



## Short note [Nota corta]

EFFECT OF SALICYLIC ACID AND METHYL JASMONATE ON  
*Colletotrichum* sp. IN MANGO FRUITS †[EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y METIL JASMONATO SOBRE  
*Colletotrichum* sp. EN FRUTOS DE MANGO]

Edith P. Quiróz-López<sup>1</sup>, María E. Rentería-Martínez<sup>1</sup>,  
Irene I. Ramírez-Bustos<sup>2</sup>, Sergio F. Moreno-Salazar<sup>1</sup>,  
Francisco E. Martínez-Ruíz<sup>2</sup>, Edgar Villar-Luna<sup>3</sup>  
and Ernesto Fernández-Herrera<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Carr. Bahía de Kino, Km. 21. Apartado postal 305. Hermosillo, Sonora, México. E-mail: ernesto.fernandez@unison.mx. Tel: 66 25 96 02 97.

<sup>2</sup> Universidad Estatal de Sonora. Apartado postal 11, Admón. 11, 83000 Hermosillo, Sonora, México.

<sup>3</sup> CONACYT-Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán. Justo Sierra 28, Jiquilpan, Michoacán, México, C. P. 59510.

\*Corresponding author

## SUMMARY

**Background:** mango anthracnose, caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, is the main mango disease in pre and post-harvest. Mainly synthetic fungicides have been used in its management, which has negatively impacted the environment and the health of workers. The induction of resistance in fruits by biological, physical or chemical means is considered a sustainable and safe strategy for the management of post-harvest diseases of fruits and vegetables. Methyl jasmonate (MeJa) and salicylic acid (AS) are natural and safe compounds that represent a promising alternative in post-harvest control. **Objectives:** to determine the effect of MeJa and AS on mycelial growth and spore germination of *Colletotrichum* sp., under *in vitro* conditions, and to evaluate the effect on development of postharvest damage caused by the pathogen in mango fruits treated with MeJa and AS. **Methodology:** the activity of MeJa and AS in the germination of spores and the mycelial growth of *Colletotrichum* sp., were evaluated in culture medium Broth Papa Dextrose and Papa Dextrose Agar, respectively. Healthy mango fruits were treated by immersion with MeJa and AS solutions at 1 and 10 mM for 5 min, and 24 h later they were inoculated with *Colletotrichum* sp., to evaluate the effect on the diameter of the lesion caused by the fungus to the 6 and 12 days after inoculation (dai). **Results:** MeJa and AS inhibited the germination of *Colletotrichum* sp., spores after 24 hours of incubation *in vitro*, while the mycelial growth of the fungus in PDA medium, 1 and 10 mM of MeJa and AS, showed significant reductions in growth in comparison to control. In fruits, it was observed that the 10 mM MeJa and AS treatments significantly reduced the diameter of the lesion caused by the fungus, compared to the control fruits at 12 dai. **Implications:** future trials should evaluate other concentrations of MeJa and AS in other mango varieties to assess the response to anthracnose. **Conclusions:** MeJa and AS inhibited spore germination and mycelial growth of *Colletotrichum* sp., under *in vitro* conditions, while in mango fruits these inducers significantly reduced the diameter of the lesion caused by this fungus, which suggests that both products can reduce the damage caused by *Colletotrichum* sp., in mango fruits.

**Key words:** Defense elicitors, anthracnose, *Mangifera indica*, postharvest diseases.

## RESUMEN

**Antecedentes:** la antracnosis del mango, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, es la principal enfermedad del mango en pre y postcosecha. En su manejo se ha utilizado principalmente fungicidas sintéticos, lo que ha impactado negativamente al ambiente y la salud de los trabajadores. La inducción de resistencia en frutos por medios biológicos, físicos o químicos es considerada una estrategia sustentable y segura para el manejo de enfermedades en postcosecha de frutas y vegetales. El metil jasmonato (MeJa) y el ácido salicílico (AS) son compuestos naturales y seguros que representan una alternativa promisoriosa en el control postcosecha. **Objetivos:** determinar el efecto del MeJa y AS en el crecimiento micelial y la germinación de esporas de *Colletotrichum* sp., en condiciones *in vitro*, y evaluar el efecto sobre el desarrollo del daño postcosecha causado por el patógeno en frutos de mango tratados con MeJa y AS. **Metodología:** se evaluó la actividad de MeJa y AS en la germinación de las esporas y el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., en medio de cultivo Caldo Papa Dextrosa y Papa Dextrosa Agar, respectivamente. Frutos sanos de mango se trataron por inmersión con soluciones de MeJa y AS al 1 y 10 mM durante 5 min, y 24 h después se inocularon con *Colletotrichum* sp., para evaluar el efecto en el

