



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS EN CAMPO Y POSTCOSECHA PARA EL MANEJO DE ANTRACNOSIS Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL FRUTO DE AGUACATE 'HASS'

AMINADAB PÉREZ HERNÁNDEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

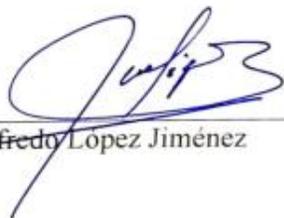
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Tratamientos alternativos en campo y postcosecha para el manejo de antracnosis y su efecto en la calidad del fruto de aguacate 'Hass'** realizada por la alumna: **Aminadab Pérez Hernández** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

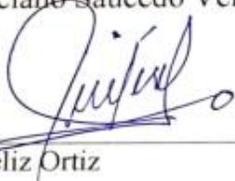
CONSEJERO (A)


Dr. Alfredo López Jiménez

ASESOR (A)

Dr. Crescenciano Saucedo Veloz †

ASESOR (A)


Dr. Daniel Téliz Ortiz

ASESOR (A)


Dr. Sergio Chávez Franco

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2022

TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS EN CAMPO Y POSTCOSECHA PARA EL MANEJO DE ANTRACNOSIS Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL FRUTO DE AGUACATE 'HASS'

Aminadab Pérez-Hernández, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

El fruto de aguacate tiene gran demanda de consumo en el mercado nacional e internacional por su calidad nutritiva, sabor, uso medicinal y de productos cosméticos. El hongo, *Colletotrichum gloeosporioides*, es uno de los principales fitopatógenos que le ocasiona graves daños tanto en precosecha y postcosecha si no se controla eficazmente desde el campo. El control del hongo se realiza mediante fungicidas, sin embargo, cuando se aplican de manera indiscriminada representan un grave riesgo a la salud humana y al ambiente. Lo que hace necesario desarrollar alternativas sustentables para el control del fitopatógeno. La investigación se desarrolló en dos huertos con características diferentes de manejo; uno con manejo integrado (H1) y otro con manejo convencional (H2) y consta de dos experimentos; el primero se realizó en campo con el objetivo de evaluar el efecto de inductores de resistencia y *Bacillus subtilis*, aplicados vía foliar. Los tratamientos fueron: 1) fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con una aplicación de hidróxido de cobre, 2) fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con dos aplicaciones de hidróxido de cobre, 3) fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de hidróxido de cobre, 4) control regional y 5) testigo. Las aplicaciones se realizaron en el estado fenológico de yema floral hinchada, bajo un diseño completamente al azar. La severidad de daño a los frutos se evaluó a los 15, 30 y 45 días después de la última aplicación. Se tuvo menor severidad de daño en el fruto (0 a 10 % de superficie dañada) con los tratamientos 1 y 4, en contraste con el testigo (5 a 50% de superficie dañada). El segundo experimento se realizó en postcosecha con frutos cosechados de los huertos H1 y H2 antes de iniciar los tratamientos de campo, además se usó un diseño completamente al azar. Los tratamientos incluyeron a) tiabendazol, b) agua caliente (52 ± 1 °C durante 3 minutos), y c) tiabendazol + agua caliente (52 ± 1 °C durante 3 minutos); y un testigo, en dos condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración (tres semanas a 5 ± 1 °C). El mejor tratamiento para disminuir las lesiones de los frutos almacenados a temperatura ambiente (20 °C) fue agua caliente a 52 ± 1 °C por 3 minutos. En los frutos almacenados en refrigeración, el mejor tratamiento, fue agua caliente con 0 a 5 % de superficie dañada. Mientras que la severidad fue menor con tratamientos que se aplicaron a los frutos almacenados a temperatura ambiente. Una de las consecuencias de estos tratamientos fue que en cuanto a las variables evaluadas como la pérdida de peso, la firmeza, el contenido de vitamina C, etanol y acetaldehído, mostraron mayor pérdida durante el almacenamiento, debido a que el fruto sufre un gasto energético y tiene que reponer su cera superficial. Sin embargo, la disminución de estas variables no fue significativamente diferente a la del testigo y el tratamiento con tiabendazol.

Palabras clave: inductores de resistencia; severidad de *Colletotrichum gloeosporioides*; tiabendazol, tratamiento de agua caliente, refrigeración de aguacate.

TREATMENTS PRE-HARVEST AND POST-HARVEST IN THE CONTROL OF ANTHRACNOSE AND QUALITY OF AVOCADO 'HASS' FRUITS

Aminadab Pérez-Hernández, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

The avocado fruit has a great demand for consumption both in the national and international markets, not only for its nutritional quality but also for its flavor, medicinal use and in the cosmetic industry. The fungus, *Colletotrichum gloesporioides*, is one of the main phytopathogens that causes serious damage both in pre-harvest and post-harvest, its control is carried out using fungicides; however, when are applied indiscriminately they represent a serious risk to human health and the environment. In this situation the objective is to develop a sustainable alternative for its prevention, and reduce the use of fungicides. The research was developed in two orchards with different management characteristics; one with integrated management (H1) and one with conventional management (H2) and consists of two experiments; the first was carried out in the field with the objective of evaluating the effect of resistance inducers and *Bacillus subtilis*, applied via foliar. The treatments were: 1) applications of calcium phosphite, salicylic acid, acibenzolar S-methyl alternated with one application of copper hydroxide), 2) application of calcium phosphite, salicylic acid, acibenzolar S-methyl alternated with two applications of copper hydroxide, 3) an application of calcium phosphite plus *Bacillus subtilis* alternated with an application of copper hydroxide, 4) regional control, and 5) control. Applications were made in the phenological state of swollen bud, under a completely random design. The severity of damage to the fruits was assessed at 15, 30 and 45 days after the last application. There was less severity of damage to the fruit (0 to 10%) with treatments 1 and 4, in contrast to the control (5 to 50%). Postharvest treatments with thiabendazole, treatment with hot water 52 ± 1 °C for 3 minutes, alone and combined in two types of storage were applied; at room temperature (20 °C) and stored in refrigeration (3 weeks at 5 ± 1 °C), in the same way the effect of these treatments on the quality of the fruit was evaluated. This was done in two orchards with different characteristics in pre-harvest management, identifying them as orchard A (low severity of 2.8) and orchard B (with high severity of 6.2 in damage caused by *C. gloesporioides*). The best treatments to reduce fruit rot caused by *C. gloesporioides* treatments stored at room temperature were treatments with hot water at 52 ± 1 °C for three minutes with a severity of 5 to 10 % of damaged surface. In the fruits stored in refrigeration, the best treatment was hot water with 0 to 5% of damaged surface. While the severity was lower with treatments that were applied to the fruits stored at room temperature. One of the consequences of these treatments was that in terms of the variables evaluated such as weight loss, firmness, vitamin C content, ethanol and acetaldehyde, they showed greater loss during storage, because the fruit suffers an energy expenditure and has to replenish its surface wax. However, the decrease in these variables was not significantly different from that of the control and treatment with thiabendazole.

Key words: resistance inducers, severity of *Colletotrichum gloesporioides*, thiabendazole, hot water treatment, avocado refrigeration.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y al Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad Fruticultura, por brindarme las facilidades para desarrollarme académicamente.

A los profesores que contribuyeron en mi formación académica y humana.

Al Dr. Alfredo López Jiménez, por todas sus enseñanzas durante estos años y por todo el apoyo brindado.

Al Dr. Daniel Téliz-Ortíz, por sus consejos brindados a esta investigación.

Al Dr. Crescenciano Saucedo-Veloz, por su asesoría y consejos durante toda la investigación.

Al M.C. David Jaen Contreras, por su amistad y el apoyo brindado para la realización de mí maestría..

A la M.C Elizeth Vizcaíno Ríos por su hermosa amistad y por compartir conmigo sus experiencias y conocimientos.

Al Ing. Cuauhtémoc Pérez Ramos por su amor y todo su apoyo para la realización de esta tesis.

A mis amigos Martín, Deysi, Juan Vargas, Lalo, Naty, Erick, Ivonne, Rosario, Quique don nacho, con los cuales he crecido y compartido la pasión por la ciencia.

DEDICATORIA

Con amor, admiración y respeto.

A Dios, a mis padres y hermana; a ustedes porque su forma de luchar han sido mi ejemplo que seguir, su sacrificio mi aliento y su esfuerzo constante la fuerza de mi voluntad. Solo quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo, y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su amor y su incondicional apoyo; Gracias por compartir conmigo alegrías, tristezas y por creer en mí.

A mi sobrino mi nene hermoso y a mis amigos.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia	4
Fenología	7
Enfermedades del aguacate	8
Control de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> en aguacate	14
Cobre	15
Tiabendazol	16
<i>Bacillus subtilis</i>	17
Fosfito de calcio	17
Ácido salicílico	21
Acibenzolar S Methyl	22
Refrigeración	23
Agua caliente	24
Parámetros físicos y fisiológicos de calidad del fruto	26
Patrón de maduración	26
Color	27
Firmeza	29

Compuestos volátiles (etanol y acetaldehídos)	30
Nutrientes	31
CAPITULO 1. INDUCTORES DE RESISTENCIA Y <i>Bacillus subtilis</i> EN EL CONTROL DE <i>Colletotrichum gloesporioides</i> EN FRUTOS DE AGUACATE HASS EN PRECOSECHA	33
1.1 RESUMEN	33
1.2 ABSTRACT	35
1.3 INTRODUCCIÓN	37
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS	40
1.4.1 Ubicación del área de estudio	40
1.4.2 Material vegetal	40
1.4.3 Aplicación de tratamientos	41
1.4.4 Manejo agronómico de los huertos	42
1.4.5 Variables de estudio	43
1.4.5.1 Severidad de daño en el fruto	43
1.4.6 Diseño experimental	43
1.4.4 Análisis estadístico	44
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
1.5.1 Estatus nutrimental	45
1.5.2 Fenología	47
1.5.3 Severidad de daño en el fruto	49
1.6 CONCLUSIÓN	56

CAPITULO 2. CALIDAD Y CONTROL DE <i>Colletotrichum gloesporioides</i> EN FRUTOS DE AGUACATE HASS CON TIABENDAZOL Y AGUA CALIENTE EN POSTCOSECHA.	57
2.1 RESUMEN	57
2.2 ABSTRACT	59
2.3 INTRODUCCIÓN	61
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	64
2.4.1 Cosecha y almacenamiento de frutos	64
2.4.2 Características de los huertos	64
2.4.3 Tratamientos	65
2.4.4 Variables de estudio	65
2.4.4.1 Materia seca	65
2.4.4.2 Análisis nutrimental en fruto	66
2.4.4.3 Severidad de daño en el fruto	67
2.4.4.4 Patrón de maduración	68
2.4.4.5 Pérdida fisiológica de peso	68
2.4.4.6 Color de epidermis	68
2.4.4.7 Firmeza	69
2.4.4.8 Ácido ascórbico (vitamina C)	70
2.4.4.9 Etanol y acetaldehído	72
2.4.4.10 Pudrición en fruto	72
2.4.5 Diseño experimental	73
2.4.6 Análisis estadístico	73

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
2.5.1 Características del fruto al momento de la cosecha	74
2.5.2 Severidad de daño en el fruto	78
2.5.3 Pérdida fisiológica de peso	79
2.5.4 Color de epidermis	84
2.5.5 Firmeza	93
2.5.6 Ácido ascórbico (vitamina C)	98
2.5.7 Contenido de etanol	101
2.5.8 Contenido de acetaldehído	105
2.5.9 Pudrición en fruto	108
2.6 CONCLUSIÓN	115
CONCLUSIONES GENERALES	117
LITERATURA CITADA	119
ANEXOS	148

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos aplicados por vía foliar en precosecha.	42
Cuadro 2. Concentración nutrimental en hojas maduras de aguacate Hass en 2 huertos evaluados en el Estado de Morelos.	45
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos por evaluación en la severidad de <i>Colletotrichum gloesporioides</i> en frutos de aguacate cv. Hass, en cinco tratamientos en dos huertos de Tetela del Volcán, Morelos. Ciclo productivo 2020-2021.	50
Cuadro 4. Curva estándar para vitamina C.	71
Cuadro 5. Concentración y extracción nutrimental en frutos de aguacate Hass de los huertos evaluados en el Estado de Morelos.	75
Cuadro 6. Comportamiento de pérdida de peso en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).	83
Cuadro 7. Firmeza en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).	96

Cuadro 8. Vitamina C en frutos de aguacate ‘Hass’ en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).	100
Cuadro 9. Concentración de etanol en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).	102
Cuadro 10. Concentración de acetaldehído en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).	107
Cuadro 11. Severidad de pudrición causada por <i>Colletotrichum gloesporioides</i> en frutos de aguacate cv. Hass.	110
Cuadro 12. Concentraciones de etanol para curva estándar de acetaldehído.	150
Cuadro 13. Concentraciones de etanol para curva estándar de etanol.	152

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales países exportadores de aguacate a nivel mundial en 2019. Elaboración propia. FAOSTAT 2019.	5
Figura 2. Principales países importadores de aguacate 2020. Elaboración propia. SIAVI, 2021.	6
Figura 3. Ciclo biológico de <i>C. gloesporioides</i> (Coria, 2008).....	11
Figura 4. Mecanismo de defensa inducido por compuestos de fosfito en una célula vegetal (Achary <i>et al.</i> , 2017).....	19
Figura 5. Gráfica de color CIELAB (Pantone, 2021).....	28
Figura 6. Modelo fenológico propuesto de aguacate Hass en el municipio de Tetela del Volcán, Morelos. Desarrollo de floración normal.	48
Figura 7. Referencia de tamaño del fruto en la evaluación 1) a los 15 días después de la última aplicación (10 a 20 mm Ø), 2) 30 días después de la última aplicación (20-30 mm Ø) y 3) a los 45 días después de la última aplicación (30-45 mm Ø) en frutos de aguacate cv. Hass.....	51
Figura 8. Curvas del progreso temporal de <i>Colletotrichum gloesporioides</i> en frutos de aguacate cv. Hass en cinco tratamientos establecidos en dos huertos de Tetela del Volcán, Morelos. Ciclo productivo 2020-2021.....	553
Figura 9. Curva estándar de vitamina C.....	71
Figura 10. Severidad de daño en el fruto de aguacate Hass evaluada en dos huertos: H1 (manejo integrado) y manejo convencional (H2) en el municipio de Tetela del volcán, Morelos.....	79

Figura 11. Comportamiento de pérdida de peso en frutos de aguacate Has en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (MI) y manejo convencional (MC).	81
Figura 12. Comportamiento del índice de color en exocarpo (cáscara) durante el proceso de maduración en frutos de aguacate cv. Hass almacenados al ambiente 20 °C y después de tres semanas a 5 ± 1 °C.	85
Figura 13. Comportamiento de luminosidad en exocarpo (cáscara) durante el proceso de maduración en frutos de aguacate Hass almacenados al ambiente y después de 3 semanas en refrigeración a 5±1 °C.	88
Figura 14. Comportamiento de ángulo hue en exocarpo (cáscara) durante el proceso de maduración en frutos de aguacate cv. Hass almacenados al ambiente 20 °C y después de tres semanas a 5 ± 1 °C.	91
Figura 15. Comportamiento de índice de saturación o chroma en exocarpo (cáscara), durante el proceso de maduración en frutos de aguacate cv. Hass almacenados al ambiente 20 °C y después de tres semanas a 5 ± 1 °C.	92
Figura 16. Comportamiento de la firmeza en frutos de aguacate Has en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5°	

±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2). 94

Figura 17. Comportamiento de vitamina C en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2). 99

Figura 18. Concentración de etanol en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2). 104

Figura 19. Concentración de acetaldehído en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2). 106

Figura 20. Severidad de pudrición por *Colletotrichum gloeosporioides* frutos de aguacate cv. Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo,

durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).	112
Figura 21. Escala propuesta (tomado y modificado de (Tanaka <i>et al.</i> , 2001), donde se establecieron 7 niveles de severidad: 1) fruto sin ningún síntoma; 2) manchas menores < 5%; 3) manchado disperso de 5 a 10 % de la superficie del fruto; 4) manchas dispersas de 10 a 25 % de la superficie del fruto; 5) manchado disperso de 25 a 50 % de la superficie del fruto; 6) manchado disperso de 50 % a 75 % de la superficie del fruto; 7) superficie dañada en más de un 75% de la superficie total.	148
Figura 22. Curva estándar de acetaldehído	1499
Figura 23. Curva estándar de etanol.	151
Figura 24. Aguacates cv. Hass tratados evaluados después de 11 días a temperatura ambiente 20 °C con: A) tiabendazol, B) agua caliente, C) agua caliente + tiabendazol y D) testigo (tratamientos en huerto 1) y E) tiabendazol, F) agua caliente, G) agua caliente + tiabendazol y H) testigo (tratamientos en huerto 2).	153
Figura 25. Figura 26. Aguacates cv. Hass tratados evaluados después de 11 días a temperatura ambiente 20 °C con: A) tiabendazol, B) agua caliente, C) agua caliente + tiabendazol y D) testigo (tratamientos en huerto 1) y E) tiabendazol, F) agua caliente, G) agua caliente + tiabendazol y H) testigo (tratamientos en huerto 2).	154

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo de aguacate tiene una alta demanda de consumo en el mercado nacional e internacional por su calidad nutritiva, sabor, uso medicinal y en la industria cosmética. El cultivo de aguacate representa para México una de las mayores fuentes de divisas y es generador de importante cantidad de empleos (CONAPA, 2020).

Las enfermedades de origen biótico afectan directamente al fruto y se han convertido en la mayor amenaza del comercio internacional, debido a que la fruta de exportación debe ser de la más alta calidad (Tamez *et al.*, 2001). La enfermedad conocida como antracnosis es ocasionada por el hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* y está presente en todas las zonas donde se cultiva aguacate.

En México causa graves daños durante el almacenamiento del producto si este no se controla eficazmente en el campo (Guillén Andrade, 2007), es uno de los principales patógenos del aguacate, no solo afecta la calidad del fruto y merma su producción, sino también porque limita su comercialización y disminuye el valor del producto, lo que impide su exportación (Ávila 2007).

En la actualidad, el control de las especies fúngicas del género *Colletotrichum*, comúnmente se realiza con fungicidas químicos y biológicos los cuales se aplican de manera preventiva o curativa, siendo los compuestos a base de cobre los más utilizados (CONAPA, 2020), benzimidazoles, azoxystrobin, benomilo, tiabendazol y carbendazim (Joshi *et al.*, 2013), incrementando los costos de producción (Morales-García, 2017).

El productor realiza aplicaciones continuas de diferentes fungicidas, sin embargo, cada vez son mayores las restricciones de orden higiénico- sanitarias sobre el uso de

compuestos químicos, debido a sus efectos tóxicos y de residuos (que pueden impactar en la salud humana), contaminación del medio ambiente y la inducción del desarrollo de patógenos resistentes (Astúa *et al.*, 1994; Ramírez y Jacobo, 2002) por lo que se buscan alternativas de control tanto en campo como en postcosecha, que puedan ser viables y exitosas.

Considerando la importancia de la antracnosis en frutos de aguacate y la necesidad de disponer de alternativas de control ecológicamente viables, se realizó la presente investigación con el objetivo general de evaluar métodos físicos, químicos y biológicos de manera individual y combinada, que impidan el crecimiento de *Colletotrichum gloesporioides* desde el inicio de su infección con la ayuda de inductores de resistencia como lo son: acibenzolar S-metil, *Bacillus subtilis*, fosfito de calcio, ácido salicílico en rotación con aplicaciones de cobre en precosecha.

Mientras que en postcosecha, una aplicación de tratamientos de agua caliente de manera individual y combinada con tiabendazol, para el control de pudrición causada por antracnosis. La integración de diversas actividades tiene el objetivo de disminuir la dependencia por el control químico, también tiene la finalidad de impulsar un sistema de producción modelo, que beneficie al productor.

Y al mismo tiempo permita al consumidor contar con un producto que satisfaga los requerimientos de calidad, sin impactar de forma negativa al ambiente (Landeró-Valenzuela *et al.*, 2017).

Nuestras propuestas constituyen una alternativa a considerar en el manejo de esta enfermedad, pues podría contribuir a reducir el uso de sustancias sintéticas, y por ende armonizar social, ambiental y económicamente la producción de este cultivo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia

El fruto de aguacate contiene cantidades importantes de nutrientes, alta proporción de ácidos grasos monoinsaturados, una baja cantidad de ácidos grasos saturados, cero colesterol, y es rico en minerales (fósforo, calcio, siendo abundante en potasio y magnesio y pobre en sodio) y vitaminas del complejo B, como niacina, piridoxina, riboflavina, tiamina y biotina, vitamina E, vitamina B6, ácido ascórbico, β -caroteno (Bergh, 1992; Carranza-Madrigal *et al.*, 1997; Yahia y Woolf, 2011). Es considerado el fruto con mayor concentración de aceite, quizás solo por debajo del olivo, y está constituido por 71 % de ácidos grasos monoinsaturados, 13 % poliinsaturados y 16 % saturados (Dabas *et al.*, 2013; Dreher y Davenport, 2013) Además, ha sido considerado el fruto con mayor capacidad lipofílica antioxidante (Wu *et al.*, 2004).

Actualmente se reconoce como alimento funcional por tener propiedades promotoras de la salud o preventivas de enfermedades más allá de sus funciones básicas nutricionales de aportar nutrimentos (Wildman *et al.*, 2006), pueden ser de beneficio adicional para aquellos que tienen un mayor riesgo de factores de riesgo de enfermedades metabólicas (Fulgoni *et al.*, 2013). Son ricos en nutrientes y compuestos que previenen enfermedades crónicas, especialmente enfermedades cardiovasculares, diabetes y algunas formas de cáncer.

El consumo de aguacates contribuye a la sensación de saciedad y, por tanto, a la pérdida de peso corporal (Juri, 2010; Tabeshpour *et al.*, 2017). Contiene avocatina B, una

molécula de grasa que se encuentra solo en los aguacates y se puede implementar en la prevención de la diabetes, así como el control de la obesidad (CONAPA, 2021a).

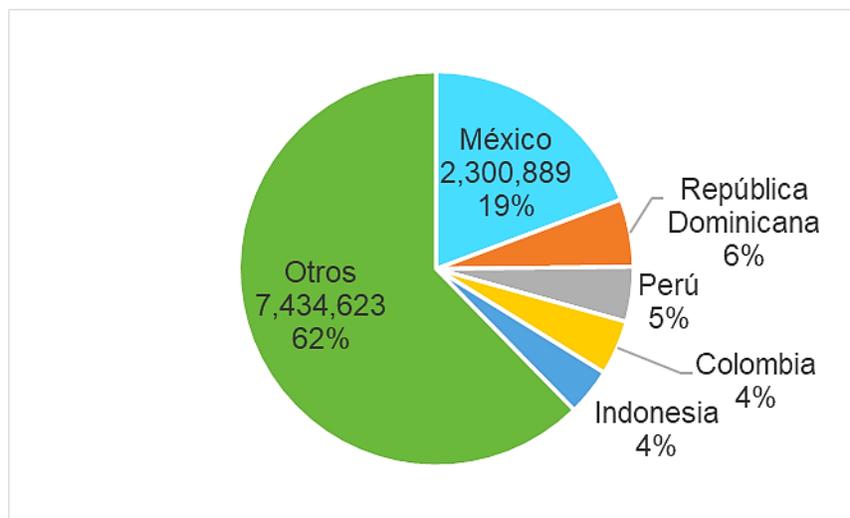


Figura 1. Principales países exportadores de aguacate a nivel mundial en 2019. Elaboración propia. FAOSTAT 2019.

México es el principal productor y exportador de aguacate a nivel mundial, algunos países compiten con la producción mexicana en cuanto a calidad de fruto sin embargo no en cantidad; en el año 2019 aportó 2,300,889 toneladas ocupando el primer lugar en exportación de aguacate aportando el 19% de la producción mundial (FAOSTAT, 2021). El principal importador de aguacate es Estados Unidos con una importación del 77% con un valor de 3,153,209,223 de dólares en el año 2020 (Figura 2) (SIAVI, 2021). Se espera que el mercado de aguacate cv. Hass de Estados Unidos crezca 5.5% anual entre 2019 y 2023, y que la industria alcance más de 8,000 millones de dólares en ingresos. De acuerdo con el Departamento de Agricultura, el consumo total de aguacate ha crecido constantemente de 1,100 millones de libras en 2008 a 2,600 millones de libras en 2018, lo que representa una tasa de crecimiento anual compuesta de 9.4 por ciento. Este

crecimiento ha sido impulsado en parte por un aumento significativo en el consumo per cápita, que pasó de 3.5 libras en 2008 a 8.0 libras en 2018 (Morales, 2021). El llamado “oro verde” provee de gran beneficio económico entre productores, comercializadores, industriales y consumidores, siendo el segundo producto agroalimentario exportado con un valor de 3104 millones de dólares en 2019 (SIAP, 2020) . Los huertos generan empleo al demandar mano de obra para las podas, los riegos, el cuidado nutritivo y fitosanitario, la cosecha, el acarreo, la selección, el empaque, el traslado, el mercadeo y ventas al mayoreo y al menudeo, mano de obra para la poda, cosecha, selección y comercialización es una aportación del aguacate a la atención de los problemas socioeconómicos derivados de la globalización de la economía (Téliz y Mora, 2007).

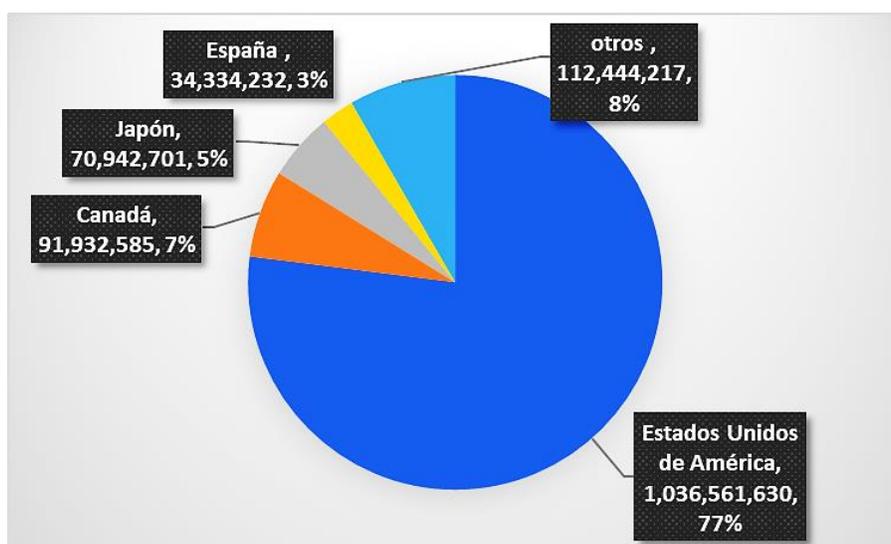


Figura 2. Principales países importadores de aguacate 2020. Elaboración propia. SIAVI, 2021.

La producción nacional de aguacate cv. Hass en el año 2020 fue de 2,393,848.57 toneladas, siendo Michoacán es el principal productor, le suceden los estados de Jalisco, México, Nayarit y, el estado de Morelos ocupando el 5' lugar con una producción de

50,410.26 toneladas, establecido aproximadamente en 5,731 hectáreas de producción, con alrededor de 3,500 personas dedicadas a la producción obteniendo un rendimiento de 9.04 toneladas promedio por hectárea (SIAP, 2021). Los principales municipios productores de aguacate por superficie y producción en el estado de Morelos son Ocuilco, Tetela del Volcán, Yecapixtla, Tlalnepantla y Totolapan. La mayor parte de la producción que aporta el estado de Morelos es variedad Hass (84 %), seguido de aguacate criollo (9%) y variedad fuerte (7%) (SIAP, 2021).

Fenología

En México y California (EUA), el principal cultivar establecido es Hass, originado en California, EUA. y desarrollado por Rudolph G. Hass, es un híbrido entre las razas guatemalteca y mexicana cultivado por primera vez en la década de 1920 y patentado en 1935 (Barrientos-Priego *et al.*, 2007).

En la mayoría de los países productores el cv. Hass produce uno o dos flujos vegetativos y sólo un flujo floral durante el año (Thorp *et al.*, 1993). En California, EUA. y Nayarit, México, se presentan dos flujos vegetativos y un flujo de floración al año. En ambos lugares el crecimiento de raíces ocurre todo el año; sin embargo, en California se ha registrado la mayor actividad de raíces en junio- noviembre (Robinson *et al.*, 2014) y para Nayarit en junio-septiembre (época de lluvias y sin riego el resto del año) (Cossio-Vargas *et al.*, 2008). El desarrollo del fruto comienza en la antesis, aunque para su monitoreo en campo se ha dividido en varias etapas de desarrollo, desde que el fruto tiene diámetro de 35-45 mm hasta alcanzar la madurez fisiológica (>70 mm de diámetro, 21.5% de materia seca para Hass) (Medina-Carrillo *et al.*, 2017; Tesfay *et al.*, 2010).

La fenología es el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas (Volpe, 1922). Para (Whiley *et al.*, 1988), es la relación entre el clima y los procesos biológicos periódicos. Los árboles frutales manifiestan diversas fases fenológicas conforme pasan las estaciones del año (Wolstenholme y Whiley, 1989). Los modelos o diagramas fenológicos ayudan a entender el comportamiento fenológico del aguacate (Wolstenholme y Whiley, 1989), ya que en éstos se describen los diferentes eventos que ocurren en el árbol durante el año.

Enfermedades del aguacate

En el cultivo de aguacate, las enfermedades afectan la producción en 40 % y ocupan un renglón importante por el número, intensidad y factor que incrementa los costos de producción. Del total de enfermedades que afectan al cultivo, 19 son de origen fungoso, dos de tipo bacteriano, una por algas y otra por un viroide.

Entre las enfermedades de mayor importancia, por su frecuencia y severidad en cultivos de aguacate, se destacan: La pudrición de raíces, causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi var. cinnamomi* y la marchitez por *Verticillium sp.*, las cuales normalmente ameritan decisiones de manejo. Cada vez, son más frecuentes e importantes, por su difícil manejo, las afecciones por *Armillaria mellea* y *Rosellinia sp.* en cultivos de aguacate establecidos en zonas de clima templado y frío moderado. Los hongos causantes de la roña (*Sphaceloma perseae*), la antracnosis del fruto (*Glomerella cingulata* (anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides*) y la mancha de la hoja y la mancha negra del fruto por *Pseudocercospora purpurea*, causan pérdidas importantes en el campo y en la postcosecha, al deteriorar la calidad de la fruta. De estas enfermedades,

antracnosis es la enfermedad económicamente más importante a nivel mundial, tanto en condiciones de campo, donde el hongo ataca hojas, ramitas, inflorescencias y frutos, como en postcosecha, donde ocasiona pérdidas por lesiones del fruto durante su almacenaje y causa pérdidas de valor comercial de los mismos limita su comercialización y disminuye el valor del producto, afectando su exportación (Avila-Quezada *et al.*, 2007; Freeman *et al.*, 1996; Guillén Andrade, 2007; Teliz, 2000). El patógeno que causa esta enfermedad es el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial, es considerada como la especie más desafiante de resolver, con predominancia en los trópicos y subtropicos (Agrios, 1998; Du *et al.*, 2005; Udayanga *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2004).

De acuerdo con el Centro Nacional de Información Biotecnológica de los Estados Unidos de América (NCBI, 2020), *C. gloeosporioides* pertenece al reino Fungi; *phylum* Ascomycota; clase Sordariomycetes; subclase Sordariomycetes; orden Phyllachorales; familia Phyllachoraceae; género *Glomerella*; especie *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld y H. Schrenk. (fase teleomórfica, sexual o perfecta) o *Colletotrichum gloeosporioides* (fase anamórfica, asexual o imperfecta). Este hongo muestra un crecimiento lento in vitro (Sreenivasaprasad y Talhinhos, 2005), las colonias presentan coloraciones de gris claro a gris oscuro, sin embargo, en agar avena el micelio es blanco, poco algodonoso y posee masas conidiales de color naranja (Ureña-Padilla *et al.*, 2002). El hongo posee hifas septadas (Roca *et al.*, 2000) y produce apresorios clavados, ovalados, algunas veces lobulados, melanizados de color café (Téliz y Mora, 2015). Los conidios son hialinos, variables en tamaño, de forma cilíndrica y obtusos en el ápice, con medidas de 9 a 24 μm de largo y 3 a 4.5 μm de ancho (Cano *et al.*, 2004); en medio de

agar simple el 98% son uninucleados, incrementándose en medios líquidos a los binucleados, principalmente (Jeffries *et al.*, 1990). La esporulación de *C. gloeosporioides* se ve favorecida cuando se cultiva en medio líquido V8 a 25°C bajo agitación constante (Cascino *et al.*, 1990). El hongo puede infectar entre los 20 y 28°C, pero su temperatura óptima de crecimiento es de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ (Freeman *et al.*, 1996) en ambientes con humedad relativa de 80 a 100% (Prusky *et al.*, 2001; Yakoby *et al.*, 2002). El pH óptimo de crecimiento del hongo es de 5.5 a 7 (Drori *et al.*, 2003; Villanueva-Arce *et al.*, 2006). Produce conidios y ascosporas en acérvulos y peritecios en hojas, inflorescencias y frutos abortados o momificados, mismos que son la fuente principal de inóculo para el desarrollo y diseminación de la enfermedad (Jeffries *et al.*, 1990), su dispersión puede ser por aire o salpicaduras de lluvia, al dispersarse los conidios se adhieren al hospedero por medio de una capa mucilaginosa compuesta de polisacáridos y glucoproteínas presente en el acérvulo (Figura 3) (Téliz y Mora, 2007). En la germinación se producen tubos germinadores y apresorios óptimos a 25 y 30 °C y 90 a 100 % de humedad relativa (Jeffries *et al.*, 1990). El hongo produce un apresorio que penetra el fruto degradando la cutícula y produciendo una hifa subcuticular latente que no se desarrolla hasta que el fruto madura. Los cambios fisiológicos en el fruto permiten la activación del patógeno quiescente (Beno-Moualem y Prusky, 2000; Freeman *et al.*, 1996).

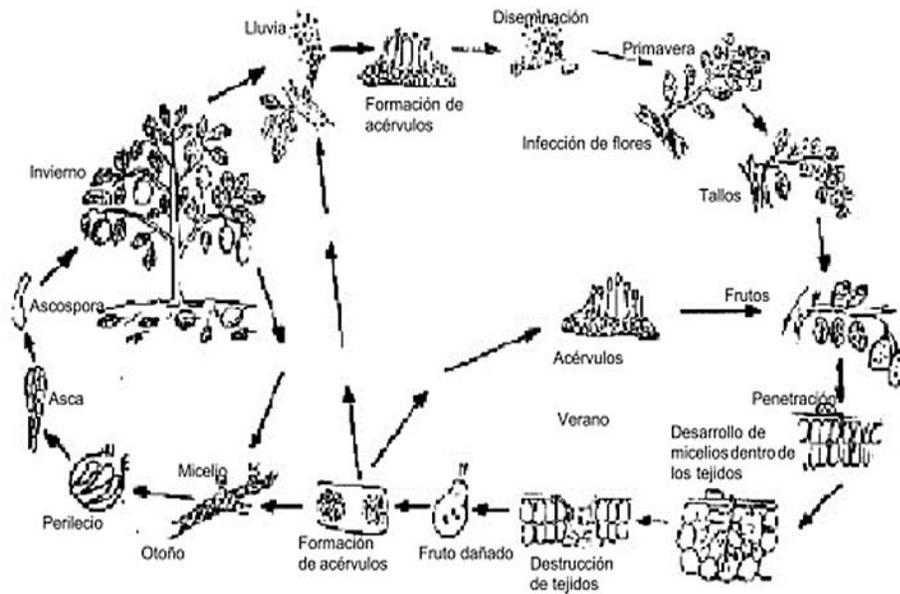


Figura 3. Ciclo biológico de *C. gloesporioides* (Coria, 2008).

El hongo infecta durante periodos cálidos y lluviosos; los frutos son susceptibles desde su formación hasta la cosecha sin embargo se ha demostrado que el hongo es incapaz de colonizar tejidos verdes debido a la presencia de un compuesto anti fúngico en la epidermis del fruto (Prusky *et al.*, 2001). Durante la maduración, los niveles del compuesto anti fúngico declinan, lo que permite que se active el crecimiento del hongo y se acelera la pudrición del fruto, debido a esto se han sugerido cuatro factores que proporcionan resistencia al fruto inmaduro de aguacate al ataque de hongos: escasez de los nutrimentos requeridos por el patógeno, compuestos antifúngicos preformados, compuestos antifúngicos inducidos y la ausencia de activación que proporcionan los factores de patogenicidad del hongo (Yakoby *et al.*, 2001). La entrada del hongo al fruto puede producirse antes de la maduración y manifestar los daños cuando éste madura, fenómeno que es posible ya que la muerte celular no es una condición necesaria para la

patogénesis por *Colletotrichum spp.* (Nesher *et al.*, 2008). La infección del fruto en huerta ocurre cuando el conidio del patógeno germina y forma apresorios, la infección latente puede ocurrir en cualquier etapa del desarrollo de la fruta, no es necesario que haya heridas para que se produzca una infección (Binyamini y Schiffmann-Nadel, 1972; Bruce Da Silva y Michereff, 2013).

Los órganos infectados constituyen un reservorio de propágulos para infecciones posteriores (Estrada *et al.*, 2000). La identificación de las especies del género *Colletotrichum* se basan principalmente en la morfología, el rango y especialización de los hospedantes y en el modo de parasitismo (Wharton y Diéguez-Uribeondo, 2004).

Afecta el amarre de flor y fruto en un 10%, daña los frutos, ramas tiernas y hojas, disminuye la capacidad fotosintética del árbol, merma producción y calidad de fruto en un 30%, por ejemplo, en el cultivo intensivo de papaya bajo manejo de fungicidas, la prevalencia de antracnosis en campo y en postcosecha ha provocado pérdidas superiores al 50 % (Torres-Calzada *et al.*, 2013).

Los síntomas en las hojas se manifiestan como manchas circulares color café rojizo con un halo clorótico que se presentan en los bordes o en cualquier parte de la lámina foliar y producen defoliación cuando son muy extensas o si la incidencia de esta enfermedad, en brotes tiernos provoca muerte descendente o torceduras al formarse lesiones laterales, en los tallos vegetativos jóvenes se observan abultamientos superficiales sobre el tejido, síntoma conocido comúnmente como sarampión, pudiendo secar las partes atacadas (Benítez-Camilo *et al.*, 2003; Jeffries *et al.*, 1990). En inflorescencia se pueden observar manchas oscuras en las ramificaciones o necrosis en los extremos, provocando

la caída de flores o aborto del fruto (Téliz y Mora, 2015). En fruto presenta manchas redondas, pequeñas y rojizas, que se tornan de color negro y consistencia áspera, seca y prominente, conocida como “viruela” o como “clavo” debido a los síntomas, manchas color café oscuro y hundidas en forma de cráter presentes en el fruto (Coria, 2008; Reina Noreña *et al.*, 2016; Willingham *et al.*, 2001; Zamora-Magdaleno *et al.*, 2001). Estas lesiones pueden incrementar su número sobre el fruto (Ávila-Quezada *et al.*, 2003), afecta tanto a frutos en campo, como en post cosecha (Prusky *et al.*, 2001), puede causar su caída prematura; sin embargo, las pérdidas más importantes se presentan en la fase de maduración de los frutos (Arauz, 2000). Las lesiones se pueden formar en cualquier parte del fruto; inicialmente son superficiales y sólo penetran hasta la pulpa cuando las lesiones se encuentran cubriendo gran parte de la superficie del fruto. Se presenta en postcosecha, aunque infecte principalmente frutos pequeños durante su crecimiento en los huertos, pueden mantener la enfermedad en un estado de latencia (Yakoby *et al.*, 2001). En el caso de frutos próximos a la madurez, las infecciones son quiescentes y provocan manchas oscuras irregulares que pudren rápidamente la pulpa del fruto cuando alcanza la senescencia, también se pueden observar la presencia de manchas circulares café oscuras en el pericarpio y daños por ablandamiento y pudrición del mesocarpio (Prusky *et al.*, 2001; Yakoby *et al.*, 2000). Las lesiones se extienden rápidamente por la piel y pulpa del fruto conduciendo a una pudrición, lo que lo hace difícil de observar, debido a que el aguacate Hass cambia de coloración verde a negro cuando llega a madurez de consumo (Kimaru *et al.*, 2018). Provoca pérdidas cercanas al 80% en ausencia de medidas de manejo adecuadas, que incluyen aplicaciones de fungicidas (Bosse *et al.*, 2013).

