

## **APLICACIONES DE FUNGICIDAS EN PRECOSECHA QUE CONTROLAN ENFERMEDADES POSTCOSECHA DE AGUACATE 'HASS' EN MICHOACÁN**

Herrera-González, Juan Antonio<sup>1</sup>; Zapien-Ramos, Juan Esteban<sup>2</sup>; Vite-Hernández, Maureen Yamile<sup>2</sup>; Mercado-Silva, Edmundo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan, Avenida Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. Correo-e: herrera.juanantonio@inifap.gob.mx. <sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Colonia Viveros, 60170 Uruapan, Michoacán. <sup>3</sup> Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Centro Universitario Cerro de las Campanas S/N. Querétaro, Querétaro.

### **Resumen**

Las enfermedades postcosecha en aguacate se vuelven importantes, ya que afectan la calidad del fruto, la vida de anaquel y el valor comercial. Por lo que establecer la aplicación de algún fungicida semanas antes de la cosecha podría disminuir estas pérdidas y establecerse como una práctica regular antes de la cosecha. El objetivo fue evaluar el efecto de 5 fungicidas y determinar el tiempo más apropiado antes de la cosecha para el control de enfermedades postcosecha. Todos los fungicidas fueron aplicados vía foliar. Los frutos fueron cosechados 2, 14 y 28 d después de la aplicación de los fungicidas y se almacenaron a temperatura ambiente ( $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y HR  $60\% \pm 10\%$ ) hasta madurez de consumo. El fungicida y tiempo de aplicación afectaron los días en que tardaron los frutos en alcanzar la madurez de consumo y la pérdida de masa a los 7 d después de la cosecha. El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) el oscurecimiento vascular, pudrición basal del fruto y pudrición de la pulpa. Los tratamientos más eficientes fueron Azoxystrobin+fludioxonil (2, 14 y 28 d), Azoxystrobin (2 y 28 d) y Piraclostrobina (2 d antes de la cosecha).

**Palabras clave adicionales:** *Persea americana* Mill, oscurecimiento vascular, pudrición basal.

## **PREHARVEST APPLICATION OF FUNGICIDES FOR CONTROL OF POSTHARVEST DISEASES OF 'HASS' AVOCADO IN MICHOACÁN**

### **Abstract**

Postharvest diseases in 'Hass' avocado are important because they affect fruit quality, shelf life and commercial value. Preharvest application of fungicides weeks before harvest could decrease these losses and establish itself as a regular practice before harvest. The aim of this study was to test five fungicides and determine the appropriate time before harvest to control postharvest diseases. All fungicide sprays were applied on trees 2, 14 and 28 d before harvest. After harvest, they were stored at ambient temperature ( $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $60\% \pm 10\%$  RH) to reach eating maturity. Fungicide and time of application affected ( $P < 0.05$ ) the days to reach eating maturity and weight loss at 7 d after harvest. Also they affected ( $P < 0.05$ ) vascular browning, stem end rot and body rots. The most efficient treatments were Azoxystrobin+fludioxonil (2, 14 and 28 d), Azoxystrobin (2 y 28 d) and copper sulphate (2 d before harvest).

**Additional keywords:** *Persea americana* Mill, vascular browning, stem end rot.

## Introducción

México es el mayor productor de aguacate en el mundo, con un volumen de 1.5 millones de toneladas anuales que representan el 28.5% de la producción mundial. La mayor superficie establecida con este cultivo se localiza en la región occidente del país, en los estados de Michoacán (134,941 ha), Jalisco (17,040 ha), Estados de México (8,162 ha) y Nayarit (5,385 ha). Estos cuatro estados concentran el 88% de la producción nacional cuyo valor de producción supera los 21 mil millones de pesos (SIAP, 2015). Siendo 'Hass' el que más se produce, esto debido a la amplia adaptación a diversas altitudes y tipos de climas, lo que da como resultado que sea posible obtener cosechas todo el año (Salazar-García et al., 2004). Michoacán es el principal exportador de aguacate en México, en lo que va de la temporada 2016-2017 ha exportado 640 mil toneladas a Estado Unidos de Norte América y 96 mil a otros destinos más distantes como Asia, Centro América, Canadá y Europa.

