



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Eficacia protectora de fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados por termonebulización y ducha contra *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis* en poscosecha de manzanas

MEMORIA DE TÍTULO

MATÍAS MORALES CAMPOS

TALCA - CHILE

2020

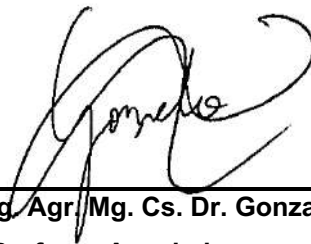
CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

Aprobación:



Profesor Guía: Ing. Agr. Mg. Cs. Dr. Gonzalo A. Díaz

Profesor Asociado

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias



Profesor informante: Ing. Agr. MS. PhD. Mauricio Lolas C.

Profesor Asociado

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Fecha de presentación de Memoria de Título 22 de enero de 2021

AGRADECIMIENTOS

Quisiera darle las gracias a las personas que me ayudaron, apoyaron y motivaron durante mi etapa universitaria y en la elaboración de mi tesis, ellos saben quiénes son.

A mi profesor guía Gonzalo Díaz, le agradezco su apoyo, su orientación y su disposición a ayudarme cuando lo requería.

RESUMEN

Chile es el principal exportador de manzana fresca del hemisferio sur, registrando a nivel país 32.314 ha dedicadas al frutal. La mayor superficie plantada con manzanos se encuentra en la Región del Maule, registrando el 60,7% del total nacional. No obstante, esta producción se ve amenazada y afectada por diversos problemas, entre los que destacan las pudriciones asociadas a hongos. Recientemente han cobrado importancia patógenos fungosos asociados a *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis*, en Chile. Por lo tanto, el presente estudio se enfoca en determinar la eficacia protectora de fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados por termonebulización y ducha en el control de *D. seriata*, *D. mutila*, *P. lacerum* y *Pha. washingtonensis* durante poscosecha de manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji. Las manzanas sin protección después de 90 días de almacenaje a 0°C, evidenciaron lesiones (pudriciones) considerables a diferencia de las manzanas protegidas bajo las mismas condiciones de almacenaje. Los fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol fueron significativamente efectivos al proporcionar una efectividad de 54 a 100% y 69 a 100% en manzanas protegidas por termonebulización y ducha, respectivamente. El ingrediente que presentó la mayor efectividad fue fludioxonil.

ABSTRACT

Chile is the main exporter of fresh apple from the southern hemisphere, recording at the country level 32,314 ha dedicated for apple fruits production. The largest area planted with apple trees is located in the Maule Region, with 60.7% of the national total. However, this production is threatened and affected by a number of problems, including fungal species as *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis*. Therefore, the present study focuses on determining the efficacy of fludioxonil, pyrimethanil and thiabendazole preventively applied by thermonebulization and immersion in the control of *D. seriata*, *D. mutila*, *P. lacerum* and *Pha. washingtonensis* during the conventional cold storage period of cvs apple fruits Cripps Pink and Fuji. The apples without protection after 90 days of storage at 0°C showed considerable injury (rots) unlike apples protected under the same storage conditions. The fungicides fludioxonil, pyrimethanil and thiabendazole were significantly effective, providing an effectiveness of 54 to 100% and 69 to 100% in apples protected by termonebulization and shower, respectively. The most effective ingredient was fludioxonil.

