango tratados. Esto permitió evaluar de manera precisa y completa la efectividad de las prácticas de manejo propuestas, utilizando la floración disponible para hacer mediciones rigurosas, lo que evidenció una menor incidencia de la enfermedad en las panículas (Figura 1).

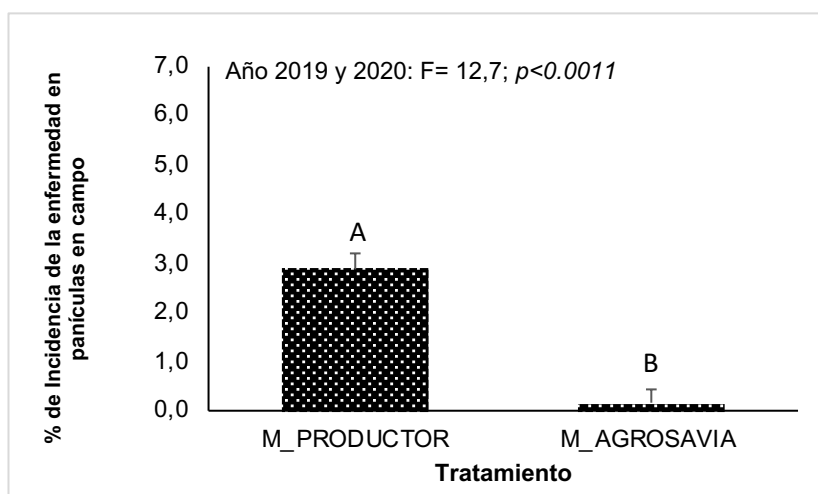


Figura 1. Incidencia de la enfermedad en campo, año 2019 y 2020. Prueba LSD de Fischer entre tratamientos. Letras diferentes son diferencias significativas ($p < 0,05$), barras colgantes son $\pm 95\%$ de confianza.

Los resultados obtenidos mostraron que el manejo aplicado por Agrosavia fue significativamente efectivo en la reducción de la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en inflorescencias (panículas). En el año 2019 y 2020, la incidencia de la enfermedad en panículas fue de 0,16 %, mientras que para el tratamiento manejo productor fue de 2,88 %, lo que revela una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$) (Figura 1).

La incidencia de antracnosis en frutos en cuajado o formación también mostró diferencias significativas entre los tratamientos, para el 2019, el tratamiento manejo Agrosavia presentó el 1,66 % de incidencia de la enfermedad en frutos, mientras que para el tratamiento manejo productor fue de del 5,25 % de incidencia de la enfermedad (Figura 2). Corroborando que el manejo tiene una gran relevancia en el control de la enfermedad.

Para el año 2019, la incidencia de antracnosis en frutos en cuaje o formación del tratamiento manejo Agrosavia fue 1,66 %, y para el año 2020, la incidencia de la antracnosis en el tratamiento manejo Agrosavia fue de 0,18 %, la reducción de la enfermedad fue altamente significativa para el segundo año, indicando que el efecto de las prácticas de manejo ejerce un efecto de control tardío. Si comparamos la incidencia de la enfermedad con el tratamiento manejo productor, para frutos se encontró que en el 2019 la enfermedad en frutos estuvo en el 5,25 % y en el 2020 la incidencia de la enfermedad en frutos fue del 4,11 % porcentajes altos con respecto al tratamiento manejo Agrosavia (Figura 2). Es de anotar que el productor durante los dos años de seguimiento realizó solo dos aplicaciones de un fungicida para el control de la antracnosis en estado de floración de los árboles, no realizó ningún otro tipo de manejo. Mostrando de esta manera que las prácticas preventivas de manejo de antracnosis son efectivas, pero su significancia se ve reflejadas después de un año de manejo.