Control de *Colletotrichum gloeosporioides* en aguacate

El control de enfermedades producidas por *Colletotrichum* depende principalmente de prácticas culturales tales como el uso de semillas libres de enfermedad, rotación de cultivos, variedades vegetales resistentes, remoción de ramas muertas y frutos infectados; tratamiento físico (ejemplo: tratamiento hidrotérmico, ozono y atmósferas modificadas en frutos); control químico (fungicidas) y biológico (extractos de plantas, microorganismos antagonistas) (Rojo-Báez *et al.*, 2017). La remoción de hojas y frutos infectados reduce los niveles del hongo (Hartill y Everett, 2002). Podas de saneamiento, y de estructuración para mejorar la ventilación al interior del árbol y evitar microclimas con mayor humedad relativa dentro de la copa. Suministro de riego en época seca, recolectar y destruir frutos enfermos. Además, niveles óptimos de nutrientes minerales (Mg, Ca y Mn) en hojas y frutos, incrementan el nivel de resistencia natural (López *et al.*, 2014).

Los fungicidas químicos para el control de especies fúngicas del género *Colletotrichum*, son: benzimidazoles, azoxystrobin, como benomilo, tiabendazol y carbendazim, se aplican de manera preventiva o curativa (Joshi *et al.*, 2013). En México los fungicidas con los que se controla son benomilo y tiabendazol (Sanders *et al.*, 2000; Tavares y Souza, 2005). Sin embargo, su uso indiscriminado y recurrente trae desequilibrio, daños en la salud humana y al ambiente (Dong *et al.*, 2013), así como resistencia hacia los ingredientes activos por parte de los algunos microorganismos, por lo que se vuelven obsoletos (Barroso-ake *et al.*, 2021; Dong *et al.*, 2013; Gutiérrez Alonso y Gutiérrez Alonso, 2003), tal es el caso de Tiabendazol que ya no presenta efectividad o es muy baja en el control del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Gutiérrez *et al.*, 2003). Cabe

mencionar que cada vez son mayores las restricciones de orden higiénico-sanitario sobre el uso de estos compuestos, debido a sus efectos tóxicos y de residuos (Carrillo-Fasio *et al.*, 2005). Actualmente la inducción de resistencia sistémica a patógenos; en cuyo proceso está involucrada la activación de los mecanismos naturales de defensa de las plantas usando elicitores, físicos, químicos y biológicos generados por los propios patógenos, por otros organismos o por factores ambientales, está pasando a ser un enfoque prometedor para controlar enfermedades postcosecha como una alternativa a los fungicidas (Carvajal, 2013; Terry y Joyce, 2004).

Cobre

El primer compuesto antimicrobiano fue a base de cobre, el cual fue descubierto por el científico Pierre-Marie Alexis Millardet en 1885 (Lamichhane *et al.*, 2018); son comúnmente utilizados en el campo para el control de enfermedades en postcosecha, ya que inhiben la germinación de las esporas (Everett *et al.*, 2005; Korsten y Cook, 1996). Adicionalmente, las mezclas de cobres y otros grupos de fungicidas, junto con rotaciones con otros compuestos pueden ser de gran ayuda para prevenir el desarrollo de cepas del patógeno resistente a fungicidas químicos (Bartlett *et al.*, 2002). Por esta razón, tratamientos con mezclas de fungicidas cúpricos son prometedores cuando los productores necesitan un efecto curativo. Además, las alternativas biológicas recientes han presentado que la rotación de fungicidas sistémicos, cúpricos y orgánicos (extractos de plantas) es efectiva para el control de la antracnosis del olivo (*Olea europaea* subsp. *Europaea* L.) y para reducir el impacto ambiental (Moral *et al.*, 2018). Para antracnosis en el cultivo del aguacate se recomiendan aspersiones al inicio de la floración, hasta dos

o tres semanas después de cuajamiento del fruto, con fungicidas a base de oxiclóruo de cobre, hidróxido cúprico, Carbendazim, Tiabendazol y Procloraz (APEAM, 2022).

Tiabendazol

El control de las especies fúngicas del género *Colletotrichum*, se realiza de manera común mediante fungicidas químicos los cuales se aplican de manera preventiva o curativa. Los compuestos químicos más utilizados para mantener la calidad del fruto son benzimidazoles, azoxystrobin, benomilo, tiabendazol y carbendazim (Joshi *et al.*, 2013).

Actualmente el tiabendazol forma parte de la lista de fungicidas recomendados para el control de antracnosis en el cultivo de aguacate (APEAM, 2022) y en papaya con registro por parte de la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) de los Estados Unidos de América (Santamaría-Basulto *et al.*, 2011). En mango, el control de antracnosis con Tiabendazol a 500 y 250 mg L⁻¹ tuvo una efectividad de 41.4 y 50.0 %, y una incidencia de 72 y 100%, la poca efectividad en el control del patógeno por parte de este fungicida ha sido reportada en diversas ocasiones (Vilela *et al.*, 2004).

Sin embargo, el uso indiscriminado de estos fungicidas representa un riesgo a la salud humana y al ambiente (Dong *et al.*, 2013), por otro lado, se ha reportado que el uso continuo de fungicidas sintéticos ha generado resistencia en cepas de *Colletotrichum* (Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2003). Torres-Calzada *et al.* (2013) determinaron que en *C. truncatum* existieron aislados resistentes a los fungicidas azoxystrobin y tiabendazol, y susceptibles a los fungicidas mancozeb y cyprodinil-fludioxonil; confirmando que la resistencia a tiabendazol se debe a una mutación en el gen β -tubulina debido a la sustitución de ácido glutámico a alanina (Rojo-Báez *et al.*, 2017).

Bacillus subtilis

Diversas especies de bacterias del género *Bacillus* producen endosporas las cuales permiten ser resistente a condiciones ambientales desfavorables y sobrevivir por periodos prolongados en un rango amplio de temperatura, debido a sus características de alta capacidad de colonización de la raíz y de supervivencia que le confieren las esporas es posible su desarrollo en formulaciones comerciales y su liberación (Zhang *et al.*, 2009), han sido utilizadas para inducir resistencia sistémica contra enfermedades o como agentes de control biológico (Kloepper *et al.*, 1992), destacando *Bacillus subtilis* el cual actualmente se distribuye comercialmente como agente de control de hongos fitopatógenos producidas por diferentes hongos, bacterias, nematodos y virus en cultivos como jitomate, pepino, chile y cacahuete (Vallad y Goodman, 2004).

El control biológico se puede definir como la reducción del inóculo o de la actividad productora de enfermedad del patógeno, debido a uno o más organismos, en una planta hospedera (Baker y Cook, 1974).

Fosfito de calcio

Los fosfitos son sales derivadas de la reacción del ácido fosforoso con iones de metales alcalinos como el K, Ca, Mg y Na, considerados como fuente importante de nutrimentos para los cultivos (Monsalve *et al.*, 2012), los cuales son muy solubles en agua y no tienen efecto nutricional muy claro, pero si cumplen con la función de transportar iones como Ca, Zn, Mg, Mn, B, K y Cu; los cuales son fácilmente asimilables vía raíces o foliar y que tienen la característica de ser de acción fúngica preventiva (Lovatt y Mikkelsen, 2006; Payeras, 2010), activan los sistemas naturales de defensa de la planta, provoca cambios

en la pared celular, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos, desencadenando todo el proceso de activación de defensas de la planta (Stoller, 2019), Induce la expresión de moléculas defensivas, como fitoalexinas para bloquear directamente al patógeno, estas moléculas envían señales de alarma sistémicas a las células vecinas no infectadas e inducen mecanismos de respuesta defensiva (Figura 4) (Achary et al., 2017), las cuales son reconocidas por sus propiedades biocidas contra diferentes grupos de agentes causales de enfermedades de la clase Oomycetes, Hyphomycetes (*Botrytis cinerea*) y Aganomyces (*Rhizoctonia solani*) (Kofot y Fischer, 2007), eficaz para algunas enfermedades de los cultivos causadas por varias especies pertenecientes al género *Phytophthora* (McDonald et al., 2001).

Una característica importante de los fosfitos, es el interrumpir el metabolismo del patógeno inhibiendo la fosforilación; causa una respuesta hipersensitiva en la planta, para que así se produzca un ataque al patógeno, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos y afectando el crecimiento de los micelios de los hongos; así se detiene el crecimiento del patógeno e inhibe la producción de esporas por la competencia por ADP y ATP (Lovatt y Mikkelsen, 2006).

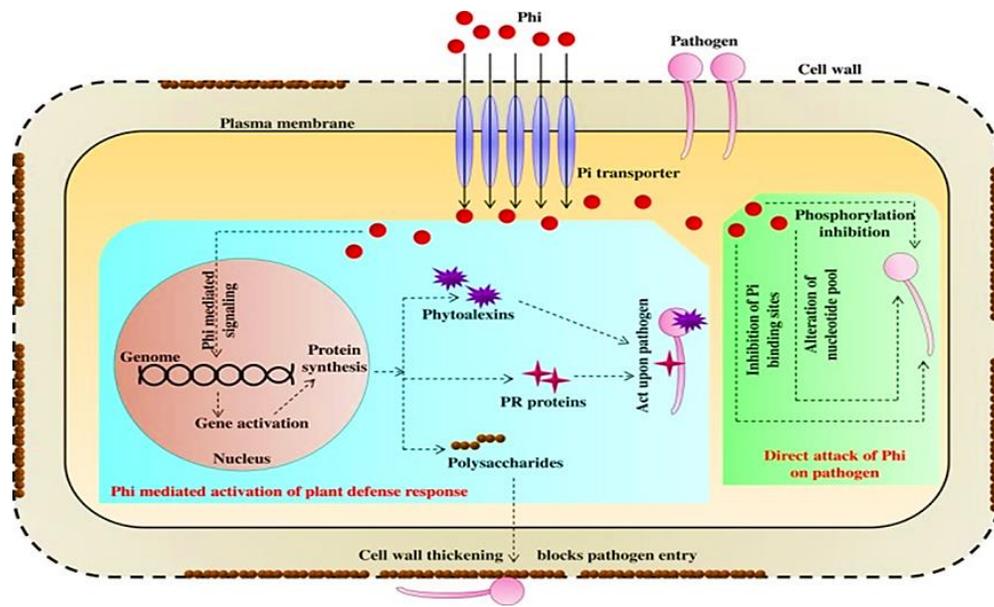


Figura 4. Mecanismo de defensa inducido por compuestos de fosfito en una célula vegetal (Achary *et al.*, 2017).

Estudios en fresa han indicado que el fosfito mejora la calidad del fruto y los mecanismos de defensa de las plantas en cultivares de fresa (Estrada-Ortiz *et al.*, 2011; Glinicki *et al.*, 2010; Moor *et al.*, 2009). En cítricos tienen efecto antifúngico contra la pudrición de la raíz por *Phytophthora* (Orbović *et al.*, 2008), actúa de dos maneras: i) inhibiendo directamente el crecimiento: acción fungistática esto ocurre en altas concentraciones de fosfito, ii) indirectamente estimulando las defensas de la planta, con ello promueve la producción de ácido salicílico en plantas infectadas (Giblin *et al.*, 2005). La utilización de fosfitos podría considerarse como otra estrategia a incluir en los programas integrados de manejo de enfermedades para reducir el uso intensivo de fungicidas y los costos de producción (Guest y Grant, 1991; Lobato *et al.*, 2011).

Agusti (2010) menciona que el calcio (Ca) es, probablemente el elemento mineral más importante en la determinación de la calidad de los frutos, entre sus funciones esta

incrementar la estabilidad de la membrana y aumenta la resistencia de la pared celular (Ginsberg, 1985; Lara *et al.*, 2004; Penter y Stassen, 2000), a tal grado que cuando la disponibilidad de este nutrimento es inadecuada, la pared celular pierde su integridad, ocasionando desórdenes fisiológicos (Dilmaghani *et al.*, 2004; Picchioni *et al.*, 1995) y afectan la presión de turgencia celular (Mignani *et al.*, 1995). Por consiguiente, este nutrimento afecta la firmeza y la senescencia del fruto por medio de la alteración de los procesos extra e intracelulares (Buccheri y Vaio, 2005), la aplicación de Ca antes y después de la cosecha produce efectos beneficiosos sobre la calidad de la fruta entera, disminuyendo la incidencia de trastornos fisiológicos (Serrano *et al.*, 2004), se ha encontrado que una deficiencia de este elemento causa algunos desórdenes postcosecha de aguacate (Swarts, 1984) favoreciendo la infección de patógenos, puesto que el Ca por una parte inhibe las enzimas pectolíticas, como poligalacturonasas, que utiliza el hongo para penetrar al huésped y por otra reduce la permeabilidad de la membrana al estabilizarla disminuyendo el flujo compuesto de azúcares hacia el apoplasto (Taiz y Zeiger, 2002). Sin embargo, el calcio es uno de los nutrimentos de baja movilidad en los tejidos vegetales, siendo necesario desarrollar métodos para incrementar su penetración en las hojas y su posterior translocación hacia el fruto, sin que las aspersiones foliares causen daños al follaje (Ginsberg, 1985). La aplicación de calcio en precosecha es el método disponible más común para incrementar la concentración de calcio en el fruto de manzana (Dilmaghani *et al.*, 2004; Herrera-Basurto *et al.*, 2007).

Ácido salicílico

El ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento de las plantas, se ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007)(Q. Hayat *et al.*, 2010)(Rivas-San Vicente y Plasencia, 2011); además, ayuda a alargar su vida de anaquel (Wang *et al.*, 2011). Ha sido publicado también que en *Petunia hybrida* aplicaciones de concentraciones de 1 μM de AS incrementa en 72% el número de flores por planta, (Martín-Mex *et al.*, 2010) y en *Carica papaya* se reporta un incremento de 20% de flores hermafroditas con aplicaciones de 0.01 μM (Martín-Mex *et al.*, 2012). Ha sido encontrado que el AS también acelera la floración hasta en 7 días cuando se asperja a plantas de *Chrysanthemum morifolium* tratadas con 0.01 y 0.001 μM de AS (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009), es una alternativa viable para incrementar la producción y enriquecer la calidad nutracéutica de frutos de tomate (Vázquez Díaz *et al.*, 2016). Participa en diversos procesos fisiológicos tales como termogénesis, resistencia a patógenos, inducción a la floración, el crecimiento de raíces y absorción de nutrimentos (Hayat *et al.*, 2007). A nivel celular provoca la mitigación del estrés en la planta e incrementa el rendimiento y calidad de sus frutos (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011). El uso del ácido salicílico es una alternativa viable para incrementar la producción y enriquecer la calidad nutracéutica de frutos de tomate (Vázquez *et al.*, 2016), en plantas de tabaco resistentes al *Tobacco mosaic virus* inducen la expresión de los genes que sintetizan resistencia de las plantas al virus (Malamy *et al.*, 1990) u otros fitopatógenos como bacterias y hongos (Chivasa *et al.*, 1997). En calabacita se ha encontrado que el ácido acetil salicílico podría

funcionar como un compuesto que transmite la señal de resistencia contra el *Tobacco necrosis virus* (Métraux *et al.*, 1990).

Acibenzolar S Methyl

La aplicación de productos químicos sintéticos también puede activar procesos fisiológicos y bioquímicos propios de la planta y evitar o reducir el progreso de enfermedades (Guevara y Rodríguez-Gálvez, 2006). Entre estos compuestos destaca el acibenzolar S-metil (ASM), un inductor de resistencia sistémica adquirida (SAR) que ha sido estudiado para el control de enfermedades de las plantas en los últimos años (Buzi *et al.*, 2004). EL ASM actúa como un análogo funcional del ácido salicílico en la vía de señalización de la SAR, influencia la expresión de genes y la actividad de varias enzimas relacionadas con la resistencia, así como la producción de lignina y compuestos fenólicos (Małolepsza, 2006).

La resistencia sistémica es una alternativa con gran potencial de aplicación para el manejo de enfermedades virales. Actualmente, se conocen dos tipos de resistencia, la resistencia sistémica adquirida (RSA) y la resistencia sistémica inducida (RSI). La RSA puede ser inducida por agentes bióticos (tales como patógenos atenuados) o abióticos (como compuestos químicos) y se asocia al incremento de la concentración de la fitohormona salicilato y a la producción de proteínas relacionadas con patogénesis (PRP). La RSI es estimulada por rizobacterias promotoras del crecimiento y se asocia a la mayor sensibilidad a las fitohormonas etileno y jasmonato sin producción de proteínas relacionadas con patogénesis. Ambos mecanismos pueden resultar en una resistencia

general de las plantas hacia diversos patógenos (Abo-Elyousr *et al.*, 2009; Kloepper *et al.*, 2004; Pieterse *et al.*, 1996)

Se ha reportado reducción de la marchitez con la aplicación de ASM contra *P. capsici* en chile pimiento (Matheron y Porchas, 2002), contra *P. cactorum* y *P. fragariae* var *fragariae* en fresa (Eikemo *et al.*, 2003) y contra *P. capsici* en calabaza (Koné *et al.*, 2009). De manera similar, el pre-tratamiento de plántulas de *Curcuma longa* induce SAR contra *Pythium aphanidermatum* (Radhakrishnan *et al.*, 2011).

Refrigeración

La pérdida de reservas en el fruto significa el aceleramiento de la senescencia y la disminución de su vida útil. Por eso, la disminución de los procesos fisiológicos, físicos y patológicos son fundamentales para lograr una mayor vida útil. En ese sentido, la disminución de la temperatura del producto y la reducción del tiempo en el cual se alcanza la temperatura óptima de almacenamiento juegan un papel esencial, pues son los factores que más influyen en la disminución de estos procesos. Los procesos metabólicos incluidos la respiración y la maduración son altamente influenciados por la temperatura. (Rao, 2015). Debido a eso, la reducción de la temperatura de las frutas y hortalizas recién cosechadas se debe realizar tan rápido como sea posible. La Temperatura de almacenamiento afecta las reacciones y composición química, así como la integridad física de las frutas y hortalizas. Estos cambios han sido bien documentados en muchas publicaciones; por ejemplo, la biosíntesis de licopeno en tomates frescos es totalmente dependiente de la temperatura (Javanmardi y Kubota, 2006) siendo la temperatura óptima 24°C (Lana *et al.*, 2005). Para Lee y Kader (2002) las bajas

temperaturas durante la postcosecha, es el factor más influyente en la conservación de la vitamina C de las frutas y hortalizas.

El fruto de aguacate se consume principalmente en fresco, su exportación se ve limitada por una serie de problemas postcosecha debido a su corta vida de anaquel, por lo cual se han generado métodos que permiten incrementar el tiempo de almacenamiento, tal es el caso de la refrigeración, con el inconveniente de la generación de daños por frío desorden fisiológico que puede hacerse presente en muchos frutos tropicales y subtropicales como el aguacate, que no pueden ser almacenados a bajas temperaturas (3 a 7 °C) por periodos largos (Hofman *et al.*, 2013; Mercado-Ruiz y Martínez-Téllez, 2004; Ochoa-Ascencio *et al.*, 2009; Osuna García *et al.*, 2005). Román y Yahia, (2002) indica que la mejor manera de extender la vida postcosecha de frutos de aguacate 'Hass' es manteniéndolos en refrigeración de 4.5 a 7.2 °C y con una humedad relativa entre 85 y 90 %.

Agua caliente

El tratamiento hidrotérmico (termoterapia o hidroterapia) es un método alternativo que ha sido usado por varios años para el control de enfermedades fúngicas en postcosecha (Couey, 1989), ha resultado útil ya que las esporas de los mismos se encuentran en forma latente a nivel superficial o entre las primeras capas de células por debajo del epicarpio (cascara) de los frutos; así mismo, el efecto directo del calor reduce la viabilidad de los hongos, así como su capacidad de infección (Lopez-Cabrera y Marrero-Dominguez, 1998), la aplicación de fungicidas junto con tratamiento de agua caliente suprimen la incidencia de antracnosis durante el almacenamiento en mango, a niveles

aceptables (Coates *et al.*, 1993; Dang *et al.*, 2008). Este tratamiento se usa comúnmente para la desinfestación de mango de moscas de la fruta (Nascimento *et al.*, 1992; Segarra-Carmona *et al.*, 1969; Sharp, 1986; Sharp *et al.*, 1988, 1989).

El efecto del calor en el control de patógenos postcosecha se debe a la desnaturalización de proteínas, liberación de lípidos, destrucción de hormonas, asfixia de tejidos, liberación de reservas alimenticias y daño metabólico con o sin acumulación de intermediarios tóxicos, se ha informado la existencia de un efecto directo del calor en la reducción de la viabilidad de los hongos, así como en la capacidad de infección (Barkai-golan y Phillips, 1991). Es un medio de transferencia de calor eficaz y, en poco tiempo se mantiene un perfil de temperatura uniforme (Couey, 1989). Si las frutas y verduras se tratan con agua caliente antes de almacenarlas a bajas temperaturas, el tratamiento reduce la incidencia de daño por frío (González-Aguilar *et al.*, 2000; McCollum *et al.*, 1993). Grové *et al.* (1999) en tratamientos con agua caliente (46 °C por 5 min) en aguacate 'Hass' y observaron una excelente resistencia contra daño por frío (6,5 °C por 28 días). Los tratamientos térmicos también inhiben la maduración, el ablandamiento y mejoraron la calidad postcosecha en el caso de frutas enteras con manzanas (Klein y Lurie, 1990), fresas (Civello *et al.*, 1997), cítricos (Porat *et al.*, 2000).

Teniendo en cuenta el riesgo del uso inadecuado de productos químicos en la tecnología de postcosecha y la demanda de productos saludables por parte de los consumidores, es necesario realizar estudios sobre la aplicación de tratamiento térmicos en postcosecha (Shafiee *et al.*, 2010).

Parámetros físicos y fisiológicos de calidad del fruto

Patrón de maduración

El aguacate Hass es un fruto climatérico que no produce etileno mientras está adherido al árbol por lo que no madura en esta condición, la determinación del momento de corte es un factor clave para garantizar que la fruta madurará adecuadamente (Hershkovitz *et al.*, 2009), su madurez fisiológica al momento de la cosecha es indudablemente la variable más importante que determina la calidad comestible del fruto (Brown, 1984) e influye en la calidad de la pulpa (Hofman y Jobin-Decor, 2015). Por otro lado, se ha encontrado que aquellos frutos cosechados en un estado fisiológico de desarrollo inmaduro podrían presentar una maduración irregular, con sabores desagradables y desordenes fisiológicos (Kremer-Köhne y Köhne, 1992; Leclereq, 1990). Cuando el fruto del aguacate se cosecha sin la madurez adecuada el consumidor encontrará que al cortar el fruto, la semilla permanece adherida a la pulpa, el tegumento permanece adherido a la pulpa, la pulpa no se desprende fácilmente de la cascara, hay áreas de la pulpa endurecida y el fruto no presenta la palatabilidad deseada por el consumidor el cual es descrito como sabor a mantequilla (Cerdas Araya *et al.*, 2014). En aguacate, las pérdidas postcosecha pueden llegar hasta el 30% por prácticas inadecuadas y desconocimiento del comportamiento del fruto luego de su recolección (Ramírez, 2008). Debido a los requerimientos de calidad de los frutos, es pertinente evaluar su comportamiento en postcosecha, particularmente las características fisiológicas y fisicoquímicas durante esta etapa (Márquez *et al.*, 2014).

Para la cosecha del aguacate se utilizan varios criterios indicadores para definir el momento de corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, el color interno del mesocarpio o pulpa, el desarrollo de la zona de abscisión, los días transcurridos después del amarre de la fruta y otros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza de la pulpa, el contenido de aceite y la tasa de respiración del fruto (Cerdas *et al.*, 2006). La cuantificación de materia seca la técnica más usada, es un proceso confiable, reproducible, de bajo costo y de fácil aplicación (Clark *et al.*, 2003; Coggins, 1984).

La Norma (NMX-FF-016-SCFI-2016), especifica que la madurez legal en frutos de aguacate 'Hass' debe de ser al menos 21.5% de MS para poder ser exportados, pero las empacadoras en Michoacán exigen el 24% para asegurar que su fruto está por encima del mínimo requerido. El porcentaje de MS como índice de madurez fisiológica o 'legal' varía en los países productores y se ubica en un intervalo de 20 a 25% (Kader y Arpaia, 1999).

Color

En aguacate el color de cáscara es un atributo que se relaciona de manera directa con el grado de madurez en frutos de aguacate Hass (Cox *et al.*, 2004; Hertog *et al.*, 2003; Osuna García *et al.*, 2005). Numerosos investigadores han estudiado el color de los frutos con el fin de evaluar su grado de madurez. Correa *et al.* (1991) a través de un estudio concluyeron que la evolución del color tanto de la piel como de la pulpa, pueden utilizarse como índice de maduración no destructivo y destructivo, respectivamente, para el aguacate cv. Hass. El color de cáscara es un atributo que se relaciona de manera

directa con el grado de madurez en frutos de aguacate Hass (Cox *et al.*, 2004; Hertog *et al.*, 2003)

Durante el proceso de maduración la cáscara de frutos de aguacate Hass cambia de verde a púrpura/negro, dicho cambio es de suma importancia para la industria y los consumidores debido a que es un indicativo de que la fruta ha madurado (Cox *et al.*, 2004).

Para frutos de aguacate Hass, madurados a 20 °C, el color de la cáscara el cual disminuyó en luminosidad (de 40 a 27 L) y en índice de saturación (15 a 3 cromas), pero el ángulo de tono incrementó (de 100 a 220 hue°) observar el indicador de Figura 5. Los parámetros colorimétricos obtenidos son L* (indicador de la luminosidad), a* (indicador de cromaticidad en el eje verde (-) a rojo (+)); b* (indicador de cromaticidad en el eje azul (-) a amarillo (+)) (Ashton *et al.*, 2006). Los resultados se expresan en la escala CIE L*a*b* y ángulo de tono h° (hue) (Cox *et al.*, 2004).

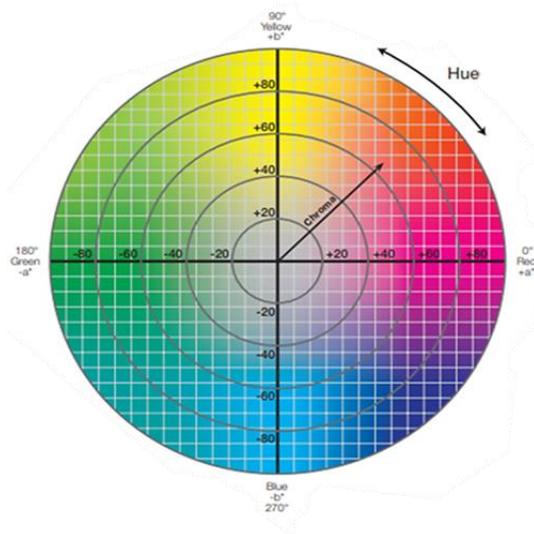


Figura 5. Gráfica de color CIELAB (Pantone, 2021)

Durante la maduración del aguacate hay disminución de la tonalidad verde, probablemente asociado con la degradación de la clorofila b, por acción enzimática. hidrolizándose a clorofílica y fitol (Yang *et al.*, 2009), presentando el color oscuro característico de los frutos de aguacate cv. Hass. Prabha *et al.* (1980) identificaron antocianinas en aguacate cuando este maduraba, cianidina 3-O-galactósido y cianidina-3,5-diglucósido acilado con ácido p-coumárico se sintetizan en la maduración con una relación de 9:1.

Firmeza

La firmeza de la pulpa de los frutos consiste en la resistencia a la deformación y al esfuerzo cortante. Ella se relaciona con las características de las paredes celulares y con la resistencia de las uniones intracelulares y depende en parte del grado de madurez del fruto (Correa *et al.*, 1995). El ablandamiento es el principal aspecto del proceso de maduración en los frutos de aguacate, como consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular. Los cambios ocurridos son debidos, probablemente a hidrólisis de los compuestos pépticos presentes en la pared celular, por la acción de enzimas pectinasas, poligalacturonasas, celulasas y amilasas. asociados a la pérdida de turgencia celular debida a la transpiración, dando como resultado final el ablandamiento de los frutos de aguacate (Bower y Cutting, 1988; Goulao y Oliveira, 2008).

La firmeza de la pulpa se determina en función de la fuerza de cohesión entre las pectinas, y la maduración en los aguacates es promovida por la acción de enzimas pectinolíticas, especialmente celulasa, poligalacturonasa y pectinmetilesterasa que

elimina grupos de metilo de ácido galacturónico esterificado. lo que aumenta con la maduración de la fruta y mejora la accesibilidad de la poligalacturonasa al sustrato péctico aumentando la actividad (3-galactosidasa durante las últimas etapas de maduración, transformando la pectina insoluble en pectina soluble y promueven el ablandamiento de la fruta (Karakurt y Huber, 2003; Seymour *et al.*, 1993).

Compuestos volátiles (etanol y acetaldehídos)

Durante la maduración de la fruta en el árbol y después de la cosecha, algunos procesos esenciales involucran la producción de metabolitos anaeróbicos, acetaldehído (AA) y etanol. Estos procesos incluyen la producción de aromas volátiles y la eliminación de la astringencia de la fruta. El acetaldehído, un componente aromático natural, está presente en casi todas las frutas; se acumula durante la maduración incluso en condiciones aeróbicas, pero en mucha mayor medida en condiciones parcial o totalmente anaeróbicas. En el período de postcosecha se pueden aplicar metabolitos anaeróbicos para inducir la producción de volátiles y mejorar el aroma de la fruta. Además, se ha encontrado que AA tiene actividad fungicida e insecticida. Se ha demostrado que el acetaldehído y el etanol pueden retardar la senescencia e inhibir la producción de etileno en las plantas, lo que reduce los síntomas de daño por frío en varias frutas; sin embargo, los metabolitos anaeróbicos deben aplicarse con cuidado, dependiendo de la especie y variedad de la fruta. Las frutas subtropicales se encuentran entre las más sensibles al daño por anaerobiosis (Pesis, 2005). El incremento en el contenido de acetaldehído y etanol del jugo de frutos cítricos almacenados puede conducir a procesos degenerativos asociados con la senescencia (Davis, 1970). Por lo tanto y dado que uno de los objetivos del almacenaje es mantener la calidad a cosecha de los frutos, las variaciones en el nivel

de estos compuestos pueden ser usadas para evaluar las condiciones de la conservación frigorífica. En nuestras experiencias, la menor temperatura de almacenamiento (20 °C) determinó, en general, los menores niveles de acetaldehído y de etanol sin provocar daños por frío. Durante la comercialización a 20°C, la acumulación de estos metabolitos se incrementó a niveles considerablemente más altos comparados con aquellos registrados al final de los respectivos períodos de almacenaje (Davis, 1970).

Las concentraciones similares de etanol y acetaldehído durante todo el proceso de maduración y su incremento al inicio de la senescencia indican que el incremento de estos volátiles está relacionado con desórdenes fisiológicos. El etanol aparece como un producto de descomposición y no como sustrato durante la síntesis de etileno. Las antocianinas y el acetaldehído presentes durante la madurez comestible y la senescencia en la pulpa de este fruto contribuyen a su color característico (Bolívar-Fernández *et al.*, 2011). Una elevada concentración de CO₂ y bajas concentraciones de O₂ también pueden inducir cambios en la respiración pasando de su forma aerobia a la anaerobia estimulando productos de fermentación como acetaldehído y etanol (Ke *et al.*, 1994). Estudios previos demuestran un mayor nivel de volátiles en cítricos encerados con ceras con altos contenidos de sólidos (Lee *et al.*, 2011).

Nutrimientos

La nutrición mineral es un aspecto que incide sobre la calidad del fruto y la aparición de desórdenes fisiológicos, los cuales dependen tanto del contenido nutricional como del balance que se tenga de éstos en el fruto, como la concentración de sólidos solubles totales que está positivamente relacionado con el contenido de potasio; además, los

bajos contenidos de nitrógeno y altos niveles de calcio en el fruto durante el almacenamiento incrementan la calidad del mismo (Tagliavini *et al.*, 2000).

Todas las plantas, incluyendo los árboles de aguacate, requieren de 17 elementos esenciales, estos macronutrientes, que se requieren en elevadas cantidades son: hidrógeno (H), carbón (C), oxígeno (O), nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S); y micronutrientes, requeridos en pequeñas cantidades: cloro (Cl), hierro (Fe), boro (B), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y níquel (Ni) (Lovatt, 2013) y .

Las flores y frutos demandan altas concentraciones de P, K, Ca, B, Fe y S, en cambio, en hojas el Mg, Ca, Fe y S se encuentra en altas cantidades. El Boro favorece la germinación y el crecimiento del tubo polínico, la viabilidad del óvulo y la división celular durante los primeros estados de desarrollo del fruto. Las primeras etapas de formación del fruto requieren Ca y al final del desarrollo de este el Ca y el K. La etapa de mayor crecimiento está relacionada con un aumento en N, P, K y B (Lovatt, 2013).

Los valores encontrados en hoja, cáscara y pulpa de aguacate señalaron un incremento de la proporción a medida que se pasó de hoja a cáscara y pulpa, de tal manera que la proporción más alta la tuvo la pulpa, producto de la mayor concentración de K y menor concentración de Ca; y la proporción más baja la encontramos en hoja debido a la mayor concentración de N y mínima de Ca (Herrera-Basurto *et al.*, 2007).

CAPÍTULO I. EVALUACIÓN DE INDUCTORES DE RESISTENCIA Y *Bacillus subtilis* EN EL CONTROL DE *Colletotrichum gloeosporioides* EN FRUTOS DE AGUACATE HASS EN PRECOSECHA

1.1 RESUMEN

El fruto de aguacate tiene gran demanda de consumo en el mercado nacional e internacional, por su calidad nutritiva, sabor, uso medicinal y en la industria cosmética, el hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* se presenta en todas las zonas donde se cultiva aguacate, causando daños graves durante el almacenamiento del producto si este no se controla eficazmente en campo, su control se realiza mediante productos químicos los cuales se aplican de manera recurrente, lo que ha generado preocupación por el efecto dañino al ambiente y la salud humana, por lo que se requiere investigar alternativas de control que sean amigables con el medio ambiente y tengan efectos nocivos a la salud humana. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de aplicaciones en precosecha de fosfito de calcio, *Bacillus subtilis*, ácido salicílico, acibenzolar S-metil y cúpricos en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de aguacate Hass para activar sistemas naturales de defensa de la planta (aplicando inductores de resistencia) y control biológico. Los tratamientos fueron: 1) fosfito de calcio, ácido salicílico (AS), acibenzolar S-metil (ASM) alternada con una aplicación de Hidróxido de cobre, 2) fosfito de calcio, ácido salicílico (AS), acibenzolar S-metil (ASM) alternada con dos aplicaciones de hidróxido de cobre, 3) fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de hidróxido de cobre, 4) Testigo convencional y 5) testigo sin aplicaciones. Se realizaron ocho aplicaciones con intervalo 15 a 20 días, iniciando a partir de yema floral hinchada, la severidad de daño se evaluó en frutos a los

15, 30 y 45 días después de la última aplicación. El diseño experimental fue completamente al azar con 7 repeticiones, los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de medias (Tukey al 5%). Los resultados muestran que hubo diferencias significativas entre tratamientos; los tratamientos 1 (dos aplicaciones consecutivas de fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con una aplicación de hidróxido de cobre) y 4 (una aplicación de fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de Hidróxido de cobre) fueron los que presentaron menor porcentaje de severidad de daño al fruto en su superficie (0 a 10 %) mientras que el testigo presento de 5 hasta 50% de superficie dañada.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, inductores de resistencia, severidad de *Colletotrichum gloeosporioides*.

1.2 ABSTRACT

Avocado cultivation has a great demand for consumption both in the national and international markets, not only for its nutritional quality but also for its flavor, medicinal use and in the cosmetic industry, the phytopathogenic fungus *Colletotrichum gloeosporioides* occurs in all areas where avocado is grown, causing serious damage during storage of the product if it is not effectively controlled in the field, its control is carried out by means of chemical products which are applied on a recurring basis, which has generated concern about the harmful effect on the environment, human health, given this situation, the objective was to evaluate the effect of preharvest applications of calcium phosphite, *Bacillus subtilis*, salicylic acid, S-methyl acibenzolar and cupric acid in the control of *Colletotrichum gloeosporioides* in 'Hass' avocado fruits and thus have an alternative for its use. prevention, and reduce the use of fungicides, activating the natural defense systems of the plant by applying inducers of resistance and biological control, Treatment 1 (Two consecutive applications of calcium phosphite, salicylic acid, acibenzolar S-methyl alternated with an application of Hydroxide of copper), T2 (Regional control), T3 (One application of calcium phosphite, salicylic acid, acibenzolar S-methyl alternated with two applications of copper hydroxide), T4 (One application of calcium phosphite plus *Bacillus subtilis* alternated with one application of copper hydroxide) and T5 (Control without applications), eight applications were made with an interval of 15 to 20, starting from the swollen bud, the severity was evaluated in fruits at 15, 30 and 45 days after the last application, 5 treatments were applied in a completely random design, the results obtained were subjected to an analysis of variance and Tukey's test at 5% error. Significant differences were found in the results, being treatments 1 (two

consecutive applications of calcium phosphite, salicylic acid, acibenzolar S-methyl alternated with an application of copper hydroxide) and 4 (an application of calcium phosphite plus *Bacillus subtilis* alternated with an application of copper hydroxide) those that presented a lower percentage of severity in fruit from 0 to 10% of damaged surface, while the witness presented in from 5 to 50% of damaged surface.

Keywords: *Bacillus subtilis*, resistance inducers, severity of *Colletotrichum gloeosporioides*

1.3 INTRODUCCIÓN

El fruto de aguacate tiene una gran demanda de consumo tanto en el mercado nacional como internacional no solo por su calidad nutritiva sino también por su sabor, uso medicinal y en la industria cosmética, en México representa una de las mayores fuentes de divisas y es generador de gran cantidad de empleos. Sin embargo, las enfermedades fungosas demeritan la calidad del fruto y disminuyen su costo, lo que justifica el uso de fungicidas como los fabricados a base de cobres, los cuales son ampliamente usados (CONAPA, 2020).

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* es uno de los principales patógenos del aguacate no solo afecta la calidad del fruto y merma su producción, sino también porque limita su comercialización y disminuye el valor del producto, lo que impide su exportación (Avila-Quezada *et al.*, 2007; Freeman *et al.*, 1996), causa la enfermedad conocida como antracnosis y es considerado un patógeno de importancia debido a que se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial que comprende la gama de huéspedes más amplia de todas las especies de *Colletotrichum* (Agrios, 1998; Du *et al.*, 2005; Udayanga *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2004). Este patógeno tiene la capacidad de infectar flores y frutos en desarrollo y etapa de maduración; también se presenta en hojas, ramas e inflorescencias (Zamora-Magdaleno *et al.*, 2001).

En fruto presenta manchas redondas, pequeñas y rojizas, que se tornan de color negro y consistencia áspera, seca y prominente, conocida como “viruela” o como “clavo” debido a los síntomas, manchas color café oscuro y hundidas en forma de cráter presentes en

el fruto (Reina Noreña *et al.*, 2016; Willingham *et al.*, 2001; Zamora-Magdaleno *et al.*, 2001).

En la actualidad, el control de las especies fúngicas del género *Colletotrichum*, comúnmente se realiza mediante fungicidas químicos los cuales se aplican de manera preventiva o curativa. Los compuestos químicos más utilizados para mantener la calidad del fruto son: benzimidazoles, azoxystrobin, como benomilo, tiabendazol y carbendazim (Joshi *et al.*, 2013), incrementando los costos de producción (Morales-García, 2017); para su control se usan diferentes moléculas químicas y biológicas; sin embargo, los compuestos a base de cobre son los de mayor uso (CONAPA, 2020).