Por lo antes mencionado, las enfermedades postcosecha se vuelven importantes, ya que afectan la calidad del fruto, la vida de anaquel y el valor comercial. Algunos hongos patógenos son los causantes de estas enfermedades, siendo *Colletotrichum gloeosporioides* el principal (Yenjit et al., 2010). Este hongo, es en precosecha una infección latente, provocando en madurez de consumo pudrición de pulpa y pudrición basal (Bill et al., 2014). El control de patógenos se puede lograr reduciendo la concentración del inoculo antes de la cosecha, con aplicaciones de fungicidas en campo (Zhang y Timmer, 2007). Sin embargo, estas aplicaciones no siempre son regulares o son insuficientes. Por ejemplo, mientras que en Nueva Zelanda se realizan hasta 18 aplicaciones en la temporada, en México se realizan entre 3 y 8 en toda la temporada. Esto convierte a las enfermedades postcosecha en México, en una fuente de pérdida de calidad y pérdidas económicas (Dixon y Pak, 2002). Una alternativa sería la aplicación de fungicidas en postcosecha, pero como el volumen de exportación es tan alto, que, esta práctica resultaría costosa por la pérdida de tiempo (Berry et al., 2017). Además, para evitar las enfermedades después de los tratamientos, el almacenamiento, el transporte y la venta se deben de realizar en condiciones óptimas de temperatura (Opara y Pathare, 2014). Muchas investigaciones sobre enfermedades en postcosecha se han centrado en identificar el agente que la produce. Sin embargo, no se han enfocado en establecer programas de aplicaciones mínimas o aplicaciones antes de la cosecha, que permitan disminuir la concentración del inoculo al momento de la cosecha.

En México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México (Asociación de Productores y Exportadores de aguacate de México (APEAM, 2014) han elaborado un listado

de plaguicidas recomendados para el cultivo del aguacate, donde aparecen algunos fungicidas como Azoxystrobin, Azoxystrobin+fludioxonil, Piraclostrobina, Sulfato de cobre y Tiabendazol para el control de enfermedades causadas por *Colletotrichum gloeosporioides*. Aplicaciones precosecha de estos fungicidas podrían ser más eficientes en comparación con tratamientos postcosecha, en ahorro de tiempo de aplicación. Por lo que establecer la aplicación de fungicidas semanas antes de la cosecha podría disminuir estas pérdidas y establecerse como una práctica regular antes de la cosecha.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de 5 fungicidas (Azoxystrobin, Azoxystrobin+fludioxonil, Piraclostrobina, Sulfato de cobre y Tiabendazol) y el tiempo más apropiado de aplicación antes de la cosecha para el control de enfermedades postcosecha de aguacate 'Hass' para exportación en Uruapan, Michoacán.

### Materiales y Métodos

**Fungicidas.** Los fungicidas, formulación manufactura y dosis de aplicación se muestran en el Cuadro 1. Todos dentro del listado de plaguicidas recomendados para el cultivo del aguacate de la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México (APEAM, 2014).

Cuadro 1. Listado de fungicidas a evaluar, dosis de aplicación, nombres comunes y comerciales.