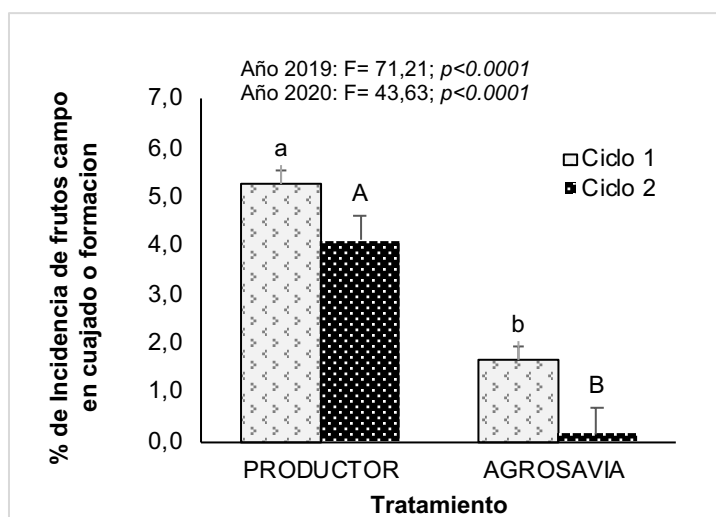


Figura 2. Incidencia de la enfermedad en frutos en campo, durante los años 2019 y 2020 Prueba LSD de Fischer entre tratamientos. Letras diferentes son diferencias significativas ($p < 0,05$), barras colgantes representan $\pm 95\%$ de confianza.

En el análisis de los índices de calidad (IQs) en frutos, se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos en ambos ciclos productivos. Para el año 2019, el manejo Agrosavia logró mantener un nivel de daño de frutos de solo 1,42 %, mientras que el manejo del productor alcanzó un 4,65 % (Figura 3). En el año 2020, el daño en frutos fue de 3,06 % para el tratamiento Agrosavia, en comparación con el 7,00 % para el tratamiento del productor. Estos resultados indican que el manejo Agrosavia fue efectivo para minimizar la incidencia de daño en frutos por antracnosis cuando se utiliza un manejo temprano y adecuado, incluso bajo condiciones variables de clima (Sanchez-Arizpe *et al.*, 2021) indica que el manejo integrado de los cultivos contribuye a disminuir epidemias localizadas de la enfermedad y a reducir elevadas pérdidas desde etapas de llenado de fruto hasta cosecha.

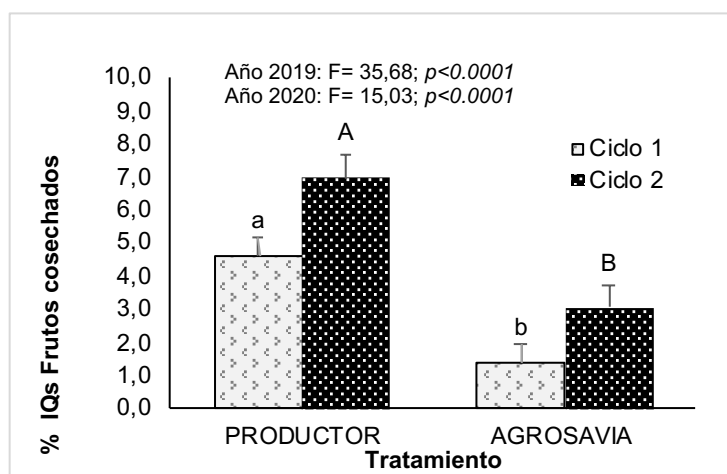


Figura 3. Evaluación de Infecciones quiescentes (IQs) en frutos cosechados en almacenamiento. Prueba LSD de Fischer entre tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas en $p < 0,05$. Las barras colgantes representan $\pm 95\%$ de confianza.

La presencia de la enfermedad en frutos cosechados y dispuestos simulando almacenamiento o anaquel a una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, mostró diferencias significativas entre los frutos almacenados del tratamiento manejo productor y tratamiento manejo Agrosavia. Para el año 2019, los frutos almacenados del tratamiento manejo Agrosavia presentaron una incidencia de la enfermedad del 0,75 %, mientras que los frutos cosechados y almacenados del tratamiento manejo del productor para el mismo año en las mismas condiciones de almacenamiento, la enfermedad fue del 4,04 %, se presentó una diferencia significativa de la enfermedad en los frutos de los dos tratamientos para ese año de evaluación, indicando que las prácticas de manejo en el tratamiento manejo Agrosavia ejercen un reducción de la enfermedad al final de la cosecha.