El productor realiza aplicaciones continuas de diferentes fungicidas para disminuir el daño, sin embargo, el uso recurrente trae desequilibrio ecológico, daños en la salud humana, así como resistencia hacia los ingredientes activos por parte de los microorganismos (Barroso-ake *et al.*, 2021; Gutiérrez Alonso *et al.*, 2003; Ramírez y Jacobo, 2002).

Debido a la importancia que presenta el daño causado por *Colletotrichum gloeosporioides* en la sanidad y calidad del fruto, y a que no se ha podido controlar de manera eficiente se presenta este estudio donde se hicieron aplicaciones de manera foliar en mezcla utilizando inductores de resistencia, control biológico, desde el inicio de infección en precosecha, los productos utilizados fueron: acibenzolar S-metil, *Bacillus subtilis*, fosfito de calcio, ácido salicílico en rotación con aplicaciones de cobre, pretendiendo encontrar nuevos mecanismos de manejo de esta enfermedad, que podrían presentar características únicas para el desarrollo de un fruto sano y de calidad,

estas mezclas podrían permitir ampliar el espectro de actividad, incrementar la eficacia, ser más seguras y permitir la reducción del número de aplicaciones y por ende el costo del tratamiento.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Ubicación del área de estudio

Se seleccionaron dos huertos comerciales de aguacate cv. Hass, localizados en el Municipio de Tetela del Volcán en la parte noroeste del Estado de Morelos, México. El primer huerto con manejo integrado (H1) está ubicado a 18°51'6.4" latitud Norte y 98°44'13.3 longitud Oeste a 2087 m de altura, y el segundo huerto con manejo convencional (H2) a 18°51'9.0" latitud Norte y 98°44'12.6 longitud Oeste a 2101 m de altura. El clima es húmedo y frío con invierno seco, la precipitación es de 2341 mm por año y el período de lluvias es de junio a octubre (INAFED, 2022).

1.4.2 Material vegetal

EL H1 estuvo conformado por árboles de 10 a 15 años y el H2 con árboles de 15 a 20 años ambos con la variedad Hass injertados sobre portainjertos originados de semilla, establecidos bajo un sistema de plantación marco rectangular, con una distancia entre árboles y entre hileras de 4x5 m y 4x8 m en H1 y H2, respectivamente. Ambos huertos presentaron condiciones edafoclimáticas óptimas para el desarrollo del cultivo de aguacate.

El manejo agronómico para el H1 incluyó fertilización química y orgánica, riego por goteo, deshierbes frecuentes, control de plagas y podas anuales, mientras que para el H2 el manejo que presento fue una poda, control de malezas en el mes de octubre de 2020 después de varios años y riego de temporal.

1.4.3 Aplicación de tratamientos

Se seleccionaron homogéneamente 35 árboles para aplicar cinco tratamientos (8 árboles por tratamiento) en ambos huertos. De cada tratamiento se realizaron 8 aplicaciones en un intervalo de 15 a 20 días; se utilizó una parihuela con una boquilla de cono a 400 libras de presión, iniciando a partir de yema hinchada en el H1 en octubre del 2020 y el 20 de noviembre en H2. Se asperjó la mezcla sobre cada árbol de aguacate hasta que todo el follaje se humedeció, y fueron utilizados 40 L de agua por tratamiento. Las dosis que se aplicaron fueron las recomendadas por el producto comercial (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos aplicados por vía foliar en precosecha.

Tratamiento	Fosfito de Ca ^V	<i>Bacillus subtilis</i> ^W	Acibenzolar S-metil ^X	Ácido salicílico ^Y	Hidróxido de cobre ^Z
	[250 mL/100 L de agua]	[200 g/100 L de agua]	[15 g/100 L de agua]	[100 g / 40 L de agua]	[200 g/100 L de agua]
1	X	-	X	X	X
2	X	-	X	X	X
3	X	X	-	-	X
4	-	-	-	-	X
5 (testigo)	-	-	-	-	-

^VCODAPHOS CA; ^WFUNGIFREE-AB; ^XActigard®; ^YAspirina®; ^ZBiocopper® hidro. 1) fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con una aplicación de hidróxido de cobre; 2) fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con dos aplicaciones de hidróxido de cobre; 3) fosfito de calcio y *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de hidróxido de cobre; 4) hidróxido de cobre.

1.4.4 Manejo agronómico de los huertos

Se realizó un análisis foliar en ambos huertos antes de iniciar la aplicación de tratamientos, para ello se colectaron 200 hojas de árboles de cada huerto, en etapa de prefloración ubicados dentro del área del experimento para formar 5 muestras, esto se realizó para cada una de las huertas, la colecta se realizó el día 03 de octubre en el H1 y en el H2 las hojas se colectaron el día 10 de noviembre, se guardaron en bolsas de plástico y transportaron en una hielera el mismo día. Al día siguiente se lavaron con agua de la llave, seguido de agua destilada y posteriormente agua desionizada, después se dejaron escurrir por una hora y se secaron en un horno almacenadas en bolsas de papel durante una semana. Al final se molieron en morteros de porcelana y almacenaron en bolsas de papel encerado hasta su análisis.

La concentración y extracción de los macros y micros se realizó mediante un análisis químico bajo las siguientes metodologías:

- La concentración de N total, se llevó a cabo empleando el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965), que utiliza ácido sulfúrico-perclórico y peróxido de hidrógeno para la digestión de las muestras.
- La concentración de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B se realizó mediante digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos sulfúrico-perclórico y peróxido de hidrógeno. La lectura de los extractos se midió con espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado (ICP-AES 725-ES, Agilent, Santa Clara, CA, USA).

1.4.5 Variables de estudio

1.4.5.1 Severidad de daño en el fruto

Para evaluar la severidad del daño, en cada muestreo se seleccionaron cuatro árboles de cada tratamiento. De cada árbol se seleccionaron cuatro ramas con frutos tomados de los cuatro puntos cardinales; en estos frutos se estimó visualmente el porcentaje de área afectada en cada una de las dos caras. La severidad en el fruto se determinó como el promedio de lo registrado en sus dos caras y, en el árbol, se expresó como el promedio de los cuatro frutos. La evaluación se realizó a los 15, 30 y 45 después de la última aplicación cuando el fruto medía más de 10 mm de diámetro durante los meses de marzo, abril y mayo de 2020.

La severidad de *Colletotrichum gloesporioides* se determinó mediante la escala propuesta por (tomado y modificado de (Tanaka *et al.*, 2001) donde se establecieron 7 niveles de severidad de la misma: 1) fruto sin ningún síntoma; 2) manchas menores < 5% ; 3) manchado disperso de 5 a 10 % de la superficie del fruto; 4) manchas dispersas de 10 a 25 % de la superficie del fruto; 5) manchado disperso de 25 a 50 % de la superficie del fruto; 6) Manchado disperso de 50 % a 75 % de la superficie del fruto; 7) superficie dañada en más de un 75% de la superficie total (Anexos).

1.4.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 35 unidades experimentales homogéneas (cada unidad experimental consistió en un árbol). Se evaluaron cinco tratamientos con cuatro unidades experimentales cada uno organizadas en hileras y dejando una hilera de bordo.

1.4.7 Análisis estadístico

Los datos de cada huerto se analizaron mediante un análisis de varianza y posteriormente una comparación de medias entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) con el paquete estadístico SAS 9.0, 2002 (Statistical Analysis System, versión 9.00).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Estatus nutrimental

En relación a los resultados el contenido de N en el H1 con 3.79 % resultó ser más alto que en el H2 de 2.68 %, estos resultados fueron altos en cuanto a los niveles propuestos por (Jones *et al.*, 1991). En P en el H2 fue de 0.14 % y de 0.10 % del H1, los dos valores se encuentran suficientes en la hoja (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración nutrimental en hojas maduras de aguacate Hass en 2 huertos evaluados en el Estado de Morelos.

Nutrimento	Huerto H1		Huerto H2	
		(%)		
N	3.79	A*	2.68	A
P	0.10	S	0.14	S
K	0.50	B	1.01	S
Ca	0.90	B	0.79	B
Mg	0.41	S	0.44	S
		(mg kg ⁻¹)		
B	22.16	B	23.18	B
Cu	116.07	MA	18.96	A
Fe	69.92	S	84.11	S
Zn	13.16	B	13.82	B
Mn	73.37	S	95.48	S

*Interpretación basada en Jones *et al.* (1991): MA: muy alto; A: alto; S:suficiente; B: bajo.

En K la concentración en H2 fue de 1.01 % y en el H1 de 0.5 % siendo suficientes en ambos huertos. El contenido de calcio en H1 fue de 0.90 % y en el H2 fue de 0.79% encontrándose en niveles bajos. En la concentración de magnesio para el H1 fue de 0.41 y de 0.44 para H2, siendo concentraciones suficientes. Los resultados del análisis en cuanto a micronutrientes, en cobre con una concentración mayor en el H1 de 116.07 % siendo muy alto, en comparación con el H2 que tiene 18.96 % ubicándose en un nivel alto respecto a los niveles reportados por Jones *et al.* (1991). En micronutrientes la concentración de boro en la hojas es bajo en ambos huertos, en contenido de Cu el huerto MI fue muy alto con 116.07 mg/kg y en el huerto MC solo fue alto con 18.96 mg/kg, en Fe y Mn en ambos huertos su contenido fue suficiente, en zinc es muy bajo en cuanto los niveles reportados por Jones *et al.* (1991) en ambos huertos.

Cabe mencionar que los contenidos nutrimentales pueden ser modificados por las condiciones ambientales y por los procedimientos de preparación de muestras para su determinación (Solis-Fraire *et al.*, 1998). Labanauskas *et al.* (1958) indicó que el P y K redujo el Ca en hojas, lo cual nos puede indicar que dichos nutrimentos son antagónicos al Ca y que de alguna manera afectan a su acumulación en el fruto. Es importante mantener una nutrición adecuada del árbol para evitar desbalances nutrimentales que perjudiquen la calidad del fruto (Hofman *et al.*, 2002a), su susceptibilidad a enfermedades (Witney *et al.*, 1996). El Ca es uno de los elementos indispensables para mantener la integridad y estabilidad de la pared y membrana celular, la deficiencia de este elemento causa desórdenes postcosecha de aguacate (Ginsberg, 1985). El estado nutricional de la planta tiene un efecto inmediato en la calidad del fruto y en la susceptibilidad a enfermedades, y esto se ha aprovechado para la reducción de la

severidad de antracnosis (Marques *et al.*, 2006). Es importante mantener una nutrición adecuada del árbol para evitar desbalances nutrimentales que perjudiquen la calidad del fruto puesto que la composición nutrimental del fruto incide tanto en su calidad durante la cosecha como en postcosecha (Arpaia, 1993; Hofman *et al.*, 2002a; Salazar y Lazcano, 2001) y también en su susceptibilidad a enfermedades (Witney *et al.*, 1990).

1.5.2 Fenología

En Morelos la floración normal del cv Hass, se presentó en otoño-invierno desde yema vegetativa la cual comenzó en octubre y continuó hasta diciembre 2020 (Figura 6). El desarrollo del fruto comenzó cuando estos se cuajaron y empezaron a emerger en el mes de enero. El efecto del descenso de la temperatura en brotes vegetativos de Hass en desarrollo fue mencionado por (Rocha-Arroyo *et al.*, 2010).

El estudio de la fenología de Hass es importante para la correcta planeación y ejecución de las prácticas de manejo de los huertos, como podas, fertilización, riegos, etc. La fenología es la relación entre el clima y los procesos biológicos periódicos, los árboles frutales muestran diversas fases del desarrollo o fases fenológicas conforme pasan las estaciones del año, por ejemplo: iniciación y diferenciación floral, flujos de crecimiento vegetativo, amarre y caída de fruto, crecimiento y maduración del fruto, crecimiento de raíces, abscisión de hojas, etc. (Wolstenholme y Whiley, 1989).

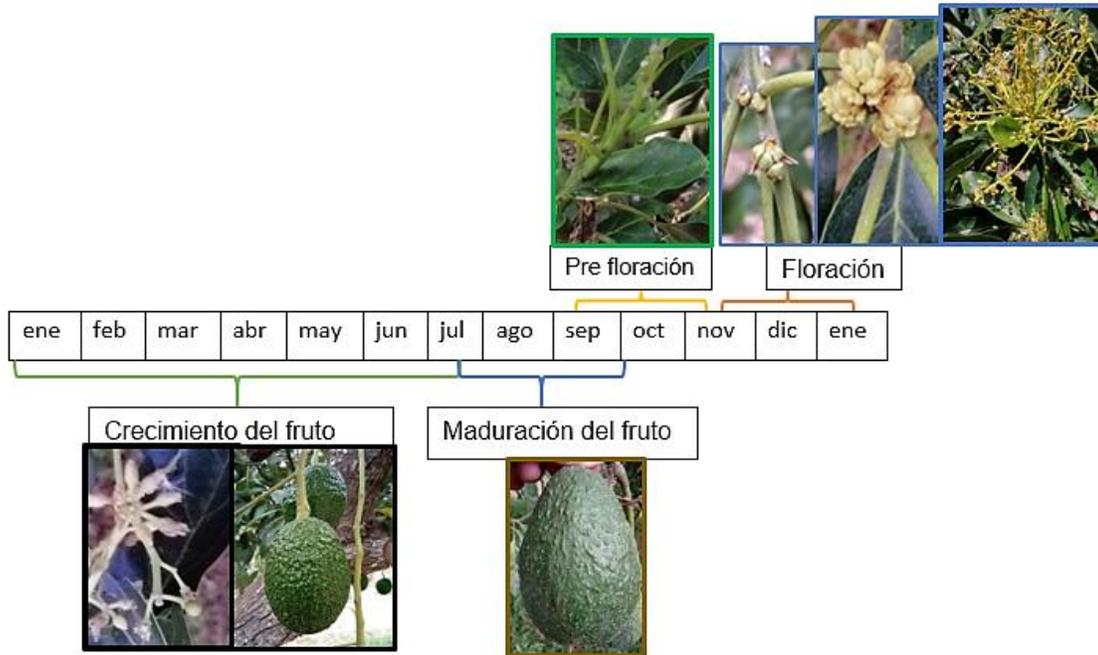


Figura 6. Modelo fenológico propuesto de aguacate Hass en el municipio de Tetela del Volcán, Morelos. Desarrollo de floración normal.

Una vez que estas fases fenológicas son registradas y relacionadas, tanto con periodos de ocurrencia o duración como con información meteorológica, se puede predecir la ocurrencia de cambios importantes en el desarrollo del árbol. Esto ayudaría a técnicos y productores a modificar la expresión y duración de los procesos fenológicos que ocurren en los árboles (Cossio-Vargas *et al.*, 2008).

Los frutos de la floración de invierno alcanzaron la madurez fisiológica en septiembre-octubre, respectivamente; requiriendo 10 meses para alcanzar la madurez fisiológica. Debido a la variabilidad de las condiciones agroclimáticas de las regiones y la heterogeneidad de procedencia del material propagativo y al manejo proporcionado, la expresión fenológica del aguacate puede presentar características de traslape, eventualidad y/o variabilidad en los eventos fenológicos.

En México, la cosecha del fruto de aguacate cv. Hass requiere entre 7 y 10 meses desde antesis hasta la madurez fisiológica, aunque el inicio de esta fase puede variar según el clima, la altitud, condición de humedad de suelo, manejo precosecha de la zona productora de aguacate (Salazar-García *et al.*, 2018). De acuerdo con Cossio-Vargas *et al.* (2008), las principales etapas fenológicas de este cultivo son: flujos de crecimiento vegetativo, desarrollo floral, crecimiento del fruto, y producción de raíces.

1.5.3 Severidad de daño en el fruto

En el Cuadro 3 y Figura 8 se muestran tres evaluaciones correspondientes a 15, 30 y 45 días después de la última aplicación de tratamientos en precosecha para la prevención y control de antracnosis.

En la Figura 7 se observa el tamaño del fruto correspondiente a cada evaluación a la susceptibilidad del fruto a antracnosis varía de acuerdo a las etapas fenológicas basadas en longitud, con valoración escalar: 1=4-10 mm; 2=11-23 mm; 3=24-39 mm; 4=40-66 mm; 5=67-82 mm; 6>82 mm (Ávila-Quezada *et al.*, 2003), en H1 la severidad máxima fue entre las clases 3 y 4 (5-25 %) del tratamiento 4 manejo por el productor y 5 el testigo sin ninguna aplicación, en la primera evaluación se observa que el mejor tratamiento obteniendo diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 3) fue el 3 donde se aplicaron fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* rotándolo con aplicaciones de hidróxido de cobre las clases oscilaron entre 1 y 2 (0 y 5%) de severidad en fruto.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos por evaluación en la severidad de *Colletotrichum gloesporioides* en frutos de aguacate cv. Hass, en cinco tratamientos en dos huertos de Tetela del Volcán, Morelos. Ciclo productivo 2020-2021.

Tratamientos	Evaluaciones		
	15 días	30 días	45 días
Huerto H1			
1	1.37 ab ^z	1.62 b ^z	2.18 c ^z
2	1.43 ab	1.93 b	2.37 bc
3	1.12 b	1.50 b	1.75 c
4	1.93 a	2.87 a	3.31 ab
5	2.18 ab	3.12 a	3.81 a
DMS	1.03	0.74	1.00
Huerto H2			
1	2.00 bc	2.62 ab	2.56 c
2	2.31 abc	3.06 ab	3.31 bc
3	1.62 c	2.31 b	2.87 c
4	2.75 ab	4.06 a	4.75 ab
5	3.18 ab	4.25 a	4.93 a
DMS	1.00	1.72	1.44

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

En la segunda evaluación los tratamientos 1, 2 y 3 ejercieron el mismo efecto en cuanto a control de *C. gloesporioides* en base a la comparación de medias Cuadro 3, sin embargo el efecto que tuvieron fue mayor que el testigo y control regional, en la evaluación 3 los mejores tratamientos con menor severidad fueron el tratamiento 3 con una aplicación de fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de

hidróxido de cobre resultando con severidad entre las clases 1 y 2 (0-5 % de superficie dañada).

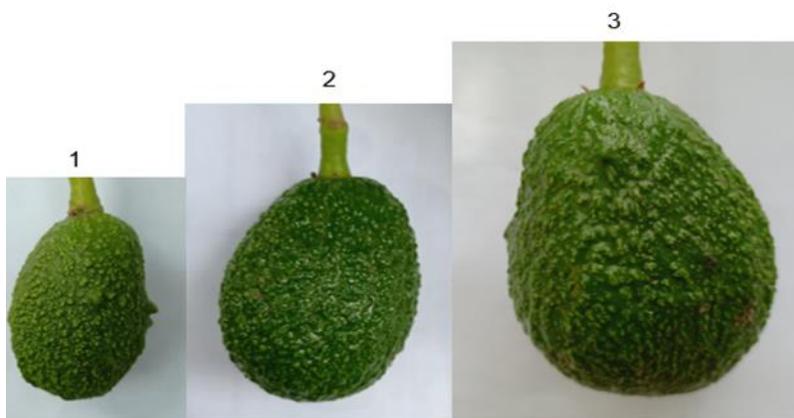


Figura 7. Referencia de tamaño del fruto en la evaluación: 1) a los 15 días después de la última aplicación (10 a 20 mm Ø), 2) 30 días después de la última aplicación (20-30 mm Ø) y 3) a los 45 días después de la última aplicación (30-45 mm Ø) en frutos de aguacate cv. Hass.

Fernández-Larrea (2001) menciona que las bacterias del género *Bacillus* son consideradas las más efectivas para el control de enfermedades foliares y de raíz, en adición la aplicación de *Bacillus subtilis* redujo la concentración de *Cucumber mosaic virus* en plantas por sí solo, pero en combinación con ácido acetil salicílico al follaje a plantas de calabacita var. *Zuchini* incrementó el peso de biomasa fresca redujo la concentración de *Cucumber mosaic virus* en calabacita (Maldonado-Cruz *et al.*, 2008). La aplicación de *Bacillus subtilis* redujo la concentración de *Cucumber mosaic virus* en plantas de calabacita (Maldonado-Cruz *et al.*, 2008). Ludwig *et al.* (2009) evaluaron cepas de *Bacillus spp.* sobre *Gerlachia oryzae* en el cultivo de arroz, y registraron una reducción de la severidad de 71,4 y 57,1%, también Jacques (2015) obtuvo un daño de 12 a 17% de *Colletotrichum graminicola* en plantas de maíz con el producto Serenade

(*B. subtilis*). El producto biológico a base *Bacillus subtilis* registra baja severidad de la Antracnosis en fresa (Mairesse *et al.*, 2018). Mejía-Bautista *et al.* (2016), registraron una reducción de 47,7% de la severidad de *Fusarium spp* al utilizar cepas de *B. subtilis*. en el cultivo de locote. Así también, Yu *et al.* (2011) obtuvieron un 57% de reducción de la severidad de *Fusarium oxysporum* al aplicar una cepa de *B. subtilis*. En el tratamiento 1 (dos aplicaciones consecutivas de fosfito de calcio, ácido salicílico (AS), acibenzolar S-metil (ASM) alternada con una aplicación de hidróxido de cobre) el cual fue de los tratamientos con menor severidad siendo significativamente igual ($p < 0.05$) con el tratamiento 3 ($p < 0.05$), Maldonado-Cruz *et al.* (2008) mencionan que en el caso de calabacita el ácido acetil salicílico puede cambiar su nivel de resistencia a enfermedades conforme la edad de la planta o la madurez de los tejidos, del mismo modo (Ferguson *et al.*, 1999) menciona que no tiene efectos de fungicidas directos, pero diferentes resultados muestran que afecta y disminuye el desarrollo de hongos y afectaciones de calidad postcosecha y desórdenes fisiológicos suelen ser atribuidos al manejo precosecha. El fosfito de calcio tiene un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación de *Pythium* (Lobato *et al.*, 2008). La pudrición de la raíz por *Phytophthora* de plántulas de cítricos tratadas con fosfito se encontró un efecto antifúngico (Orbović *et al.*, 2008). Se ha reportado reducción de la marchitez con la aplicación de acibenzolar S-metil contra *P. capsici* en chile pimiento (Matheron y Porchas, 2002), contra *P.cactorum* y *P. fragariae* var *fragariae* en fresa (Eikemo *et al.*, 2003) y contra *P. capsici* en calabaza (Koné *et al.*, 2009). De manera similar, el pre-tratamiento en plántulas de *Curcuma longa* induce SAR contra *Pythium aphanidermatum* (Radhakrishnan *et al.*, 2011).

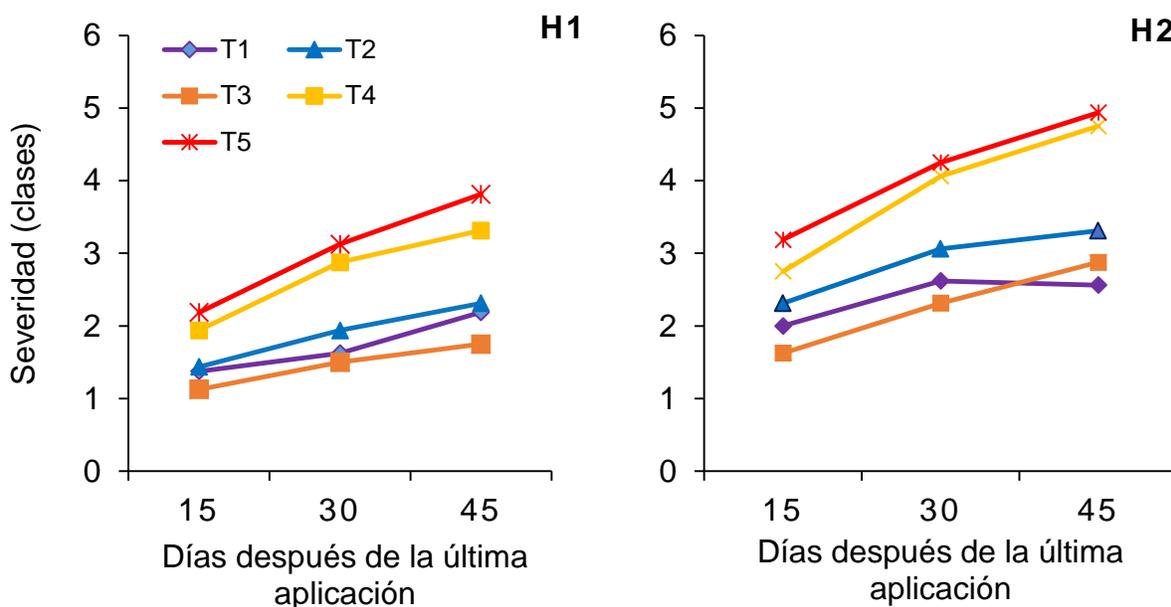


Figura 8. Curvas del progreso temporal de *Colletotrichum gloesporioides* en frutos de aguacate cv. Hass en cinco tratamientos establecidos en dos huertos de Tetela del Volcán, Morelos. Ciclo productivo 2020-2021.

Estudios indican que la aplicación de fosfitos mejora la calidad del fruto y los mecanismos de defensa de las plantas en cultivares de fresa (Estrada-Ortiz *et al.*, 2011; Glinicki *et al.*, 2010). Contra *Phytophthora cinnamomi* actúa de dos maneras: i) inhibiendo directamente el crecimiento: acción fungistática esto ocurre en altas concentraciones de fosfito. ii) indirectamente estimulando las defensas de la planta, con ello promueve la producción de ácido salicílico en plantas infectadas (Giblin *et al.*, 2005), además de que el calcio es uno de los elementos indispensables para mantener la integridad y estabilidad de la pared y membrana celular (Ginsberg, 1985), a tal grado que cuando la disponibilidad de este nutrimento es inadecuada, la pared celular pierde su integridad, ocasionando desórdenes fisiológicos (Dilmaghani *et al.*, 2004).

Por otra parte, se ha encontrado que una deficiencia de este elemento causa algunos desórdenes postcosecha de aguacate (Swarts, 1984), favorecen la infección de patógenos, puesto que el Ca por una parte inhibe las enzimas pectolíticas, como poligalacturonasas, que utiliza el hongo para penetrar al huésped (Taiz y Zeiger, 2002).

El control biológico de esta enfermedad se basa en organismos antagonistas a *Glomerella cingulata* y *Colletotrichum gloeosporioides*, no obstante, el control biológico deberá integrarse con otras técnicas de control para mejorar las posibilidades de éxito. Numerosos ensayos de campo han demostrado el potencial de varias cepas de *Bacillus subtilis* para el control de la antracnosis y otras enfermedades de frutos de aguacate (Korsten *et al.*, 1993). De forma similar, varias bacterias y levaduras han sido seleccionadas en estudios de laboratorio por su habilidad para suprimir el desarrollo de la antracnosis (Stirling *et al.*, 1998).

En el H2 como se muestra en la Figura 8, en la primera evaluación el tratamiento 3 (una aplicación de fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de hidróxido de cobre), fue el que obtuvo mayor control en severidad con clases entre 1 y 2 (0-5 % de superficie dañada) en comparación con el testigo y control regional los cuales tuvieron de 5 a 15 % de superficie dañada en el fruto, en la evaluación 2 aumento la severidad con porcentajes de 5 a 15 % de superficie dañada en el tratamiento 3 siendo el mejor tratamiento (Cuadro 3), en la última evaluación que se realizó los resultados arrojaron al tratamiento 1 y 3 como los tratamientos que mayor control de severidad obtuvieron en frutos de aguacate cv. Hass con escalas entre 2 y 3 (5 a 15 % de superficie dañada) en comparación con el testigo y control regional que presentaron daños entre la escala 4 y 5 (10 a 50 % de superficie dañada en el fruto). (Tejera *et al.*, 2012) afirman

que una alternativa es la utilización de productos a base de bacterias que presentan efectos biocontroladores, entre las cuales se destaca *Bacillus subtilis* por ser uno de los microorganismos más eficientes en estrategias de control, debido a sus diversos efectos antagónicos. Giassi *et al.*, (2015), Moreira (2013), y (Hernández-Suárez *et al.*, 2010) registraron bajos porcentajes de incidencia de *Colletotrichum acutatum*, *C. gossypii* var. *cephalosporioides* y *Fusarium sp.* al utilizar *Bacillus sp.* y *B. subtilis*, en condiciones de invernadero. Así también, Okigbo y Osuinde (2018) obtuvieron con *B. subtilis* un 100% de control de *Pestalotiopsis mangifera*. Se ha reportado reducción de la marchitez con la aplicación de ASM contra *P. capsici* en chile pimiento (Matheron y Porchas, 2002), contra *P. cactorum* y *P. fragariae* var *fragariae* en fresa (Eikemo *et al.*, 2003) y contra *P. capsici* en calabaza (Koné *et al.*, 2009). De manera similar, el pre-tratamiento de plántulas de *Curcuma longa* induce SAR contra *Pythium aphanidermatum* (Radhakrishnan *et al.*, 2011). En calabacita se ha encontrado que el ácido acetil salicílico podría funcionar como un compuesto que transmite la señal de resistencia contra el *Tobacco necrosis virus* (Métraux *et al.*, 1990). Además de todas las alternativas biológicas recientes han presentado que la rotación de fungicidas sistémicos, cúpricos y orgánicos (extractos de plantas) es efectiva para el control de la antracnosis del olivo (*Olea europaea* subsp. *Europaea* L.) y para reducir el impacto ambiental causado por fungicidas (Moral *et al.*, 2018).

1.6 CONCLUSIÓN

Los mejores tratamientos en base a la evaluación de dos huertos de aguacate cv. Hass del municipio de Tetela del volcán, en el estado de Morelos, fueron el tratamiento 1 (dos aplicaciones consecutivas de fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con una aplicación de hidróxido de cobre) y el tratamiento 3 (una aplicación de fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de hidróxido de cobre) presentando porcentajes de severidad en fruto de 0 a 10 % de superficie dañada, mientras que el testigo en presente en de 5 a 50% de superficie dañada, demostrando que las aplicaciones vía foliar en precosecha de fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil y cúpricos reducen la severidad de daño a los frutos de aguacate Hass. En cuestión de costos de producción el tratamiento 4 fue un 40 % más económico en comparación con el tratamiento 1.

CAPÍTULO II. CONTROL DE *Colletotrichum gloesporioides* EN FRUTOS DE AGUACATE cv HASS EN POSTCOSECHA

2.1 RESUMEN

El fruto de aguacate tiene una gran demanda de consumo tanto en el mercado nacional como internacional no solo por su calidad nutritiva sino también por su sabor, uso medicinal y en la industria cosmética, *Colletotrichum gloesporioides* es uno de los principales fitopatógenos que ocasiona pérdidas por lesiones al fruto en precosecha y/o postcosecha durante su almacenaje y comercialización, si este no se controla eficazmente en el campo. Su control se realiza con productos químicos los cuales se aplican de manera preventiva o curativa, algunas veces en exceso lo que ha generado preocupación por el efecto dañino al ambiente y a la salud humana. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de tiabendazol (1 g/l L), tratamiento con agua caliente 52 ± 1 °C durante 3 minutos, solos y combinados en dos tipos de almacenamiento; a temperatura ambiente y almacenados en refrigeración durante tres semanas a 5 ± 1 °C, de igual manera se evaluó el efecto de dichos tratamientos en la calidad de frutos de aguacate. se empleó un diseño completamente al azar y se realizó análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos, con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) esto se realizó en dos huertos con características diferentes en manejo precosecha identificándolos como huerto MI con severidad baja de 2.8 y huerto B con 6.2 severidad alta en daños causados por *Colletotrichum gloesporioides*. Los mejores tratamientos para disminuir la pudrición en fruto en madurez de consumo causada por *Colletotrichum gloesporioides* en tratamientos almacenados a temperatura ambiente 20°C fueron los tratamientos con agua caliente a 52 ± 1 °C por tres minutos con control de la pudrición con

severidad de 5 a 10 %, En los tratamientos almacenados durante 3 semanas en refrigeración de 5 ± 1 °C los tratamientos mejores fueron agua caliente con porcentajes de 0 a 5 % de superficie dañada , obteniendo una severidad menor que los tratamientos almacenados a temperatura ambiente, sin embargo, una de las consecuencias que se observaron de estos tratamientos fue que en variables como, pérdida de peso, firmeza, contenido de vitamina C, etanol y acetaldehídos se presentó mayor pérdida de ellos durante el almacenamiento atribuible a que el fruto realiza un gasto energético y que reponer su cera superficial, sin embargo, la disminución de estas variables no fue significativamente diferente a la del testigo y tratamiento con tiabendazol.

Palabras clave: Pudrición por *Colletotrichum gloesporioides*, tiabendazol, tratamiento de agua caliente, refrigeración de aguacate.

2.2 ABSTRACT

The cultivation of avocado has a great demand for consumption both in the national and international markets, not only for its nutritional quality but also for its flavor, medicinal use and in the cosmetic industry, *Colletotrichum gloesporioides*, one of the main phytopathogens that causes losses due to injuries of the fruit during its storage and commercialization, it causes serious damage during the storage of the product if it is not effectively controlled in the field, it is one of the main post-harvest diseases of avocado affecting the quality of the fruit, its control is carried out by means of chemical products which are applied preventively or curatively, which has generated concern about the harmful effect on the environment and human health, which is why in this study the effectiveness of thiabendazole (1 g/1 L) was evaluated, hot water treatment 52 ± 1 °C for 3 minutes, alone and combined in two types of storage; at room temperature and stored in refrigeration for three weeks at 5 ± 1 °C, in the same way the effects of these treatments on the quality of avocado fruits were evaluated. The results were analyzed using a completely randomized design, an analysis of variance was performed and then a comparison of means between treatments according to Tukey's test ($p < 0.05$) for each variable evaluated, this was done in two orchards with different characteristics. in pre-harvest management, identifying them as orchard A with low severity of 2.8 and orchard B with 6.2 severity of damage caused by *Colletotrichum gloesporioides*. The best treatments to reduce fruit rot caused by *Colletotrichum gloesporioides* treatments stored at 20 °C at room temperature were treatments with hot water at 52 ± 1 °C for three minutes with rot control with severity from 5 to 10 %, In the treatments stored for 3 weeks in refrigeration at 5 ± 1 °C, the best treatments were the treatments with hot water with

percentages of 0 to 5 % of the surface damaged in severity, obtaining a lower severity than the treatments stored at room temperature, however One of the consequences observed from these treatments was that in variables such as weight loss, firmness, content of vitamin C, ethanol and acetaldehyde, there was a greater loss of them during storage due to the fact that the fruit suffers an energy expenditure and that replace its superficial wax, however the decrease in these variables was not significantly different from that of the control and thiabendazole treatment.

Keywords: *Colletotrichum gloesporioides* rot, thiabendazole, hot water treatment, avocado refrigeration.

2.3 INTRODUCCIÓN

El fruto de aguacate contiene cantidades importantes de nutrientes, alta proporción de ácidos grasos monoinsaturados, una baja cantidad de ácidos grasos saturados, cero colesterol, y es rico en minerales (fósforo, calcio, abundante en potasio y magnesio y pobre en sodio) y vitaminas del complejo B, como niacina, piridoxina, riboflavina, tiamina y biotina, vitamina E, vitamina B6, ácido ascórbico, β -caroteno (Bergh, 1992; Carranza-Madrigal *et al.*, 1997; Yahia y Woolf, 2011). Actualmente se reconoce como alimento funcional por tener propiedades promotoras de la salud o preventivas de enfermedades más allá de sus funciones básicas nutricionales de aportar nutrimentos (Wildman *et al.*, 2006).

La enfermedad conocida como antracnosis es ocasionada por el hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* y está presente en todas las zonas donde se cultiva aguacate, en México causa graves daños durante el almacenamiento del fruto si este no se controla eficazmente en el campo (Guillén Andrade, 2007), es uno de los principales patógenos del aguacate no solo afecta la calidad del fruto y merma su producción, sino también porque limita su comercialización por lo tanto disminuye el valor del producto, lo que impide su exportación (Avila-Quezada *et al.*, 2007; Freeman *et al.*, 1996)

En el caso de frutos próximos a la madurez, las infecciones son quiescentes y provocan manchas oscuras irregulares que pudren rápidamente la pulpa del fruto cuando alcanza la senescencia, también se pueden observar la presencia de manchas circulares café oscuras en el pericarpio y daños por ablandamiento y pudrición del mesocarpio (Prusky *et al.*, 2001; Yakoby *et al.*, 2000), se estima que las pérdidas postcosecha por

antracnosis en mango fluctúan entre 30 y 60% del total de la producción (Allende *et al.*, 2001).

La estrategia principal para el control de las especies fúngicas del género *Colletotrichum*, su control ha sido la aplicación de fungicidas químicos los cuales se aplican de manera preventiva o curativa (Eckert y Ogawa, 1985). Los compuestos más utilizados para mantener la calidad del fruto son: benzimidazoles, azoxystrobin, como benomilo, tiabendazol y carbendazim (Joshi *et al.*, 2013). Actualmente las alternativas de control para *Colletotrichum spp.* son variadas debido a que al uso continuo algunos plaguicidas, han causado el desarrollo de resistencia en los organismos patógenos (Astúa *et al.*, 1994), entre los métodos de control del patógeno en postcosecha se encuentran los tratamientos hidrotérmicos (Karabulut y Baykal, 2004).

Teniendo en cuenta el riesgo del uso inadecuado de productos químicos lo que ha generado preocupación por el efecto dañino en la salud humana en tecnología postcosecha (Ramírez y Jacobo, 2002) y de acuerdo a la demanda de productos saludables por parte de los consumidores, es necesario realizar un estudio sobre la aplicación de tratamientos postcosecha como el tratamiento térmico (Shafiee *et al.*, 2010), tomando en cuenta que la temperatura letal in vitro para *Colletotrichum gloeosporioides* y *Phoma caricae-papayae*, agentes de pudrición postcosecha en papaya, fue de 47.5 °C (Benato, 1993).

El propósito de este trabajo fue evaluar la efectividad de tratamientos tratamiento hidrotérmico, de manera individual y combinada con tiabendazol, para el control de antracnosis en aguacate durante la postcosecha, tanto en condiciones ambientales,

como de refrigeración, y determinar el efecto de los tratamientos en algunos parámetros de calidad del fruto en frutos de aguacate obtenidos de dos huertos ubicados en el municipio de Tetela del volcán, Morelos, así como evaluar el comportamiento del tratamiento hidrotérmico sobre parámetros de calidad.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Cosecha y almacenamiento de frutos

Se seleccionaron dos huertos comerciales de aguacate cv. Hass, localizados en el municipio de Tetela del Volcán en la parte noroeste del Estado de Morelos, México. El huerto MI está ubicado a 18°51'6.4" latitud Norte y 98°44'13.3 longitud Oeste a 2087 m de altura, y el huerto MC a 18°51'9.0" latitud Norte y 98°44'12.6 longitud Oeste a 2101 m de altura. El clima es húmedo y frío con invierno seco, la precipitación es de 2341.63 mm por año y el período de lluvias es de junio a octubre (INAFED, 2022).

Los frutos fueron cosechados el 20 de octubre de 2020, se seleccionaron 560 frutos (tamaño uniforme) por cada huerto, procedentes de "floración normal". Se trasladaron el mismo día, al laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo en Texcoco, Estado de México. Se agruparon en 8 lotes con 70 frutos; se marcaron 10 frutos para medir patrón de maduración, 10 frutos para determinar color externo, 10 frutos para pérdida de peso, 10 frutos para medir grado de severidad por antracnosis, y los 40 frutos restantes se dejaron para realizar medidas de firmeza de la pulpa, contenido de ácido ascórbico, determinar etanol y acetaldehídos tanto en los frutos almacenados al ambiente como en los almacenados en refrigeración (5 ± 1 °C) durante tres semanas.