Nombre técnico	Nombre comercial	Ingrediente activo (%)	Dosis
Azoxystrobin	Bankit®	23.75	500-600 mL ha <sup>-1</sup>
Azoxystrobin+fludioxonil	Bankit Gold®	20.51	300-400 mL ha <sup>-1</sup>
Piraclostrobina	Headline®	23.6	0.5-1.0 L ha <sup>-1</sup>
Sulfato de cobre	Mastercop®	21.36	300-600 mL ha <sup>-1</sup>
Tiabendazol	Tecto 60®	60	0.5-0.75 kg ha <sup>-1</sup>

**Características del huerto.** El experimento se estableció en un huerto comercial en Uruapan, Michoacán, a 1682 m sobre el nivel del mar en un clima semicálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano [(A)C(m)(w)] y con un suelo tipo andosol. Se seleccionaron 54 árboles de entre 12-15 años de edad, con al menos 50 frutos cada árbol, El manejo de los árboles fue el que realizó el productor normalmente.

**Aplicación de fungicidas.** Todos los fungicidas fueron aplicados vía foliar en los árboles seleccionados con una motobomba de alta presión con un tanque de 20 litros (efco, IS 2026).

Las dosis aplicadas fueron las establecidas en el listado de plaguicidas recomendados (Cuadro 1) (APEAM, 2014). Los frutos fueron bañados hasta punto de goteo, usando aproximadamente 3-4 l/árbol. Como adherente se utilizó Break® Thru. Los árboles control fueron aplicados sólo con adherente. La aplicación se realizó de diciembre 2016 a enero 2017. **Cosecha de frutos y manejo postcosecha.** Los frutos fueron cosechados 2, 14 y 28 d después de la aplicación de los fungicidas. Por cada árbol se tomaron 30 frutos, tres árboles por tratamiento (90 frutos), los cuales fueron tomados de manera aleatoria en cada árbol. Cada repetición fue transportada en cajas de acarreo de plástico de 11 kg al laboratorio del Campo Experimental Uruapan del INIFAP, para su almacenamiento a temperatura ambiente ( $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $60\% \pm 10\%$ ) hasta madurez de consumo.

**Variables evaluadas.** La pérdida de masa se midió con una balanza digital (Ohaus®, CS2000, Parsippany, USA) los días 0, 7 y 12 del almacenamiento; los datos fueron expresados como porcentaje de masa perdida. El número de días para alcanzar la madurez de consumo se registró para todos los frutos y fue asignada a frutos que superaron el 75% de la piel virada a negro (Herrera-González et al., 2017). En madurez de consumo, se evaluó la calidad interna evaluando el porcentaje de frutos con presencia de oscurecimiento vascular, pudrición basal del fruto y pudrición de la pulpa pudrición.

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Como factor de variación fungicidas y días antes de la cosecha. Se realizaron análisis de varianza con el paquete estadístico SAS V9.3 (SAS, 2010). Los datos fueron transformados en valores de raíz cuadrada de arco seno para la normalización de las varianzas antes del análisis. La comparación de medias se realizó con la prueba de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ ). En todos los casos se presentaron los porcentajes reales de las variables evaluadas.

## Resultados y Discusión

**Días a madurez de consumo y pérdida fisiológica de masa.** El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) los días en que tardaron los frutos en alcanzar la madurez de consumo y la pérdida de masa a los 7 días después de la cosecha, pero no la pérdida de masa en madurez de consumo (día 12) (Cuadro 2).

Azoxystrobin, sulfato de cobre aplicado 2 días antes, azoxystrobin+fludioxonil a los 2 y 14 d antes de la cosecha tardaron más días en alcanzar la madurez de consumo. Sin embargo, fungicidas como tiabendazol, sulfato de cobre, piraclostrobina y el testigo, aplicado a los 28 d antes de la cosecha la menor cantidad de días para alcanzar la madurez de consumo (Cuadro 2).

Azoxystrobin y Azoxystrobin+fludioxonil aplicado 2 y 14 d antes de la cosecha presentaron la menor pérdida de masa a los 7 d de almacenamiento a temperatura ambiente. Sin embargo, todos los fungicidas incluyendo al testigo, aplicados 28 d antes de la cosecha presentaron los porcentajes más altos. En madurez de consumo, día 12 de almacenamiento, la pérdida de masa fue superior al 13%.