† Submitted October 2, 2020 – Accepted December 31, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License. ISSN: 1870-0462.

diámetro de la lesión ocasionada por el hongo a los 6 y 12 días después de la inoculación (ddi). **Resultados:** el MeJa y AS inhibieron la germinación de esporas de *Colletotrichum* sp., después de 24 horas de incubación *in vitro*, mientras que el crecimiento micelial del hongo en medio PDA, 1 y 10 mM de MeJa y AS, mostró reducciones significativas del crecimiento en comparación al control. En frutos, se observó que los tratamientos de MeJa y AS al 10 mM redujeron significativamente el diámetro de lesión causado por el hongo, en comparación con los frutos controles a los 12 ddi. **Implicaciones:** en ensayos futuros se debe evaluar otras concentraciones de MeJa y AS en otras variedades de mango para evaluar la respuesta a la antracnosis. **Conclusiones:** el MeJa y AS inhibieron la germinación de las esporas y el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., en condiciones *in vitro*, mientras que en frutos de mango estos inductores redujeron significativamente el diámetro de la lesión causada por este hongo, lo cual sugiere que ambos productos pueden reducir el daño causado por *Colletotrichum* sp., en frutos de mango. **Palabras clave:** elicitors de defensa, antracnosis, *Mangifera indica*, enfermedades postcosecha.

## INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2019) una tercera parte de todos los alimentos producidos en el mundo se pierden o desperdician. Muchas de estas pérdidas ocurren durante el almacenamiento debido a patógenos (insectos, bacterias, hongos), condiciones ambientales (lluvia, humedad, calor o frío) o animales (roedores o pájaros) (Buchholz *et al.*, 2018). De estos, las enfermedades fúngicas postcosecha son de los factores más importantes que limitan el período de almacenamiento y la vida de comercialización de los productos agrícolas, causando pérdidas económicas importantes en todo el mundo (Prakash *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2019). Hongos fitopatógenos como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Monilinia* spp., *Rhizopus* y *Alternaria alternata* ocasionan enfermedades en postcosecha a una amplia gama de productos frutícolas como mango, papaya, cítricos, fresas, tomates, duraznos, uvas, aguacates y guayabas (Ramaswamy, 2015; Singh and Sharma, 2018).

En México, el cultivo del mango tiene gran importancia debido al volumen de su producción; ocupando el quinto lugar mundial. En el año agrícola 2018, la superficie dedicada a la producción de mango fue de 203,000 hectáreas, con una producción de 1,867,298 ton (SIAP, 2019). No obstante, la producción de mango se ve afectada severamente por la enfermedad conocida como “antracnosis del mango”, la cual causa pérdidas importantes tanto en campo como en frutos cosechados. En nuestro país, la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) se encuentra distribuida en todas las regiones productoras de mango, y afecta a brotes, hojas, flores y frutos, siendo el daño más importante en postcosecha (Huerta-Palacios *et al.*, 2009). Esta enfermedad es considerada la principal enfermedad del mango en pre y postcosecha, causando pérdidas hasta del 50% de los frutos cosechados (Arias-Rivas y Carrizales, 2007; Páez-Redondo, 2003). El método de control más utilizado para el manejo de esta enfermedad ha sido con fungicidas sintéticos, sin embargo, el uso constante e indiscriminado de estos productos ha ocasionado problemas de contaminación ambiental y aparición de aislamientos fúngicos resistentes (Kumar *et al.*, 2007). Debido a lo anterior y a los problemas inherentes a la utilización de agroquímicos es que en

los últimos años se han buscado métodos alternativos para el manejo de las enfermedades postcosecha.