2.4.2. Características de los huertos

EL H1 está conformado por árboles de 10 a 15 años y el H2 con árboles de 15 a 20 años ambos con la variedad Hass injertados sobre portainjertos originados de semilla, establecidos bajo un sistema de plantación marco rectangular, con una distancia entre

árboles y entre hileras de 4x5 m y 4x8 m en H1 y H2, respectivamente, Ambos huertos presentan condiciones edafoclimáticas óptimas para el desarrollo del cultivo de aguacate. El manejo agronómico para el H1 incluyo fertilización química y orgánica, riego por goteo, deshierbes frecuentes, control de plagas y podas anuales, mientras que para el H2 el manejo que presento fue una poda, control de malezas en el mes de octubre de 2020 después de varios años y riego de temporal.

2.4.3 Tratamientos

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

1. Inmersión en una solución con tiabendazol a una concentración de (1 g/1 L de agua) durante tres minutos.
2. Inmersión en agua caliente 52 ± 1 °C durante tres minutos.
3. Combinación en inmersión hidrotérmica 52 ± 1 °C y tiabendazol a una concentración de (1 g/1 L) durante tres minutos.
4. Testigo.

Los tratamientos se evaluaron en los frutos procedentes de huertos H1 y H2, en dos condiciones de almacenamiento: 1) madurados a temperatura ambiente 20 °C, y frutos almacenados en refrigeración (5 ± 1 °C) después de 3 semanas.

2.4.4 Variables de estudio

2.4.4.1 Materia seca

La determinación del contenido de materia seca se determinó al inicio del experimento en un total de 5 frutos por cada huerto. Se utilizó el método descrito en la norma NMX-

FF-016-SCFI-2006. Se removió completamente la cáscara del aguacate con un pelador, se hizo un corte longitudinal en el aguacate (de proximal a distal) hasta la semilla, de tal manera que el fruto quedara dividido en 2 mitades. Luego se removió la semilla y el tegumento y se cortaron rodajas longitudinales de aguacate de aproximadamente 1 mm de espesor (10 g). Estas se colocaron sobre hojas de papel (9x12 cm) previamente pesadas.

La muestra se secó en un horno de microondas General Electric (1200 W) en periodos de 30 s con una potencia media (50 %), haciendo pausas de 45 s para evitar el calentamiento excesivo del papel y la muestra y evitar quemaduras. La potencia y tiempo de operación se determinaron en pruebas preliminares ya que estas deben ajustarse según las características del equipo y la cantidad de muestras. Durante la pausa se iba pesando en una balanza ALSEP modelo EY-2200 A. El proceso anterior se repitió hasta alcanzar peso constante (con variaciones menores a 0.03 g entre evaluaciones sucesivas). El cálculo del porcentaje de materia seca se realizó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ materia seca} = \frac{\text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

2.4.4.2 Análisis nutrimental en fruto

La concentración de nutrimentos de los frutos se determinó en el mesocarpio (pulpa) y en exocarpo (cáscara) a los tres días de la cosecha, se ocuparon 5 frutos de cada huerto, lavados con agua de la llave, seguido de agua destilada y posteriormente agua desionizada, se separó la cáscara de la pulpa y se tomaron 20 g de pulpa y 20 g de cáscara de cada fruto, para obtener una muestra compuesta, esta se almaceno en una

bolsa de papel y dejó secar en un horno con circulación de aire hasta alcanzar peso constante, posteriormente se molieron en morteros de porcelana y se almacenaron en bolsas de papel encerado hasta su análisis.

La concentración y extracción de los macros y micros se realizó mediante un análisis químico bajo las siguientes metodologías; la determinación de la concentración de N total se llevó a cabo empleando el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965), utilizando ácido sulfúrico-perclórico y peróxido de hidrogeno para la digestión de las muestras. Para P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B, se realizó mediante digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos sulfúrico-perclórico y peróxido de hidrogeno y la lectura de los extractos se midió mediante espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado (ICP-AES 725-ES, Agilent, Santa Clara, CA, USA).

2.4.4.3 Severidad de daño en el fruto

Se realizó por medio de una escala hedónica basada en el porcentaje del área afectada por la enfermedad, en cada fruto. De cada huerto se ocupó una muestra de 10 frutos en madurez fisiológica. Se cuantificó de manera subjetiva, relacionándola con la siguiente escala hedónica:

0) Fruto sano: sin ningún daño.

2) Incipiente < 5 % de superficie dañada.

4) Daño ligero: Manchado disperso menor al 10 % de la superficie del fruto.

6) Daño moderado: Manchas compactas en no más del 10 al 20 % de la superficie del fruto.

8) Daño severo: Manchas extendidas y oscuras en más del 20 % de la superficie del fruto.

2.4.4.4 Patrón de maduración

Se llevó a cabo el registro de datos con base al tiempo requerido para alcanzar la madurez de consumo y fue realizado mediante cambios al tacto. Esta determinación refiere a un atributo de dureza, la escala de intensidad se definió en tres grados: duros (frutos en madurez fisiológica), cambiantes (en proceso de ablandamiento) y suaves (madurez de consumo).

2.4.4.5 Pérdida fisiológica de peso

Esta variable se determinó diariamente en 10 frutos de cada tratamiento previamente identificados, se utilizó una báscula digital (ALSEP modelo EY-2200 A) con una aproximación de 0.1 g, se midió el peso al inicio y término de la frigoconservación, y durante el almacenamiento a temperatura ambiente hasta que los frutos alcanzaron su madurez de consumo. Los datos se expresaron como porcentaje de pérdidas de peso de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

2.4.4.6 Color de epidermis

Esta variable se midió diariamente en dos lados opuestos del diámetro ecuatorial de 10 frutos por tratamiento durante el periodo de maduración, obteniendo a su vez la media por fruto, utilizando un colorímetro de reflexión Hunter Lab, (Reston, Virginia, USA,

modelo D25) con el sistema CIELab para determinar los valores triestímulo en el espacio L^* , a^* y b^* . Dichos valores se usaron para calcular índice de color propuesto por Zarazúa-Escobar *et al.* (2005); así como la luminosidad (L^* Hunter) que varía de 0 (negro) y 100 (blanco), la cual se define como la proporción de luz transmitida por el objeto. Para ello se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$\text{índice de color} = (-10ab/L)$$

$$\text{índice de saturación} = (a^2 + b^2)^{0.5}$$

El Índice de saturación o croma, y ángulo de tono se calculó en grados sexagesimales utilizando las siguientes ecuaciones de acuerdo con Arias *et al.* (2000):

$$\text{ángulo de tono} = 180 + \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\text{ángulo de tono} = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

2.4.4.7 Firmeza

La firmeza se midió al inicio del experimento y posteriormente cada 2 días hasta que los frutos alcanzaron la madurez de consumo a temperatura ambiente 20 °C, con un texturómetro Chatillón (Wagner Forcé Five modelo FDV-30, Greenwich, USA) con puntal cónico de 5 mm de diámetro.

Las mediciones se realizaron penetrando la fruta sin cáscara en la parte central de los lados opuestos (Covarrubias *et al.*, 2007), y se consideró como repetición al valor promedio de las dos lecturas de cada fruto, las medidas se realizaron a los cinco y once

días después de cosechados en una muestra de cinco frutos por tratamiento, se midió la fuerza necesaria para penetrar la pulpa y los datos se reportaron en newtons (N).

2.4.4.8 Ácido ascórbico (vitamina C)

Se determinó el contenido de vitamina C en pulpa de todos los tratamientos cada tercer día durante el periodo de maduración a 20 °C, por el método de Tillman o del 2,6-diclorofenol-indofenol (A.O.A.C., No. 967.21, 1990), utilizando ácido oxálico como solución extractora.

La solución de Tillman se preparó pesando 100 mg de 2,6- diclorofenol indofenol (DFI, al 0.02 %) y se colocaron en 400 mL de agua destilada a 60 °C, posteriormente se filtró la solución y se agregó 250 mg de NaHCO₃. Esta solución se volvió a filtrar y se aforó a 500 mL. El ácido oxálico se preparó con una solución de ácido oxálico al 0.5 %, mediante la disolución de 5 g de ácido oxálico en 500 mL de agua destilada y se aforó a 1000mL.

La curva de calibración del ácido ascórbico se preparó en un rango de concentración de 0.518 a 10.36 µL/mL (Cuadro 4) de donde se obtuvo la siguiente grafica (Figura 9), la ecuación obtenida se utilizó para determinar la concentración de ácido ascórbico en la muestra.

Se pesaron 5 g de pulpa por cada fruto y se homogenizó con 50 mL de ácido oxálico (0.5 %), se filtró y de la mezcla se tomó una alícuota de 5 mL y se tituló con solución de Tillman (2.6-diclorofenol-indofenol) hasta obtener una coloración rosa permanente por 1 minuto. Los resultados se presentan en mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de pulpa.

Cuadro 4. Curva estándar para vitamina C.

Muestra	Solución madre (μL)	Solución ácido oxálico (μL)	mL totales de la solución a titular	Concentración de ácido ascórbico (μg)	Gasto de 2,6 diclorofenol indofenol (mL)
1	0.25	4.75	5	0.518	0.2
2	0.50	4.50	5	1.04	0.3
3	0.75	4.25	5	1.55	0.4
4	1.00	4.00	5	2.07	0.5
5	1.25	3.75	5	2.59	0.6
6	1.50	3.50	5	5.18	1.0
7	2.50	2.50	5	10.36	1.6

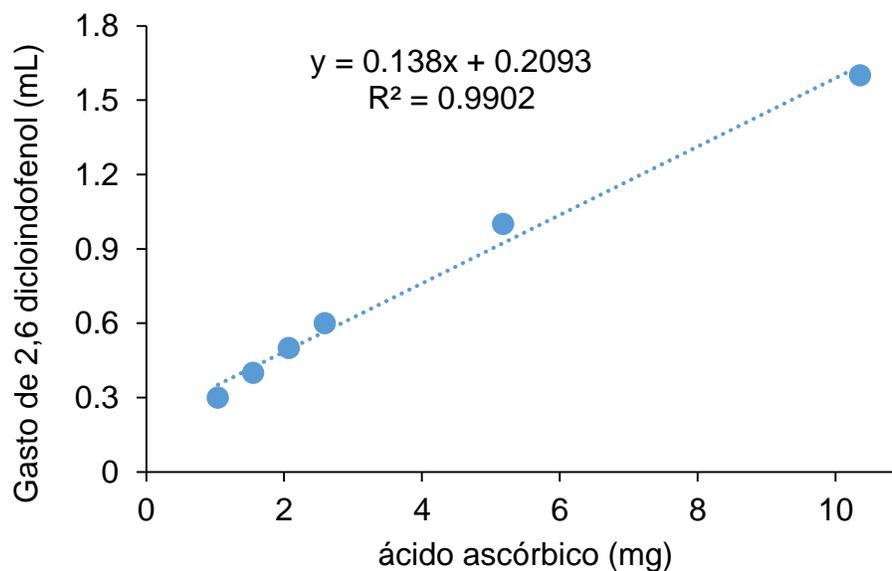


Figura 9. Curva estándar de vitamina C.

2.4.4.9 Etanol y acetaldehído

Se determinó por cromatografía de gases usando un método estático con un cromatógrafo de gases para la cuantificación del contenido de etanol y acetaldehído se empleó la metodología descrita por Davis y Chace (1969). Tres repeticiones de 5 g de pulpa de aguacate se colocaron en viales y se sellaron. El contenido de etanol se determinó siguiendo el método descrito por Davis y Chace (1969).

Previamente, se prepararon estándares en viales de 25 mL con 5 mL de solución con una concentración conocida de acetaldehído (1.57 mg/100 mL) y etanol (118.4 mg/100 mL), ambas se conservaron en congelación hasta su uso. Por otro lado, se tomaron 5 g de pulpa y se colocaron en viales de 25 mL se sellaron inmediatamente y se congelaron. Para la determinación, las muestras se descongelaron e inmediatamente, se incubaron en baño maría a 33 °C por 10 min. Transcurrido el tiempo, se tomó 1 mL del espacio de cabeza (gas) y se analizó en un cromatógrafo de gases Clarus 400 con un detector (A) de ionización de flama (FID) y un detector (B) de conductividad térmica (TCD). Las condiciones de lectura se realizaron bajo las siguientes temperaturas: columna = 150 °C FID = 180 °C y TCD = 180 °C. El tiempo de retención promedio para acetaldehído fue de 2.57 min y de etanol 3.38 min. Las concentraciones de las muestras se expresaron como mg de etanol o acetaldehído 100 g de pulpa.

2.4.4.10 Pudrición en fruto

Se realizó por medio de una cuantificación porcentual del área afectada por la enfermedad, en cada una de las frutas por repetición. Se cuantificó de manera subjetiva, según el grado de severidad mostrado en la superficie del fruto, en 10 frutos por

tratamiento, se estableció una relación con la siguiente escala hedónica basada en el grado de síntomas:

0) Fruto sano: sin ningún daño.

2) Incipiente < 5 % de superficie dañada.

4) Daño ligero: manchado disperso menor al 10 % de la superficie del fruto.

6) Daño moderado: manchas compactas en no más del 10 al 20 % de la superficie del fruto.

8) Daño severo: manchas extendidas y oscuras en más del 20 % de la superficie del fruto.

2.4.5 Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar conformado por 560 unidades experimentales (cada fruto es una unidad experimental por huerto, de donde cada unidad experimental fue un fruto de aguacate cv. Hass), cada uno de los ocho tratamientos lo constituyeron 70 frutos para sus respectivas evaluaciones, esto se realizó en cada uno de los huertos H1 y huerto H2.

2.4.6 Análisis estadístico

Los datos de cada huerto se analizaron en cada variable mediante un análisis de varianza y después una comparación de medias entre los tratamientos con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) con el paquete estadístico SAS V 9.0, 2002 (Statistical Analysis System, versión 9.0).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Características del fruto al momento de la cosecha

El contenido de materia seca de los frutos cosechados de aguacate Hass del H1 fue de 26.1 ± 0.1 %, mientras que para el H2 fue de 23.2 ± 0.1 % Cuadro 5, estos resultados cumplen con las especificaciones descritas en la norma NMX-FF-016- SCFI-2006, la cual considera el 21.5 % en contenido de materia seca como el mínimo aceptable para la autorización de corte y proceso.

Lee *et al.* (1983) menciona que para fines de sabor un grado de madurez con 22.8 % de materia seca y Cerdas *et al.* (2014) señalan que se requiere un 23% de materia seca para cosechar los frutos. Frutos cosechados antes de madurez fisiológica (21.5% materia seca) tienen una calidad pobre cuando maduran, pierden mayor humedad, se ablandan irregularmente y no desarrollan completamente los atributos de calidad (Kremer-Köhne y Köhne, 1992; Wu *et al.*, 2011).

El contenido de macronutrientes en mesocarpio (pulpa) del fruto de aguacate Hass en cuanto a N fue de 1.63% para el H1 y para el H2 fue de 1.47% siendo valores más alto que lo reportado por Salazar-García *et al.* (2011) que reportó valores de N de 1.14% en pulpa de aguacate de frutos provenientes de clima templado subhúmedo, mientras que Solis-Fraire *et al.* (1998) reportaron niveles de N 0.52 a 0.59 %. El N puede aumentar o disminuir la susceptibilidad al ataque de plagas (Teliz y Marroquin, 2007) y enfermedades (Hofman *et al.*, 2002a). Solis-Fraire *et al.* (1998) reportaron niveles de P de 0.19 a 0.22 % lo cual coincide con el resultado del huerto MI con una concentración de 0.21 % de P, mientras que para el huerto MC la concentración fue menor con 0.16 % de P.

Cuadro 5. Concentración y extracción nutrimental en frutos de aguacate Hass provenientes de dos huertos evaluados en el Estado de Morelos.

Nutrimento	H1		H2	
	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
				%
N	1.63	0.80	1.47	0.84
P	0.21	0.17	0.16	0.11
K	1.99	1.15	2.01	1.09
Ca	0.09	0.08	0.10	0.10
Mg	0.12	0.11	0.12	0.12
				mg/kg
B	32.22	39.65	24.33	19.07
Cu	11.23	10.41	12.34	9.06
Fe	46.29	77.79	40.13	43.15
Zn	12.95	10.82	10.77	8.99
Mn	6.28	6.50	7.93	7.95

* Materia seca: $26.1 \pm 0.1 \%$ - $23.2 \pm 0.1 \%$

En contenido de K en mesocarpio (pulpa) de aguacate Hass lo reportado por Perkins *et al.* (2020) está entre 2.47 a 2.66% lo que es mayor a lo encontrado en el H1 con 1.99 % y 2.01% en el H2, y los resultados fueron mayores respecto a Solis-Fraire *et al.* (1998) quienes reportan niveles de K de 0.85 - 0.97%. En Ca Solis-Fraire *et al.* (1998) reportaron niveles de 0.019 a 0.036 %, Barrientos-Priego *et al.* (2016) obtuvieron valores de 0.078 a 0.084% siendo valores menores a los que se obtuvo en los H1 y H2 (0.09% y 0.10%), el Ca tiene efecto sobre la estabilización de los componentes de la pectina para el fortalecimiento de la pared celular vegetal (Sams, 1999). En general, las diferencias de

calidad postcosecha han sido relacionadas a la fertilización (Ginsberg, 1985). Aunque el calcio es probablemente el catión más abundante tomado por las plantas, los contenidos de este elemento dentro del fruto son relativamente bajos (Tagliavini *et al.*, 2000); esto es debido a la mala distribución del nutrimento en la planta una vez asimilado (Penter y Stassen, 2000).

En Mg la concentración fue de 0.12% en ambos huertos, coincidiendo con lo reportado por Salazar-García *et al.* (2011) quienes obtuvieron valores de 0.12 % Mg en pulpa de aguacate de frutos provenientes de clima templado subhúmedo.

En micronutrientes los resultados para el H1 en contenido de boro fueron 32.22 mg/kg y 24.33 mg/kg para H2. En contenido de Cu en H1 fue de 11.23 mg/kg y para el H2 de 12.34 mg/kg valores mayores en cuanto a lo reportado por Perkins *et al.* (2020) de contenido de Cu en pulpa entre y 7.5 a 7.6 mg/kg. En Fe Solis-Fraire *et al.* (1998) reportaron niveles de 66.72 a 83.41 mg/kg los cuales son valores mayores en comparación con lo obtenido en H1 de 46.29 mg/kg y H2 de 40.13 mg/kg de Fe, sin embargo, estos valores son menores a los resultados de Perkins *et al.* (2020) quienes reportaron contenido de 13.3 a 19.7 mg/Kg en aguacate Hass. En Zn los resultados fueron de 12.95 mg/kg para H1 y 10.77 mg/kg para H2, valores menores que los de Solis-Fraire *et al.* (1998) quienes reportaron niveles de 23.32 a 41.19 mg/kg. En cuanto a Mn el contenido fue de 6.28 mg/kg para H1 y 7.93 mg/kg en H2 coincidiendo dentro del rango de Solis-Fraire *et al.* (1998) quienes reportaron niveles de 5.65 a 20.06 mg/kg. La composición nutrimental del fruto incide tanto en su calidad durante la cosecha como en postcosecha (Arpaia, 1993; Salazar y Lazcano, 2001).

En exocarpo las concentraciones de macronutrientes para H1 fue de 0.8 % de N, 0.17 % de P, 1.15 % de K, 0.08 % Ca, 0.11 % Mg, y en micronutrientes fue de 39.65 mg/kg de B, 10.41 mg/kg Cu, 77.79 mg/kg Fe, 10.82 mg/kg Zn, 6.50 mg/kg Mn. Para el H2 fueron de 0.84 % de N, 0.11 % de P, 1.09 % de K, 0.1% Ca, 0.12 % Mg, y en micronutrientes fue de 19.07 mg/kg, 9.06 mg/kg Cu, 43.15 mg/kg Fe, 8.99 mg/kg Zn, 7.95 mg/kg Mn.

El patrón de maduración de los frutos del aguacate cv. Hass madurados directamente al ambiente (20 °C) en tratamientos del H1 el testigo maduro a los 10.8 días, para el tratamiento 1 donde solo uso tiabendazol fue de 10.9 días y para los frutos tratados con agua caliente los del tratamiento 2 maduraron a los once días y en el tratamiento 3 a los 11.3 días. En tratamientos del H2, en el tratamiento 1 los frutos maduraron a los 10.4 días, a los 10.5 días para el testigo y para los tratamientos 2 y 3 con agua caliente fue 10.9 y 10.6 días respectivamente, en suma, con López y Cajuste (1999) quienes hallaron que en aguacate Hass el tiempo de vida postcosecha se presentó hasta los 11 días para frutos producidos en zonas a una altitud de 2100 msnm. Los frutos alcanzaron la madurez de consumo entre 8 y 12 días después de la cosecha, lo cual fue similar a lo encontrado para Hass por (Osuna-García *et al.*, 2010). La respuesta a los tratamientos térmicos puede variar debido a diferentes factores principalmente el estado de maduración ya que por el aumento en la temperatura el proceso de maduración se acelera (Klein y Lurie, 1990; Mitcham y Mcdonald, 1993).

Por otra parte, los tratamientos los cuales se almacenaron durante 21 días a (5±1 °C), el patrón de maduración al ambiente después de refrigeración en H1 en el testigo los frutos maduraron a los 5.4 días, 5.5 días en el tratamiento 1 y para los frutos tratados con agua caliente los del tratamiento 2 maduraron a los 5.9 días y en el tratamiento 3 a los 5.7

días. En tratamientos del H2, en el tratamiento 1 los frutos maduraron a los 5.1 días, para los tratamientos térmicos 2 y 3 fue 5.4 y 5.5 respectivamente, y en el testigo solo se requirieron 5.2 días para su maduración.

2.5.2 Severidad de daño en el fruto

Los resultados que se muestran en la Figura 10 corresponden a los datos obtenidos mediante una escala hedónica al evaluar los frutos cosechados presentaron una diferencia significativa en cuanto a severidad, el H1 con 2.8 y para el H2 fue de 6.2, lo que concuerda con Sams (1999) que menciona que las prácticas de producción como la fertilización, el uso de reguladores de crecimiento, el riego, la poda, el momento de la cosecha y la selección de cultivares tienen un gran impacto en la textura, para la infección de enfermedades, en adición es conveniente realizar el control de la maleza antes que alcance a florecer y sirva como refugio u hospedero alternante del hongo dentro de las huertas así como en los alrededores (Coria, 2008).

Los árboles que se podan frecuentemente mantienen bajos niveles de incidencia de diferentes patógenos, ya que evita la formación de las condiciones favorables para el desarrollo de las diferentes plagas y enfermedades que atacan al aguacate, así mismo el porte de los árboles mejor estructurados permite llevar un mejor manejo fitosanitario del cultivo y nutricional del cultivo. La poda es una de las prácticas que más beneficios traen a nuestros cultivos, tales como el control del tamaño de los árboles, reducir los riesgos a transeúntes, mejorar su apariencia, mejorar la estructura y arquitectura de la copa, incrementar el paso de la luz y el aire a través de la copa, estimular la floración y

fructificación, incrementar el valor del árbol y de sus productos, suprimir focos de infección de plagas y disminuir los costes de la cosecha en frutales (CONAPA, 2021b).

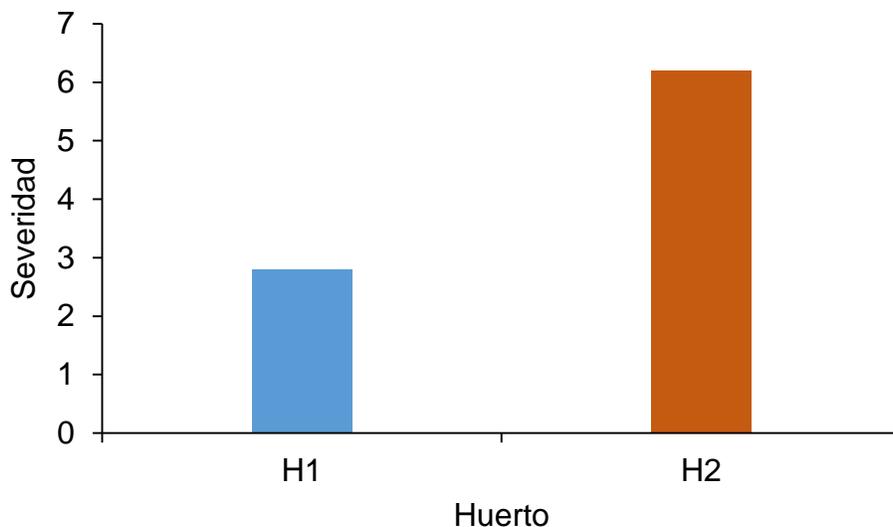


Figura 10. Severidad de daño en el fruto de aguacate Hass evaluada en dos huertos: H1 (manejo integrado) y manejo convencional (H2) en el municipio de Tetela del volcán, Morelos.

2.5.3 Pérdida fisiológica de peso

En la Figura 11 y Cuadro 6 se muestra la pérdida de peso de las dos huertas, la cual aumento conforme transcurría el tiempo de almacenamiento, en el H1 almacenado a temperatura ambiente 20 °C el porcentaje a los cinco días de cosechado fue mayor en los tratamientos con agua caliente, en el H1 el tratamiento 2 tuvo pérdidas del 2.23% y el 3 con 2.12%, para el H2 el porcentaje de pérdida de peso fue mayor en los tratamientos con agua caliente el tratamiento 2 con 2.45 % y el 3 con 2.26 %, sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en comparación con el testigo y tratamiento 1.

A los once días de cosechados los frutos que presentaron mayor pérdida de peso en ambos huertos fueron los tratamientos con agua caliente, en H1 el tratamiento 2 con 9.32

% y el 3 con 9.08 % y en el H2 con 9.82 en tratamiento 2 y 10.02 en el tratamiento 3, con mayor pérdida de peso que el testigo y tratamiento 1, sin embargo no se encontraron diferencias significativas, no obstante, los valores encontrados son mayores que los reportados por Lallum *et al.* (2004) quienes encontraron para frutos de aguacate Hass almacenados a 20°C y 96% de humedad relativa, pérdidas fisiológicas de peso de 6.7% en la etapa de madurez de consumo, Mientras que López y Cajuste (1999) reportan en aguacate Hass un porcentaje de 8.32 de pérdidas acumulativas de peso hasta el día once. De acuerdo con Walton y Kolattukudy (1971), en frutos el grosor de la epidermis y el tipo de su superficie (lisa, surcada o rugosa), afectan el intercambio de gases y vapor de agua de estos; situación que podría estar influyendo en dicha respuesta. La pérdida de agua de los frutos es considerada la causa principal de deterioro y se incrementa como consecuencia de la transpiración después de la cosecha; además, no solo se relaciona con disminución de peso, también con la textura y la calidad nutricional (Saucedo-Hernández *et al.*, 2005). los tratamientos hidrotérmicos 2 y 3 como los que más porcentaje de pérdida de peso, esto pudo haber sido provocado por una deshidratación osmótica, donde se obliga al fruto a liberar agua y absorber solutos a través de su membrana al ser expuesto a una solución hipertónica a altas temperaturas, con el fin de alcanzar un equilibrio osmótico con el medio (Antonio *et al.*, 2004; De Faria *et al.*, 2003), otro ejemplo es el de papayas inmersas en agua caliente presentando un mayor porcentaje de pérdida de peso que las papayas que no fueron tratadas, con una diferencia de 0.06 % (Zamora, 2012).

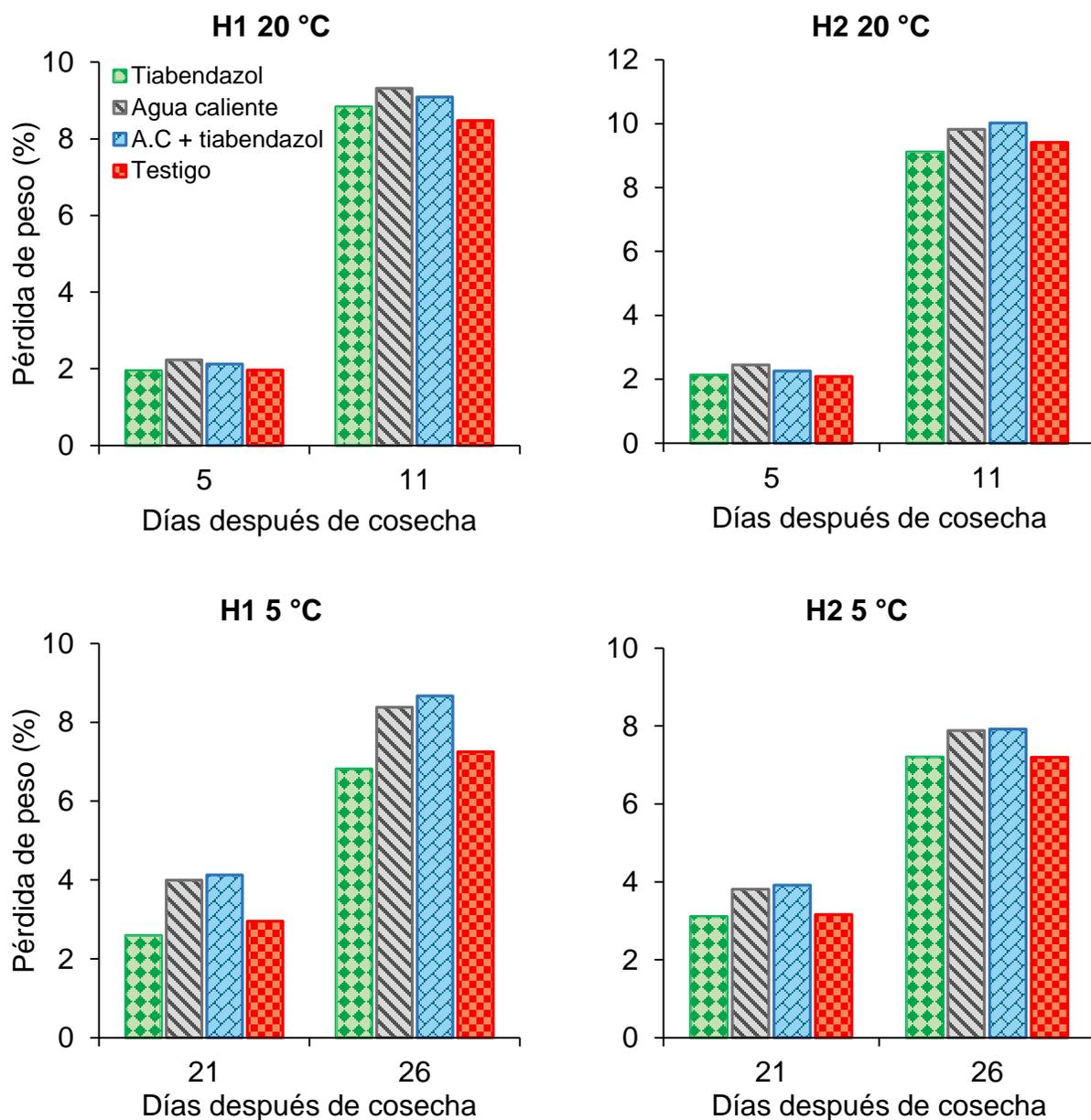


Figura 11. Comportamiento de pérdida de peso en frutos de aguacate Has en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

La aplicación de exceso de calor durante el proceso puede provocar la aparición de daños como pérdida de peso por deshidratación, coloración dispareja del fruto, inhibición

del avance de color amarillo en la cáscara de la fruta, ablandamiento y translucidez de la pulpa, bronceamiento de la cáscara, desarrollo de cavidades internas y susceptibilidad al ataque de patógenos (Barkai-golan y Phillips, 1991; Chávez-Sánchez *et al.*, 2013; Lurie, 2006). Pérez *et al.* (2004), estudiaron el efecto de la aplicación de cera comestible en mango con tratamiento hidrotérmico sobre las características cuticulares del fruto durante el almacenamiento comercial y reportaron que a pesar de que el contenido de ceras epicuticulares contribuyen a impermeabilizar los frutos, la morfología y estructura de éstas varían favoreciendo la pérdida de agua. Los frutos que más peso perdieron fueron los que contenían menor porcentaje de materia seca (Herrera-González *et al.*, 2013).

En los frutos almacenados por tres semanas a 5 ± 1 °C, después de refrigeración los valores con mayor pérdida de peso como se observa en las gráficas (Figura 11) fueron los tratamientos térmicos sin embargo no se encontraron diferencias significativas en los dos huertos, coincidiendo con Arina *et al.* (2010) no encontraron diferencias significativas entre frutos de papaya inmersos en agua caliente a 49°C por 20 minutos y 40°C por 10 minutos, respectivamente en comparación al testigo, de igual manera Martins *et al.* (2010) evaluaron el desarrollo de enfermedades fungosas en frutos de papaya (cv. Solo y Formosa) sometidos a una inmersión en agua caliente a distintas temperaturas (44, 46, 48 y 50°C) y tiempos (10, 15, 20, 25 y 30 minutos) de aplicación, registrando una menor severidad de *C. gloeosporioides* en las frutas inmersas con las temperaturas de 48°C y 50°C en tiempos de aplicación mayores a los 20 minutos. No se detectó un cambio en las cualidades organolépticas de la papaya entre los tratamientos aplicados, conservándose la calidad de la fruta.

En adición, De Faria *et al.* (2003) no observaron diferencias significativas en el peso de frutos de papaya tratados con agua a 49°C por 20 minutos con respecto al testigo. La ausencia de diferencias significativas en el uso del tratamiento hidrotérmico en frutos de aguacate concuerda con los resultados de (Arina *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2010).

Cuadro 6. Comportamiento de pérdida de peso en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

Almacenamiento	Tratamiento	H1		H2	
		5	11	5	11
Temperatura ambiente	1	1.94 a ^z	8.83 a	2.13 a	9.11 a
	2	2.23 a	9.32 a	2.45 a	9.82 a
	3	2.12 a	9.08 a	2.26 a	10.02 a
	4	1.96 a	8.47 a	2.09 a	9.41 a
	DMS	0.3	1.17	0.38	1.13
Refrigeración		21	26	21	26
	1	2.59 a	6.81 a	3.1 a	7.2 a
	2	3.99 b	8.38 b	3.81 b	7.87 b
	3	4.12 b	8.66 b	3.91 b	7.92 b
	4	2.95 a	7.25 a	3.15 a	7.19 a
	DMS	0.55	0.92	0.61	0.61

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

En los frutos la baja temperatura reduce la pérdida de peso (Saucedo Veloz *et al.*, 1977). Este mismo comportamiento ha sido reportado por (Mercado-Silva *et al.*, 1998) en jícamas, sin embargo, cuando los frutos fueron transferidos a condiciones de maduración la pérdida de peso se incrementó considerablemente (Vargas *et al.*, 2005), de hecho, el uso de películas plásticas y refrigeración se encuentra entre las estrategias sugeridas para disminuir la pérdida de peso (Ben-Yehoshua y Rodov, 2002). Se considera que la pérdida de peso se debe principalmente a la respiración y transpiración a través de la superficie de la fruta y otros cambios biológicos que tienen lugar en la fruta (Kader, 2006). Abbasi y Hafiz (2009) también informaron que la pérdida de peso de fruta de mango aumentó a medida que se redujo el período de almacenamiento.

Vakis (1982) sugieren como una de las causas por las que el comportamiento de la fruta bajo frigoconservación presenten ciertos desórdenes fisiológicos. Algunos de estos desórdenes o defectos postcosecha son provocados por el estrés por frío, traducido en: pérdidas de peso, deshidratación, defectos superficiales en la epidermis del fruto, heterogeneidad en la maduración o “tablero de ajedrez”, pardeamiento y oscurecimiento de la pulpa (Ferreya y Defilippi, 2012), La pérdida de peso fue mayor al transcurrir las fechas de evaluación; ya que la pérdida de agua en los frutos aumenta con el tiempo, lo que representa descenso del peso comercial y, tanto, disminución de su valor (Saucedo-Hernández *et al.*, 2005).

2.5.4 Color de epidermis

Los tratamientos de H1 disminuyeron en índice de color; el tratamiento 1 disminuyó de 44.2 a 3.8 IC, y el tratamiento 4, de 47.9 a 4.2 IC. Para los tratamientos con agua caliente

el índice de color fue menor; en el tratamiento 2 fue de 38.0 a 1.3 y para el tratamiento 3 fue de 38.7 a 2.5 IC (Figura 12). En el huerto 2, el índice de color fue de 32.1 a 4.7 para el tratamiento 1, de 36.7 a 6.7 IC en tratamiento 4, de 25.1 IC a 2.2 IC en el tratamiento 2 y para el tratamiento 3 fue de 27.0 a 1.5.

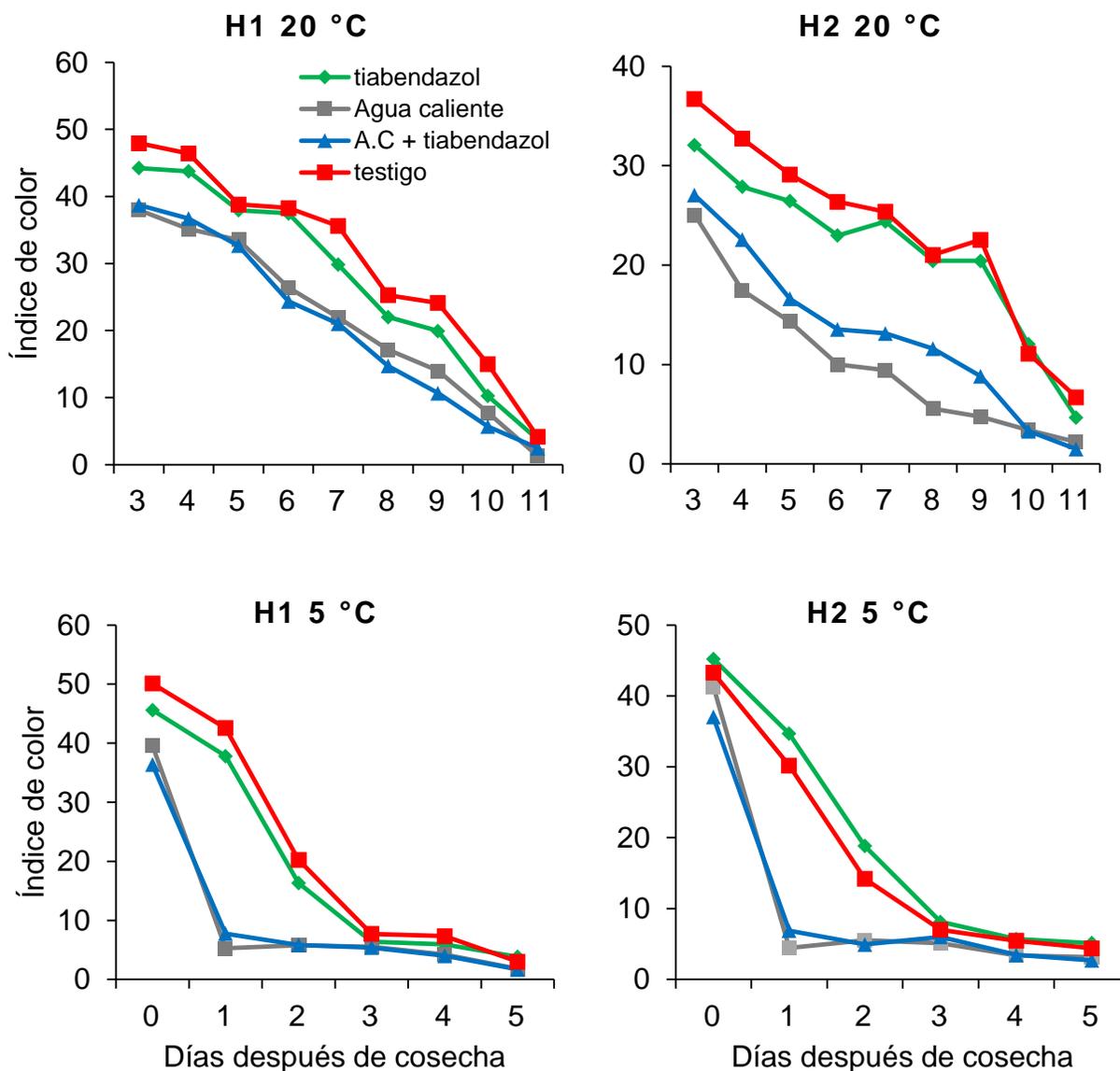


Figura 12. Comportamiento del índice de color en exocarpo (cáscara) durante el proceso de maduración en frutos de aguacate cv. Hass almacenados al ambiente 20 °C y después de tres semanas a 5 ± 1 °C.