Para el año 2020, la evaluación de los frutos cosechados y almacenados bajo la misma condición ambientales de almacenamiento, mostraron que la incidencia de la antracnosis en los frutos del tratamiento manejo Agrosavia fue del 2,48 %, en relación con los frutos de mango cosechados en el tratamiento manejo productor y almacenados en las mismas condiciones ambientales la incidencia de la enfermedad fue del 7,91 % (Figura 4).

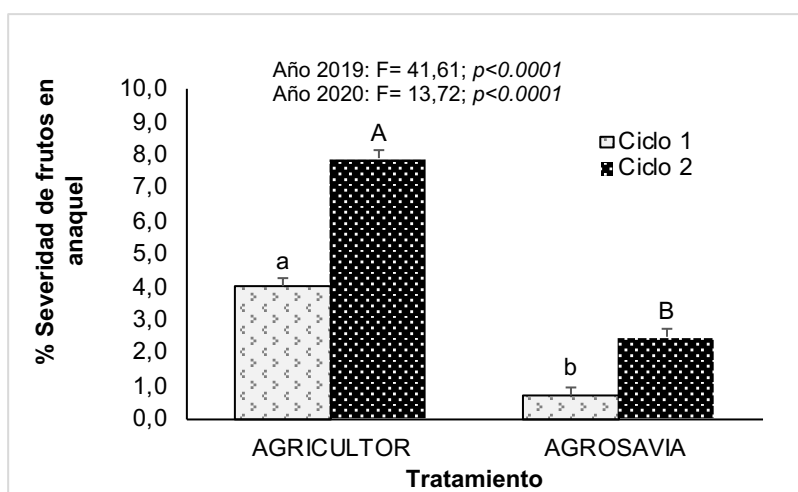


Figura 4. Severidad de la enfermedad en frutos en almacenamiento o anaquel. Prueba LSD de Fischer entre tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas en $p < 0,05$. Las barras colgantes representan $\pm 95\%$ de confianza.

La investigación muestra el efecto que tienen las prácticas de manejo desde la etapa inicial de producción de los árboles de mango y el manejo agronómico que se debe realizar en un cultivo. Una de las etapas más críticas, donde se generan las mayores pérdidas de la fruta cosecha es en almacenamiento o anaquel. Pero cuando se realiza un manejo técnico, adecuado con una nutrición acorde a las necesidades del cultivo y un manejo de podas siguiendo los parámetros fisiológicos de la planta y la aplicación de controles en las etapas más críticas de producción de los árboles de mango se puede reducir la incidencia y severidad de la enfermedad, desde floración pero con excelentes resultados en la fruta cosechada, permitiendo que la fruta después de cosechada tenga mayor sanidad en los sitios de acopio y tiendas de distribución.

Los resultados arrojados en este estudio, en términos de rendimiento de cosecha por árbol y por hectárea de fruta cosechada, para los tratamientos manejo Agrosavia y manejo productor, muestran diferencias significativas entre los dos tratamientos. Para el año 2019, los árboles de mango del tratamiento manejo Agrosavia tuvo una producción aproximada de 8,086 toneladas por hectárea. Mientras que la producción de fruta de mango del tratamiento manejo productor para el mismo año fue de 5,081 toneladas por hectárea, obteniéndose un rendimiento significativo para el tratamiento manejo Agrosavia, muy similar a lo indicado en los promedios establecidos por el ministerio de Agricultura y desarrollo Rural de Colombia, que indican un rendimiento promedio por hectáreas de

9 toneladas para el año 2019. Los rendimientos de fruta cosechada de mango para el año 2020 en el tratamiento manejo Agrosavia, tuvo una producción aproximada de 10,838 toneladas por hectárea, mientras que el tratamiento manejo productor, la producción fue de 7,569 toneladas aproximadas por hectárea. (Figura 5).

Lo que indica este estudio que a pesar de evidenciarse que los efectos del manejo son un poco tardíos en los árboles de manejo, principalmente observado en el tratamiento manejo Agrosavia, se evidencia un rendimiento significativo para el tratamiento Agrosavia en comparación con el tratamiento manejo productor, con un aumento significativo en toneladas de fruta cosechada para el tratamiento manejo Agrosavia en año 2020 (Figura 5). En la figura 5 el gráfico las barras muestran el peso en kilogramos, lo cual la conversión en los resultados se estableció en el texto en toneladas por tratamiento.