En la última década ha surgido un interés creciente en la búsqueda de alternativas ecológicas y seguras, diferentes al uso de fungicidas sintéticos, que reduzcan las pérdidas postcosecha de frutas y verduras. La inducción de resistencia de la planta o frutos por medios biológicos, físicos o químicos es considerada una estrategia sustentable para el manejo del decaimiento postcosecha de frutas y vegetales (Romanazzi *et al.*, 2016). En este sentido, el uso de compuestos químicos como el metil jasmonato (MeJa) y ácido salicílico (AS), para potencializar las defensas naturales de las plantas representa una alternativa promisoría en el control de las enfermedades postcosecha (Reyes-Díaz *et al.*, 2016; Wang and Li, 2008). En mango, existe poca información de como la aplicación exógena del MeJa y AS en frutos, reduce el daño o la severidad causada por la infección de hongos fitopatógenos postcosecha. Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del MeJa y AS sobre el desarrollo del daño postcosecha causado por *Colletotrichum* sp., en frutos de mango, así como determinar el efecto de estos compuestos en el crecimiento micelial y la germinación de esporas de este patógeno en condiciones *in vitro*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Frutos de mango (*Mangifera indica* cv. Keitt) en etapa de color verde a amarillo o rojo, se obtuvieron del mercado de abastos del municipio de Hermosillo, Sonora, México. Los frutos utilizados se seleccionaron por su homogeneidad en tamaño, madurez, color, ausencia de daños físicos o podredumbres, y se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 2 minutos, se enjuagaron con agua purificada dos veces y secaron a temperatura ambiente durante 1 hora antes de usarse.

### Tratamiento con metil jasmonato y ácido salicílico

Los frutos de mango fueron sumergidos en una solución de metil jasmonato (Sigma-Aldrich) o ácido

salicílico (Fermont) durante 5 min, y se secaron a temperatura ambiente durante 30 min. Los tratamientos evaluados fueron: 1) metil jasmonato a 1 mM, 2) metil jasmonato a 10 mM, 3) ácido salicílico a 1 mM, 4) ácido salicílico a 10 mM y 5) frutos tratados con agua como controles. Cada tratamiento constó de tres repeticiones de 5 frutos cada una. Los frutos tratados se almacenaron a 20 °C durante 24 horas antes de la inoculación con el patógeno

### Aislamiento e inoculación del hongo en frutos de mango

*Colletotrichum* sp., se aisló de frutos de mango var. Keitt con síntomas típicos de antracnosis. Muestras de tejido de aproximadamente 1 cm (tejido sano y enfermo) se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% por un minuto, se enjuagaron abundantemente tres veces con agua destilada esterilizada, y se colocaron en papel secante esterilizado. Los fragmentos de tejido se sembraron en medio PDA (Difco®) e incubaron a 28 °C durante 3 a 5 días. Para la identificación morfológica se realizaron montajes de tejido de cultivos de 10 días de edad y la identificación del género se realizó acorde con lo descrito por Sutton (1992). Un aislamiento patogénico y representativo de los aislados obtenidos, se seleccionó al azar para la realización de los diferentes ensayos de este estudio.

Para la inoculación del aislamiento de *Colletotrichum* sp., en frutos de mango, las esporas del hongo se obtuvieron por la adición de 30 mL de agua destilada esterilizada a cajas con PDA con el hongo crecido durante 10 días, el micelio se raspó superficialmente y se filtró a través de gasas estériles. La concentración de esporas se ajustó a  $1.2 \times 10^5$  esporas mL<sup>-1</sup> con ayuda de un hematocitómetro. La inoculación del patógeno se realizó en heridas (3 mm de profundidad x 3 mm largo) realizadas en el ecuador de los frutos con la ayuda de una aguja desinfectada con alcohol. En cada herida de cada fruto de mango se inoculó 10 µL de una suspensión de *Colletotrichum* sp., a una concentración de  $1.2 \times 10^5$  esporas mL<sup>-1</sup>.

### Efecto del MeJa y AS en el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp.

El efecto *in vitro* del MeJa y del AS en el crecimiento micelial se evaluó acorde con lo descrito por Yao y Tian (2005a), con algunas modificaciones. El MeJa y AS se adicionó al medio PDA antes de vaciarse en las cajas Petri (9 cm de diámetro). Las concentraciones finales del MeJa y AS en el PDA de las cajas Petri fueron 1 mM y 10 mM para ambos productos evaluados. Un disco de medio de 9 mm de diámetro con *Colletotrichum* sp., se colocó en el centro de cada caja Petri, y se incubaron a 28 °C. El diámetro del crecimiento de la colonia se determinó a los 48, 96 y 144 h después de la incubación. Cada tratamiento constó de tres replicas. El efecto del

MeJa o del AS en la inhibición del crecimiento micelial del hongo se evaluó con la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición del crecimiento micelial del hongo (\%)} = \frac{\text{Diámetro de la colonia control} - \text{Diámetro de la colonia del tratamiento}}{\text{Diámetro de la colonia control} - 9 \text{ mm}} \times 100$$