Estos resultados coinciden con los reportados por (López López y Cajuste Bontemps, 1999) quienes obtuvieron una disminución del índice de color en la cáscara de frutos de aguacate Hass de IC=50 a IC=0; así como con los mencionados por (Domínguez, 2014) quien indicó una reducción en esta variable en frutos de aguacate Carmen Hass, madurados a 20°C, de IC=20.5 a IC=0.5 durante la maduración. Es de señalar que, a diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio, en estos reportes no se relacionó el valor del IC con estados fisiológicos inherentes al proceso de maduración.

Para los tratamientos evaluados después de 3 semanas en refrigeración en H1 el índice de color disminuyó de 45.6 a 3.8 en el tratamiento 1, de 39.6 a 1.8 en tratamiento 2, de 36.4 a 1.7 para el tratamiento 3 y testigo fue de 50.1 a 3.0. en el H2 los valores de índice de color fueron de 45.2 a 5.1 en el tratamiento 1, de 43.3 a 4.4 en el testigo y para los tratamientos tratados con agua caliente fueron de 41.3 a 3.2 en el tratamiento 2 y de 37.0 a 2.7 para el tratamiento 3.

En la piel de frutos de aguacate se han identificado diversos pigmentos, principalmente carotenoides, clorofilas y antocianinas (Donetti y Terry, 2014). En frutos de aguacate 'Méndez', el cambio típico en el color externo durante la maduración es de verde a negro. Según, Cox *et al.* (2004) en este intervalo de tiempo se presenta un incremento de antocianinas totales en el exocarpo, principalmente el compuesto cianidina 3-O-glucósido, mientras que la clorofila decrece después de la cosecha. Cox *et al.* (2004) encontraron que frutos de aguacate Hass, madurados a 15 °C, no mostraron una coloración totalmente oscura en estado de madurez de consumo, comparado con frutos de la misma variedad madurados a 20 y 25 °C, demostrando que la temperatura de maduración influye en el cambio de color de los frutos de aguacate. De acuerdo con la

escala propuesta por McGuire (1992) en la que se establecen los valores del ángulo hue: 0°= rojo-purpura, 90°= amarillo, 180°= verde azulado y 270°= azul, los frutos de aguacate de ambas cultivares evolucionaron de un color verde brillante a una tonalidad con fondo verde y color de cubrimiento ligeramente púrpura.

En el caso de la luminosidad, esta fue disminuyendo en los tratamientos correspondientes a H1. En el tratamiento 1 la luminosidad disminuyó de 31.5 a 27.4, de 32.4 a 27.4 en el tratamiento 4 y para los tratamientos con agua caliente se observa en la Figura 13 fue menor la luminosidad, en el tratamiento 2 fue de 31.5 a 25.5 y para el tratamiento 3 fue de 31.0 a 24.9.

En H2 la luminosidad fue de 30.6 a 26.5 para el tratamiento 1, de 32.3 a 27.0 en tratamiento 4, de 29.1 a 23.9 en el tratamiento 2 y para el tratamiento 3 fue de 30 a 24.8. Para los tratamientos evaluados después de 3 semanas en refrigeración en H1 la luminosidad disminuyó de 31.1 a 23.4 en el tratamiento 1, de 31.7 a 23.8 en el testigo, de 30.9 a 22.7 en tratamiento 2, de 30.4 a 22.1 para el tratamiento 3. En H2 los valores de luminosidad fueron de 30.7 a 22.3 en el tratamiento 1, de 29.6 a 23.1 en el testigo y para los tratamientos tratados con agua caliente fueron de 30.0 a 20.6 en el tratamiento 2 y de 29.9 a 22.1 para el tratamiento 3.

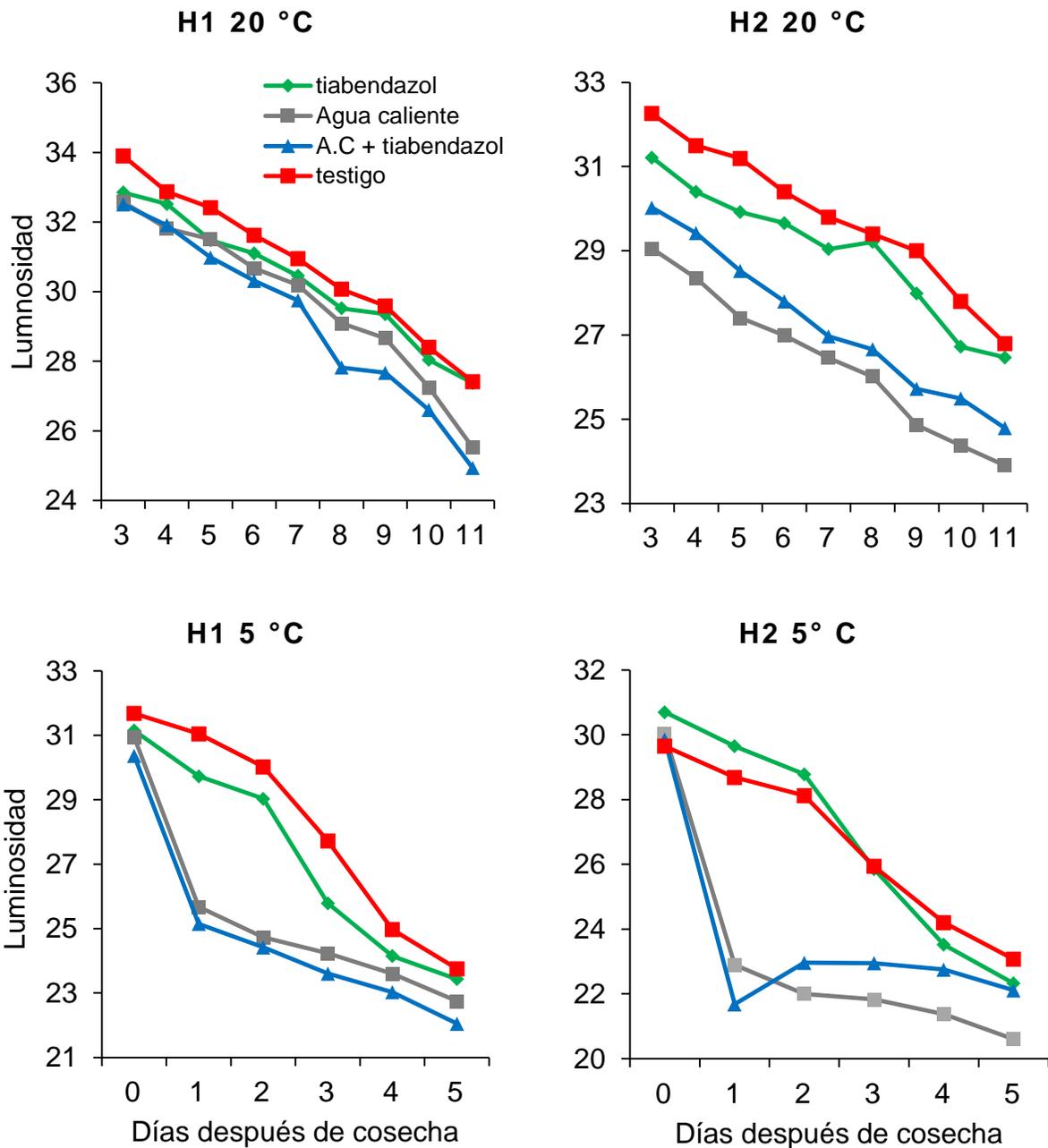


Figura 13. Comportamiento de luminosidad en exocarpo (cáscara) durante el proceso de maduración en frutos de aguacate Hass almacenados al ambiente y después de 3 semanas en refrigeración a 5 ± 1 °C.

El ángulo hue aumentó en los tratamientos del huerto H1; para el tratamiento 1 disminuyó de 120.5 a 228.6, de 122.7 a 210.5 en el tratamiento 4 y para los tratamientos con agua

caliente se observa en la Figura 14 fue mayor el ángulo hue, en el tratamiento 2 fue de 124.9 a 260.5 y para el tratamiento 3 fue de 125.1 a 252.2. En H2 el ángulo hue fue de 122.8 a 219.7 para el tratamiento 1, de 123.7 a 206.6 en tratamiento 4, de 122.7 a 247.5 y en el tratamiento 2 y para el tratamiento 3 fue de 121.8 a 240.5.

Para los tratamientos evaluados después de 3 semanas en refrigeración en H1 el croma aumento de 125.5 a 247.1 en el tratamiento 1, de 123.6 a 244.5 en el testigo, de 124.4 a 253.1 en tratamiento 2, de 124.1 a 250.7 para el tratamiento 3. En H2 los valores de ángulo hue fueron de 123.1 a 243.2 en el tratamiento 1, de 122.6 a 239.8 en el testigo y para los tratamientos tratados con agua caliente fueron de 123.1 a 250.1 en el tratamiento 2 y de 122.0 a 253.4 para el tratamiento 3.

Ashton *et al.* (2006) reportaron para aguacate Hass madurado a 20 °C un aumento en el ángulo hue de 125° a 250° y una disminución en luminosidad (de 40 a 27) e índice de saturación (de 15 a 3), todo lo cual revela que el color de los frutos de aguacate varía con el cultivar, época de cosecha y zona de producción, tal como ha sido reportado por varios autores (López López y Cajuste Bontemps, 1999). La evolución del color mostró una cinética de degradación paulatina para todos los parámetros evaluados, con descensos bastante pronunciados para el caso de la luminosidad L^* y la cromaticidad b^* como variables de mayor influencia sobre la calidad externa de los frutos de aguacate durante su proceso de maduración, mostrando un comportamiento decreciente en la claridad, verdocidad y amarillamiento, marcado por una meseta en el punto final, que ratifica una pérdida de propiedades de color bastante acentuadas y es corroborado por el comportamiento del parámetro de tono h° , que posicionó el estado de las muestras

hacia tonalidades del cuadro cromático verde-amarillosas (leve) y opacas (oscuridad leve).

La situación anterior es atribuida principalmente a la alta actividad bioquímica de las muestras y principalmente al fenómeno de pardeamiento enzimático ocurrido en la capa superficial del producto, pardeamiento que se presenta, de manera similar, en la superficie del mesocarpio de manzanas y peras, en las cuales se evidenciaron coloraciones anaranjadas, que pudieron haberse producido por transformaciones de los pigmentos de los grupos flavonoides (Mayer y Harel, 1991).

En H1 los tratamientos fue disminuyendo el croma, para el tratamiento 1 disminuyó de 20.4 a 8.0, de 21.7 a 8.4 en el tratamiento 4 y para los tratamientos con agua caliente se observa en la Figura 15 fue menor el croma, en el tratamiento 2 fue de 18.6 a 5.9 y para el tratamiento 3 fue de 17.9 a 5.5. En H2 el croma fue de 16.1 a 7.6 para el tratamiento 1, de 17.6 a 8.3 en tratamiento 4, de 13.8 a 5.8 y en el tratamiento 2 y para el tratamiento 3 fue de 14.9 a 5.8.

Para los tratamientos evaluados después de 3 semanas en refrigeración en H2 el croma disminuyó de 17.7 a 5.5 en el tratamiento 1, de 21 a 6.1 en el testigo, de 17.8 a 7.1 en tratamiento 2, de 17.0 a 6.9 para el tratamiento 3. En H2 los valores de croma fueron de 19.3 a 5.0 en el tratamiento 1, de 16.6 a 4.8 en el testigo y para los tratamientos tratados con agua caliente fueron de 18.4 a 6.1 en el tratamiento 2 y de 17.5 a 7.2 para el tratamiento 3. Este cambio de color en la piel de Méndez, de verde a completamente negro fue similar en Hass, y coincide con lo reportado por (Dixon *et al.*, 2004).

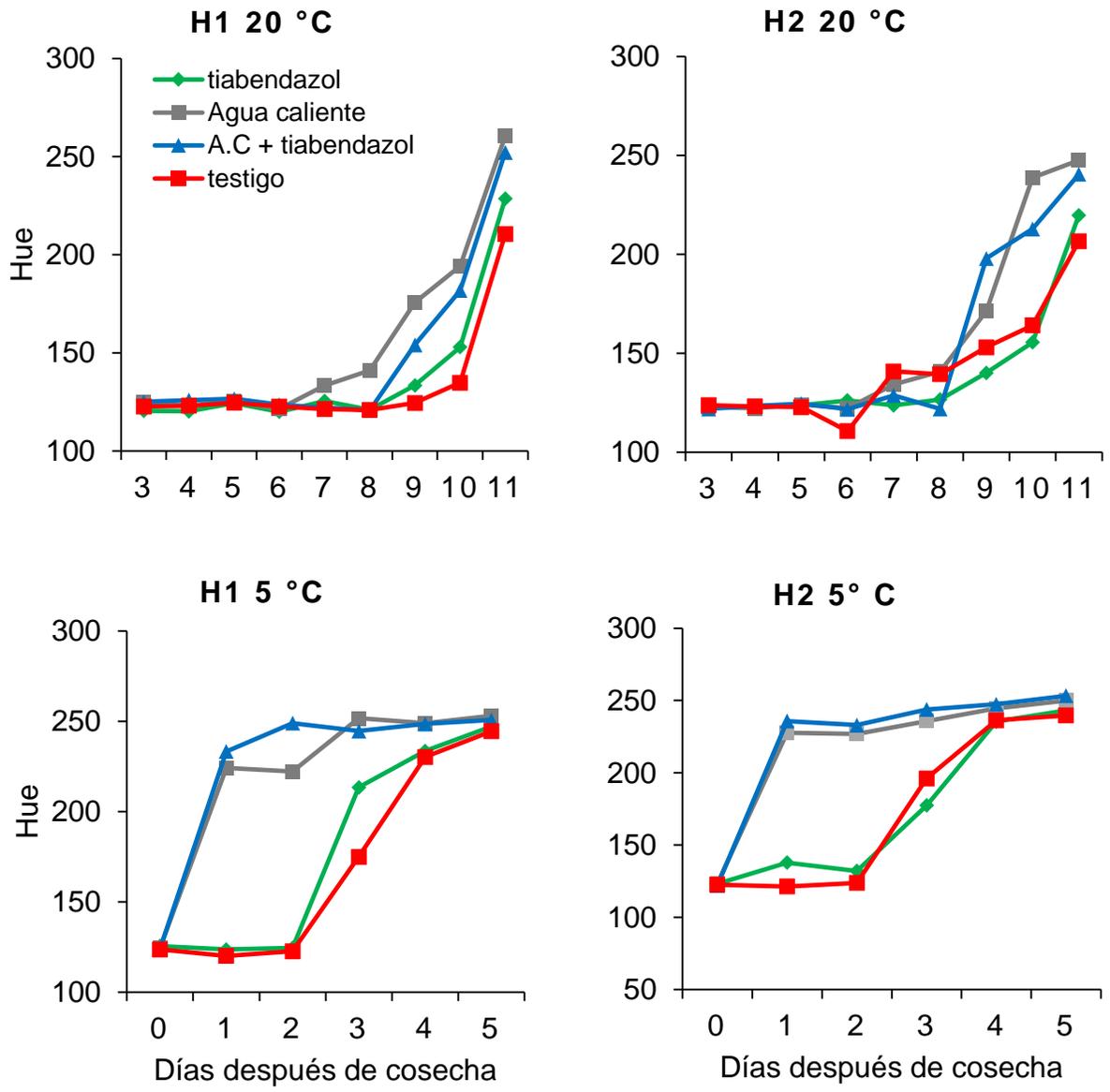


Figura 14. Comportamiento de ángulo hue en exocarpo (cáscara) durante el proceso de maduración en frutos de aguacate cv. Hass almacenados al ambiente 20 °C y después de tres semanas a 5 ± 1 °C.

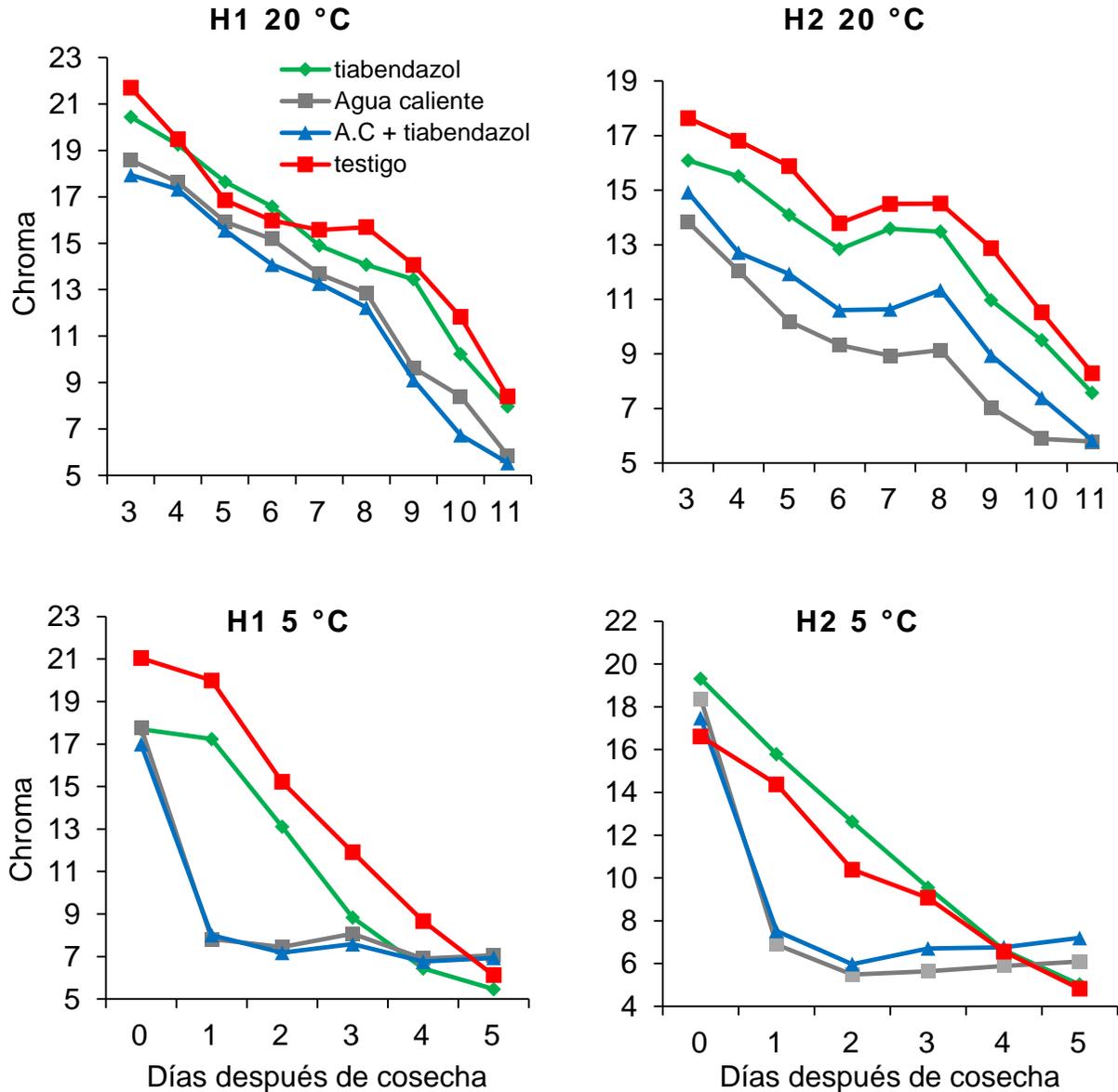


Figura 15. Comportamiento de índice de saturación o chroma en exocarpo (cáscara), durante el proceso de maduración en frutos de aguacate cv. Hass almacenados al ambiente 20 °C y después de tres semanas a 5 ± 1 °C.

El color verde en exocarpo de aguacates es debido principalmente a la clorofila y conforme madura se torna de color oscuro al presentarse un incremento en el contenido de antocianinas (Ashton *et al.*, 2006). El clima también influye sobre la concentración de fitoquímicos (compuestos fenólicos totales y clorofila) en la piel de los frutos de aguacate

(Salazar-García *et al.*, 2016). Según, Cox *et al.* (2004), el ambiente en el cual los frutos crecen y son cultivados, ocasiona que en la maduración pase a una coloración purpura o directamente negra la cáscara del aguacate a madurez de consumo. El color se considera una propiedad física básica de los productos agroalimentarios y correlacionarse con otros atributos de calidad, como defectos nutricionales y visuales o no visuales (Pathare *et al.*, 2012; Sanaeifar *et al.*, 2015).

2.5.5 Firmeza

La evaluación de los frutos almacenados a temperatura ambiente para H1 mostraron diferencias significativas a los 5 días después de la aplicación de los tratamientos, siendo los tratamientos con agua caliente con menor firmeza. En H2 se presentó una diferencia significativa coincidiendo con el H1 siendo los tratamientos con agua caliente los que perdieron mayor firmeza, de igual manera en papaya realizarse una inmersión a una temperatura de 54°C por 4 minutos se observó un aumento en la firmeza de la cáscara de las frutas tratadas en comparación con el testigo, asociado a una disminución en la actividad de la poligalacturonasa (Medina-Carrillo *et al.*, 2017).

Al aplicar otras temperaturas o tiempos de inmersión se ha encontrado un comportamiento similar pero sin obtener diferencias significativas entre el producto tratado y el testigo (Chávez-Sánchez *et al.*, 2013; De Faria *et al.*, 2003; Martins *et al.*, 2010).

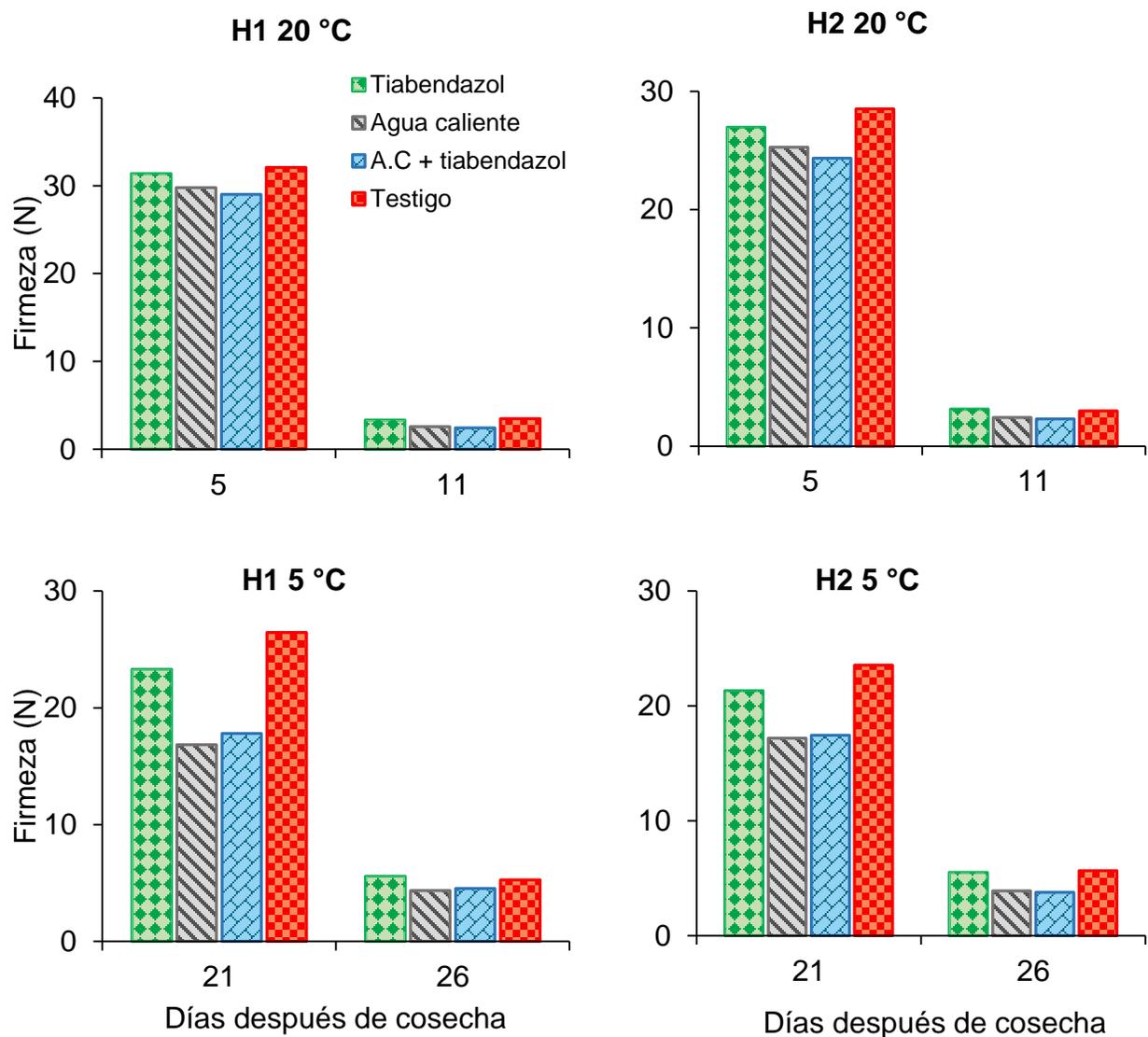


Figura 16. Comportamiento de la firmeza en frutos de aguacate Has en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

La firmeza después de once días para H1 en el testigo fue de 3.5 N, para el tratamiento de tiabendazol fue de 3.33 N y en los tratamientos con agua caliente para el tratamiento 2 fue 2.58 N y para el tratamiento 3 de 2.43 N como se puede observar al final los

tratamientos terminaron con una firmeza similar. Garcia *et al.* (1995) sumergieron frutos de fresa en agua a 45 °C durante 15 min y concluyeron que se mejoraba la firmeza. Villa-Rodríguez *et al.* (2011) reportaron una disminución de la firmeza durante la maduración de aguacate Hass de 54.62 N en la fase pre climatérica. Durante la maduración, la firmeza disminuye debido a alteraciones en la pared celular, compuesta por sustancias pécticas y celulosa principalmente, las cuales, son degradadas por incremento de la actividad de las enzimas polimetilesterasa, poligalacturonasa y celulasas, provocando ablandamiento en los frutos (Arévalo-Galarza *et al.*, 2002; Zauberman y Schiffmann-Nadel, 1972). Para H2 los resultados de firmeza en el tratamiento 1 a los 5 días fue de 26.95 a 3.14 N a los 11 días, para el testigo fue 28.52 a 2.99 N y para los tratamientos de agua caliente en tratamiento 2 fue de 25.26 a 2.43 N, y para tratamiento 3 de 24.35 a 2.34 N, siendo los tratamientos con agua caliente los que menor firmeza presentaron.

El ablandamiento da como resultado la descomposición de los polímeros de la pared celular por varias enzimas degradantes de la pared celular (Paliyath y Droillard, 1992). La reducción de la firmeza de la fruta puede deberse a la descomposición de sustancias pécticas insolubles en solubles se forma por una serie de cambios fisicoquímicos que son causada por la acción de enzimas pécticas, es decir, esterasa y poligalacturonidasa durante la maduración (Weichmann, 1987). Pesis *et al.* (1978) mencionan que el incremento en la biosíntesis de etileno está acompañado por una serie de cambios bioquímicos, incluyendo el incremento en la actividad de las enzimas que producen un ablandamiento del fruto. (Rosas *et al.*, 2016) quienes encontraron una disminución en la firmeza de 45.6 N a 7.6 N en frutos de aguacate cv. 'Méndez' cosechados con 24.3 % de

MS, almacenados a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 11 d. Sin embargo, en madurez de consumo se han registrado valores de firmeza cercanos a cero (Magwaza y Tesfay, 2015).

Cuadro 7. Firmeza en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20°C y posterior al periodo de refrigeración ($5^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

Almacenamiento	Tratamiento	H1		H2	
		5 ddc	11 ddc	5 ddc	11 ddc
Temperatura ambiente	1	31.38 a ^z	3.33 a	26.95 a	3.14 a
	2	29.77 a	2.58 b	25.26 a	2.43 a
	3	29.01 a	2.43 b	24.35 a	2.34 a
	4	32.07 a	3.50 a	28.52 a	2.99 a
	DMS	4.62	0.72	4.46	1.29
		21	26	21	26
Refrigeración	1	23.29 a	5.58 a	21.33 a	5.5 a
	2	16.83 b	4.30 a	17.19 b	3.9 b
	3	17.80 b	4.53 a	17.44 b	3.78 b
	4	26.44 a	5.28 a	23.54 a	5.67 a
	DMS	3.47	1.31	3.26	1.49

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

Durante la maduración, la firmeza disminuye debido a alteraciones en la pared celular, compuesta por sustancias pécticas y celulosa principalmente, las cuales, son degradadas por incremento de la actividad de las enzimas pectinmetilesterasa,

poligalacturonasa y celulasas, provocando ablandamiento en los frutos (Zauberman y Schiffmann-Nadel, 1972). Uarrota *et al.* (2020) señalan que la firmeza se correlaciona bien con la madurez del aguacate, ya que está disminuye progresivamente desde la cosecha hasta una textura suave de la pulpa, a mayor grado de madurez fisiológica del fruto de aguacate al momento de cosecha, el tiempo para alcanzar la madurez de consumo disminuye (Zauberman y Jobin-Decor, 1995).

Los frutos almacenados por 3 semanas a 5 ± 1 °C disminuyeron también su firmeza en H1 el testigo a los 21 días presentó una firmeza de 26.44 a 5.28 N, en los tratamientos con agua caliente para el tratamiento 2 fue de 16.83 a 4.3 N y de 17.8 a 4.53 N para el tratamiento 3. Para H2 la firmeza fue menor, en el testigo fue de 23.54 a 5.67 N, en el tratamiento 1 de 21.33 a 5.5 N y para los tratamientos con agua caliente fue de 17.19 a 3.9 para el tratamiento 2 y de 17.44 a 3.78 N para el tratamiento 3. Como se observa en la Figura 18 los tratamientos 2 y 3 con agua caliente fueron los que presentaron menor firmeza. Las pérdidas de resistencia mecánica por pérdida del grado de turgencia (adhesión intercelular) que condiciona la capacidad de soporte de la cáscara, la acumulación de productos difunde el intercambio de fluidos en los tejidos de las células vegetales (Oms-Oliu *et al.*, 2010) y la pérdida de agua de la estructura se acelera (Sapers y Miller, 1998). Los cambios durante la maduración de la fruta incluyen disminución de la firmeza con aumento de suavidad de la fruta (Brecht y Yahia, 2009).

Después de 5 días a temperatura de maduración los valores fueron cercanos a los determinados en los frutos sin refrigeración a los 11 días de almacenamiento. La firmeza disminuyó durante el proceso de maduración y se obtuvo un puntaje de suavidad más alto registrado el último día de maduración de la fruta (Hafeez *et al.*, 2016). Por otra parte

también se observó que los valores mínimos de firmeza mostraron correspondencia con el momento del establecimiento del pico climatérico, lo que de algún modo concuerdan con lo encontrado por (Salunkhe y Desai, 1984). El uso de refrigeración permitió reducir los cambios de peso, firmeza y color de los frutos de aguacate Hass, características que constituyen referentes importantes de la calidad de los mismos (Espinosa-Cruz *et al.*, 2014).

2.5.6 Ácido ascórbico (vitamina C)

El contenido de ácido cítrico disminuyó en todos los tratamientos durante la exposición a condiciones de maduración, para H1 en el tratamiento 1 a los 5 días presentaron un contenido de 4.13 mg 100 g⁻¹, para el testigo fue de 4.28 mg 100 g⁻¹, y para los tratamientos con agua caliente en el tratamiento 2 fue de 3.84 mg 100 g⁻¹ y de 3.99 mg 100 g⁻¹ para el tratamiento 3. En H2 en el tratamiento 1 fue de 4.59 mg 100 g⁻¹, de 4.21 mg 100 g⁻¹, para el testigo, y para los tratamientos con agua caliente en el tratamiento 2 la concentración de ácido ascórbico fue de 3.25 mg 100 g⁻¹, y para el tratamiento 3 fue de 3.4 mg 100 g⁻¹. En ambos huertos fue disminuyendo la concentración, sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, en la Figura 17 se observa que los tratamientos con agua caliente tienen menor contenido de ácido ascórbico lo que coincide con Abu-Aziz *et al.* (2009) quienes reportaron que el tratamiento con agua caliente a 50 °C por 10 min aplicado en frutos de aguacate Hass disminuye el contenido de acidez total, vitamina C. A los once días de que los frutos se cosecharon en el tratamiento 1 del huerto MI la concentración de vitamina C fue de 2.62 mg 100 g⁻¹, de 2.71 mg 100 g⁻¹ para el testigo y para los tratamientos con agua caliente en el tratamiento 2 fue de 2.1 mg 100 g⁻¹ y de 2.31 mg 100 g⁻¹ en el tratamiento 3. En H2 las

concentraciones fueron las siguientes: 2.02 mg 100 g⁻¹ en el tratamiento 1 y de 2.12 mg 100 g⁻¹ para el testigo y de 1.68 mg 100 g⁻¹ en tratamiento 2, de 1.72 mg 100 g⁻¹ en tratamiento 3.

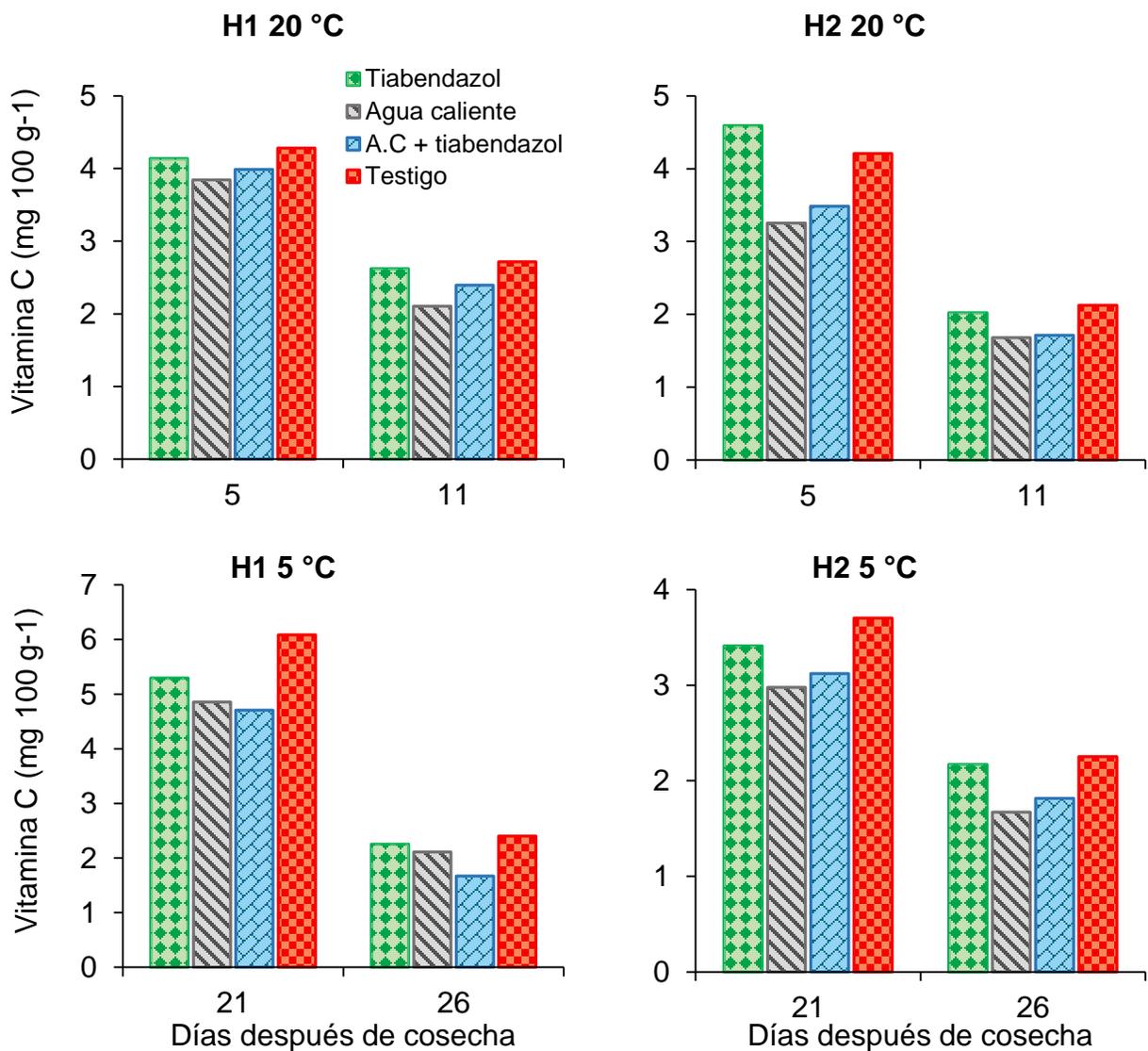


Figura 17. Comportamiento de vitamina C en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

En los tratamientos evaluados de H1, después de tres semanas en refrigeración, se obtuvo una concentración de vitamina C de 5.29 a 2.25 mg 100 g⁻¹ en tratamiento 1, de 6.08 a 2.4 mg 100 g⁻¹ para el testigo y aquellos tratados con agua caliente, fue de 4.85 a 2.11 para el tratamiento 2, y de 4.71 a 1.67 mg 100 g⁻¹ en el tratamiento 3.

Cuadro 8. Vitamina C en frutos de aguacate ‘Hass’ en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

Almacenamiento	Tratamiento	H1		H2	
		5	11	5	11
Temperatura ambiente	1	4.13 a ^z	2.62 a	4.59 a	2.02 a
	2	3.84 a	2.10 a	3.25 a	1.68 a
	3	3.99 a	2.31 a	3.40 a	1.72 a
	4	4.28 a	2.71 a	4.21 a	2.12 a
	DMS	0.87	0.72	3.17	8.19
Refrigeración		21	26	21	26
	1	5.29 a	2.25 a	3.41 a	2.17 a
	2	4.85 b	2.11 a	2.97 a	1.67 a
	3	4.71 b	1.67 a	3.12 a	1.81 a
	4	6.08 a	2.40 a	3.70 a	2.25 a
	DMS	2.01	0.98	0.77	0.83

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

En H2, las concentraciones fueron de 3.41 a 2.17 mg 100 g⁻¹ en el tratamiento 1, 3.7 a 2.25 mg 100 g⁻¹ para el testigo, de 2.97 a 1.67 mg 100 g⁻¹ en tratamiento 2, de 3.12 a 1.81 mg 100 g⁻¹ en tratamiento 3. Observando la Figura 17 se puede apreciar cómo van disminuyendo la concentración en ambos huertos del mismo modo Schweiggert *et al.* (2011) mencionan que el contenido de vitamina C se reduce durante el proceso de maduración de la fruta, a los 21 días de almacenamiento en el H1 se encontraron diferencias entre tratamientos con agua caliente y el tratamiento 1 y el testigo, a los 26 días no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, ni tampoco para H2, sin embargo los tratamientos con agua caliente presentaron menor ácido ascórbico, lo que coincide con Abu-Aziz *et al.* (2009) quienes observaron que el agua caliente a 50 °C por 10 min aplicado en frutos de aguacate Hass disminuye el contenido de acidez total y vitamina C (Abu-Aziz *et al.*, 2009).

2.5.7 Contenido de etanol

En la Figura 18 se muestra la concentración de etanol y su comportamiento a través del tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente, en H1 los resultados para el tratamiento 1 de los 5 a los 11 días fueron de 7.9 a 88.97 mg 100 g⁻¹, para el testigo fue de 4.26 a 94.47 mg 100 g⁻¹ y para los tratamientos con agua caliente fueron de 9.36 a 117.97 mg 100 g⁻¹ en el tratamiento 2 y para el tratamiento 3 fueron de 10.13 a 120.77 mg 100 g⁻¹. En H2 las concentraciones de los 5 a los 11 días fueron de 17.36 a 103.57 en el tratamiento 1, de 17.8 a 110.9 mg 100 g⁻¹ para el testigo y para los tratamientos de agua caliente en el tratamiento 2 fue de 18.7 a 96.37 mg 100 g⁻¹, y de 20.17 a 94.93 mg 100 g⁻¹ para el tratamiento 3.