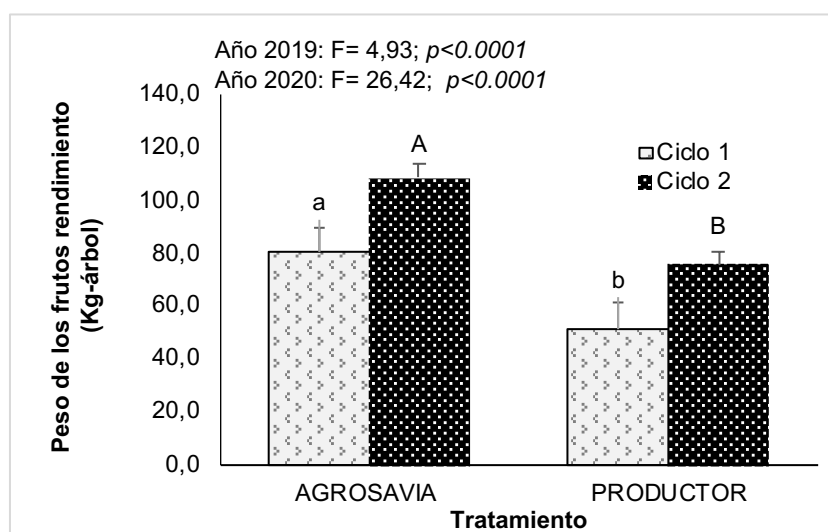


Figura 5. Peso de los frutos de mango (kg-árbol). Rendimiento Prueba LSD de Fischer entre tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas en $p < 0,05$. Las barras colgantes representan $\pm 95\%$ de confianza.

Los resultados finales del este estudio mostraron diferencias significativas entre tratamientos, indicando que las prácticas agronómicas aplicadas a los árboles de mango Tommy Atkins del tratamiento manejo Agrosavia redujeron la incidencia de la antracnosis desde floración hasta cosecha, aumentaron el peso, rendimientos por tonelada de fruta cosechada, indicando la importancia de realizar un manejo adecuado, aplicando prácticas culturales combinadas con una adecuada nutrición que sustituya las necesidades del árbol de mango. Si se establecer un plan de control para reducir la enfermedad en el cultivo con productos químicos según diagnóstico que se realice si es necesario, el uso debe con productos químicos debe ser de carencia corta, de baja toxicidad y aplicarse principalmente en la etapa de reposo de los árboles de mango, el objetivo es reducir inóculo quiescente existente en hojas, rotando el ingrediente activo de los fungicidas para evitar resistencia del patógeno.

Las prácticas de control de la enfermedad deben ser preventivas acorde con los riesgos principalmente factores asociados con el clima y la fenología del cultivo, el manejo adecuado no solo contribuye con el control de la enfermedad en la etapas más críticas de producción, si no que aumenta los rendimientos, y calidad de la fruta cosechada, este estudio también mostró la eficiencia que tienen los productos biológicos y los extractos que hay disponibles en el mercado aplicados en la etapa final de maduración de los frutos de mango, según autores indican que el uso de productos biológicos controlan la enfermedad pero también se disminuye el impacto am-

biental negativo por el uso de químicos, pero lo más importante es que al final de la cosecha la fruta está libre de trazas de químicos, considerada una fruta de calidad y de óptimas condiciones para el consumo directo (Fallahzadeh *et al.*, 2020).

Las prácticas de manejo con enfoque preventivo como podas, nutrición y aplicación de controles realizadas al tratamiento manejo Agrosavia, coinciden con estudios previos que sugieren que el manejo integrado del cultivo de mango Tommy Atkins (MIC) reducen la incidencia de antracnosis si no de muchas otras enfermedades y plagas asociadas al cultivo de mango, mejorando rendimientos y calidad de la fruta al final de cosecha (Valentín *et al.*, 2018; Fallahzadeh *et al.*, 2020). Confirmando que la implementación de prácticas culturales adecuadas se traduce en una mayor rentabilidad para los agricultores de diversas variedades de frutales.