### Efecto del MeJa y AS en la germinación de esporas de *Colletotrichum* sp.

Este ensayo se realizó en medio líquido Caldo Papa Dextrosa (CPD) acorde con lo descrito por Tian *et al.* (2002). Para determinar el efecto del MeJa y AS en la germinación de *Colletotrichum* sp., alícuotas de 1 mL de una suspensión conidial del patógeno se adicionaron a tubos de ensayo (150 mm x 10 mm) con 5 ml de CPD para obtener una concentración final de  $1 \times 10^5$  conidias mL<sup>-1</sup>. Los tubos con medio CPD tuvieron una concentración final de 1 o 10 mM de MeJa y 1 o 10 mM de AS. Tubos con medio CPD sin MeJa y AS e inoculados con el hongo se utilizaron como tratamiento control. Todos los tubos se colocaron en un agitador orbital a 150 rpm a temperatura ambiente durante 24 horas. Cada tratamiento constó de tres repeticiones y se evaluaron 200 esporas por repetición.

### Análisis estadístico

Los resultados del efecto del AS y del MeJa en el diámetro de la lesión en frutos de mango y en el antagonismo *in vitro* hacia *Colletotrichum* sp., se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a una comparación de medias de Tukey (P < 0.05) utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Identificación morfológica del hongo

Se aisló consistentemente a *Colletotrichum* sp., de frutos de mango con síntomas típicos de antracnosis. El hongo presentó las siguientes características morfológicas; micelio de color blanco a rosado con conidias hialinas, unicelulares y cilíndricas, redondeadas en los extremos, de aproximadamente 13.9 a 17.8 µ de largo y 3.8 a 5.4 µ de ancho.

### Efecto del MeJa y AS en la germinación de esporas y crecimiento micelial

Se observó que el MeJa y AS inhibieron la germinación de esporas de *Colletotrichum* sp., después de 24 horas de incubación *in vitro*. Las concentraciones de 1 y 10 mM de AS mostraron 0% de esporas germinadas, mientras que las de MeJa tuvieron 3 y 1% de germinación de esporas, respectivamente; lo cual contrastó significativamente con el 86% de esporas germinadas del tratamiento control. También, en este

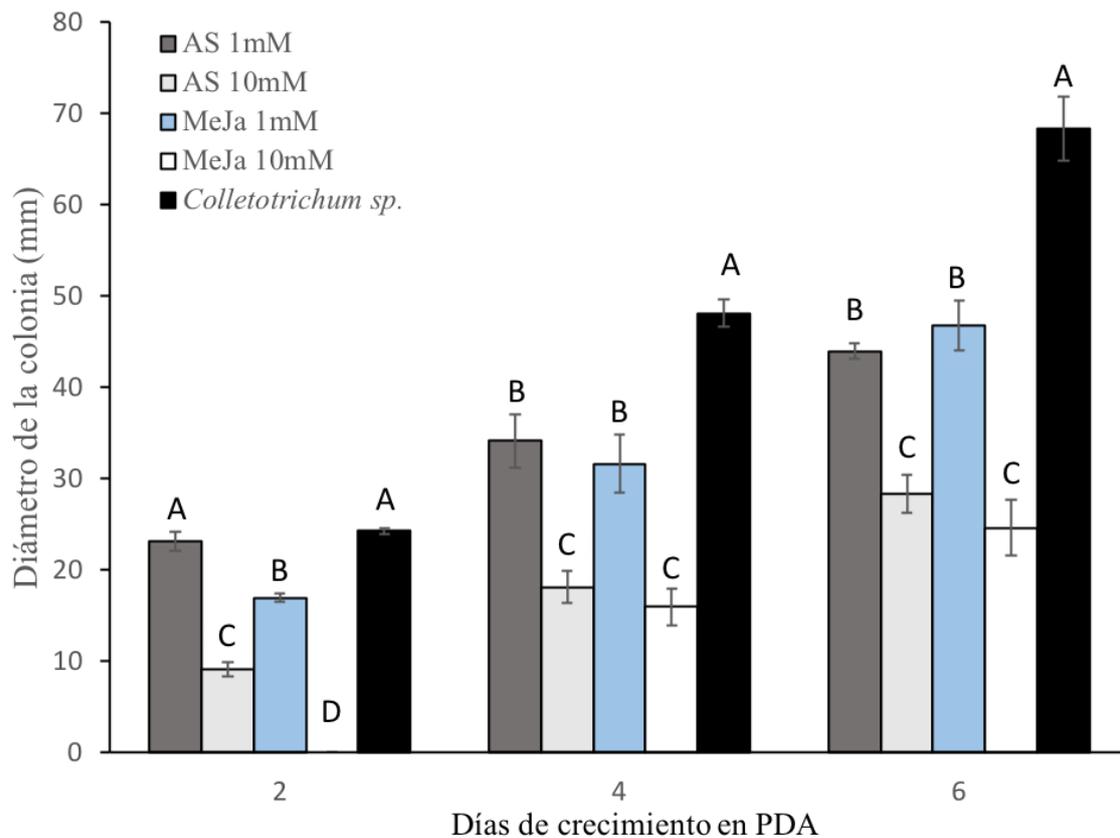
estudio se registró una reducción significativa del crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., a concentraciones de 1 mM y 10 mM de MeJa, así como del AS, siendo la concentración de 10 mM de MeJa y AS las que mostraron las mayores reducciones. Para esta variable, las concentraciones evaluadas de MeJa y AS redujeron el crecimiento micelial del hongo a las 48, 96 y 144 h después de la incubación a 28 °C (Figura 1). La mayor reducción del crecimiento fúngico se observó con la concentración alta de MeJa y AS, con decrementos de 64 y 59%, respectivamente, en comparación con las cajas controles, a las 144 h después de la incubación. Resultados similares reportaron Zhu y Tian (2012) al señalar que la concentración 10 mM de MeJa inhibió la germinación de esporas (75.8%) y el crecimiento micelial (86%) de *Botrytis cinerea* aislado de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Yao y Tian (2005b) señalan que la concentración de 2 mM de AS inhibe significativamente el crecimiento micelial y la germinación de esporas de *Monilinia fructicola*, mientras que la concentración de 0.2 mM de MeJa tuvo poco efecto inhibitorio sobre estas variables en comparación con el control. El efecto inhibitorio del MeJa en el crecimiento micelial también ha sido reportado en hongos como *Sclerotinia sclerotiorum* (Al-Masri et al., 2002) y *Penicillium expansum* (Yao y Tian, 2005), mientras