Cuadro 9. Concentración de etanol en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

Almacenamiento	Tratamiento	H1		H2	
		5	11	5	11
Temperatura ambiente	1	7.90 a	88.97 a	17.36 a	103.57 a
	2	9.36 a	117.97 a	18.70 a	96.37 a
	3	10.13 a	120.77 a	20.17 a	94.93 a
	4	4.26 a	94.47 a	17.80 a	110.90 a
	DMS	7.07	58.58	9.55	54.84
Refrigeración		21	26	21	26
	1	15.76 a	92.46 a	16.11 a	91.60 a
	2	23.16 a	99.80 a	23.20 a	103.06 a
	3	23.36 a	100.92 a	25.65 a	109.14 a
	4	16.80 a	39.88 a	18.86 a	86.33 a
	DMS	8.04	0.98	13.01	28.69

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

Como se observa en la Figura 18 en ambos huertos va incrementando conforme se va acercando a madurez de consumo, el etanol y los acetaldehídos son precursores del aroma natural del fruto y se incrementan durante la maduración, lo cual está relacionado con la disminución de piruvato así como un incremento de la actividad de las enzimas piruvato descarboxilasa y alcohol deshidrogenasa (Pesis, 2005).

Los frutos Hass almacenados durante 3 semanas a 5 ± 1 °C en H1 incrementaron la producción de etanol, el tratamiento 1 de 15.76 a 92.46 mg $100g^{-1}$, para el testigo fue de 16.8 a 39.88 mg $100 g^{-1}$, y para los tratamientos con agua caliente en el tratamiento 2 fue 23.16 a 99.8 mg $100 g^{-1}$, y de 23.36 a 100.92 mg $100 g^{-1}$ para el tratamiento 3. En H2 las concentraciones fueron de 16.11 a 91.6 mg $100 g^{-1}$ para el tratamiento 1, de 18.86 a 86.33 mg $100 g^{-1}$ para el tratamiento 4, y para los tratamientos con agua caliente las concentraciones fueron de 23.2 a 103.06 mg $100 g^{-1}$ en el tratamiento 2 y de 25.65 a 109.14 mg $100 g^{-1}$ para el tratamiento 3.

De igual manera que en los tratamientos evaluados a temperatura ambiente la concentración de etanol fue en aumento, Corrales-García y Tlapa-Rangel (1999) señalan que en frutos de aguacate Hass almacenados a 4 °C por 16 días, el contenido de etanol se incrementó de 44.30 mg $100g^{-1}$ y de acetaldehídos de 31.00 mg $100g^{-1}$ durante la fase de maduración, sin embargo Arévalo-Galarza *et al.* (2002) mencionan que el contenido de etanol, en frutos de aguacate 'Hass' almacenado a 20°C, incrementa la producción de etanol durante el proceso de maduración, de 260.87 mg $100g^{-1}$.

Por otro lado, se encontró que al aumentar el período de frigoconservación aumentó la producción de etanol y de acetaldehído; este comportamiento también coincide con lo observado por Meza (1995) quien encontró una alta producción de etanol y acetaldehído al exponer toronjas sometidas a 5°C por largos períodos.

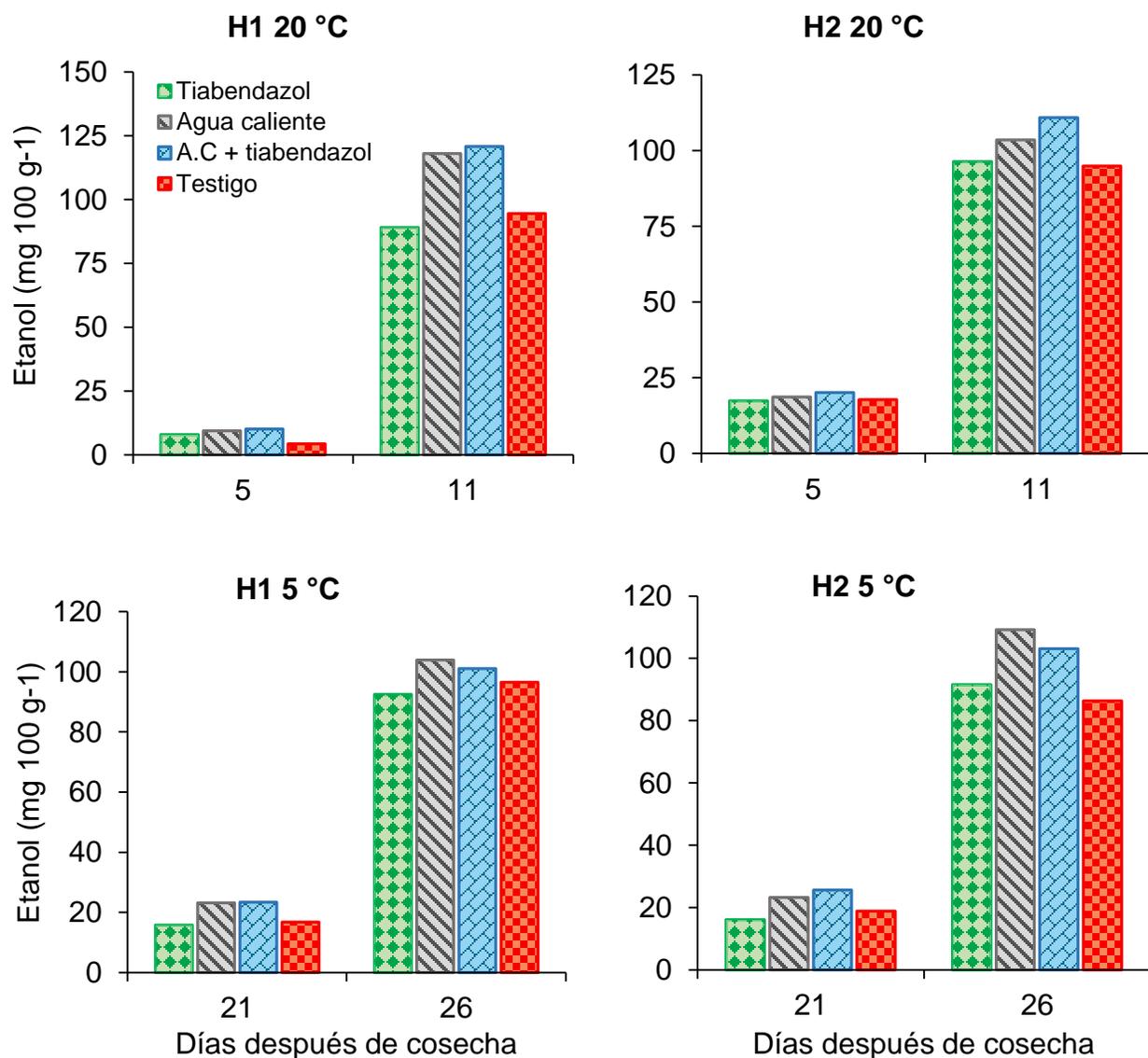


Figura 18. Concentración de etanol en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

Sin embargo, en este trabajo, la producción de etanol después de 21 días disminuyó al prolongarse el período de frigoconservación. Este segundo comportamiento coincide con lo establecido por Vega-García (1997) quienes encontraron que la producción de etanol

en aguacates Hass almacenados a 2°C tiende a disminuir a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento a partir del décimo día de frigoconservación.

Este fenómeno se relacionó directamente con la baja actividad de la enzima alcohol deshidrogenasa (ADH), lo que nos indica que la baja temperatura, aparte de imponer una condición de estrés en los primeros días de almacenamiento, probablemente también inactivó esta enzima cuando el almacenamiento fue más prolongado (Corrales-García y Tlapa-Rangel, 1999).

2.5.8 Contenido de acetaldehído

Los resultados correspondientes al contenido de acetaldehído en frutos de aguacate cv. Hass para H1 en el tratamiento 1 fueron de 4.37 a 29.83 mg 100g⁻¹, para el tratamiento 4 fueron de 4.37 a 29.23 mg 100g⁻¹, y para los tratamientos en agua caliente fueron de 7.1 a 30.3 mg 100g⁻¹ para el tratamiento 2 y de 7.02 a 29.46 mg 100g⁻¹ para el tratamiento 3.

En H2 las concentraciones fueron de 4.03 a 34.19 mg 100g⁻¹ para el tratamiento 1, de 4.13 a 34.76 mg 100g⁻¹ para el testigo y para los tratamientos con agua caliente fueron de 6.36 a 38.06 mg 100g⁻¹ en el tratamiento 2 y de 5.62 a 35.24 mg 100g⁻¹ en el tratamiento 3 (Figura 19).

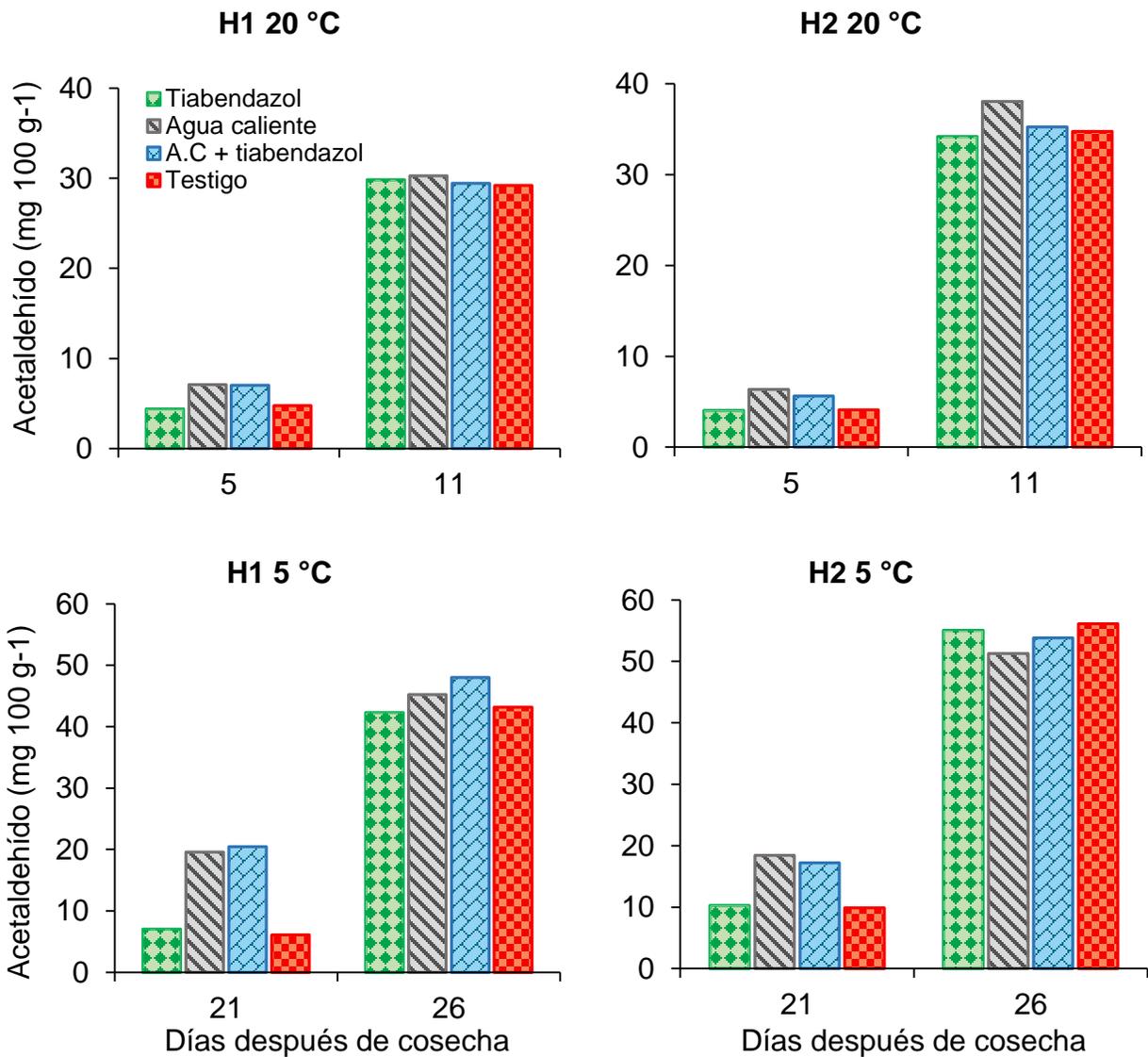


Figura 19. Concentración de acetaldehído en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

En ambos huertos, el comportamiento del incremento de contenido de acetaldehído fue similar. Ritenour *et al.* (1997) y Pesis (2005) ponen de manifiesto que, durante la maduración de frutos, algunos procesos esenciales involucran la producción de

acetaldehído y etanol, los cuales incluyen la producción de aromas volátiles y disminución de la astringencia en frutos; ambos se acumulan durante la maduración (incluso en condiciones aerobias), y el etanol, endógeno o aplicado de manera exógena, y a altas concentraciones, puede retrasar e inhibir la maduración de una amplia gama de frutos climatéricos.

Cuadro 10. Concentración de acetaldehído en frutos de aguacate Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

Almacenamiento	Tratamiento	H1		H2	
		5	11	5	11
Temperatura ambiente	1	4.37 a ^z	29.83 a	4.03 a	34.19 a
	2	7.10 a	30.30 a	6.36 a	38.06 a
	3	7.02 a	29.46 a	5.62 a	35.24 a
	4	4.37 a	29.23 a	4.13 a	34.76 a
	DMS	2.88	6.97	3.17	8.19
Refrigeración		21	26	21	26
	1	7.00 a	42.29 a	10.26 a	55.06 a
	2	20.46 b	45.22 a	18.43 a	51.30 a
	3	19.56 b	28.02 a	17.23 a	53.83 a
	4	6.06 a	43.20 a	9.93 a	56.10 a
	DMS	8.23	17.39	9.59	16.87

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

En este sentido, cabe mencionar que las concentraciones elevadas de acetaldehído y etanol a la salida de la frigoconservación de los frutos de aguacate Hass, sugiere que tuvieron un efecto adverso sobre la producción climatéricos.

Para los tratamientos durante 3 semanas en refrigeración a 5 ± 1 °C en H1 las concentraciones fueron de 7 a 42.29 mg 100g⁻¹ para el tratamiento 1, para el testigo fue de 6.06 a 43.2 mg 100g⁻¹, y para los tratamientos con agua caliente fueron de 20.46 a 45.22 mg 100g⁻¹ en el tratamiento 2 y para el tratamiento 3 fue de 19.56 a 28.02 mg 100g⁻¹. En H2 los resultados en el tratamiento 1 fueron de 10.26 a 55.06 mg 100g⁻¹, para el testigo de 9.93 a 56.1 mg 100g⁻¹ y para los tratamientos con agua caliente fueron de 18.43 a 51.28 mg 100g⁻¹ en el tratamiento 2 y de 17.23 a 53.84 mg 100g⁻¹ para el tratamiento 3. Corrales-García y Tlapa-Rangel (1999) mencionan con respecto a la producción de acetaldehído, a partir del doceavo día de frigoconservación hay una tendencia de incrementos ligeros a medida que es mayor el período de frigoconservación.

2.5.9 Pudrición en fruto

En la Figura 20 y Cuadro 11 y se muestran los resultados de los tratamientos en el control de pudrición por *Colletotrichum gloesporioides* en el huerto el tratamiento que presento menor severidad fue el 3 donde se aplicó agua caliente más tiabendazol con porcentaje menores del 10% de superficie dañada, en comparación con el testigo que presento porcentajes mayores al 20 % de superficie dañada, para H2 resultaron como mejores tratamientos siendo significativamente iguales ($p<0.05$) los tratamientos 2 (agua caliente) y 3 (agua caliente más tiabendazol) obtenido valores de severidad de 0 a 10 % de

superficie dañada en el fruto, en comparación con el testigo que presentó valores arriba del 20 % de superficie dañada, el tratamiento 1 la aplicación solo de tiabendazol presento valores de 10 a 20 % en H1 y de arriba del 20 % en H2 no representando un control más efectivo que el testigo, la poca efectividad en el control del patógeno por parte de este fungicida ha sido reportada en diversas ocasiones (Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2004), sin en cambio el tratamiento de agua caliente reduce el inóculo del patógeno presente en la fruta, también puede mejorar las cualidades de consumo de la fruta, evitar la generación de problemas fisiológicos y eliminar patógenos que ponen en riesgo la salud humana (Barkai-golan y Phillips, 1991). Abu-Aziz *et al.* (1996) indican que la germinación de esporas *C. gloeosporioides* es sensible a temperaturas mayores de 45°C por un periodo de 30 minutos y que al elevar esta variable a 49°C por menos de 10 minutos se logra una inhibición total del proceso, también Balbino *et al.* (2003) determinaron que se requiere una temperatura de 49°C durante un tiempo mínimo de 5 minutos para restringir el crecimiento de *C. gloeosporioides* en condiciones in vitro. Benato (1993) demostró que la temperatura letal in vitro para *C. gloeosporioides* y *Phoma caricae-papayae*, agentes de pudrición postcosecha en papaya, fue de 47,5°C. Por lo tanto, si los conidios y las hifas se encuentran en las primeras capas de la corteza, el tratamiento con agua caliente puede matar al patógeno *C. gloeosporioides*, el inóculo puede ser destruido por tratamientos con agua caliente, porque el micelio del hongo penetra en la cutícula de la papaya inmadura y permanece latente hasta que la fruta madura (Chau y Alvarez, 1983).

Entre las alternativas que han mostrado potencial en el control de enfermedades postcosecha, se encuentra el uso de aire caliente (Coates *et al.*, 1993; Nishijima, 1992) tratamientos hidrotérmicos (Prusky *et al.*, 1999), y microorganismos como agentes de

control biológico (Janisiewicz y Korsten, 2002; Spadaro *et al.*, 2004; Wilson y Wisniewski, 1989).

Cuadro 11. Severidad de pudrición causada por *Colletotrichum gloesporioides* en frutos de aguacate cv. Hass.

Almacenamiento	Tratamiento	Huerto	
		H1	H2
Temperatura ambiente	1	5.6 ab ^z	6.2 a ^z
	2	3.4 bc	3.0 b
	3	2.4 c	2.8 b
	4	6.6 a	7.8 a
	DMS	2.39	1.64
Refrigeración	1	3.4 a	4.2 ab
	2	1.0 b	2.0 bc
	3	0.8 b	1.8 c
	4	3.8 a	4.6 a
	DMS	2.04	2.27

^zValores con la misma letra dentro de columnas indican que no hay diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa.

El tratamiento de agua caliente, es un medio de transferencia de calor eficaz y, en poco tiempo, se mantiene un perfil de temperatura uniforme (Couey, 1989). El beneficio adicional es que puede controlar enfermedades postcosecha como la antracnosis y la pudrición del tallo (Couey, 1989; McGuire, 1991). En el caso de agua caliente más tiabendazol Droby (2000) sugiere que la aplicación de fungicidas postcosecha debe realizarse con algunas estrategias de control, como es el uso del tratamiento hidrotérmico, esto para evitar el desarrollo de resistencia de patógenos. En adición

Alvarez y Nishijima (1987) reportan a los tratamientos con agua caliente y en combinación con tiabendazol como los mejores tratamientos para reducir el daño por *Colletotrichum* y prolongar así los atributos de calidad del aguacate.

Respecto a los valores obtenidos en frutos después de tres semanas de refrigeración, evaluados en madurez de consumo en todos los tratamientos la severidad fue menor respecto a los tratamientos que se almacenaron solo a temperatura ambiente en ambos huertos; para el huerto MI el tratamiento 1 presento 3.4, 3.8 para el testigo, y para los tratamientos con agua caliente en el tratamiento 2 fue de 1.0 y de 0.8 para el tratamiento 3. En el huerto MC fue de 4.2 para el tratamiento 1, de 4.6 para el testigo y para los tratamientos con agua caliente fue de 2.0 para el tratamiento 2, y de 1.8 para el tratamiento 3, siendo el que menos severidad presento en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 11). De igual modo Hofman *et al.* (2002b) indicaron que los tratamientos de agua caliente a 41 °C (25-30 min) y 42 °C (25 min) pueden mejorar la aceptabilidad externa (menos del 5 % de área de la piel con defecto) e interna (pulpa con menos del 5 % de podredumbre) del fruto de aguacate Hass seguida de un almacenamiento a 1 °C por 16 días y maduración a 20 °C por 3 días. Balbino *et al.* (2003) estudiaron el comportamiento postcosecha del mango 'Tommy Atkins' tratado con agua caliente y ceras, y señalan que la estructura de las ceras epicuticulares cambia por efecto del calentamiento y provoca que el fruto sea más impermeable, produciendo deficiencias en la maduración y, por otro lado, los frutos realizan un gasto energético para reponer su cera superficial. El tratamiento térmico aumenta la permeabilidad del tejido y agiliza la deposición de la sustancia en esta área, esto permite reducir la dosis de fungicida evitando así la aparición de residuos tóxicos en las frutas (Geysen *et al.*, 2005).

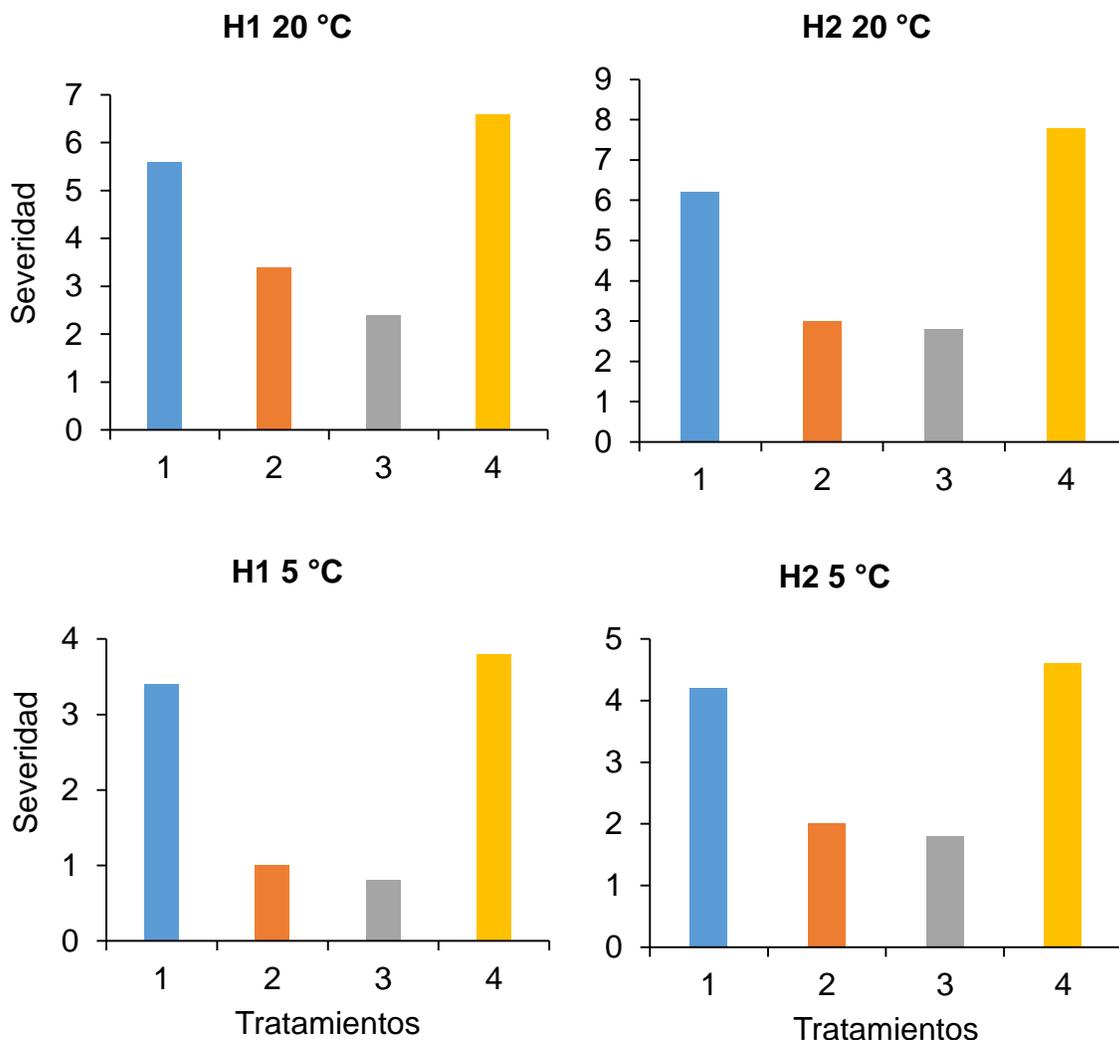


Figura 20. Severidad de pudrición por *Colletotrichum gloeosporioides* frutos de aguacate cv. Hass en postcosecha por efecto de tratamientos: 1) tiabendazol, 2) agua caliente, 3) tiabendazol + agua caliente y 4) testigo, durante almacenamiento a temperatura ambiente 20° C y posterior al periodo de refrigeración (5° ±1 °C). De los huertos con manejo integrado (H1) y manejo convencional (H2).

En el H1 después de 3 semanas en refrigeración el testigo presento porcentajes de 5 a 10 % de superficie dañada mientras que en H2 la escala de severidad más alta estuvo entre la clase 4 y 6 que va de 10 a 20 % de superficie dañada por pudrición, el tratamiento 1 donde solo se utilizó tiabendazol en el huerto A tuvo resultados estadísticamente

iguales al testigo con 5 a 10 % de superficie dañada, en el huerto si hubo diferencia significativa con el testigo sin embargo presento daños de 10 a 20 % de superficie dañada, una de las razones por la que no disminuyo mucho el daño es por su uso continuo de estos compuestos que trae consigo el desarrollo de resistencia en algunos microorganismos, por lo que se vuelven obsoletos como lo es tiabendazol (Gutiérrez y Gutiérrez, 2003). En H1 los tratamientos que presentaron mayor control en pudrición causada por *Colletotrichum* fueron los tratamientos con agua caliente con porcentaje no mayores de 0 a 5 % de superficie dañada.

El tratamiento térmico ha resultado útil en el control de hongos fitopatógenos, ya que las esporas de los mismos se encuentran en forma latente a nivel superficial o entre las primeras capas de células por debajo de la piel de los frutos; así mismo, el efecto directo del calor reduce la viabilidad de los hongos, así como su capacidad de infección, su aplicación ha resultado eficiente en el control de *Colletotrichum musae* (Droby, 2000; Sponholz *et al.*, 2004) *Monilinia fructicola* (Margosan *et al.*, 1997), *Penicillium expansum* (Hongyin *et al.*, 2008), *Chalara paradoxa* (Wilson *et al.*, 2005) y *Botrytis cinérea* (Karabulut *et al.*, 2004).

El tratamiento con solo agua caliente resulto efectiva, no obstante, en un menor porcentaje de control al que se obtuvo cuando se combinó con fungicidas, (Droby, 2000) sugiere que la aplicación de fungicidas postcosecha debe realizarse con algunas estrategias de control, como es el uso del tratamiento hidrotérmico, esto para evitar el desarrollo de resistencia de patógenos. Se encontró que la incidencia de la enfermedad fue menor en la etapa de eliminación, lo que posiblemente se deba a la aplicación de fungicidas y al tratamiento con agua caliente. Se informa que la aplicación de fungicidas

junto con el tratamiento con agua caliente suprime la incidencia de la enfermedad durante el almacenamiento del mango, a niveles aceptables (Coates *et al.*, 1993). Couey (1984) reportan que la incidencia de antracnosis fue 5,8% cuando se combinaron ambos tratamientos, mientras que al utilizar exclusivamente agua caliente este porcentaje se elevó a 26,7%. Fruta de mango tratada con caliente agua y fungicida y almacenados a 11 ° C funcionan mejor debido al mayor porcentaje de fruta comercializable y buen color de piel y menos enfermedades desarrollo junto con un buen valor de mercado (Hafeez *et al.*, 2016).

2.6 CONCLUSIÓN

Los mejores tratamientos para disminuir la pudrición en fruto causada por *Colletotrichum gloesporioides* almacenados 20 °C a temperatura ambiente fueron los tratamientos con agua caliente a 52 ± 1 °C por tres minutos con control de la pudrición con severidad de 5 a 10 %, una de las consecuencias que se observaron de estos tratamientos fue que en variables como, pérdida de peso, firmeza, contenido de vitamina C, etanol y acetaldehídos se presentó mayor pérdida de ellos durante el almacenamiento debido a que el fruto sufre un gasto energético y que reponer su cera superficial, sin embargo la disminución de estas variables no fue significativamente diferente a la del testigo y tratamiento con tiabendazol.

En el experimento con tratamientos en frutos de aguacate cv. Hass almacenados en refrigeración durante 3 semanas a 5 ± 1 °C los mejores tratamientos fueron los tratamientos con agua caliente con porcentajes de 0 a 5 % de superficie dañada en severidad, obteniendo una severidad menor que los tratamientos almacenados a temperatura ambiente.

Este estudio se mostró la eficacia de tratamientos con agua caliente a 52 ± 1 °C por tres minutos y en combinación de tratamientos con tiabendazol en el control de la pudrición causada por *Colletotrichum gloesporioides* en postcosecha en frutos de aguacate cv. Hass, concluyendo que el empleo de tratamientos con agua caliente y en combinación de tratamientos con fungicidas es una opción atractiva para el control de enfermedades pero es importante seguir refinando la metodología de los tratamientos con agua caliente aplicados en la desinfección y conservación de frutos y tener un mejor manejo en sus

efectos sobre los cambios fisiológicos y bioquímicos, puesto que influye significativamente en pérdida de peso y firmeza.

CONCLUSIONES GENERALES

El manejo de *Colletotrichum gloesporioides* en campo se pudo obtener con 8 aplicaciones de los tratamientos 1 (dos aplicaciones consecutivas de fosfito de calcio, ácido salicílico, acibenzolar S-metil alternada con una aplicación de Hidróxido de cobre) y 4 (una aplicación de fosfito de calcio más *Bacillus subtilis* alternada con una aplicación de Hidróxido de cobre) los cuales presentaron porcentajes de severidad en fruto de 0 a 10 % de superficie dañada, mientras que el testigo en presente en de 5 a 50% de superficie dañada.

Sin embargo, si no se controla en campo, el riesgo de daños severos por pudrición causada por *Colletotrichum gloesporioides* en madurez de consume se puede controlar con tratamientos postcosecha donde los tratamientos con agua caliente solos, o en combinación con tiabendazol a 52 ± 1 °C por tres minutos almacenados a temperatura ambiente (20 °C) tuvieron un control de la pudrición con severidad de 5 a 10 % de superficie dañada. También se puede implementar tratamientos con agua caliente solos, o en combinación con tiabendazol a 52 ± 1 °C por tres minutos almacenados con almacenados en refrigeración durante 3 semanas a 5 ± 1 °C obteniendo porcentajes de superficie dañada de 0 a 5 %, obteniendo una severidad menor que los tratamientos almacenados a temperatura ambiente, una de las consecuencias que se observaron de estos tratamientos con agua caliente a 52 ± 1 °C por tres minutos, fue que en variables como, pérdida de peso, firmeza, contenido de vitamina C, etanol y acetaldehídos se presentó mayor pérdida de ellos durante el almacenamiento debido a que el fruto sufre un gasto energético y que reponer su cera superficial, sin embargo la disminución de

estas variables no fue significativamente diferente a la del testigo y tratamiento con tiabendazol.

LITERATURA CITADA

- Abbasi, N. A., y Hafiz, I. A. (2009). Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. *Pak. J. Bot.*, 41(1), 343–357.
- Abo-Elyousr, K. A. M., Hashem, M., y Ali, E. H. (2009). Integrated control of cotton root rot disease by mixing fungal biocontrol agents and resistance inducers. *Crop Protection*, 28(4), 295–301. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2008.11.004>
- Abu-Aziz, A. E. M. B. ., Ahmed, F. M. ., Ahmed, D. M. ., Yousef, A. R. ., Dokki, E. T. ., y El-Gamaa, G. (1996). Thermal death kinetics of some common postharvest pathogens of papaya. *HortScience*, 31(6), 998–1002. <https://doi.org/10.21273/hortsci.31.6.998>
- Abu-Aziz, A. E. M. B. ., Ahmed, F. M., Dorria, ., Ahmed, M., y Yousef, A. R. (2009). Utilization of Hot Water Treatments for Reducing External Damage and Maintain Quality of Hass Avocado Fruits. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(6), 1046–1053.
- Achary, V. M. M., Ram, B., Manna, M., Datta, D., Bhatt, A., Reddy, M. K., y Agrawal, P. K. (2017). Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. *Plant Biotechnology Journal*, 15(12), 1493–1508. <https://doi.org/10.1111/pbi.12803>
- Agrios, G. N. (1998). *Plant Pathology* (Limusa (ed.); Third). Academic Press.
- Agusti, M. (2010). *Fruticultura* (M. Agusti (ed.); segunda). Mundiprensa.
- Alcántar, G. G. ., y Sandoval, M. V. (1999). Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. En *Manual de análisis químico de tejido vegetal* (p. 156). Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.
- Allende, R. ., Juárez, C., García, R., Carrillo, A., Patiño, M., y Galindo, E. (2001). *Rhodotorula minuta*, agente de control biológico potencial contra *Colletotrichum gloeosporioides* en mango. *Brazilian Phytopathology*, 26, 461–462.
- Alvarez, A., y Nishijima, W. (1987). Postharvest diseases of papaya. *Plant Disease*, 71(8), 681–686.
- Antonio, G. C., Azoubel, P. M., Alves, D. G., El-Aouar, A. A., y Murr, F. E. X. (2004). *Drving 200-1-Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IOS 2004)* São Paulo. Brazil. 21-25. C(August), 1998–2004.
- APEAM. (2022, febrero 17). Catálogo actualizado de plaguicidas. <https://plaguicidas.apeamac.com/buscador/filtro/1/f/13/>
- Arauz, L. F. (2000). Mango Anthracnose: Economic Impact and Current Options For Integrated Managaement. *Plant Disease*, 84(6), 600–611. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.6.600>

- Arévalo-Galarza, L., Saucedo-Veloz, C., Bustos-Ramírez, E., y González-Hernández, H. (2002). Maduración de frutos de aguacate Hass tratados con radiación gamma ripening. *Agrociencia*, 36(6), 667–673.
- Arias, R., Lee, T.-C., Logendra, L., y Janes, H. (2000). Correlation of Lycopene Measured by HPLC with the L*, a*, b* Color Readings of a Hydroponic Tomato and the Relationship of Maturity with Color and Lycopene Content. <https://doi.org/10.1021/jf990974e>
- Arina, M. A., Boyce, A. N., y Chandran, S. (2010). Effects of Postharvest Hot Water Treatment on Physiological and Biochemical Properties of “Eksotika” Papaya during Ripening. *Acta Horticulturae*, 875, 177–184.
- Arpaia, M. L. (1993). Studies in the Postharvest Handling of California Avocados. En *California Avocado Society* (pp. 79–88).
- Ashton, O. B. O. O., Wong, M., Mcghe, T. K. K., Vather, R., Wang, Y., Requejo-Jackman, C., Ramankutty, P., y Woolf, A. B. (2006). Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 10151–10158. <https://doi.org/10.1021/jf061809j>
- Astúa, G., Arauz, L. F., y Umaña, G. (1994). Sensibilidad reducida al tiabendazole en *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de papaya. *Agronomía Costarricense* 18:35-39., 18(1), 35–39.
- Ávila-Quezada, G. D., Téliz-Ortiz, D., Mora-Aguilera, G., Vaquera Huerta, H., y Tijerina Chávez, L. (2003). Spatial and Temporal Dynamic of Scab (*Sphaceloma perseae* Jenk.) on Avocado (*Persea americana* Mill). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), 152–160. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221209>
- Avila-Quezada, G., Silva-Rojas, H., y Teliz-Ortiz, D. (2007). First Report of the Anamorph of *Glomerella acutata* Causing Anthracnose on Avocado Fruits in Mexico. *Plant disease*, 91(9), 1200–1200. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-9-1200a>
- Baker, K. F., y Cook, R. J. (1974). *Biological Control of Plant Pathogens*.
- Balbino, J. M. de S., Puschmann, R., Finger, F. L., Mosquin, P. R., y Ventura, J. A. (2003). Contribuição de diferentes tratamentos pós-colheita para a conservação do mamão (*Carica papaya* L.) cultivar Sunrise. *Star*, 591–593.
- Barkai-golan, R., y Phillips, D. J. (1991). Postharvest Heat Treatment of Fresh Fruits and Vegetables for Decay Control. *Plant Disease*, 75(11), 1085. <https://doi.org/10.1094/pd-75-1085>
- Barrientos-Priego, A. F., María Teresa Martínez-Damián, Haidel Vargas-Madríz, y Lázaro-Dzul, M. O. (2016). Effect of preharvest calcium spraying on ripening and chilling injury in ‘Hass’ (*Persea americana* Mill.) avocado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(3), 145–159. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.04.010>
- Barrientos-Priego, A. F., Muñoz, B. P. R., Reyes, A. J. C., Borys, M. W., y Martínez-

- Damián, M. T. (2007). Taxonomía. Cultivares y portainjertos. En *El aguacate y su manejo integrado*. (Segunda Ed, pp. 31-62 321).
- Barroso-ake, A. C., Cerna-chávez, E., Tucuch-pérez, M. A., y Olalde-portugal, V. (2021). Manejo in vitro de antracnosis (*Colletotrichum acutatum* Simmonds) en aguacate mediante el uso de principios activos botánicos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1–7. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.3038>
- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., y Parr-Dobrzanski, B. (2002). The strobilurin fungicides. *Pest Management Science*, 58(7), 649–662. <https://doi.org/10.1002/ps.520>
- Ben-Yehoshua, S., y Rodov, V. (2002). Transpiration and Water Stress. *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. <https://doi.org/10.1201/9780203910092.ch5>
- Benato, E. . (1993). Termosensibilidad de hongos causadores de podridões pós-colheita em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Benítez-Camilo, F. A., Huerta-Palacios, G., y Holguín- Meléndez, F. (2003). Efecto de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. en la caída de Frutos de Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), 223–227.
- Beno-Moualem, D., y Prusky, D. (2000). Early Events During Quiescent Infection Development by *Colletotrichum gloeosporioides* in Unripe Avocado Fruits. *Phytopathology*, 90(5), 553–559. <https://doi.org/10.1094/phyto.2000.90.5.553>
- Bergh, B. O. (1992). Nutritious value of avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 76, 123–135.
- Binyamini, N., y Schiffmann-Nadel, M. (1972). Latent Infection in Avocado Fruit Due to *Colletotrichum gloeosporioides*. *PHYTOPATHOLOGY*, 62(6), 592–594. <https://doi.org/10.1094 / Phyto-62-592>.
- Bolivar-Fernández, N., Saucedo-Veloz, C., y Sauri-Duch, E. (2011). Respiration and related parameters of maturation in harvested chicozapote in the Yucatan peninsula. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP*, E, 261–266.
- Bosse, R. J., Bower, J. P., y Bertling, I. (2013). Systemic resistance inducers applied preharvest for *Colletotrichum gloeosporioides* control in avocados. *Acta Horticulturae*, 1007, 153–160. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.1007.14>
- Bower, J. P., y Cutting, J. G. (1988). Avocado fruit development and ripening physiology. *Horticultural Reviews*, 10, 229–271.
- Brecht, J. K., y Yahia, E. M. (2009). Postharvest Physiology. En R. Litz (Ed.), *The mango: botany, production and uses*. (2nd Editio, p. 484). <https://doi.org/10.1079 / 9781845934897.0000>.

- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Black, C. A. (ed.). American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. pp. 1149-1178.
- Brown, B. I. (1984). Market maturity indices and sensory properties of avocados grown in Queensland. *Food Technology. Aust.*, 37, 474–476.
- Bruce Da Silva, C. D. F., y Michereff, S. J. (2013). Biology of colletotrichum spp. And epidemiology of the anthracnose in tropical fruit trees. *Revista Caatinga*, 130–138. <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>
- Buccheri, M., y Vaio, C. Di. (2005). Relationship Among Seed Number, Quality, and Calcium Content in Apple Fruits. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10), 1735–1746. <https://doi.org/10.1081/pln-200026409>
- Buzi, A., Chilosi, G., De Sillo, D., y Magro, P. (2004). Induction of Resistance in Melon to *Didymella bryoniae* and *Sclerotinia sclerotiorum* by Seed Treatments with Acibenzolar-S-methyl and Methyl Jasmonate but not with Salicylic Acid. *Journal of Phytopathology*, 152(1), 34–42. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2003.00798.x>
- Cano, J., Guarro, J., y Gené, J. (2004). Molecular and Morphological Identification of *Colletotrichum* Species of Clinical Interest. *Journal of Clinical Microbiology*, 42(6), 2450. <https://doi.org/10.1128/JCM.42.6.2450-2454.2004>
- Carranza-Madrigal, J., Herrera-Abarca, J., Alvizouri-Muñoz, M., Alvarado-Jimenez, M., y Chavez-Carbajal, F. (1997). Effects of a vegetarian diet vs. a vegetarian diet enriched with avocado in hypercholesterolemic patients. *Archives of Medical Research*, 28(4), 537–541. <https://europepmc.org/article/med/9428580>
- Carrillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S., Muy-Rangel, M. D., Sañudo-Barajas, A., Márquez-Zequera, I., y Allende-Molar, R. (2005). Control Biológico de Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc.] y su Efecto en la Calidad Poscosecha del Mango (*Mangifera indica* L.) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(1), 24–32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61223104>
- Carvajal, C. E. (2013). Respuestas de defensa inducidas por acibenzolar-s-metil (asm) en plantas de uchuva (*Physalis peruviana*). Pontificia Universidad Javeriana.
- Cascino, J. J., Harris, R. F., Smith, C. S., y Andrews, J. H. (1990). Spore Yield and Microcycle Conidiation of *Colletotrichum gloeosporioides* in Liquid Culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 56(8), 2303. </pmc/articles/PMC184727/?report=abstract>
- Cerdas, A. M. del M., Montero Calderón, M., y Díaz Cordero, E. (2006). Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate (*Persea americana*). Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
- Cerdas Araya, M. del M., Montero Calderón, M., y Somarribas Jones, O. (2014).

- Verification of dry matter content as indicator of harvest for Hass avocado fruits (*persea americana*) grown in intermediate elevation production areas at Los Santos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 207–214. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242014000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Chau, K. F. ., y Alvarez, A. M. (1983). A histological of antracnose on *Carica papaya*. *The American Phytopathological Society*, 73(8), 1113–1116.
- Chávez-Sánchez, I., Carrillo-López, A., Vega-García, M., y Yahia, E. M. (2013). The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 101–107. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0228-0>
- Chivasa, S., Murphy, A. M., Naylor, M., y Carr, J. P. (1997). Salicylic Acid Interferes with Tobacco Mosaic Virus Replication via a Novel Salicylhydroxamic Acid-Sensitive Mechanism. *The Plant cell*, 9(4), 547–557. <https://doi.org/10.1105/TPC.9.4.547>
- Civello, P. M., Martínez, G. A., Chaves, A. R., y Añón, M. C. (1997). Heat Treatments Delay Ripening and Postharvest Decay of Strawberry Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(12), 4589–4594. <https://doi.org/10.1021/jf9700337>
- Clark, C. J., McGlone, V. A., Requejo, C., White, A., y Woolf, A. B. (2003). Dry matter determination in “Hass” avocado by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 29(3), 301–308. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(03\)00046-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00046-2)
- Coates, L. M., Johnson, G. I., y COOKE, A. W. (1993). Postharvest disease control in mangoes using high humidity hot air and fungicide treatments. *Annals of Applied Biology*, 123(2), 441–448. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04106.x>
- Coggins, C. W. (1984). Feasibility of Using Fruit Size and Percentage Dry Weight to Predict Maturity. *California Avocado Society*, 68, 145–160.
- CONAPA. (2020). Cobres en el manejo de enfermedades del aguacate bio-acumulación versus eficacia. *Somos Avocado No 05, 05, 21–25*. <https://www.productoresdeaguacate.com/modularevista/modulos/web/www/revista.php?idediccion=802019373997#20>
- CONAPA. (2021a). El aguacate puede combatir la leucemia. *Somos Avocado No 09, 09, 18–21*. <https://www.productoresdeaguacate.com/modularevista/modulos/web/www/revista.php?idediccion=1402120024496#18>
- CONAPA. (2021b). Importancia de las podas en el cultivo del aguacate. *Somos Avocado No 06, 06, 26–33*. <https://www.productoresdeaguacate.com/modularevista/modulos/web/www/revista.php?idediccion=412116540398#4>
- Coria, A. V. M. (2008). *Tecnología para la producción de aguacate en México (segunda*

- ed). <https://wiac.info/docview>
- Corrales-García, J., y Tlapa-Rangel, C. C. (1999). Daños por frío y producción de etanol en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 5, 345–351.
- Correa, P. C., De La Plaza Pérez, J. L., y Ruiz Altisent, M. (1995). Ensayos no destructivos para la evaluación de la madurez post-recolección de aguacate. *Agro-Ciencia*, 11(2), 197–200.
- Correa, P. C., Plaza Pérez, J. L. de la, y Ruiz-Altisent, M. (1991). Estudio de la evolución del color de la piel y de la pulpa de aguacate cv. “Hass” y su aplicación para la evaluación de la madurez post-recolección. Congreso Nacional del Color | 2o Congreso Nacional del Color, | 2,3,4, octubre,1991 | Parque Tecnológico de Valencia (España).
- Cossio-Vargas, L. E., Salazar-García, S., Medina-Torres, R., y González-Durán, I. J. L. (2008). Fenología Del Aguacate ‘Hass’ En El Clima Semicálido De Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XIV(3). <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2007.04.022>
- Couey, H. M. (1984). Comparison of Hot-Water Spray and Immersion Treatments for Control of Postharvest Decay of Papaya. *Plant Disease*, 68(1), 436. <https://doi.org/10.1094/PD-68-436>
- Couey, H. M. (1989). Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience*, 24(2), 198–202.
- Covarrubias, J. I., Lizana, L. A., y Luchsinger, L. (2007). Almacenaje refrigerado en postcosecha characterization of maturity parameters in esther avocado (*Persea americana* Mill.) Fruits during postharvest cold storage. *Proceedings VI World Avocado Congress.*, 7.
- Cox, K. A., Mcghie, T. K., White, A., y Woolf, A. B. (2004). Skin color and pigment changes during ripening of “Hass” avocado fruit Skin colour and pigment changes during ripening of ‘Hass’ avocado fruit. *Article in Postharvest Biology and Technology*, 31, 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.008>
- Dabas, D., Shegog, R., Ziegler, G., y Lambert, J. (2013). Avocado (*Persea americana*) Seed as a Source of Bioactive Phytochemicals. *Current Pharmaceutical Design*, 19(34), 6133–6140. <https://doi.org/10.2174/1381612811319340007>
- Dang, K. T., Singh, Z., y Swinny, E. E. (2008). Impact of postharvest disease control methods and cold storage on volatiles, color development and fruit quality in ripe “kensington pride” mangoes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(22), 10667–10674. <https://doi.org/10.1021/jf801270a>
- Davis, P. (1970). Relation of ethanol content of citrus fruits to maturity and to storage conditions. *Biology*.

- Davis, P. L., y Chace, W. R. (1969). Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *HortScience*, 4, 117-119.
- De Faria, D., De Paula, S., y Rodrigues, G; Kiyoshi, O. (2003). Efeito do Tratamento Hidrotérmico na Qualidade e Vida Pós-colheita de Mamao (*Carica papaya* L.), cv. Golden, Produzido no Oeste da Bahia. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.*, 47, 228–230.
- Dilmaghani, M. R., Malakouti, M. J., Neilsen, G. H., y Fallahi, E. (2004). Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. *Journal of Plant Nutrition*, 27(7), 1149–1162. <https://doi.org/10.1081/PLN-120038541>
- Dixon, J., Smith, D. B., y Elmsly, T. A. (2004). Quality of hass avocado (*Persea americana* Mill.) Fruit after high humidity storage in polyethylene bags. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report*, 4, 54–60.
- Domínguez Ríos, B. (2014). *Proceso De Maduración Y Calidad De Fruto De Aguacate Cv. Carmen Hass*.
- Donetti, M. ., y Terry, L. A. (2014). Investigation of skin colour changes as non-destructive parameter of fruit ripeness of imported “Hass” avocado fruit. *International Society for Horticultural Science*, 945, 189–196. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400116055>
- Dong, F., Li, J., Chankvetadze, B., Cheng, Y., Xu, J., Liu, X., Li, Y., Chen, X., Bertucci, C., Tedesco, D., Zanasi, R., y Zheng, Y. (2013). Chiral triazole fungicide difenoconazole: Absolute stereochemistry, stereoselective bioactivity, aquatic toxicity, and environmental behavior in vegetables and soil. *Environmental Science and Technology*, 47(7), 3386–3394. <https://doi.org/10.1021/es304982m>
- Dreher, M. L., y Davenport, A. J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(7), 738–750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Droby, S. (2000). Biologically and physically-based methods for the control of postharvest decay of fruit.
- Drori, N., Kramer-Haimovich, H., Rollins, J., Dinoor, A., Okon, Y., Pines, O., y Prusky, D. (2003). External pH and nitrogen source affect secretion of pectate lyase by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Applied and environmental microbiology*, 69(6), 3258–3262. <https://doi.org/10.1128/aem.69.6.3258-3262.2003>
- Du, M., Schardl, C. L., Nuckles, E. M., y Vaillancourt, L. J. (2005). Using mating-type gene sequences for improved phylogenetic resolution of *Collectotrichum* species complexes 1. *Mycologia*, 97(3), 641–658. <https://doi.org/10.3852/mycologia.97.3.641>
- Eckert, J. W., y Ogawa, J. M. (1985). The chemical control of postharvest diseases:

- subtropical and tropical fruits. *Annual Review of Phytopathology*, 1985, 421–454. www.annualreviews.org
- Eikemo, H., Stensvand, A., y Tronsmo, A. . M. (2003). Induced resistance as a possible means to control diseases of strawberry caused by *Phytophthora* spp. *Plant Disease*, 87(4), 345–350. <https://doi.org/10.1094/pdis.2003.87.4.345>
- Espinosa-Cruz, C. C., Valle-Guadarrama, S., Ybarra-Moncada, M. C., y Martínez-Damián, M. T. (2014). Comportamiento postcosecha de frutos de aguacate “Hass” afectado por temperatura y atmósfera modificada con microperforado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 235–242. <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.3.235>
- Estrada-Ortiz, E., Libia, ;, Trejo-Téllez, I., Fernando, ¶; , Gómez-Merino, C., Roberto Núñez-Escobar, ;, y Sandoval-Villa, M. (2011). Biochemical responses in strawberry plants supplying phosphorus in the form of phosphite. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(3), 129–138.
- Estrada, A. B., Dodd, J. C., y Jeffries, P. (2000). Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of two Philippine isolates of the mango anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathology*, 49(5), 608–618. <https://doi.org/10.1046/J.1365-3059.2000.00492.X>
- Everett, K. R., Owen, S. G., y Cutting, J. G. M. (2005). Testing efficacy of fungicides against postharvest pathogens of avocado (*Persea americana* cv Hass). *New Zealand Plant Protection*, 58, 89–95. <https://doi.org/10.30843/NZPP.2005.58.4260>
- FAOSTAT. (2021). The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Cultivos y productos de ganadería. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Ferguson, I., Volz, R., y Woolf, A. (1999). Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 255–262.
- Fernández-Larrea Vega Orietta. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 62, 96–100.
- Ferreyra E., R., y Defilippi B., B. (2012). Factores de precosecha que afectan la postcosecha de palta Hass: Clima, suelo y manejo. *Boletín INIA*, 248, 356–365. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7536>
- Freeman, S., Katan, T., y Shabi, E. (1996). Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from avocado and almond fruits with molecular and pathogenicity tests. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(3), 1014–1020. <https://doi.org/10.1128/aem.62.3.1014-1020.1996>
- Fulgoni, V. L., Dreher, M., y Davenport, A. J. (2013). Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001-2008. *Nutrition journal*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1475-2891->

- Garcia, J. M., Aguilera, C., y Albi, M. A. (1995). Postharvest Heat Treatment on Spanish Strawberry (*Fragaria x ananassa* Cv. Tudla). *J. Agric. Food Chem*, 43, 1489–1492.
- Geysen, S., Verlinden, B. E., y Nicolai, B. M. (2005). Thermal treatments of fresh fruit and vegetables. <https://doi.org/10.1533/9781845690243.3.429>
- Giassi, V., Kupper, K. C., Kiritani, C., Sousa, C. I., y GuilhermeBatista, E. (2015). Avaliação de *Bacillus* spp. no controle da flor preta do morangueiro. *Produtores da Agricultura Natural e II Simpósio Agroecológico: Solo, Sustentabilidade e Qualidade Ambiental*. <https://docplayer.com.br/15030456-Avaliacao-de-bacillus-spp-no-controle-da-flor-preta-do-morangueiro-sob-condicoes-de-laboratorio-e-casa-de-vegetacao.html>
- Giblin, F., Pegg, K., Willingham, S., Anderson, J., Coates, L., Cooke, T., Dean, J., y Smith, L. (2005). *Phytophthora Revisited*.
- Ginsberg, L. (1985). Post harvest physiological problems of avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 8, 8–11.
- Glinicki, R., Sas-Paszt, L., y Jadczyk-Tobjasz, E. (2010). The effect of plant stimulant/fertilizer “resistim” on growth and development of strawberry plants. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18(1), 111–124.
- González-Aguilar, G. A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Báez, R., y Wang, C. Y. (2000). Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 18. www.elsevier.com/locate/postharvbio
- Goulao, L. F., y Oliveira, C. M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 19(1), 4–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.07.002>
- Grové, T., De Beer, M., y Steyn, W. (1999). The effect of heat shock treatments followed by a quarantine cold treatment on avocado fruit quality. 22, 102–105.
- Guest, D., y Grant, B. (1991). The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biol. Rev*, 66, 159–187.
- Guevara, I., y Rodríguez-Gálvez, E. (2006). Inductores químicos de resistencia en la supresión de la marchitez del algodónero causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* en sistema hidropónico Chemical resistance inducers in the suppression of cotton wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Universalia*, 11(1), 6–12.
- Guillén Andrade, H. (2007). Cartografía agroecológica del cultivo del aguacate en Michoacán. 140.
- Gutiérrez-Alonso, J. G., Gutiérrez Alonso, O., Nieto-Ángel, D., Téliz-Ortiz, D., Zavaleta-

- Mejía, E., Delgadillo-Sánchez, F. ; y Vaquera Huerta, H. (2003). Evaluación de Resistencia a Imazalil, Prochloraz y Azoxystrobin en Aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. y Sacc. y Control de la Antracnosis del Mango (*Mangifera indica* L.) en Postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 378–383. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221321>
- Gutiérrez Alonso, J. G., Gutiérrez Alonso, O., Nieto Angel, D., Téliz Ortiz, D., Zavaleta Mejía, E., y Delgadillo Sánchez, F. (2004). Manejo Integrado de la Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* Penz. y Sacc.] del Mango (*Mangifera indica* L.) durante la Postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22, 395–402. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222313>
- Gutiérrez Alonso, O., y Gutiérrez Alonso, J. G. (2003). Evaluación de Resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxystrobin para el Control de Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en Frutos de Guayaba (*Psidium guajava* L.) en Postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), 228–232. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221219>
- Hafeez, O., Malik, A. U., Khalid, M. S., Amin, M., Khalid, S., y Umar, M. (2016). Effect of Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Quality of Mango cvs. Sindhri and Sufaid Chaunsa During Storage. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(12), 1104. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i12.1104-1111.818>
- Hartill, W. F. T., y Everett, K. R. (2002). Inoculum sources and infection pathways of pathogens causing stem-end rots of 'Hass' avocado (*Persea Americana*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30(4), 249–260. <https://doi.org/10.1080/01140671.2002.9514221>
- Hayat, Q., Hayat, A., Irfan, M., Ahmad, A., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A., Hayat, A., Irfan, M., Ahmad, A., Hayat, S., Irfan, M., y Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005>
- Hayat, S., Ali, B., y Ahmad, A. (2007). Salicylic Acid: Biosynthesis, Metabolism and Physiological Role in Plants. *Salicylic Acid: A Plant Hormone*, 1–14. https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0_1
- Hernández-Suárez, M., Hernández-Castillo, F. D., Lira-Saldivar, R. H., y Gallegos-Morales, G. (2010). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* con microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su efecto en el crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Agraria Nueva Época*, 7(1), 17–25. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3868>
- Herrera-Basurto, J., Martínez-Damián, M. T. T., Castillo-González, A. M. M., Barrientos-Priego, A. F. F., Colinas-León, M. T. T., Pérez-Mercado, C. A. A., y Aguilar-Melchor, J. J. J. (2007). Aspersiones de calcio en la concentración nutrimental de hoja, cáscara y fruto de aguacate "Hass". *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(1), 21–27.

- Herrera-González, J. A., Salazar-García, S., Gutiérrez-Martínez, P. ;, y González-Durán, I. J. L. (2013). El comportamiento poscosecha de frutos de aguacate 'Hass' es influenciado por el portainjerto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(1), 19–32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263125750011>
- HersHKovitz, V., Friedman, H., Goldschmidt, E. E., y Pesis, E. (2009). The role of the embryo and ethylene in avocado fruit mesocarp discoloration. *Journal of Experimental Botany*, 60(3), 791. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern328>
- Hertog, M. L. A. T. M., Nicholson, S. E., y Whitmore, K. (2003). The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in "Hass" avocado. *Postharvest Biology and Technology*, 29(1), 41–53. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00211-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00211-9)
- Hofman, P. J., Bower, J., y Woolf, A. (2013). Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. En *The avocado: botany, production and uses* (pp. 489–540). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845937010.0489>
- Hofman, P. J., y Jobin-Decor, M. (2015). Effect of fruit sampling and handling procedures on the percentage dry matter, fruit mass, ripening and skin colour of 'Hass' avocado, 74(3), 277–282. <https://doi.org/10.1080/14620316.1999.11511108>
- Hofman, P. J., Vuthapanich, S., Whiley, A. W., Klieber, A., y Simons, D. H. (2002a). Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 92, 113–123.
- Hofman, P. J., Vuthapanich, S., Whiley, A. W., Klieber, A., y Simons, D. H. (2002b). Tree yield and fruit minerals concentrations influence "Hass" avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 92(2), 113–123. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00286-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00286-2)
- Hongyin, Z., Ang, S., Huang, X., Dong, Y., y Zheng, X. (2008). Integrated control of postharvest blue mold decay of pears with hot water treatment and *Rhodotorula glutinis*. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.01.004>
- INAFED, H. A. de T. del V. (2022). Tetela del Volcán. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://wwinafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/minicipios/17022a.html>
- Jacques, F. L. (2015). Efeito de produtos alternativos in vitro e em casa de vegetação no controle de *Colletotrichum* gramínicola. <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2273>
- Janisiewicz, W. J., y Korsten, L. (2002). Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 411–452. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158>
- Javanmardi, J., y Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest*

- Jeffries, P., Dodd, J. C., Jeger, M. J., Y Plumbley, R. A. (1990). The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. *Plant Pathology*, 39(3), 343–366. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3059.1990.TB02512.X>
- Jones, J. B., Wolf, B., y Mills, H. A. (1991). *Plant analysis handbook : a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide* (Athens, GA). Micro-Macro Publishing.
- Joshi, M. S., Sawant, D. M., y Gaikwad, A. P. (2013). Variation in fungi toxicant sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates infecting fruit crops. *ISABB Journal of Food and Agriculture Science*, 3(1), 6–8. <https://doi.org/10.5897/isabb-jfas11.042>
- Juri, M. C. (2010). *Características Generales de las Paltas*. ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. www.odepa.gob.cl
- Kader, A. (2006). The return of investment in postharvest technology for assuring quality and safety of horticultural crops. En Department of Plant Science. University of California Davis.
- Kader, A., y Arpaia, M. L. (1999). *Aguacate (Palta) - recomendaciones para mantener la calidad postcosecha*. Fruit Ripening & Ethylene Management; Postharvest Technology Research & Information Center UC Davis—Department of Plant Sciences. https://farmanswers.org/Library/Record/aguacate_palta_recomendaciones_para_mantener_
- Karabulut, O. A. ., Arslan, U. U. A., Kuruoglu, G. G. K., y Ozgenc Ozgenc, T. T. (2004). Control of Postharvest Diseases of Sweet Cherry with Ethanol and Hot Water. *Journal of Phytopathology*, 152, 298–303. www.blackwell-synergy.com
- Karabulut, O. A., y Baykal, N. (2004). Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast antagonist, hot water and modified atmosphere packaging. *Crop Protection*, 23, 431–435. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.09.012>
- Karakurt, Y., y Huber, D. J. (2003). Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 28(2), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00177-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00177-1)
- Ke, D., Yahia, E., Mateos, M., y Kader, A. A. (1994). Ethanollic Fermentation of 'Bartlett' Pears as Influenced by Ripening Stage and Atmospheric Composition. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5), 976–982. <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.5.976>
- Kimaru, S. K., Monda, E., Cheruiyot, R. C., Mbaka, J., y Alakonya, A. (2018).

- Morphological and Molecular Identification of the Causal Agent of Anthracnose Disease of Avocado in Kenya. *International Journal of Microbiology*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4568520>
- Klein, J. D., y Lurie, S. (1990). Prestorage Heat Treatment as a Means of Improving Poststorage Quality of Apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(2), 265–269. <https://doi.org/10.21273/jashs.115.2.265>
- Kloepper, J. W., Ryu, C.-M., y Zhang, S. (2004). Induced Systemic Resistance and Promotion of Plant Growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94(11), 1259–1266. <https://doi.org/10.1094/phyto.2004.94.11.1259>
- Kloepper, J. W., Tuzun, S., y Kuć, J. A. . (1992). Proposed definitions related to induced disease resistance. *Biocontrol Science and Tecnology*, 2(4), 349–351. <https://doi.org/10.1080/09583159209355251>
- Kofoet, A., y Fischer, K. (2007). Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae* and *Pseudoperonospora cubensis*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 114(2), 54–61. <https://doi.org/10.1007/BF03356204>
- Koné, D., Csinos, A. S., Jackson, K. L., y Ji, P. (2009). Evaluation of systemic acquired resistance inducers for control of *Phytophthora capsici* on squash. *Crop Protection*, 28(6), 533–538. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.02.005>
- Korsten, L., y Cook, N. (1996). Optimizing Culturing Conditions for *Bacillus Subtilis*. 19, 54–58.
- Korsten, L., Villiers, D. E., Rowell, A., y Kotzé, &. (1993). South African Avocado Growers' Association Yearbook. 16, 65–69.
- Kremer-Köhne, S., y Köhne, J. S. (1992). Yield and fruit quality of Fuerte and Hass on clonal rootstocks. 15, 69.
- Labanauskas, C. K., Embleton, T. W., y Jones, W. W. (1958). Influence of Soil Applications of Nitrogen, Phosphate, Potash, Dolomite, and Manure on the Micronutrient Content of Avocado Leaves 1. 71, 285–291.
- Lallum, N., Punter, M., Haynes, G., Pidakala, P., y Burdon, J. (2004). Role of water loss in ripening of “Hass” avocados. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report*, 4, 70–79.
- Lamichhane, J. R., Osdaghi, E., Behlau, F., Köhl, J., Jones, J. B., y Aubertot, J.-N. (2018). Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 2018 38:3, 38(3), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S13593-018-0503-9>
- Lana, M. M., Van Kooten, O., Dekker, M., Suurs, P., y Linssen, R. F. A. (2005). Effects of cutting and maturity on lycopene concentration of fresh-cut tomatoes during storage at different temperatures. *Acta Horticulturae*, 682, 1871–1878.

<https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.682.251>

- Landero-Valenzuela, N., Lara-Viveros, F. M., Andrade-Hoyos, P., Aguilar-Pérez, L. A., y Aguado Rodríguez, G. J. (2017). Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1189–1198. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.245>
- Lara, I., García, P., y Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 34(3), 331–339. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.05.018>
- Larqué-Saavedra, A., y Martín-Mex, R. (2007). Effects of Salicylic Acid on the Bioproductivity of Plants. En S. Hayat & A. Ahmad (Eds.), *Salicylic Acid: A Plant Hormone* (pp. 15–23). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0_2
- Leclereq, H. (1990). Observations on overseas markets during the 1989 avocado season. 13, 11–13.
- Lee, H.-H., Hong, S.-I., Son, S.-M., y Kim, D. (2011). Effect of On-site Postharvest Hot Water Treatment on Storage Quality of Commercial Greenhouse Satsuma Mandarin. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 43(5), 577–582. <https://doi.org/10.9721/kjfst.2011.43.5.577>
- Lee, y Kader, A. A. (2002). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207–220. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- Lee, S. K., Young, R. E., Schiffman, P. M., y Coggins, C. W. (1983). Maturity Studies of Avocado Fruit Based on Picking Dates and Dry Weight. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 108(3), 390–394.
- Lobato, M. C., Maschinandiarena, M. F., Tambascio, C., G.G.A., D., Caldiz, D., Daleo, G. R., Andreu, A. ., y Olivieri, F. P. (2011). Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. *European Journal of Plant Pathology* 2011 130:2, 130(2), 155–163. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/5526>
- Lobato, M. C., Olivieri, F. P., Altamiranda, E. A. G., Wolski, E. A., Daleo, G. R., Caldiz, D. O., y Andreu, A. B. (2008). Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *European Journal of Plant Pathology*, 122(3), 349–358. <https://doi.org/10.1007/S10658-008-9299-9>
- Lopez-Cabrera, J. J., y Marrero-Dominguez, A. (1998). Use of hot water dips to control the incidence of banana crown rot. En *Acta Horticulturae* (Vol. 490, pp. 563–569). <https://doi.org/10.17660/actahortic.1998.490.60>
- López Estrada, M. E., Noriega Cantú, D. H., Damián Nava, A., González Mateos, R., Pereyda Hernández, J., Domínguez Márquez, V. M., Martínez Alonso, U.,

- Cruzaley Sarabia, R., Cruz Lagunas, B., y Salas Abarca, E. (2014). Guía para el manejo integrado del aguacate en altas densidades en el estado de Guerrero.
- López, L., y Cajuste, J. F. (1999). Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 365–371.
- López López, L., y Cajuste Bontemps, J. F. (1999). Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 361–371.
- Lovatt, C. J. (2013). Hass Avocado Nutrition Research In California. *California Avocado Society*, 96, 74–105.
- Lovatt, C. J., y Mikkelsen, R. (2006). Phosphite fertilizers: What are they?. Can you use them? What can they do? *Better Crops With Plant Food*, 90(4), 11–13.
- Ludwig, J., Moura, A. B., Dos Santos, A. S., y Ribeiro, A. S. (2009). Microbiolização de sementes para o controle da mancha-parda e da escaudadura em arroz irrigado. *Tropical Plant Pathology*, 34(5), 322–328. www.sbfito.com.br
- Lurie, S. (2006). The Effect of High Temperature Treatment on Quality of Fruits and Vegetables. *Acta Horticulturae*, 712, 165–174.
- Magwaza, L. S., y Tesfay, S. Z. (2015). A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. *Food and Bioprocess Technology*, 8(10), 1995–2011. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1568-y/tables/7>
- Mairesse, C., Giuliana, G., Duarte, S., y Concepción, L. (2018). Efecto del producto biológico a base de bacillus subtilis sobre la antracnosis (*Colletotrichum fragariae* Brooks) y la mancha marrón. <https://meridian.allenpress.com/peanut-science/article/15/1/9/108039/Yield-and-Market-Quality-of-Seven-Peanut-Genotypes>
- Malamy, J., Carr, J., Klessig, D., y Klessig, I. (1990). Salicylic Acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. *Science (New York, N.Y.)*, 250(4983), 1002–1004. <https://doi.org/10.1126/science.250.4983.1002>
- Maldonado-Cruz, E., Ochoa-Martínez, D. L., y Tlapal-Bolaños, B. (2008). Efecto del ácido acetil salicílico y *Bacillus subtilis* en la infección causada por Cucumber mosaic virus en calabacita. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(1), 55–59. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000100008
- Małolepsza, U. (2006). Induction of disease resistance by acibenzolar-S-methyl and o-hydroxyethylrutin against *Botrytis cinerea* in tomato plants. *Crop Protection*, 25(9), 956–962. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.12.009>
- Margosan, D. A., Smilanick, J. L., Simmons, G. F., y Henson, D. J. (1997). Combination

- of Hot Water and Ethanol to Control Postharvest Decay of Peaches and Nectarines. *Plant disease*, 81(12), 1405–1409. <https://doi.org/10.1094/pdis.1997.81.12.1405>
- Marques, J. R., Hofman, P. J., y Wearing, A. H. (2006). Between-tree variation in fruit quality and fruit mineral concentrations of Hass avocados. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(9), 1195–1201. <https://doi.org/10.1071/ea04051>
- Márquez, C., Yepes, D., Sanchez, L., y Osorio, J. (2014). Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. “Hass”) en poscosecha para dos municipios de antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), 32–47. <https://doi.org/10.21897/rta.v19i1.723>
- Martin-Mex, R., Nexticapán-Garcéz, Á., Herrera-Tuz, R., Vergara-Yoisura, S., y Larqué-Saavedra, A. (2012). Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1637–1643.
- Martín-Mex, R., Vergara-Yoisura, S., Nexticapán-Garcés, Angel Larqué-Saavedra, A., Nexticapán-Garcés, A., y Larqué-Saavedra, A. (2010). Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in *Petunia hybrida*. *Agrociencia*, 44(7), 773–778. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30219731004>
- Martins, D. M. S., Blum, L. E. B., Sena, M. C., Dutra, J. B., Freitas, L. F., Lopes, L. F., Yamanishi, O. K., y Dianese, A. C. (2010). Effect of hot water treatment on the control of papaya (*Carica papaya* L.) post harvest diseases. *Acta Horticulturae*, 864(P 725), 181–186. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2010.864.23>
- Matheron, M. E., y Porchas, M. (2002). Suppression of Phytophthora Root and Crown Rot on Pepper Plants Treated with Acibenzolar-S-Methyl. *Plant Disease*, 86(3), 292–297. <https://doi.org/10.1094/pdis.2002.86.3.292>
- Mayer, A. M., y Harel, E. (1991). Phenoloxidases and their significance in fruits and vegetables. *Food enzymology*, 1, 373-398.
- McCollum, T. G. ., D’Aquino, S. ., y McDonald, R. E. (1993). Heat treatment inhibits mango chilling injury. *HortScience*, 28, 197–198.
- McDonald, A. E., Grant, B. R., y Plaxton, W. C. (2001). Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. *Journal of Plant Nutrition*, 24(10), 1505–1519. <https://doi.org/10.1081/pln-100106017>
- McGuire, R. G. (1991). Concomitant decay reductions when mangoes are treated with heat to control infestations of Caribbean fruit flies. *Plant Disease*, 75(9), 946–949.
- Medina-Carrillo, R. E., Salazar-García, S., Bonilla-Cárdenas, J. A., Herrera-González, J. A., Ibarra-Estrada, M. E., y Álvarez-Bravo, A. (2017). Secondary Metabolites and Lignin in ‘Hass’ Avocado Fruit Skin during Fruit Development in Three Producing Regions. *HortScience*, 52(6), 852–858. <https://doi.org/10.21273/hortsci11882-17>

- Mejía-Bautista, M. Á., Reyes-Ramírez, A., Cristobal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Borges-Gómez, L. D. C., y Pacheco-Aguilar, J. R. (2016). *Bacillus* spp. en el Control de la Marchitez Causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 34(3), 208–222. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1603-1>
- Mercado-Ruiz, J. N., y Martínez-Téllez, M. Á. (2004). Características sensoriales de la calabaza zucchini (*Cucurbita Pepo* L.) envasada individualmente y conservada en refrigeración. *Food Science and Technology International*, 10(2), 73–77. <https://doi.org/10.1177/1082013204043763>
- Mercado-Silva, E., Garcia, R., Heredia-Zepeda, A., y Cantwell, M. (1998). Development of chilling injury in five jicama cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 13, 37–43.
- Métraux, J. P., Signer, H., Ryals, J., Ward, E., Wyss-Benz, M., Gaudin, J., Raschdorf, K., Schmid, E., Blum, W., y Inverardi, B. (1990). Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. *Science*, 250(4983), 1004–1006. <https://doi.org/10.1126/science.250.4983.1004>
- Meza, R. J. (1995). Preacondicionamiento en el control de daños por frío y calidad en toronja cv Ruby Red. Colegio de Postgraduados.
- Mignani, I., Greve, L. C., Ben-Arie, R., Stotz, H. U., Li, C., Shackel, K. A., y Labavitch, J. M. (1995). The effects of GA3 and divalent cations on aspects of pectin metabolism and tissue softening in ripening tomato pericarp. *Physiologia Plantarum*, 93(1), 108–115. <https://doi.org/10.1034/J.1399-3054.1995.930116.X>
- Mitcham, E. J., y McDonald, R. E. (1993). Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 3, 77.
- Monsalve, J. V., Edgar, S., y Rosero, V. (2012). Efecto del Fosfito de Potasio en Combinación con el Fungicida Metalaxyl + Mancozeb en el Control de Mildeo Velloso (*Peronospora destructor* Berk) en Cebolla de Bulbo (*Allium cepa* L.) Effect of the Potassium Phosphite in Combination with the Fungicide Metala. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 65(1), 6317–6325.
- Moor, U., Pöldma, P., Tõnutare, T., Karp, K., Starast, M., y Vool, E. (2009). Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 264–269. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2008.08.005>
- Moral, J., Agustí-Brisach, C., Agalliu, G., De Oliveira, R., Pérez-Rodríguez, M., Roca, L. F., Romero, J., y Traperó, A. (2018). Preliminary selection and evaluation of fungicides and natural compounds to control olive anthracnose caused by *Colletotrichum* species. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.033>
- Morales-García, J. L. (2017). Estado actual de las enfermedades del fruto del aguacate

- en México: roña y antracnosis. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. 04 -07 de septiembre 2017 Ciudad Guzmán, Jalisco, México, 114–125.
- Morales, R. (2021). Exportaciones mexicanas de aguacate rompen récord y se triplican en una década | El Economista. El economista. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Exportaciones-mexicanas-de-aguacate-rompen-record-y-se-triplican-en-una-decada-20210103-0073.html>
- Moreira, R. R. (2013). *Bacillus* spp. *Pseudomonas* sp. no biocontrol de *Colletotrichum* do grupo *acutatum*, causador da mancha foliar de *glomerella* em macieira. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/32363>
- Nascimento, A. S., Malavasi, A., Morgante, J. S., y Duarte., A. L. A. (1992). Hot water immersion treatment for mangoes infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. oblique*, and *ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 85, 456-460.
- NCBI, N. C. for B. I. . (2020, junio 3). Taxonomy browser (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Colletotrichum gloeosporioides*, Taxonomy. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=474922&lvl=3&keep=1&srchmode=1&unlock>
- Nesher, I., Barhoom, S., y Sharon, A. (2008). Cell cycle and cell death are not necessary for appressorium formation and plant infection in the fungal plant pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *BMC Biology*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-6-9>
- Nishijima, K. A. (1992). Effect of Forced, Hot-Air Treatment of Papaya Fruit on Fruit Quality and Incidence of Postharvest Diseases. En *Plant Disease* (Vol. 76, Número 7, p. 723). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.370.20>
- Ochoa-Ascencio, S., Hertog, M. L. A. T. M., y Nicolaï, B. M. (2009). Modelling the transient effect of 1-MCP on “Hass” avocado softening: A Mexican comparative study. *Postharvest Biology and Technology*, 51(1), 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.06.002>
- Okigbo, R. N., y Osuinde, M. I. (2018). Fungal leaf spot diseases of mango (*Mangifera indica* L.) in Southeastern Nigeria and biological control with *Bacillus subtilis*. *Plant Protection Science*, 39(No. 2), 70–77. <https://doi.org/10.17221/3829-PPS>
- Oms-Oliu, G., Rojas-Graü, M. A., González, L. A., Varela, P., Soliva-Fortuny, R., Hernando, M. I. H., Munuera, I. P., Fiszman, S., y Martín-Belloso, O. (2010). Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.04.001>
- Orbović, V., Syvertsen, J. P., Bright, D., Clief, D. L. Van, y Graham, J. H. (2008). Citrus Seedling Growth and Susceptibility to Root Rot as Affected by Phosphite and Phosphate, 31(4), 774–787. <https://doi.org/10.1080/01904160801928448>

- Osuna-García, J. A., Doyon, G., Salazar-García, S., Goenaga, R., y González-Durán, I. J. L. (2010). Effect of harvest date and ripening degree on quality and shelf life of Hass avocado in Mexico. *Fruits*, 65(6), 367–375. <https://doi.org/10.1051/fruits/2010031>
- Osuna García, J. A., Beltrán, J. A., y Valdivia, V. V. (2005). Efecto del 1-metilciclopropeno (1-mcp) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate “Hass” effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest behavior of avocado “Hass”. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(1), 1–8.
- Paliyath, G., y Droillard, M. (1992). The mechanisms of membrane deterioration and disassembly during senescence. *Plant Physiology and Biochemistry*, 30, 789–812.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., y Al-Said, F. A. J. (2012). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology* 2012 6:1, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/S11947-012-0867-9>
- Payeras, A. (2010). Fosfito Potásico. Bonsai Menorca. <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/fosfito-potasico/>
- Penter, M. G., y Stassen, P. J. C. (2000). The effect of pre-and postharvest calcium applications on the postharvest quality of Pinkerton avocados. *South African Avocado Growers’ Association Yearbook*, 23(January 2000), 1–7. https://www.researchgate.net/publication/265823162_The_effect_of_pre-and_postharvest_calcium_applications_on_the_postharvest_quality_of_Pinkerton_avocados
- Perkins, M. L., Usanase, D., Zhang, B., Joyce, D. C., y Coates, L. M. (2020). Impact Injury at Harvest Promotes Body Rots in ‘Hass’ Avocado Fruit upon Ripening. *Horticulturae* 2020, Vol. 6, Page 11, 6(1), 11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6010011>
- Pesis, E. (2005). The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology*, 37(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.03.001>
- Pesis, E., Fuchs, Y., y Zauberman, G. (1978). Cellulase Activity and Fruit Softening in Avocado. *Plant Physiology*, 61(3), 416. <https://doi.org/10.1104/PP.61.3.416>
- Picchioni, G. A., Watada, A. E., Conway, W. S., Whitaker, B. D., y Sams, C. E. (1995). Phospholipid, galactolipid, and steryl lipid composition of apple fruit cortical tissue following postharvest CaCl₂ infiltration. *Phytochemistry*, 39(4), 763–769. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(95\)00068-1](https://doi.org/10.1016/0031-9422(95)00068-1)
- Pieterse, C. M. J., Wees, S. C. M. van, Hoffland, E., Pelt, J. A. van, y Leendert C. van Loon. (1996). Systemic resistance in Arabidopsis induced by biocontrol bacteria is independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis-related gene expression. *The Plant cell*, 8(8), 1225–1237. <https://doi.org/10.1105/tpc.8.8.1225>