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Hipótesis..... | 2 |
| 1.2 Objetivo general | 3 |
| 1.3 Objetivos específicos..... | 3 |
| 2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA..... | 4 |
| 2.1 El cultivo del manzano..... | 4 |
| 2.2 Situación mundial del manzano..... | 4 |
| 2.3 Situación nacional del manzano..... | 5 |
| 2.4 Características del cultivar Cripps Pink | 5 |
| 2.5 Características del cultivar Fuji..... | 6 |
| 2.6 Enfermedades causadas por hongos que afectan al cultivo del manzano | 6 |
| 2.7 Hongos causantes de pudriciones de manzanas..... | 7 |
| 2.7.1 Pudrición negra “Black rot”, pudrición por <i>Phacidium</i> “Phacidium rot” y pudrición esponjosa “Speck rot”..... | 8 |
| 2.8 Fungicidas | 11 |
| 2.8.1 Fludioxonil..... | 12 |
| 2.8.2 Pirimetanil..... | 12 |
| 2.8.3 Tiabendazol | 12 |
| 2.9 Control de enfermedades en manzanas durante poscosecha | 13 |
| 2.9.1 Termonebulización | 13 |
| 2.9.2 Ducha o “drench”..... | 14 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 3.1 Frutos de manzana..... | 16 |
| 3.2 Ubicación del estudio | 16 |
| 3.3 Protección de frutos con fungicidas aplicados por termonebulización..... | 16 |
| 3.4 Protección de frutos con fungicidas aplicados por ducha | 18 |
| 3.5 Preparación de inóculo e inoculación de frutos protegidos | 19 |
| 3.6 Evaluación de la protección..... | 20 |
| 3.7 Diseño experimental y análisis estadístico..... | 21 |
| 4 RESULTADOS | 22 |
| 4.1.1 Protección de manzanas con fungicidas aplicados por termonebulización .. | 22 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.2 | Protección de manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji..... | 22 |
| 4.2 | Protección de manzanas con fungicidas aplicados por ducha..... | 24 |
| 4.2.1 | Protección de manzanas cv. Cripps Pink | 24 |
| 5 | DISCUSIÓN..... | 26 |
| 6 | CONCLUSIONES..... | 29 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA..... | 30 |

INDICE DE CUADROS

Página

| | | |
|-------------------|---|----|
| Cuadro 3.1 | Dosis y concentraciones de los fungicidas fludioxonil (Ecofog 80), pirimetanil (Ecofog 160), y tiabendazol (Ecofog TBZ) aplicados por termonebulización en manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji. | 17 |
| Cuadro 3.2 | Nombre comercial, formulación y dosis de los fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol que serán aplicados por ducha en la protección de manzanas cv. Cripps Pink. | 18 |
| Cuadro 4.1 | Lesiones en frutos protegidos con fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicado por termonebulización contra <i>Diplodia mutila</i> (DM), <i>Diplodia seriata</i> (DS), <i>Phacidiopycnis washingtonensis</i> (PW) y <i>Phacidium lacerum</i> (PL) en frutos de manzana cvs. Cripps Pink y Fuji después de 90 días de almacenaje a 0°C. | 23 |
| Cuadro 4.2 | Lesiones en frutos protegidos con fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicado por ducha contra <i>Diplodia mutila</i> (DM), <i>Diplodia seriata</i> (DS), <i>Phacidiopycnis washingtonensis</i> (PW) y <i>Phacidium lacerum</i> (PL) en frutos de manzana cv. Cripps Pink, después de 90 días de almacenaje a 0°C. | 24 |