Cuadro 2. Efecto de aplicaciones de fungicidas en diferentes tiempos de aplicación antes de la cosecha sobre los días a madurez de consumo y pérdida fisiológica de masa de aguacate 'Hass'.

Trat.	Fungicida	Aplicaciones (días)	Madurez de consumo (días)	Peso día 7 (g)	Peso día 12 (g)
1	Azoxystrobin	2	15 a <sup>†</sup>	5.5 e	13.0
2	Azoxystrobin	14	13 abcd	5.8 cde	12.1
3	Azoxystrobin	28	13 abcd	7.5 abcd	14.4
4	Azoxystrobin+fludioxonil	2	15 ab	5.6 de	13.3
5	Azoxystrobin+fludioxonil	14	15 ab	5.7 cde	12.3
6	Azoxystrobin+fludioxonil	28	13 abcde	8.0 ab	13.9
7	Piraclostrobina	2	14 abc	6.4 bcde	14.2
8	Piraclostrobina	14	14 ab	6.3 bcde	14.3
9	Piraclostrobina	28	11 def	7.8 ab	14.6
10	Sulfato de cobre	2	15 a	6.8 abcde	14.6
11	Sulfato de cobre	14	14 abcd	7.5 abcd	15.0
12	Sulfato de cobre	28	10 ef	8.1 ab	13.2
13	Tiabendazol	2	12 bcdef	6.7 abcde	13.9
14	Tiabendazol	14	13 abcd	6.7 abcde	15.0
15	Tiabendazol	28	10 f	7.6 abc	12.2
16	Testigo	2	12 cdef	6.5 bcde	14.1
17	Testigo	14	14 abcd	6.5 bcde	13.9
18	Testigo	28	10 f	8.5 a	13.2
	<i>Pr&gt;F</i>		0.0004	0.0073	0.3151

<sup>†</sup>Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan,  $P \leq 0.05$ )

**Oscurecimiento vascular.** El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) el oscurecimiento vascular de los frutos. Los tratamientos testigos y Tiabendazol (aplicado a los 28 d antes de la cosecha) presentaron los porcentajes más altos (20-29%) de oscurecimiento vascular en la pulpa de los frutos. El resto de los tratamientos (1-14) no

superaron el 10% de los frutos con oscurecimiento vascular, siendo el menor Azoxystrobin+fludioxonil, aplicados 2 y 28 d antes de la cosecha con 1.1% de frutos con oscurecimiento vascular. El sulfato de cobre presentó un 6.8% de este daño, colocándolo con una buena alternativa si se aplica 2 d antes de la cosecha, incluso para huertos orgánicos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de aplicaciones de fungicidas en diferentes tiempos de aplicación antes de la cosecha sobre el oscurecimiento vascular, pudrición basal y pudrición de la pulpa de aguacate 'Hass' en madurez de consumo.

Trat.	Fungicida	Aplicaciones (días)	Oscurecimiento vascular (%)	Pudrición basal (%)	Pudrición de la pulpa (%)
1	Azoxystrobin	2	6.7 b <sup>†</sup>	2.2 ed	8.9 d
2	Azoxystrobin	14	2.2 b	11.2 bcde	24.8 cd
3	Azoxystrobin	28	7.9 b	9.1 cde	12.4 d
4	Azoxystrobin+fludioxonil	2	1.1 b	0.0 e	5.6 d
5	Azoxystrobin+fludioxonil	14	3.4 b	2.2 de	5.7 d
6	Azoxystrobin+fludioxonil	28	1.1 b	5.6 de	6.2 d
7	Piraclostrobina	2	3.5 b	8.0 cde	10.4 d
8	Piraclostrobina	14	3.5 b	9.2 cde	46.4 ab
9	Piraclostrobina	28	9.2 b	17.0 bcd	46.8 ab
10	Sulfato de cobre	2	3.5 b	4.6 de	13.8 cd
11	Sulfato de cobre	14	6.8 b	9.1 cde	15.9 cd
12	Sulfato de cobre	28	9.1 b	22.9 cb	54.2 ab
13	Tiabendazol	2	9.0 b	15.6 bcde	23.7 cd
14	Tiabendazol	14	3.5 b	9.2 cde	14.8 cd
15	Tiabendazol	28	21.7 a	26.3 b	64.7 ab
16	Testigo	2	24.9 a	49.4 a	64.4 ab
17	Testigo	14	20.0 a	27.2 b	34.4 bc
18	Testigo	28	29.0 a	23.3 bc	45.6 ab
	<i>Pr&gt;F</i>		<.0001	<.0001	<.0001