que el efecto inhibitorio del AS (10 mM) en la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo en *P. expansum* y *A. alternata* (Qin et al., 2003), entre otros.

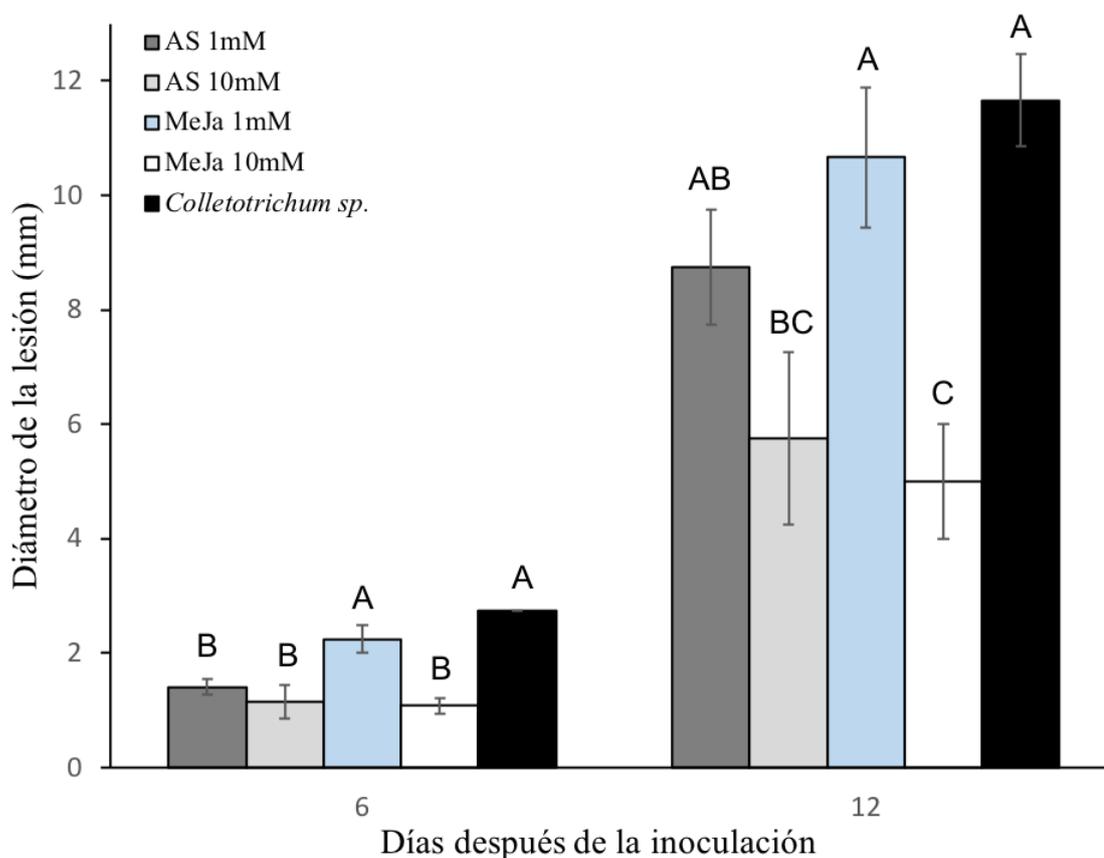
Por lo anterior, se puede concluir que la mayor actividad fungitóxicas del MeJa y el AS en nuestro estudio, está relacionado con el incremento en la concentración de estos productos (de 1 a 10 mM), pues a mayor concentración mayor el efecto inhibitorio en el crecimiento micelial (Figura 1). Nuestros resultados sugieren que el MeJa y AS podrían afectar directamente el crecimiento o desarrollo de *Colletotrichum* sp., en los frutos o incluso en la planta infectada.