INDICE DE FIGURAS

Página

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 2.1 | Frutos de manzana cv. Cripps Pink en la zona de Curicó, Región del Maule. | 6 |
| Figura 2.2 | Pudrición calicinal causado por <i>B. cinerea</i> (A) y Ojo de Buey causado por <i>N. vagabunda</i> (B) en manzanas Cripps Pink. | 8 |
| Figura 2.3 | Pudrición negra en precosecha causada por <i>D. seriata</i> . Lesiones pardos-oscuro laterales y calicinales en frutos (A - D). Fruto con lesión lateral y corte longitudinal con pudrición interna (E) y frutos de denominados bolsas-pudrición blanda. | 10 |
| Figura 2.4 | Manzanas cv. Cripps Pink con pudrición por <i>Phacidium</i> con lesiones circulares asociadas a <i>P. lacerum</i> . | 10 |
| Figura 2.5 | Síntomas de pudrición esponjosa causados por <i>Pha. washingtonensis</i> en manzanas cv. Cripps Pink durante almacenaje prolongado en frío. Frutos con síntomas durante almacenaje en frío con abundantes picnidios formados sobre la piel (A). Fruto inoculado con inducción de síntomas (B). | 11 |
| Figura 2.6 | Termonebulizador en aplicación de fungicida en cámara de frío comercial (Pace International). | 14 |
| Figura 3.1 | Cámara y termonebulizador utilizado en la protección de manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji. | 17 |
| Figura 3.2 | Sistema de ducha mediante recirculación (100 L) utilizado en la protección de manzanas cv. Cripps Pink. | 19 |
| Figura 3.3 | Inoculación sobre la herida con suspensión de conidias de <i>P. lacerum</i> en manzanas cv. Cripps Pink protegidas con fungicidas. | 20 |
| Figura 4.1 | Síntomas de pudrición negra (A) en manzana cv. Fuji, pudrición esponjosa (B) manzana cv. Cripps Pink y pudrición por <i>Phacidium</i> (C) en manzanas cv. Fuji inoculadas con <i>D. seriata</i> , <i>Pha. washingtonensis</i> y <i>P. lacerum</i> , después de 90 días de almacenaje a 0°C. | 22 |
| Figura 4.2 | Eficacia de fungicidas aplicados por termonebulización en el control de <i>D. mutila</i> (DM), <i>D. seriata</i> (DS), <i>Pha. washingtonensis</i> (PW) y <i>P. lacerum</i> (PL) en manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji, después de 90 días de almacenamiento a 0°C. | 23 |
| Figura 4.3 | Síntomas de pudrición negra (A y B), pudrición esponjosa (C) y pudrición por <i>Phacidium</i> (D) en manzanas sin protección fungicida (tratamiento agua), después de 90 días de almacenaje a 0°C. | 25 |
| Figura 4.4 | Eficacia de fungicidas aplicados por ducha en el control de <i>D. mutila</i> (DM), <i>D. seriata</i> (DS), <i>Pha. washingtonensis</i> (PW) y <i>P. lacerum</i> (PL) en manzanas cv. Cripps Pink, después de 90 días de almacenamiento a 0°C. | 25 |

1 INTRODUCCIÓN

Una de las especies frutales de mayor importancia y producción a nivel mundial es el manzano (*Malus x domestica*). De hecho, es el cuarto cultivo frutal con mayor superficie plantada a nivel nacional, registrando 32.314 ha aproximadamente, cifra compuesta por manzana roja y verde; lo que corresponde al 9,4 % de la producción frutal total nacional (ODEPA, 2020). Por otro lado, Chile es el primer país exportador del hemisferio sur y el quinto mayor productor a nivel mundial del fruto en cuestión.

A nivel nacional, entre las regiones del Maule y de O'Higgins se encuentra la mayor superficie en hectáreas dedicadas al manzano con 19.637 y 7.734 ha respectivamente. Entre estas regiones de Chile central que se destaca con un clima mediterráneo se concentra cerca del 83% de producción de manzana roja y el 91% de producción de manzana verde del total nacional (ODEPA, 2020).

En el periodo enero-abril de 2020 se exportaron 1,44 millones de toneladas de fruta. Un 86% del valor anterior corresponde a fruta fresca (Lepe, 2020); siendo los principales mercados de destino Latinoamérica; Europa; Lejano Oriente; Medio Oriente y E.E.U.U entre otros (Villagrán, 2019). Debido a la producción de contra estación enfocada en los países consumidores de manzana chilena del hemisferio norte, es que se vuelve necesario almacenar la fruta de alta calidad, teniendo por objetivo desplazar la curva de oferta considerando los mercados de destino. Debido al prologando periodo de almacenamiento del fruto, es que existe la exposición al daño biológico, por ejemplo, la aparición de hongos y bacterias a causa de las condiciones que se pueden generar en una bodega relacionadas con la temperatura y humedad (FDF, 2015).