<sup>†</sup>Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan,  $P \leq 0.05$ )

**Pudrición basal del fruto.** El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) la pudrición basal de los frutos. Siendo los tratamientos 15 (Tiabendazol, 28 d antes), 16, 17 y 18 (Testigos) los que presentaron los porcentajes más altos (23-49%).

Con Azoxystrobin+fludioxonil (2, 14 y 28 d), Azoxystrobin (2 d) y Sulfato de cobre (2 d) los porcentajes no superaron el 5% frutos con pudrición basal del fruto. Piraclostrobina (2 y 14 d), Tiabendazol (14 d), Azoxystrobin (28 d) y Sulfato de cobre (14 d) presentaron porcentajes entre 8 y 10%.

**Pudrición de la pulpa.** El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) la pudrición de la pulpa del fruto. Siendo los más eficientes los tratamientos con Azoxystrobin+fludioxonil (2, 14 y 28 d), Azoxystrobin (2 y 28 d), Piraclostrobina (2 d) y Sulfato de cobre (2 d antes de la cosecha), con porcentajes menores al 13% (Cuadro 3). Los porcentajes más elevados se presentaron con los fungicidas Piraclostrobina (14 y 28 d), Sulfato de cobre (28 d), Tiabendazol (28 d) y Testigos (todas las aplicaciones antes de la cosecha) y fueron entre 30-60% de los frutos con pudrición en la pulpa. El resto de los tratamientos (2, 11, 13 y 14) presentaron valores entre 14-24% (Cuadro 3 y Figura 1).

### **Conclusiones**

Los fungicidas aplicados antes de la cosecha que mejor controlaron las enfermedades fueron Azoxystrobin+fludioxonil (Bankit Gold®) aplicado a los 2, 14 y 28 d, Azoxystrobin (Bankit®) aplicado a los 14 d, Piraclostrobina aplicado a los 2 y 14 d, sulfato de cobre aplicado a los 2 d y Tiabendazol aplicado 14 d antes de la cosecha.