El control de la enfermedad puede ser de mayor impacto en la fruta cosechada, al reducir las pérdidas que se general que van desde el 80 % hasta un 100 % en fruta almacenada de mango cuando la incidencia de la enfermedad es altamente agresiva desde cultivo, por lo general los síntomas no se visualizan en fruta en proceso de cosecha y maduración, pero su expresión de daño se genera en almacenamiento, como se indica en la Figura 6.



Figura 6. Efecto de los tratamientos en frutos postcosecha. a. Cosecha de frutos en campo. b. Selección y desinfección de frutos. c. Montaje de frutos en cámaras húmedas. d. Presencia de IQs en frutos del tratamiento manejo Agrosavia. e. Presencia de IQs en frutos del tratamiento productor. f. Montaje de frutos en almacenamiento o anaquel. g. Severidad de antracnosis en frutos almacenados tratamiento manejo Agrosavia. h. Severidad de antracnosis en frutos almacenados tratamiento manejo productor.

Fuente: Emerson Rojas – Juan Hio (2019 – 2020).

Uno de los aspectos fundamentales de gran importancia a considerar por las implicaciones negativas que genera el uso inadecuado e intensivo de insumos químicos, impactos negativos tanto para los ecosistemas donde se cultiva mango, sino también para las comunidades de humanos y de especies biológicas que ahí habitan. Uno de los principios que entidades gubernamentales nacionales e internacionales exigen a la producción mundial no solo de mango si no de frutales en general, es que se disminuya el uso de químicos, que los productos de consumo directo como la fruta del mango esté libre de trazas de químicos que sin ningún riesgo esta pueda contribuir al rol alimentario de muchas comunidades, locales, nacionales e internacionales (FAO, 2018; Miyinzi *et al.*, 2020).

Esto indica que el esquema preventivo de manejo que se usó en contribuye con la sostenibilidad en la agricultura frutícola colombiana.

Finalmente, el estudio mostró un control positivo y significativo de la enfermedad en la fruta durante las etapas fenológicas de producción del cultivo de mango, pero también un control relevante de la enfermedad en la fruta almacenada, siendo este aspecto un indicador excelente como referente para las exportaciones de fruta fresca, al general una mayor sanidad y duración de esta en anaquel o sitios de almacenamiento. Posibilitando tener fruta sana en periodos de tiempo más largos, sin que la fruta presente síntomas de la enfermedad.

CONCLUSIONES

Las prácticas de manejo implementadas en el tratamiento manejo Agrosavia, poda, nutrición adecuada y uso de productos de bajo impacto toxicológico, demostraron ser fundamentales para disminuir la enfermedad en frutos cosechados del tratamiento manejo Agrosavia. Las intervenciones con productos biológicos para el control de la enfermedad benefician la productividad de fruta de mango al estar libre de trazas de químicos, la calidad en aspectos físicos y sanitarios de la fruta muestran que no es necesario depender de insumos químicos, los productos biológicos garantizan una producción más saludable para el consumidor y menos perjudicial para el medio ambiente.

El manejo preventivo de la antracnosis en mango realizado al tratamiento manejo Agrosavia durante los años 2019 y 2020, permitieron tener mayores rendimientos y calidad de la fruta cosechada en contraste con el manejo del tratamiento productor que fue menor en rendimientos. Por otro lado, se disminuyó el impacto ambiental generado cuando el uso irracional de químicos es frecuente durante la etapa productiva de los árboles de mango.

Se encontró en este estudio que las prácticas de manejo preventivas aplicadas al tratamiento manejo Agrosavia disminuyeron la enfermedad en los árboles de mango en campo, obteniéndose un mayor rendimiento y sanidad de la fruta cosechada en el segundo año de evaluación con las prácticas de control aplicadas, permitiendo una mayor vida útil a la fruta en anaquel o almacenamiento a través del tiempo. Se puede concluir también que con el manejo preventivo se pudieron reducir las pérdidas en anaquel o almacenamiento hasta en un 40 % con respecto al tratamiento con manejo del productor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Agenda Dinámica de Agrosavia (2018 - 2023) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia- MADR.