#### Efecto del MeJa y AS en el diámetro de lesión en frutos de mango inoculados con *Colletotrichum* sp.

La aparición de los primeros síntomas de antracnosis en los frutos de mango ocurrió entre los 5 y 6 días después de la inoculación (ddi) con el hongo, principalmente en el tratamiento control. A los 6 ddi, se observó que los tratamientos de MeJA (10 mM) y AS (1 y 10 mM) mostraron diferencias significativas en el diámetro de la lesión en comparación con los frutos controles, los cuales tuvieron los mayores



**Figura 1.** Efecto de concentraciones de MeJa y AS en el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., en medio PDA a los 2 (48 h), 4 (96 h) y 6 (144 h) días después de incubación a 28 °C. La barra en cada columna representa la desviación estándar de los datos del tratamiento. Columnas con la misma letra en cada tiempo de evaluación son iguales estadísticamente (Tukey,  $p < 0.05\%$ ).



**Figura 2.** Efecto de concentraciones de MeJa y AS en el diámetro de lesión en frutos de mango inoculados con *Colletotrichum sp.*, La barra en cada columna representa la desviación estándar de los datos del tratamiento. Columnas con la misma letra en cada tiempo de evaluación son iguales estadísticamente (Tukey,  $p < 0.05\%$ ).

diámetros de lesión. A los 12 ddi los frutos tratados con MeJa y AS al 10 mM tuvieron un diámetro promedio de lesión 50% menor con respecto a los frutos control, lo que sugiere que ambos productos reducen el daño causado por *Colletotrichum sp.*, en frutos de mango (Figura 2). En esta variable, al igual que en las pruebas de antagonismo *in vitro*, los mejores resultados se obtuvieron con la concentración alta (10 mM) de MeJa y AS.

Hoy en día, el uso generalizado de fungicidas para el control de enfermedades ha provocado mayores costos de producción, residuos de plaguicidas en alimentos, daños a la salud humana y del medio ambiente (Fatemi *et al.*, 2013). En este estudio, se observó una reducción significativa del diámetro de la lesión ocasionada por la inoculación de *Colletotrichum sp.*, en frutos de mango var. Keitt tratados con MeJa y AS, lo cual podría representar una alternativa más para el manejo integrado de la antracnosis en el cultivo de mango, reduciendo así los efectos negativos provocados por los plaguicidas. Al respecto, Zhu y Tian (2012) señalan que la aplicación exógena de MeJa en frutos de tomate disminuyó significativamente el diámetro de la lesión causada por el moho gris (*Botrytis cinerea*) en comparación a los frutos no tratados, atribuyéndolo a la acumulación de peróxido de hidrógenos ( $H_2O_2$ ) durante la etapa temprana de la infección del hongo.