Una de las principales causas de la pérdida de calidad y propiedades organolépticas de frutos de manzanas corresponden a los desórdenes fisiológicos (bitter pit, escaldadura, corazón acuoso entre otros) y pudrición de la fruta durante precosecha y poscosecha (Latorre, 2018). Las pudriciones causadas por fitopatógenos, principalmente hongos durante el almacenaje; se les puede limitar su actividad mediante la baja de temperatura, sin embargo, no representa un método de control, sino que se enfoca a bajar la actividad metabólica de la fruta y del patógeno, en especial durante almacenaje entre -1 a 1°C (Moggia et al., 2007).

Las pérdidas se pueden efectuar durante el proceso de almacenaje y además en el proceso de transporte a los países de destino. La variedad de fitopatógenos que afectan al fruto es vasta, algunos de los principales hongos causantes de pudriciones que afectan a la manzana son *Penicillium expansum*, causante de moho azul, *Neofabraea vagabunda*, causante de la pudrición ojo de buey, *Botrytis cinerea* causante de la pudrición calicinal o moho gris; hongo originado por la infección de heridas causadas por

magulladura durante la cosecha y se identifica como una importante enfermedad poscosecha de manzana en el estado de Washington, atribuyendo a este patógeno el 28% del total de la fruta afectada en el periodo 2004-2005 (Guillén-Sánchez et al., 2004; Xiao et al., 2008).

En la actualidad, han cobrado importancia ciertas enfermedades fungosas que perjudican a la manzana en poscosecha, estas pudriciones están asociadas con especies que incluyen *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum*, *Phacidiopycnis washingtonensis* y *Sphaeropsis pyriputrescens* en el estado de Washington (E.E.U.U) y Alemania (Sikdar et al., 2014; Weber y Dralle, 2013; Xiao y Kim, 2008).

En el caso de *Pha. washingtonensis*, se describió causando problemas durante almacenamiento prolongado en manzanas cv. Cripps Pink (>150 días) en frío y atmósfera modificada (Díaz et al., 2016). *Pha. washingtonensis* es causante de la pudrición esponjosa de la manzana; la fruta se vuelve más susceptible al acercarse al proceso de cosecha y esta es la causa de que en almacenaje la incidencia del hongo aumente considerablemente (Sikdar et al., 2014).

Por otro lado, especies de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae como por ejemplo *D. seriata* y *D. mutila* se les ha descrito como las causantes de pudrición negra y blanca de manzanas en países como Estados Unidos en el estado de California, desde el periodo de precosecha hasta la cosecha (Crespo et al., 2018). Recientemente se han registrado brotes de pudrición negra en la Región del Maule causada por *D. seriata* con un porcentaje de incidencia perteneciente al rango del 0.5 al 15%, donde las lesiones presentan manchas irregulares de color café oscuro y son de una textura dura inicialmente, pero que finalmente produce una pudrición blanda del sector afectado del fruto (Cáceres et al., 2016).

Recientemente un estudio realizado en la Región del Maule (Díaz et al., 2019), describió y caracterizó a *D. seriata*, *D. mutila*, *P. lacerum* y *Pha. washingtonensis* causando pudriciones. Por lo tanto, estudios nacionales que evalúen el control químico de los recientes patógenos son de gran importancia para identificar la eficacia de los fungicidas utilizados comercialmente en poscosecha disponibles en manzanas. A continuación, se presenta la hipótesis y objetivo del estudio.

1.1 Hipótesis

Los fungicidas químicos comerciales son efectivos en la protección de frutos de manzana contra *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis* durante almacenaje de manzanas, pero la mayor eficacia se logra cuando son aplicados por ducha en vez de termonebulización.

1.2 Objetivo general

Determinar la eficacia de fungicidas químicos en el control de *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis* durante almacenaje de manzanas.