REFERENCIAS

BETANCOURT, E.Y.N.; CHAVIANO, A.R.; HERNÁNDEZ-MENDOZA, N.; GAITÁN, C.E.L. Análisis del comercio de mango en el marco del T-MEC, un análisis de competitividad. Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, v. 24, n. 2, 2023, e3267.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3267

- COLOMBIA. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Bogotá (Colombia): 2018, 144 p.
<https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>.
- CORKIDI, G.; BALDERAS-RUIZ, K.A.; TABOADA, B.; SERRANO-CARREÓN, L.; GALINDO, E. Assessing mango anthracnose using a new three-dimensional image-analysis technique to quantify lesions on fruit. *Plant Pathology*, v. 55, 2006, p. 250-257.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01321.x>
- DOFUOR, A.K.; QUARTEY, N.K.; OSABUTEY, A.F.; ANTWI-AGYAKWA, A.K.; ASANTE, K.; BOATENG, B.O.; ABLORMETI, F.K.; LUTUF, H.; OSEI-OWUSU, J.; OSEI, J.H.N.; EKLOH, W.; LOH, S.K.; HONGER, J.O.; AIDOO, O.F.; NINSIN, K.D. Mango anthracnose disease: the current situation and direction for future research. *Frontiers in Microbiology*, v. 14, 2023, p. 1-18.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1168203>
- FALLAHZADAH, M.H.; KARIMI, J.; GAUGLER, R. Biological Control Chance and Limitation within Integrated Pest Management Program in Afghanistan. *Egyptian Journal of Pest Control*, v. 30, n. 86, 2020, p. 1-10.
<https://doi.org/10.1186/s41938-020-00264-7>
- GARCIA, L.J. Fenología del cultivo de mango (*Mangifera indica* L.) en el Alto y Bajo Magdalena: bases conceptuales para su manipulación. Colombia: Editorial Produmedios, 2011, 76 p.
- GARCÍA-MAHECHA, M.; SOTO-VALDEZ, H.; CARVAJAL-MILLAN, E.; MADERA-SANTANA, T.J.; LOMELÍ-RAMÍREZ, M.G.; COLÍN-CHÁVEZ, C. Bioactive Compounds in Extracts from the Agro-Industrial Waste of Mango. *Moléculas*, v. 28, n. 458, 2023, p. 1-17.
<https://doi.org/10.3390/molecules28010458>
- HIO, J.; MARTINEZ, E.; ROJAS, E.; OSORIO, J.; CRUZ, G.; BUSTOS, A. An integrated anthracnose management approach in Tommy Atkins mango cultivars in Cundinamarca – Colombia. *Universitas Scientiarum*, v. 29 n. 3, 2024, p. 253–273.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC293.aiam>
- JIANG, Z.; LI, R.; TANG, Y.Y.; CHENG, Z.; QIAN, M.; WEN, L.; SHAO, Y. Transcriptome Analysis Reveals the Inducing Effect of *Bacillus siamensis* on Disease Resistance in Postharvest Mango Fruit. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, v. 11, n. 1, 2022, p.1-16.
<https://doi.org/10.3390/foods11010107>
- JIMÉNEZ-MALDONADO, M.I.; TOVAR-PEDRAZA, J.M.; LEÓN-FÉLIX, J.; MUY-RANGEL, M.D.; ISLAS-OSUNA, M.A. Respuesta fisiológica y calidad de mango cv Ataulfo infectado por *Colletotrichum* spp. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, v. 13 n. 6, 2022, p. 1103-1115.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.3028>
- LE, D.T.; NGYEN, T.V.; MUOI, N.V.; TOAN, H.T.; LAN, N.M.; PHAM, T.H. Supply Chain Management of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: A Review with a Focus on Product Quality During Postharvest. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, 2022, p. 1-16.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.799431>
- LIANG, Y.S.; FU, J.Y.; CHAO, S.H.; TZEAN, Y.; HSIAO, C.Y.; YANG, Y.Y.; CHEN, Y K.; LIN, Y H. Postharvest Application of *Bacillus amyloliquefaciens* PMB04 Fermentation Broth Reduces Anthracnose Occurrence in Mango Fruit. *Agriculture*, v. 12, n. 10, 2022, p. 1-11.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12101646>
- MIYINZI, M. Health and environmental effects of adopting an integrated fruit fly management strategy among mango farmers in Kenya. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, v. 15, n. 1, 2020, p. 14–26.
- MOHAMAD, A.H.H.; AB-RAHIM, R.; MOHAMAD, N.N. Competitiveness of Mangoes in Southeast Asian Region., *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, v. 12, n. 5, 2022, p. 192-204.
<https://doi.org/10.6007/ijarbss/v12-i5/13265>
- NDLELA, S.; OBALA, F.; MWANDO, N.L.; MKIGA, A.M.; AZRAG, A.G.A.; MOHAMED, S.A. Hot Water Disinfestation Treatment Does Not Affect Physical and Biochemical Properties of Export Quality Mango Fruit [*Mangifera indica* L.]. *Multidisciplinary*, v. 12, n. 5, 2022, p. 570.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12050570>