- Porat, R., Pavoncello, D., Peretz, J., Ben-Yehoshua, S., y Lurie, S. (2000). Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of “Star Ruby” grapefruit. *Postharvest Biology and Technology*, 18(2), 159–165. www.elsevier.com/locate/postharvbio
- Prabha, T. N., Ravindranath, B., y Patwardhan, M. V. (1980). Anthocyanins of avocado (*Persea americana*) peel.
- Prusky, D., Fuchs, Y., Kobiler, I., Roth, I., Weksler, A., Shalom, Y., Fallik, E., Zauberman, G., Pesis, E., Akerman, M., Ykutiely, O., Weisblum, A., Regev, R., y Artes, L. (1999). Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. *Postharvest Biology and Technology*, 15(2), 165–174. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00082-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00082-9)
- Prusky, D., McEvoy, J. L., Leverentz, B., y Conway, W. S. (2001). Local modulation of host pH by *Colletotrichum* species as a mechanism to increase virulence. *Molecular Plant-Microbe Interactions: MPMI*, 14(9), 1105–1113. <https://doi.org/10.1094/mpmi.2001.14.9.1105>
- Radhakrishnan, N., Alphonse, A. J., y Balasubramanian, R. (2011). Effect of Acibenzolar-S-methyl (ASM) pre-treatment in inducing resistance against *Pythium aphanidermatum* infection in *Curcuma longa*. *Crop Protection*, 30(1), 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.020>
- Ramírez, J. (2008). Central Mayorista de Antioquia. Boletín informativo, 25.
- Ramírez, y Jacobo, J. L. (2002). Impacto Ambiental del Uso de Plaguicidas en Huertos de Manzano del Noroeste de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 20(2), 168–173. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61220206>
- Rao, C. G. (2015). Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. En *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables* (p. 859). Academic Press.
- Reina Noreña, J., Mayorga Cobos, M. J., Caldas Herrera, S. J., Rodríguez Valenzuela, J., y Varón Devia, E. H. (2016). El problema de la peca en cultivos de aguacate (*Persea americana* Mill.) del norte del Tolima, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 265–278. https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num2_art:372
- Ritenour, M. A., Mangrich, M. E., Beaulieu, J. C., Rab, A., y Saltveit, M. E. (1997). Ethanol effects on the ripening of climacteric fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 12, 35–42.
- Rivas-San Vicente, M., y Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of experimental botany*, 62(10), 3321–3338. <https://doi.org/10.1093/jxb/err031>
- Robinson, P. W. ., Mickelbart, M. V., Liu, X., y Adams, C. (2014). Development of a

- phenological model of avocado tree growth in California. *International Society for Horticultural Science*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400129522>
- Roca M, M. G., Ongarelli, M. D. G., Davide, L. C., y Mendes-Costa, M. C. (2000). Ultrastructural aspects in perithecia hyphae septal pores of *Glomerella cingulata* F. SP. Phaseoli. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31(3), 222–224. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822000000300014>
- Rocha-Arroyo, M., Luis, J., Salazar-García, ;, Bárcenas-Ortega, S.;, y Elizabeth, A. (2010). Determinación irreversible a la floración del aguacate ‘Hass’ en Michoacan. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 469–478. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120639002>
- Royo-Báez, I., Brando Álvarez-Rodríguez, R. S. G.-E., León-Félix, J., Sañudo-Barajas, A., y Allende-Molar, R. (2017). Situación actual de *Colletotrichum* spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. *Revista mexicana de fitopatología*, 35(3), 549–570. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1703-9>
- Román, E., y Yahia, E. (2002). MANEJO POSTCOSECHA DEL AGUACATE. *REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 9(2), 5–16. <file:///C:/Users/DELL/Downloads/169818107001.pdf>
- Rosas Flores, N., Veloz, S., Osorio, G., Reyes, S., Producción Etileno Y Cambios Asociados A La Maduración De Frutos De Aguacate, D. DE, y Hass, C. (2016). PRODUCCIÓN DE ETILENO Y CAMBIOS ASOCIADOS A LA MADURACIÓN DE FRUTOS DE AGUACATE ‘HASS’ Y ‘CARMEN HASS’. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 24–29. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81346341004/html/index.html>
- Salazar-García, S., Ibarra-Estrada, M. E., y González-Valdivia, J. (2018). Phenology of “méndez” avocado in southern Jalisco, México. *Agrociencia*, 52, 991–1003.
- Salazar-García, S., Isidro José Luis González-Durán, y Luis Mario Tapia-Vargas. (2011). Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate ‘Hass’ en michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(2), 183–194. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60920970010>
- Salazar-García, S., Medina-Carrillo, R. E., y Álvarez-Bravo, A. (2016). Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate ‘Hass’. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 2565–2575. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263144472010>
- Salazar, S., y Lazcano, I. (2001). Remoción de nutrientes de cuatro cultivares de aguacate. *Better Crops International*, 15(1), 28–31.
- Salunkhe, D. K., y Desai, B. B. (1984). *Postharvest biotechnology of fruits*. (Volumen 2). CRC Press. <https://agris.fao.org/agris->

search/search.do?recordID=XF2015028099

- Sams, C. E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 249–254.
- Sanaeifar, A., Bakhshipour, A., y de la Guardia, M. (2015). Prediction of banana quality indices from color features using support vector regression. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.10.073>
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D., y Anchondo-Nájera, Álvaro. (2011). Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(Especial 1), 63–68.
- Sanders, G. M., Korsten, L., y Wehner, F. C. (2000). Survey of fungicide sensitivity in *Colletotrichum gloeosporioides* from different avocado and mango production areas in South Africa. *European Journal of Plant Pathology*, 106(8), 745–752. <https://doi.org/10.1023/A:1026523021296>
- Santamaría-Basulto, F., Díaz Plaza, R., Gutiérrez Alonso, O., Santamaría Fernández, J., y Larqué Saavedra, A. (2011). Control de dos especies de *Colletotrichum* y su efecto sobre el color y sólidos solubles totales en frutos de papaya maradol. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 19–27. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808004>
- Sapers, G. M., y Miller, R. L. (1998). Browning Inhibition in Fresh-Cut Pears. *Journal Of Food Science*, 63(2).
- Saucedo-Hernández, L. ., Martínez-Damián, M. T. ., Colinas-León, M. T. ., Barrientos-Priego, A. F. ., y Aguilar-Melchor, J. J. (2005). Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'fuerte'. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), 149–157. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912502022>
- Saucedo Veloz, C., Esparza Torres, F., y Lakshminarayana, S. (1977). Effect of refrigerated temperatures on the incidence of chilling injury and ripening quality of mango fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 90, 205–210. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19780367993>
- Schweiggert, R. M., Steingass, C. B., Heller, A., Esquivel, P., y Carle, R. (2011). Characterization of chromoplasts and carotenoids of red- and yellow-fleshed papaya (*Carica papaya* L.). *Planta*, 234(5), 1031–1044. <https://doi.org/10.1007/S00425-011-1457-1>
- Segarra-Carmona, A. E., Franqui, R. A., Ramírez-Ramos, L. V., Santiago, L. R., y Torres-Rivera, C. N. (1969). Hot water dip treatments to destroy *Anastrepha obliqua* larvae (Diptera: Tephritidae) in mangoes from Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 74(4), 441–447. <https://doi.org/10.46429/Jaupr.v74i4.6683>

- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., y Valero, D. (2004). Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. *Postharvest Biology and Technology*, 34(2), 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.05.004>
- Seymor, G. B. ., Tucker, G. A. ., y Chapman and Hall. (1993). Avocado. En L. LI (Ed.), *Biochemistry of fruit ripening* (pp. 53–81).
- Shafiee, M., Taghavi, T. S., y Babalar, M. (2010). Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 124(1), 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.004>
- Sharp, J. L. (1986). Hot-water Treatment for Control of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) in Mangos. *Journal of Economic Entomology*, 79(3), 706–708. <https://doi.org/10.1093/jee/79.3.706>
- Sharp, J. L., Ouye, M. T., Hart, W., Ingle, S., Hallman, G., Gould, W., Chew, V., y Jennifer L. Sharp, Milton T. Ouye, William Hart, Sammy Ingle, Guy Hallman, Walter Gould, V. C. (1989). Immersion of Florida Mangos in Hot Water as a Quarantine Treatment for Caribbean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 82(1), 186–188. <https://doi.org/10.1093/JEE/82.1.186>
- Sharp, J. L., Ouye, M. T., Thalman, R., Hart, W., Ingle, S., y Chew, V. (1988). Submersion of ‘Francis’ Mango in Hot Water as a Quarantine Treatment for the West Indian Fruit Fly and the Caribbean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 81(5), 1431–1436. <https://doi.org/10.1093/JEE/81.5.1431>
- SIAP. (2020). Panorama agrolimentario 2020 (Vol. 2020, p. 12).
- SIAP. (2021). Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la Producción agrícola por cultivo.
- SIAVI. (2021). Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. Historia arancelaria-aguacate-08044001.
- Solis-Fraire, J. J., Barrientos-Priego, A. F., Pérez-Mercado, C. A., Rubí-Arriaga, M., Martínez-Damián, M. T., y Reyes-Alemán, J. C. (1998). Aplicaciones foliares de nitrato de calcio, su efecto en el contenido nutrimental de hoja y mesocarpio en aguacatero (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 4(2), 113–117.
- Spadaro, D., Lodovica, M., Di, G., y Va, P. R. A. (2004). State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases \$. *International Journal of Food Microbiology*, 91, 185–194. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00380-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00380-5)
- Sponholz, C., Batista, U. G., Zambolim, L., Salomão, L. C. C., y Cardoso, A. A. (2004). Efeito do Tratamento Hidrotérmico e Químico de Frutos de Banana “Prata” no

- Controle da Antracnose em Pós-Colheita*. *Fitopatologia Brasileira* 29:480-485., 29, 480–485.
- Sreenivasaprasad, S., y Talhinhos, P. (2005). Genotypic and phenotypic diversity in *Colletotrichum acutatum*, a cosmopolitan pathogen causing anthracnose on a wide range of hosts. *Molecular plant pathology*, 6(4), 361–378. <https://doi.org/10.1111/J.1364-3703.2005.00291.X>
- Stirling, A. M., Pegg, K. G., y Hayward, A. C. (1998). Interaction of *Colletotrichum gloeosporioides*, epiphytic microorganisms and nutrients on avocado leaves and fruit. *Australasian Plant Pathology*, 27(3), 169–179. <https://doi.org/10.1071/AP98019>
- Stoller. (2019). *Phyto Gard*. [Phyto Gard. www.stoller.pe](http://www.stoller.pe)
- Swarts, D. H. (1984). Post-Harvest Problems of Avocados - Let's Talk the Same Language. *South African Avocado Grower' Association Yearbook*, 7, 20–22. <https://www.yumpu.com/en/document/view/11752713/post-harvest-problems-of-avocados-lets-talk-the-same-language>
- Tabeshpour, J., Razavi, B. M., y Hosseinzadeh, H. (2017). Effects of Avocado (*Persea americana*) on Metabolic Syndrome: A Comprehensive Systematic Review. *Phytotherapy Research*, 31(6), 819–837. <https://doi.org/10.1002/ptr.5805>
- Tagliavini, M., Zavalloni, C., Rombolà, A. D., Quartieri, M., Malaguti, D., Mazzanti, F., Millard, P., y Marangoni, B. (2000). Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. En *Acta Horticulturae* (Vol. 512, pp. 131–140). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.512.13>
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. En *Plant physiology*. (3 edition). Sinauer Associates. <https://doi.org/10.1017/9781108486392>
- Tamez, P., Luis, G., Wong, J. G., Medrano, H., Cipriano, R., Gutiérrez, G., Rodríguez, C., y Ricardo, P. (2001). Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *Universidad Autónoma de Nuevo León. Ciencia.*, IV, 143–152.
- Tanaka, M. A. de S., Passos, F. A., Betti, J. A., y Pires, R. C. de M. (2001). Métodos de inoculação de *Colletotrichum fragariae* em morangueiro. *Scientia Agricola*, 58(4), 725–729. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400012>
- Tavares, G. M., y Souza, P. E. de. (2005). Efeito de fungicidas no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1), 52–59. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000100006>
- Tejera, B., Heydrich, M., y Rojas, M. M. (2012). Antagonismo de *Bacillus* spp. frente a hongos fitopatógenos del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 117–122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522012000200008&script=sci_abstract

- Téliz, D., y Mora, A. (2015). El aguacate y su manejo integrado. En Grupo Mundi-Prensa. (Segunda). Colegio de Postgraduados.
- Téliz, D., y Mora, A. A. (2007). El Aguacate y su Manejo Integrado. En Grupo Mundi-Prensa. (Segunda). Mundi-Prensa.
- Teliz, O. D. (2000). El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa.
- Teliz, O. D., y Marroquin, P. J. F. (2007). Importancia historica y socioeconomica del aguacate. En El aguacate y su Manejo Integral (Segunda Ed, pp. 3–28). Grupo Mundi-Prensa.
- Terry, L. A., y Joyce, D. C. (2004). Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.016>
- Tesfay, S. Z., Bertling, I., y Bower, J. P. (2010). Anti-oxidant levels in various tissues during the maturation of “Hass” avocado (*Persea americana* Mill. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 85(2), 106–112. <https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512639>
- Thorp, T. G. ., Aspinall, D. ., y Sedgley, M. (1993). Influence of shoot age on floral development and early fruit set in avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Journal of Horticultural Science* ISSN:, 68(5), 645–651. <https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516396>
- Torres-Calzada, C., Tapia-Tussell, R., Higuera-Ciapara, I., y Perez-Brito, D. (2013). Morphological, pathological and genetic diversity of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose in papaya (*Carica papaya* L). *European Journal of Plant Pathology*, 135(1), 67–79. <https://doi.org/10.1007/S10658-012-0065-7>
- Uarrota, V. G., Hernandez, I., Ponce Guequen, E., Vidal Cruz, J., Fuentealba, C., Defilippi, B. G., Lindh, V., Zulueta, C., Chirinos, R., Campos, D., y Pedreschi, R. (2020). Unravelling factors associated with ‘blackspot’ disorder in stored Hass avocado (*Persea americana* Mill) fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(6), 804–815. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1763860>
- Udayanga, D., Manamgoda, D. S., Liu, X., Chukeatirote, E., y Hyde, K. D. (2013). What are the common anthracnose pathogens of tropical fruits? *Fungal Diversity*, 61(1), 165–179. <https://doi.org/10.1007/S13225-013-0257-2>
- Ureña-Padilla, A. R., MacKenzie, S. J., Bowen, B. W., y Legard, D. E. (2002). Etiology and Population Genetics of *Colletotrichum* spp. Causing Crown and Fruit Rot of Strawberry. *Phytopathology*, 92(11), 1245–1252. <https://doi.org/10.1094/phyto.2002.92.11.1245>
- Vakis, N. J. (1982). Storage behaviour of Ettinger, Fuerte and Hass avocados grown on Mexican rootstock in Cyprus. *Journal-of-Horticultural-Science*, 57, 221–226. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB19830874425>

- Vallad, G. E., y Goodman, R. M. (2004). Systemic Acquired Resistance and Induced Systemic Resistance in Conventional Agriculture. *Crop Science*, 44(6), 1920–1934. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI2004.1920>
- Vargas, M., Vargas, M. L. ;, Centurión, Y., Tamayo Cortéz, A. ;, Sauri, J. ;, y Duch, E. (2005). Efecto del almacenamiento a bajas temperaturas sobre la calidad del chicozapote (*Achras sapota*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7, 14–23. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81370104>
- Vázquez Díaz, D. A., Salas Pérez, L., Preciado Rangel, Pablo; Segura Castruita, M. Á., González Fuentes, J. A., y Valenzuela-García, J. R. (2016). Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17(17), 3405–3414. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149506002>
- Vega-Garcia, M.; Carrillo-Lopez, A.; Ordorica-Falomir, C.; Valdez- Torres, B.; Yahia, E. M. (1997). Actividad de ADH, PDC Y producción de acetaldehído y etanol en aguacate (*Persea americana*, Mill.) cv Hass dañado por frío. Programa y resúmenes del XXVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos., 35.
- Vilela Junqueira, N. T., Chaves Da Costa, R., Carneiro Do Nascimento, A., Vargas Ramos, V. H., Peixoto, J. R., y Pereira Junqueira, L. (2004). Efeito do óleo de soja no controle da antracnose e na conservação da manga cv. Palmer em póscolheita. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2), 222–225. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200010>
- Villa-Rodríguez, J. A., Molina-Corral, F. J., Fernando Ayala-Zavala, J., Olivas, G. I., y González-Aguilar, G. A. (2011). Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of “Hass” avocado. *Food Research International journal*, 44, 1231–1237. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.012>
- Villanueva-Arce, R., Cárdenas-Soriano, A., y Hernández-Anguiano, E. (2006). PATOGÉNESIS DE LA ANTRACNOSIS (*Colletotrichum fragariae*) EN FRUTOS DE CHIRIMOYA PATHOGENESIS. *Agrociencia*, 40(6), 773–782.
- Villanueva-Couoh, E., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Soria-Fregoso, M., y Larque-Saavedra, A. (2009). Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium*(Ramat) Kitamura] en Yucatán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), {{paginasArticulo[0]}}-{{paginasArticulo[1]}}. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000400005
- Volpe, C. A. (1922). Citrus Phenology. *Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology*, 103–122.
- Walton, T. J., y Kolattukudy, P. E. (1971). *Methods Enzymol.* 23,636. *Biochim. Biophys. Acta Seely*, 10, 353.

- Wang, Y. Y., Li, B. Q., Qin, G. Z., Li, L., y Tian, S. P. (2011). Defense response of tomato fruit at different maturity stages to salicylic acid and ethephon. *Scientia Horticulturae*, 129(2), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.021>
- Weichmann, J. (1987). *Post harvest physiology of vegetables*. Marcel Dekker inc. New York, 145.
- Wharton, P. S., y Diéguez-Uribeondo, J. (2004). The biology of *Colletotrichum acutatum*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61(1), 3–22. <https://doi.org/10.3989/AJBM.2004.V61.I1.61>
- Whiley, A. W., Chapman, K. R., y Saranah, J. B. (1988). Water Loss by Floral Structures of Avocado (*Persea americana* cv. Fuerte) during Flowering. *Australian Journal of Agricultural Research*, 39, 457–467.
- Wildman, R. E. C., Wildman, R., y Wallace, T. C. (2006). *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods* (R. E. C. Wildman, R. Wildman, & T. C. Wallace (eds.); Segunda Ed). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420006186>
- Willingham, S. L., Pegg, K. G., Cooke, A. W., Coates, L. M., Langdon, P. W. B., y Dean, J. R. (2001). Rootstock influences postharvest anthracnose development in 'Hass' avocado. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52, 1017–1022. <https://doi.org/10.1071/AR01015>
- Wilson, C. L., y Wisniewski, M. E. (1989). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: an emerging technology*. *Annual Review of Phytopathology*, 27, 425–466. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.27.090189.002233>
- Wilson, D. S. M., Zambolim, L., Lima, J. D., Salomão, L. C. C., y Cecon, P. (2005). Termoterapia de Banana "Prata-Anã" no Controle de Podridões em Pós-Colheita*. *Fitopatologia Brasileira*, 30, 603–608.
- Witney, G. W., Hofman, P. J., y Wolstenholme, B. N. (1990). Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 279–291. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03044238>
- Wolstenholme, B. N., y Whiley, A. W. (1989). Carbohydrate and phenological cycling as management tools for avocado orchards. *South African Avocado Growers' Association*, 12, 33–37.
- Wu, C.-T., Chen, I.-, y Zen. (2011). Effect of Harvest Maturity and Heat Pretreatment on the Quality of Low Temperature Storage Avocados in Taiwan. *バージョン : 権利関係* : . *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 56(2), 255–262. <https://doi.org/10.5109/20318>
- Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., y Prior, R. L. (2004). Lipophilic and Hydrophilic Antioxidant Capacities of Common Foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4026–4037. <https://doi.org/10.1021/jf049696w>

- Xiao, C. L., MacKenzie, S. J., y Legard, D. E. (2004). Genetic and Pathogenic Analyses of *Colletotrichum gloeosporioides* Isolates from Strawberry and Noncultivated Hosts. *Phytopathology*, 94(5), 446–453. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.5.446>
- Yahia, E. M., y Woolf, A. B. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 1–2. <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PEAM3>
- Yakoby, N., Beno-Moualem, D., Kobilier, I., y Prusky, D. (2002). The Analysis of Fruit Protection Mechanisms Provided by Reduced-Pathogenicity Mutants of *Colletotrichum gloeosporioides* Obtained by Restriction Enzyme Mediated Integration. *Phytopathology*, 92(11), 1196–1201. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.11.1196>
- Yakoby, N., Kobilier, I., Dinoor, A., y Prusky, D. (2000). pH Regulation of Pectate Lyase Secretion Modulates the Attack of *Colletotrichum gloeosporioides* on Avocado Fruits. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(3), 1026. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.3.1026-1030.2000>
- Yakoby, N., Zhou, R., Kobilier, I., Dinoor, A., y Prusky, D. (2001). Development of *Colletotrichum gloeosporioides* Restriction Enzyme-Mediated Integration Mutants as Biocontrol Agents Against Anthracnose Disease in Avocado Fruits, 3, 91(2), 143–148. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.2.143>
- Yang, X., Zhang, Z., Joyce, D. C., Huang, X., Xu, L., y Pang, X. (2009). Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. *Food Chemistry*, 114(2), 383–390. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.06.006>
- Yu, X., Ai, C., Xin, L., y Zhou, G. (2011). The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis* CAS15, has a biocontrol effect on *Fusarium* wilt and promotes the growth of pepper. *European Journal of Soil Biology*, 47(2), 138–145. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2010.11.001>
- Zamora-Magdaleno, T., Cárdenas-Soriana, E., Cajuste-Bontemps, J. F., y Colinas-León, M. T. (2001). Anatomía del daño por rozamiento y por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. En fruto de aguacate 'HASS'. *Agrociencia*, 35(2), 237–244. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30235210>
- Zamora, J. A. (2012). Control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) cv. Pococí mediante aplicaciones poscosecha de agua caliente y cloruro de calcio.
- Zarazúa-Escobar, J. A. ., Martínez-Damián, M. T. ., Barrientos-Priego, A. F. ., y Aguilar-Melchor, J. J. (2005). Frigoconservación y atmósferas modificadas en frutos de aguacate mínimamente procesado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), 143–148. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912502021>

- Zauberman, G., y Jobin-Decor, M. P. (1995). Avocado (*Persea americana* Mill.) quality changes in response to low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 5, 235–243. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09255214>
- Zauberman, G., y Schiffmann-Nadel, M. (1972). Pectin Methylesterase and Polygalacturonase in Avocado Fruit at Various Stages of Development¹. *Plant Physiol*, 49, 864–865. www.plantphysiol.org
- Zhang, J. X., Xue, A. G., y Tambong, J. T. (2009). Evaluation of Seed and Soil Treatments with Novel *Bacillus subtilis* Strains for Control of Soybean Root Rot Caused by *Fusarium oxysporum* and *F. graminearum*. *Plant Disease*, 93(12), 1317–1323. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-12-1317>.

ANEXOS

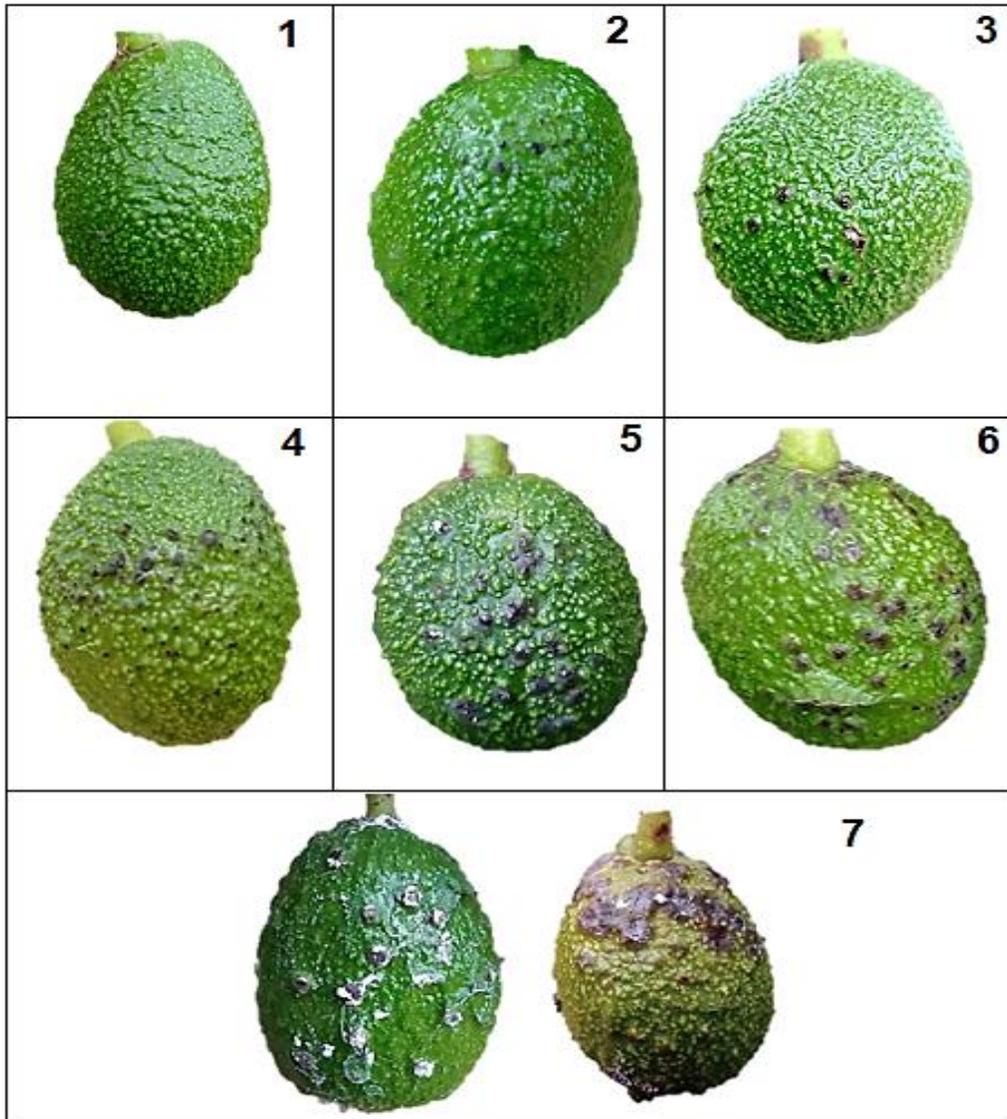


Figura 21. Escala propuesta (tomado y modificado de (Tanaka *et al.*, 2001), donde se establecieron 7 niveles de severidad: 1) Fruto sin ningún síntoma; 2 = manchas menores < 5% ; 3 = Manchado disperso de 5 a 10 % de la superficie del fruto; 4= manchas dispersas de 10 a 25 % de la superficie del fruto; 5) Manchado disperso de 25 a 50 % de la superficie del fruto 6) Manchado disperso de 50 % a 75 % de la superficie del fruto; 7= superficie dañada en más de un 75% de la superficie total.

Curva estándar para acetaldehído

Para obtener la curva estándar se preparó una solución madre con 100 mL de agua destilada y 150 μL de acetaldehído puro; la concentración que se obtuvo fue de 1.184 mg/mL. La dilución estándar A se preparó con 10 mL de solución madre y se aforó a 100 mL con agua destilada; la concentración final fue de 118.4 $\mu\text{g/mL}$.

La dilución estándar B se preparó con 10 mL de la disolución estándar A y se aforó a 100 mL con agua destilada y se obtuvo una concentración final de 11.84 $\mu\text{g/mL}$. De esta última se obtuvieron 12 diluciones (Cuadro 12) para preparar una curva estándar (Figura 22).

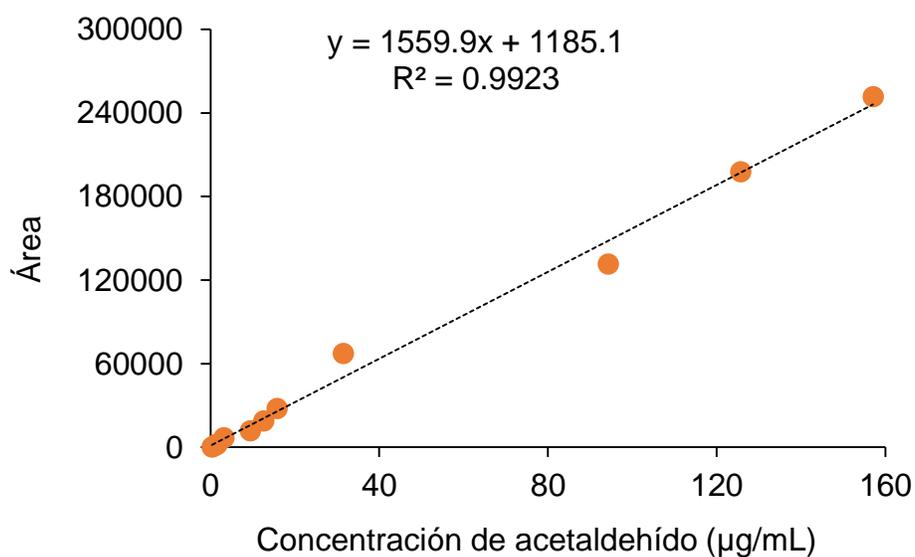


Figura 22. Curva estándar de acetaldehído

Cuadro 12. Concentraciones de etanol para curva estándar de acetaldehído.

Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Acetaldehído
0.31	299.44
0.94	1313.87
1.26	1937.45
1.57	2449.86
3.14	6979.44
9.42	11921.01
12.56	19101.71
15.70	27866.20
31.4	67495.49
94.20	131741.36
125.60	198013.41
157.00	251905.16

Curva estándar para etanol

La curva estándar para etanol se preparó en un rango de concentración de 2.39 a 1184 $\mu\text{L/mL}$. Para ello se preparó una solución madre con 100 mL de agua destilada y 150 μL de etanol puro, y se obtuvo una concentración de 0.157 mg/mL.

Enseguida, se preparó una dilución estándar A con 10 mL de solución madre y se aforó a 100 mL con agua destilada; la concentración que se obtuvo fue de 15.7 $\mu\text{g/mL}$.

La dilución estándar B se preparó con 10 mL de la disolución estándar A y se aforó a 100 mL con agua destilada obteniendo una concentración de 1.57 $\mu\text{g/mL}$. De esta última disolución se realizaron varias diluciones (Cuadro 13) para preparar la curva estándar

(Figura 23). La ecuación que se obtuvo de la curva se utilizó para calcular la concentración de etanol en la muestra.

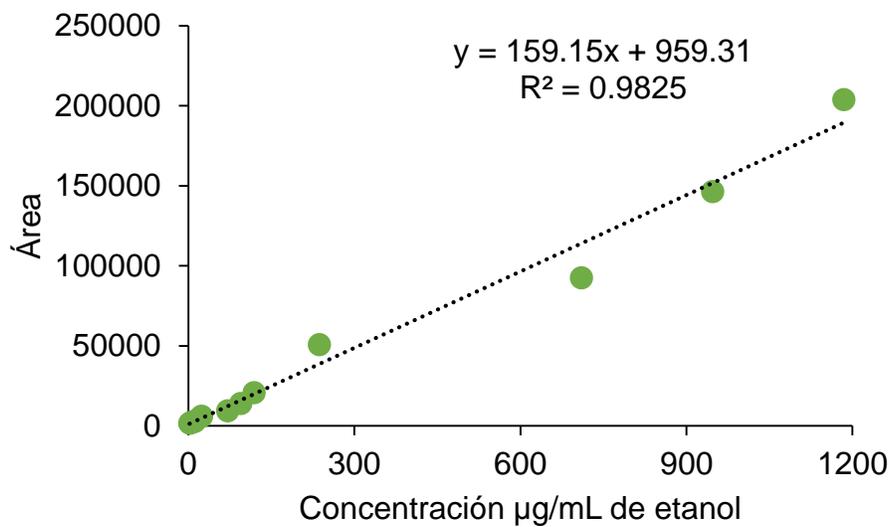


Figura 23. Curva estándar de etanol.

Cuadro 13. Concentraciones de etanol para curva estándar de etanol.

Concentración de etanol ($\mu\text{g/mL}$)	Área
2.39	1813.45
7.10	2693.35
9.47	2736.38
11.84	3122.96
23.68	6160.28
71.04	9536.84
94.72	14234.47
118.40	20840.95
236.80	50948.52
710.40	92663.77
947.00	146490.64
1184.00	204050.21

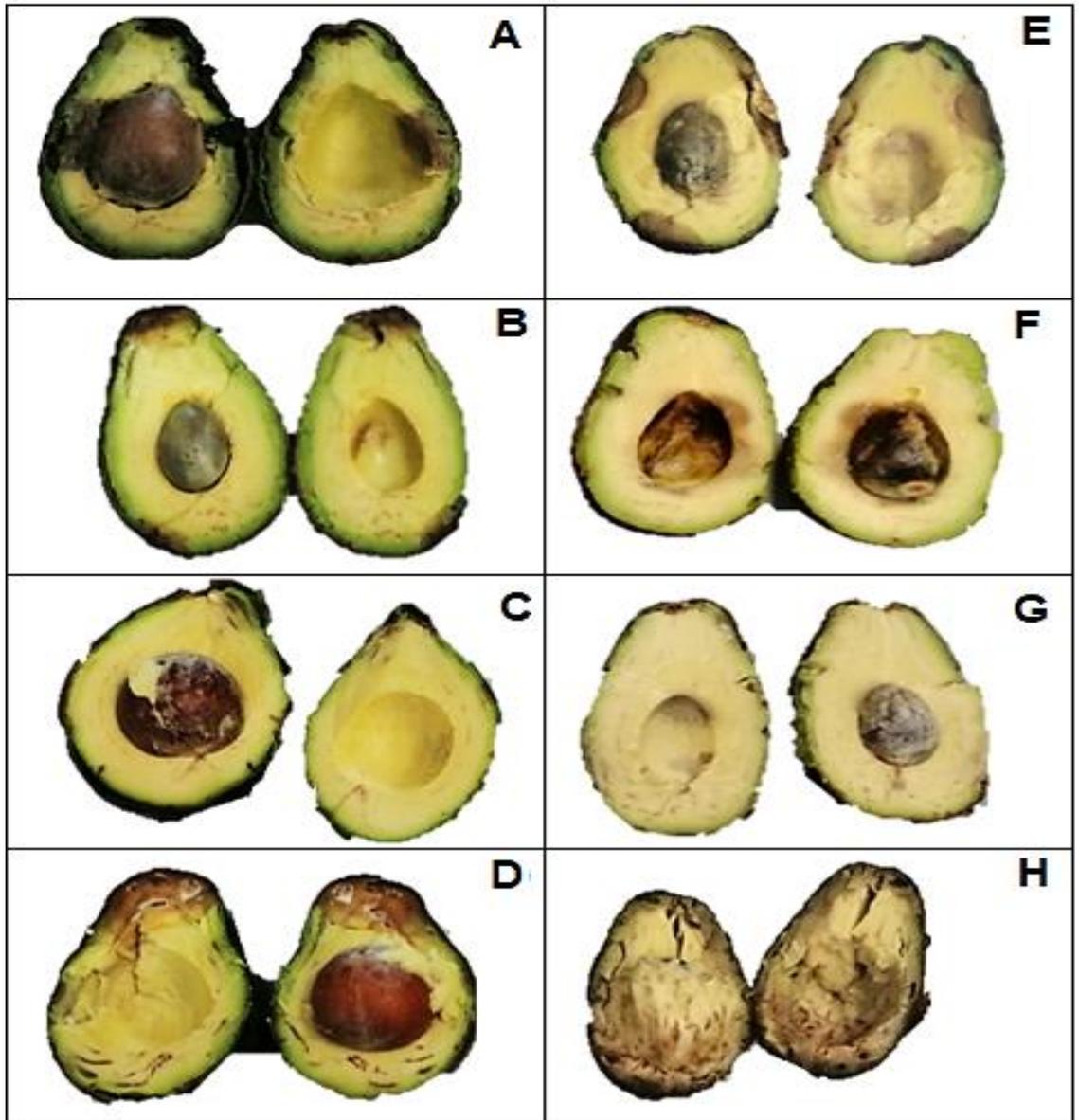


Figura 24. Aguacates cv. Hass tratados evaluados después de 11 días a temperatura ambiente 20 °C con: A) Tiabendazol, B) Agua caliente, C) Agua caliente + tiabendazol y D) testigo (tratamientos en huerto 1) y E) Tiabendazol, F) Agua caliente, G) Agua caliente + tiabendazol y H) testigo (tratamientos en huerto 2).

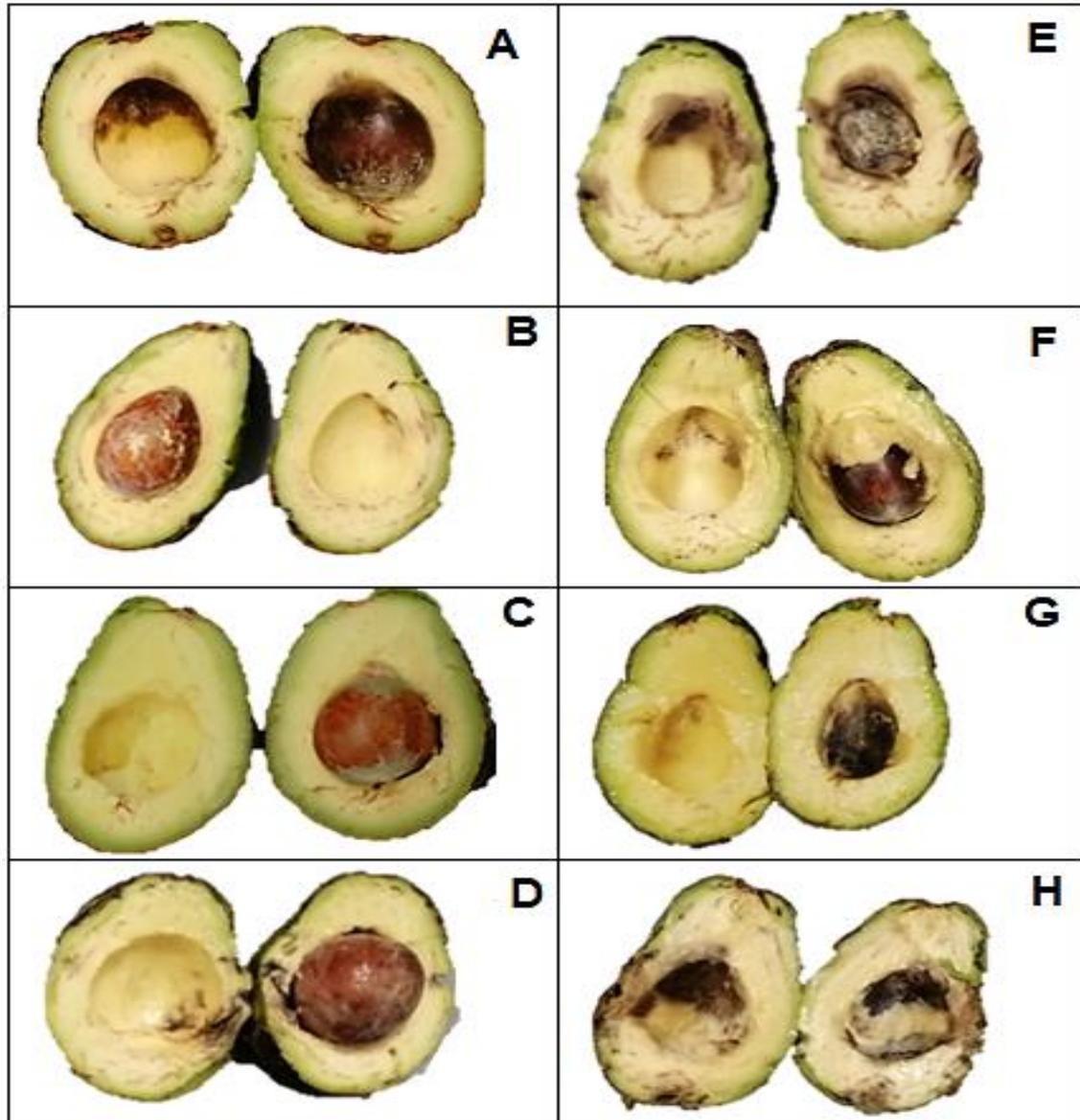


Figura 25 Aguacates cv. Hass tratados evaluados después de 3 semanas en refrigeración a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ con: A) Tiabendazol, B) Agua caliente, C) Agua caliente + tiabendazol y D) testigo (tratamientos en huerto 1) y E) Tiabendazol, F) Agua caliente, G) Agua caliente + tiabendazol y H) testigo (tratamientos en huerto 2).