1.3 Objetivos específicos

Evaluar la eficacia de fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados por ducha en la protección contra *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis* durante almacenaje de manzanas.

Evaluar la eficacia de fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados por termonebulización en la protección contra *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila*, *Phacidium lacerum* y *Phacidiopycnis washingtonensis* durante almacenaje de manzanas.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 El cultivo del manzano

El manzano (*Malus x domestica* Borkh) es un árbol frutal de hoja caduca perteneciente a la familia Rosaceae. Su origen se remonta en Asia y Kazakhstan y fue ingresado a América por los ingleses. Debido a su procedencia, presenta resistencia a bajas temperaturas por lo que es un frutal ampliamente difundido en países de clima relativamente frío. Este frutal requiere entre 300 a 1000 horas frío para salir del receso invernal, dependiendo netamente de la variedad (Gil, 2009; Sepúlveda et al., 2009).

Los grados día acumulado (GDA) requeridos por las yemas del manzano van desde las 900 a 1200. Sin embargo, se han registrado cifras mayores; como por ejemplo en la comunidad de Molina durante la temporada 2013-2014, la cual se caracterizó por presentar una primavera y verano estresantes, acumulando un total de 1454 GD. Por otro lado, la floración del manzano tiene una duración de 15 a 25 días, aunque el peak de apertura floral se presenta durante la primera semana. Este frutal no se autopoliniza y requiere polinización cruzada para producir frutos de forma adecuada; una polinización defectuosa resultara en frutos con pocas semillas que acabarían siendo abortados. En adición, el fruto del manzano es un pomo, que se caracteriza por poseer un ovario ínfero junto a un endocarpio lignificado, es una fusión entre ovario y receptáculo y sus semillas surgen en cinco carpelos formados de tejidos del mesocarpio y receptáculo (CIREN, 2017; Fresno et al., 2014; Yuri, 2005; Sarkhosh et al., 2004; Cardenas et al., 2013).

2.2 Situación mundial del manzano

Durante el año 2018 se estimó una superficie mundial dedicada al manzano de 4,9 millones de hectáreas. Durante el mismo año la producción mundial de manzana fue de 86.142.197 ton. donde China registro un 46% de la producción total (39.235.019 ton.), seguido de E.E.U.U y Polonia con 4.652.500 y 3.999.523 ton. respectivamente. Chile por su parte presenta producciones de 1.727.277 ton. (FAO, 2020). Cabe destacar que durante los años 2000-2009 hubo un crecimiento productivo a nivel mundial del orden del 21%, llegando a registrar 71,2 millones de ton. en 2009; por otro lado, durante el mismo periodo de tiempo existió una baja del 8,2% en la superficie plantada con manzanos a nivel mundial (Bravo, 2011).

A pesar de la gran cantidad producida del frutal, solo es el 10,8% de la producción mundial se comercializa en mercados internacionales. El resto se comercializa internamente debido a que los mayores productores destinan su producción a satisfacer y abastecer la demanda interna, como por ejemplo China.

En adición, del total de las exportaciones mundiales, 2/3 son controladas por China, Estados Unidos, Polonia, Italia, Francia y Chile (Bravo, 2011).

2.3 Situación nacional del manzano

De acuerdo con ODEPA (2020), la superficie nacional plantada de manzanos durante el año 2019 fue de 32.314 ha. Este valor se obtiene de la consideración del cultivar de manzana roja y verde. Siendo específicos, la manzana roja registró una superficie de 26.711 ha y representa un 83% aproximadamente de las plantaciones totales, por otro lado, la manzana verde posee sólo 5.603 ha. A nivel nacional la mayor superficie plantada con manzanos se encuentra en la Región del Maule con 60,7%; también se identifica la Región de O'Higgins como un productor importante del frutal, registrando un 23,9% de la superficie total de manzanos. Con porcentajes menores figuran las Regiones de La Araucanía (9,4%), Bío Bío (1,9%) y Metropolitana (0,25%). Con respecto a los cultivares, en la Región del Maule, Royal Gala figura como el principal cultivar de variedad manzana roja, representando alrededor del 21% de la superficie total de manzanos plantados en las cuatro principales regiones. Para el caso de manzana variedad verde, destaca el cultivar Granny Smith, el cual cubre el 90% aproximadamente de la superficie total de la variedad (Bravo, 2011).