Berumen-Varela *et al.* (2015) reportaron que la aplicación de AS al 5 mM disminuyó la severidad de la infección causada por *Colletotrichum sp.*, en frutos de plátano, así como el crecimiento micelial y germinación de esporas, sin detrimento de la calidad postcosecha de los frutos de plátano. El MeJa y el AS son moléculas que tienen un papel importante en la expresión de la respuesta de defensa en plantas y frutos, y que en los últimos años se han evaluado principalmente en condiciones postcosecha para mejorar parámetros de calidad y resistencia a patógenos (Babalar *et al.*, 2007; Reyes-Díaz *et al.*, 2016). Estos compuestos naturales, seguros y sin restricciones de aplicaciones en postcosecha, reducen la producción de etileno y el daño causado por hongos en frutos de fresa tratados con AS (Babalar *et al.*, 2007), aumentan la expresión del gen *VvNPR1.1* (relacionado con la expresión de PR-1 y PR-2),  $H_2O_2$  y las fitoalexinas *trans*-resveratrol y  $\epsilon$ -viniferina, reduciendo la severidad de *B. cinerea* en frutos de uva tratados con MeJa (Wang *et al.*, 2015). En contraste, Boonyariththongchai *et al.* (2017) indicaron que la aplicación de MeJa (30 ppm) no redujo la severidad de la antracnosis en frutos de mango almacenados durante 18 días a 13 °C, atribuyendo esta respuesta a las características genéticas propias de los frutos utilizados y al método de aplicación del MeJa. Así mismo, Tsao and Zhou (2000) no encontraron diferencias en la reducción de

la pudrición café (*Monilinia fructicola*) en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) tratados con MeJa y los frutos controles.

### CONCLUSIONES

El metil jasmonato y el ácido salicílico inhibieron la germinación de las esporas y el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., en condiciones *in vitro*, mientras que en frutos de mango estos inductores redujeron significativamente el diámetro de la lesión causada por este hongo, lo cual sugiere que ambos productos pueden reducir el daño causado por *Colletotrichum* sp., en frutos de mango.

**Financiamiento.** No hubo fuente de financiamiento en la realización de este estudio.

**Conflictos de interés.** Se declara que los autores no presentan conflicto de intereses.

**Cumplimiento de estándares de ética.** Se han cumplido todos los estándares éticos.

**Disponibilidad de datos.** Los datos están disponibles con: Dr. Ernesto Fernández Herrera, ernesto.fernandez@unison.mx, previa solicitud razonable.

### REFERENCIAS

- Al-Masri, M. I., Ali-Shtayeh, M.S., Elad, Y., Sharon, A., Tudzynsky, P., and Barakat, R. 2002. Effect of plant growth regulators on white mould (*Sclerotinia sclerotiorum*) on bean and cucumber. *Journal of Phytopathology*, 150: 481-487. doi:10.1046/j.1439-0434.2002.00779.x
- Arias-Rivas, B., y Carrizales, L. 2007. Control químico de la antracnosis del mango (*Mangifera indica* L.) en pre y postcosecha en el municipio Cedeño, estado Monagas, Venezuela. *Bioagro*, 19(1): 19-25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85719103&idp=1&cid=2771859>
- Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., and Khosroshahi, A. 2007. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry*, 105(2): 449-453. doi:10.1016/j.foodchem.2007.03.021
- Berumen-Varela, G., Ochoa-Jiménez, V. A., Baéz-Sañudo, R., y Gutiérrez-Martínez, P. 2015. Efecto del ácido salicílico en la producción de resistencia a *Colletotrichum* sp. en frutos de plátano durante postcosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1): 27-34.
- Boonyariththongchai, P., Chimvaree, C., Buanong, M., Uthairatanakij, A., and Jitareerat, P. 2017. Effect of methyl jasmonate on physical and chemical properties of mango fruit cv. Nam Dok Mai. *Horticulturae*, 3(1): 18. doi.org/10.3390/horticulturae3010018
- Buchholz, F., Kostic, T., Sessitsch, A., and Mitter B. 2018. The potential of plant microbiota in reducing postharvest food loss. *Microbial Biotechnology*. 11: 971-975. doi: 10.1111/1751-7915.13252.
- FAO. 2019. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Consultado el 19 de diciembre de 2019. <http://www.fao.org/state-of-food-agriculture/en/>
- Fatemi, H., Mohammadi, S., and Aminifard, M.H. 2013. Effect of postharvest salicylic acid treatment on fungal decay and some postharvest quality factors of kiwi fruit. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(11): 1338-1345. doi.org/10.1080/03235408.2013.767013.
- Huerta-Palacios G, Holguín-Meléndez F, Benítez-Camilo FA, and Toledo-Arreola J. 2009. Epidemiología de la antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 27(2): 93-105. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092009000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092009000200002)
- Kumar, A. S., Reddy, N. P. E., Reddy, K. H., and Devi, M. C. 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose in Agri Export Zone of Andhra Pradesh, India. *Plant Pathology Bulletin*, 16: 157-160. <http://140.112.183.156/pdf/16-3/p157-160.pdf>
- Páez-Redondo, AR. 2003. Tecnologías sostenibles para el manejo de la antracnosis en papaya y mango. *Boletín técnico No. 8. Corpoica Regional 3/ Pronatta UCR Costa Caribe. Valledupar, Cesar, Colombia. 18 páginas.* <http://hdl.handle.net/20.500.12324/16590>
- Prakash, O., Misra, A. K., Shukla, and P. K. 2011. Post-harvest diseases of mango and their management. *Global conference on augmenting production and utilization of mango: biotic and abiotic stresses.* 21-24 June. Uttar Pradesh, India. Pages 137-144. <https://www.researchgate.net/publication/311886586>
- Qin, G. Z., Tian, S. P., Xu, Y., and Wan, Y. K. 2003. Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in