- NTSOANE, M.L.; ZUDE-SASSE, M.; MAHAJAN, P.; SIVAKUMAR, D. Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. *Scientia Horticulturae*, v. 249, 2019, p. 77-85.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.033>
- OLIVARES-SALAZAR, L.E.; VILLALOBOS-CASTRO, A.D. Beneficios nutricionales del mango y seguridad alimentaria. Una mirada desde las estrategias didácticas. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, v. 7, n. 2, 2022, p. 97-97.
<https://doi.org/10.35381/r.k.v7i2.1841>
- ORJUELA-CASTRO, J.A.; HERRERA-RAMÍREZ, M.M.; ADARME-JAIMES, W. Warehousing and transportation logistics of mango in Colombia: A system dynamics model. *Revista Facultad de Ingeniería*, v. 26, n. 44, 2016, p. 73-86.
<http://doi.org/10.19053/01211129.v26.n44.2017.5773>
- OSUNA-ENCISO, T.; PÉREZ-BARRAZA, M.H.; MARTÍNEZ-ALVARADO, C.O.; HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; OSUNA-RODRÍGUEZ, J.M.; MARTÍN-MATHEIS, H. S. Retraso de floración y calidad del fruto de mango Kent en el sur de Sinaloa, México. *Revista fitotecnía mexicana*, v. 46, n. 4, 2023, p. 389-397.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.389>
- PÁEZ, A. Biología y manejo de estados quiescentes de *Colletotrichum* spp. en mango cultivar Azúcar, en el departamento del Magdalena, Colombia [Tesis de doctorado en Ciencias Agrícolas]. Medellín (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, 2020, 265 p.
- SANCHEZ-ARIZPE, A.; GALINDO-CEPEDA, M.E.; ARISPE-VAZQUEZ, J.L.; GENIS-VELAZQUEZ, R.; VAZQUEZ-BADILLO, M.E.; ANTONIO-BAUTISTA, A. Natural resistance of two mango 'Mangifera indica' L. commercial cultivars to anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Penz. and Sacc. *Australian Journal of Crop Science*, v. 15, n. 8, 2021, p. 1198-1203.
<https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.08.p3347>
- SILVEIRA, A.C.; RODRÍGUEZ, S.; KLUGE, R.A.; PALARETTI, L.F.; INESTROZALIZARDO, C.; ESCALONA, V. Non-destructive techniques for mitigating losses of fruits and vegetables. *Agrociencia Uruguay*, v. 25, n. NE2, 2022.
<https://doi.org/10.31285/agro.25.850>
- TAREKEGN, K.; KELEM, F. Assessment of Mango Post-Harvest Losses along Value Chain in the Gamo Zone, Southern Ethiopia. *International Journal of Fruit Science*, v. 22, n. 1, 2022, p. 170-182.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2021.2025194>
- TORRES, R.; BAYUELO-BONILLA, S.; CARPIO-ORTIZ, L.; BARRETO-RODRÍGUEZ, G.E.; TIRADO, D.F. High-Intensity Ultrasound-Assisted Extraction of Pectin from Mango Wastes at Different Maturity. *International Journal of Food Science*, v. 22, 2022, p. 1-7.
<https://doi.org/10.1155/2022/4606024>