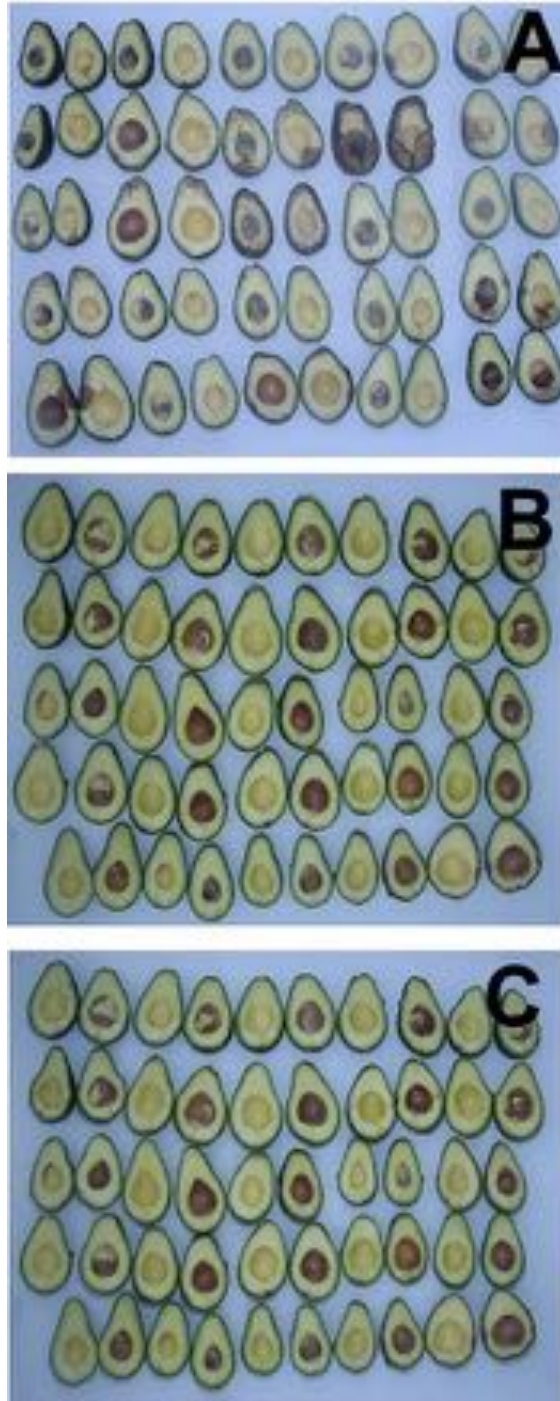


Figura 1. A) Incidencia alta (tratamientos 18-testigo), B) Media (sulfato de cobre 2 d antes de cosecha) y C) baja (Azoxystrobin+fludioxonil y Azoxystrobin) de oscurecimiento vascular, pudrición basal y pudrición de la pulpa en madurez de consumo de aguacate 'Hass' donde se aplicaron fungicidas 2, 14 y 28 d antes de la cosecha.



### Literatura Citada

- Asociación de Productores y Exportadores de aguacate de México (APEAM). 2014. Listado de plaguicidas recomendado para el cultivo del aguacate. <http://www.apeamac.com>.
- Berry, T. M., T. S. Fadji, T. Defraeye and U. L. Opara. 2017. The role of horticultural carton vent hole design on cooling efficiency and compression strength: A multi-parameter approach. *Postharvest Biology and Technology* 124: 62–74.
- Bill, M., D. Sivakumar, L. Korsten and A. K. Thompson. 2014. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Protection* 64: 159–167.
- Dixon, J. and H. A. Pak. 2002. Analysis of Packhouse Library Tray Data From 2001 / 2002 Season. NZ Avocado Growers Association Annual Research Report (Vol. 2). Bethlehem, Tauranga.
- Herrera-González, J. A., S. Salazar-García, J. Ruiz-García y H. Martínez-Flores. 2017. Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate Méndez. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(1): 55–63.
- Opara, U. L. and P. B. Pathare. 2014. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce-A review. *Postharvest Biology and Technology* 91: 9–24.
- Salazar-García, S., L. Zamora-Cuevas and R. J. Vega-López. 2004. Update on the Avocado Industry of Michoacán, México. *California Avocado Society Yearbook* 87: 31–44.
- SAS. (2010). SAS Institute Inc. *SAS 9.3 TS Level 1M2*. [https://www.sas.com/en\\_us/software/sas9.html](https://www.sas.com/en_us/software/sas9.html)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Revisado el 12 junio de 2017. <http://infosiap.siap.gob.mx/>
- Yenjit, P., M. Issarakraisila, W. Intana and K. Chantrapromma. 2010. Fungicidal activity of compounds extracted from the pericarp of Areca catechu against *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro and in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 55(2): 129–132.
- Zhang, J. and L. W. Timmer. 2007. Preharvest application of fungicides for postharvest disease control on early season tangerine hybrids in Florida. *Crop Protection* 26(7): 886–893.