2.4 Características del cultivar Cripps Pink

Los frutos del cultivar Cripps Pink son de forma cónica, tamaño medio a grande y de color rosado amarillento (**Figura 2.1**). Es una fruta crujiente que presenta una pulpa blanca, densa, firme, moderadamente jugosa y dulce con matices ácidos, además, su epidermis es delgada y lisa, tornándose cerosa y grasa durante maduración. Provocando que el intercambio gaseoso se vea limitado a través de la pulpa y dañando la misma en condiciones de almacenaje, a causa de bajos valores de O₂ y/o altos valores de CO₂. La manzana cv. Cripps Pink tiene una vida poscosecha de 14 días a 20°C o de 4 meses a 0°C y 8 a 9 meses en atmósfera controlada. El fruto de este cultivar es bastante sensible al daño mecánico por lo que se recomienda cosecha temprana para optar a una mayor firmeza, aunque se atenta contra la calidad gustativa. Uno de los principales problemas que afectan al cultivar y preocupa a los productores es la aparición del pardeamiento interno, este desorden se manifiesta durante el almacenamiento (CIREN, 2016; Cripps et al., 1993; INTA, 2006).



Figura 2.1. Frutos de manzana cv. Cripps Pink en la zona de Curicó, Región del Maule. Fuente G. Díaz.

2.5 Características del cultivar Fuji

Los frutos del cultivar Fuji son de forma redondeada, a veces irregular, tamaño medio, de un alto contenido de azúcar, buen aroma, baja acidez y buena conservación. Presenta un color rojo brillante y muestra ligeras estrías sobre un fondo verde amarillento, aunque a veces se identifica un rubor de color rosado o completamente rojo. Su piel es diferente a la de otras variedades más populares debido a que es más dura, lo cual facilita el manejo de la manzana sin provocarle daños, además de poseer lenticelas muy marcadas. Al presentar áreas rojas y verdes distribuidas al azar pierde el atractivo para el consumidor, sin embargo, su pulpa firme y jugosa, junto a la alta cantidad de sólidos solubles le brindan una gran aceptación en el mercado. De hecho, este cultivar se posiciona como uno de los más dulces con un contenido aproximado de 11% de azúcares y requiere 550 horas de frío (CIREN, 2016; Marquina et al., 2004; Uriarte, 2019).

2.6 Enfermedades causadas por hongos que afectan al cultivo del manzano

En la agricultura se utiliza el término enfermedad para referirse al deterioro causado por microorganismos u otro vegetal al cultivo. En efecto, son varias las enfermedades que pueden afectar diversas partes del manzano, como sus hojas, brotes, ramas, tronco y por supuesto el fruto, algunas incluso pueden afectar el sistema radical o cuello del árbol, llegando a provocar la muerte del frutal. Las pérdidas que conllevan estos daños pueden ser cuantiosas, de hecho, contribuyen a la principal fuente de pérdidas económicas a causa de los daños causados, además de los esfuerzos empleados para controlar dicha situación. A causa de ello, reconocer las enfermedades y controlarlas a tiempo resulta de gran importancia (Miñarro et al., 2011).