- sweet cherry fruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 62: 147-154. doi:10.1016/S0885-5765(03)00046-8
- Ramaswamy, S. H. 2015. Post-harvest technologies of fruits and Vegetables. DESTech Publications, Inc. Pennsylvania, U.S.A. 317 p.
- Reyes-Díaz, M., Lobos, T., Cardemil, L., Nuñez-Nesi, A., Retamales, J., Jaakola, L., Alberdi, M., and Ribera-Fonseca, A. 2016. Methyl jasmonate: an alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. *Molecules*, 21(6): 567. doi:10.3390/molecules21060567
- Romanazzi, G., Sanzani, S. M., Bi, Y., Tian, S., Gutiérrez-Martínez, P., and Alkan, N. 2016. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 122: 82-94. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.09003
- SAS Institute. 2003. SAS/STAT User's Guide Release 9.1. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Panorama Agroalimentario. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/). Consultada: 22 de agosto de 2020.
- Singh, D., and Sharma, R. R. 2018. Postharvest diseases of fruits and vegetables and their management. In: Siddiqui (Ed) *Postharvest disinfection of fruit and vegetables*. Academic Press, Cambridge, U.S.A. 1-52 pp. doi.org/10.1016/B978-0-12-812698-1.00001-7
- Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: *Colletotrichum: biology, pathology and control*. Bailey, J. A. and Jeger, M. J. (eds). CAB International, Oxon, UK. 1-26 pp.
- Tian, S. P., Fan, Q., Xu, Y., and Jian, A. L. 2002. Effects of calcium on biocontrol activity of yeast antagonists against the postharvest fungal pathogen *Rhizopus stolonifer*. *Plant Pathology*, 51: 352-358. doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00711.x
- Tsao, R., and Zhou, T. 2000. Interaction of monoterpenoids, methyl jasmonate, and Ca<sup>2+</sup> in controlling postharvest brown rot of sweet cherry. *HortScience*. 35(7): 1304-1307. doi: 10.21273/hortsci.35.7.1304
- Wang, L., and Li, S. 2008. Role of salicylic acid in postharvest physiology. *Fresh produce*. 2(1): 1-5. doi: 10.1016/j.tifs.2010.07.009
- Wang, K., Liao, Y., Kan, J., Han, L., and Zheng, Y. 2015. Response of direct or priming defense against *Botrytis cinerea* to methyl jasmonate treatment at different concentrations in grape berries. *International Journal of Food Microbiology*, 194: 32-39. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.006
- Yao, H., and Tian S. 2005a. Effects of pre- and postharvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*. 35: 253-262. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.09.001
- Yao, H. J., and Tian, S.P. 2005b. Effects of a biocontrol agent and methyl jasmonate on postharvest diseases of peach fruit and the possible mechanisms involved. *Journal of Applied Microbiology*, 98: 941-950. doi:10.1111/j.1365-2672.2004.02531.x
- Zhang, S., Zheng, Q., Xu, B., and Liu, J. 2019. Identification of the fungal pathogens of postharvest disease on peach fruit and the control mechanisms of *Bacillus subtilis* JK-14. *Toxins*. 11(6): doi:10.3390/toxins11060322
- Zhu, Z., and Tian, S. 2012. Resistant response of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to *Botrytis cinerea* infection. *Scientia Horticulturae*. 142(13):38-43. doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.002