Actualmente, las enfermedades causadas por hongos son las que causan mayor daño al manzano en Chile. Entre las principales enfermedades fungosas que ocurren en los huertos comerciales se encuentra la Sarna del manzano, causada por el hongo ascomicete *Venturia inaequalis*, Oídio del manzano causado por *Podosphaera leucotricha*, Cancro europeo del manzano causado por *Neonectria ditissima*, Cancrosis y muerte regresiva causado por *D. seriata* (Acuña, 2010; Latorre, 2004; Latorre 2018). Además, existen importantes enfermedades que afectan a los frutos, destacándose la Pudrición calicinal y Ojo de buey causados por *B. cinerea* y *N. vagabunda* respectivamente (Ferrada et al., 2016; Soto-Alvear et al., 2013; Latorre, 2018).

2.7 Hongos causantes de pudriciones de manzanas

Uno de los principales factores que provocan rechazo de la fruta exportada por parte de los mercados destino, es la condición y apariencia del fruto (calidad). Debido a esto, las pudriciones se identifican como uno de los mayores daños a la manzana en pre y poscosecha. La peculiaridad de la sintomatología de esta patología reside en su variabilidad, es decir, los indicios de presencia dentro del fruto pueden tardar incluso meses en volverse evidentes; tomando esto en cuenta, se pronostica que la problemática dará signos durante el proceso de almacenaje en cámaras refrigeradas. El problema puede ser oportunamente reconocido durante el almacenaje en Chile o bien puede manifestarse en el extranjero, causando un problema mayor debido a la pérdida de confianza por parte del importador afectado hacia el productor. Esto sin considerar que este tipo de enfermedad puede causar pérdida total y directa por el desecho del fruto sin valor comercial, además de la pérdida económica indirecta provocada por los recursos invertidos en la adopción y aplicación de medidas de control. Procesos posteriores como el reembalaje del fruto dañado significan incremento de la pérdida económica (Pinilla, 2013).

Una de las variables de mayor importancia y repercusión sobre la actividad del patógeno es la temperatura. Temperaturas cercanas a los 20°C junto a la presencia de agua libre o alta humedad son parámetros ideales para favorecer la actividad del hongo. Esto resalta la importancia de almacenar la fruta a bajas temperaturas, debido a que se disminuye la actividad de las enzimas y microorganismos responsables del deterioro de esta. Cabe señalar que esta práctica no mata ni controla al patógeno, sino que retarda su desarrollo, impidiendo que gran parte de las esporas infecten a la fruta. El adecuado manejo de temperatura favorecerá la conservación de la frescura, valor nutritivo y calidad de la manzana (FAO, 2003).

Las enfermedades más comunes que presentan síntomas y afectan a la manzana durante almacenaje en cámaras de frío son la Pudrición calicinal causada por el hongo *B. cinerea*; el cual está ampliamente distribuido a nivel mundial en zonas templadas y húmedas, favoreciéndose en presencia de agua libre y temperaturas entre 10 y 25 °C, debido a su amplio rango de hospederos y a su habilidad de desarrollarse

bajo condiciones de almacenamiento refrigerado, es que es uno de los patógenos que provoca mayor cantidad pudriciones de fruta en poscosecha. Por otro lado, se identifica al Moho verde provocado por *P. expansum* y a Corazón mohoso causada por un complejo de especies *Alternaria*, incluyendo *A. alternata*, *A. arborescens*, *A. infectoria* y *A. tenuissima* (Latorre, 2007; Elfar et al., 2018).

2.7.1 Pudrición negra “Black rot”, pudrición por *Phacidium* “Phacidium rot” y pudrición esponjosa “Speck rot”

Las pudriciones causadas por *B. cinerea* (pudrición calicinal), *Penicillium* spp. (pudrición azul), *N. vagabunda* (Ojo de buey) (**Figura 2.2**), son consideradas patologías que son de importancia en frutos de manzana a nivel nacional como internacional (Latorre, 2018; Soto-Alvear et al., 2013; Sutton et al., 2014). Sin embargo, hoy en día la lista de patologías se ve incrementada, debido a la identificación de nuevas enfermedades fungosas de importancia en el periodo precosecha y poscosecha recientemente descritas en Chile, incluyendo a *D. seriata*, *D. mutila*, *P. lacerum* y *Pha. washingtonensis*, como las causantes de pudriciones en manzanas en la Región del Maule (Díaz et al., 2019).



Figura 2.2. Pudrición calicinal causado por *B. cinerea* (A) y Ojo de Buey causado por *N. vagabunda* (B) en manzanas Cripps Pink. Fuente G. Díaz.

La pudrición negra o “Black rot” es provocada por el patógeno *D. seriata*, perteneciente a la familia Botryosphaeriaceae. La sintomatología presentada por los frutos afectados por miembros de esta familia

corresponde a lesiones irregulares de color pardo a pardo oscuro, que inicialmente son firmes, pero con el tiempo se ablandan, pudiendo volverse extremadamente blandas, similares a una bolsa de jugo si los síntomas son graves (**Figura 2.3**). Este hongo causa muerte de ramillas y ramas en manzanos. Por ende, es de gran importancia realizar limpieza en el huerto de las potenciales fuentes de inóculo como lo son restos de poda y ramas enfermas, ya que presentan picnidios viables (Díaz et al., 2016).

Tanto *D. seriata* como *D. mutila* no pueden producir nidos de infección durante almacenaje y presentan bajas tasas de crecimiento a 0°C. No obstante, pueden presentar lesiones considerables en 7 días si la fruta infectada es expuesta a temperaturas de 18 a 22°C (Díaz et al., 2016).

La pudrición por *Phacidium* o “Phacidium rot” es causada por el patógeno *P. lacerum*, perteneciente a la familia Phacidiaceae. La sintomatología presentada por los frutos afectados por este patógeno corresponde a pudriciones originadas desde zona calicinal, peduncular y lateral, asociada aparentemente a heridas previas en su superficie. La lesión externa es de color pardo oscuro a negro y de color pardo oscuro la lesión interna, presenta un patrón de anillos concéntricos que se alternan y picnidios en la superficie de la manzana. Además, presenta una pudrición firme que con el tiempo se ablanda (**Figura 2.4**). La fruta almacenada puede desarrollar síntomas a temperatura ambiente y a 0°C (Díaz et al., 2016).

La pudrición esponjosa o “Speck rot” es causada por el patógeno *Pha. washingtonensis* perteneciente a la familia Bulgariaceae. Se le denomina de esta forma debido a la apariencia que desarrolla al iniciar la infección en las lenticelas. También se le conoce como “Rubbery rot”, a causa del cambio en la consistencia de la fruta afectada, pasando de firme a esponjosa en un periodo de al menos 30 y 120 días de almacenaje en frío convencional y atmósfera modificada. La sintomatología presentada por los frutos afectados corresponde a una tinción negra de la pulpa junto a una consistencia esponjosa (**Figura 2.5**). La presencia de la pudrición es muy baja a nivel de campo, sin embargo, en almacenamiento su presencia aumenta y se vuelve visible debido a que el patógeno tiene la capacidad de crecer, desarrollarse y generar nidos de infección durante un periodo prolongado de almacenaje a 0°C (Díaz et al., 2016).

Según un artículo publicado en 2006 por Kim y Xiao; en el estado de Washington se logran identificar diversos fitopatógenos asociados a enfermedades de la manzana tales como *P. expansum*, *B. cinerea* y *N. vagabunda*. Destacando a *Pha. washingtonensis* como el fitopatógeno causante de pudriciones del extremo del cáliz y del tallo, presentándose en el 17-26% del total de lotes muestreados. Provocando pérdidas del orden del 24% durante la temporada 2004-2005 en el estado de Washington; estos registros posicionan al hongo como potencial causante de considerables pérdidas económicas durante el periodo de almacenamiento en frío. Los síntomas externos que evidencian la presencia del patógeno no son

visibles en la etapa temprana de la pudrición, es durante la etapa avanzada donde se aprecia el daño en cáliz y tallo en forma de lesiones irregulares (Xiao et al., 2008).

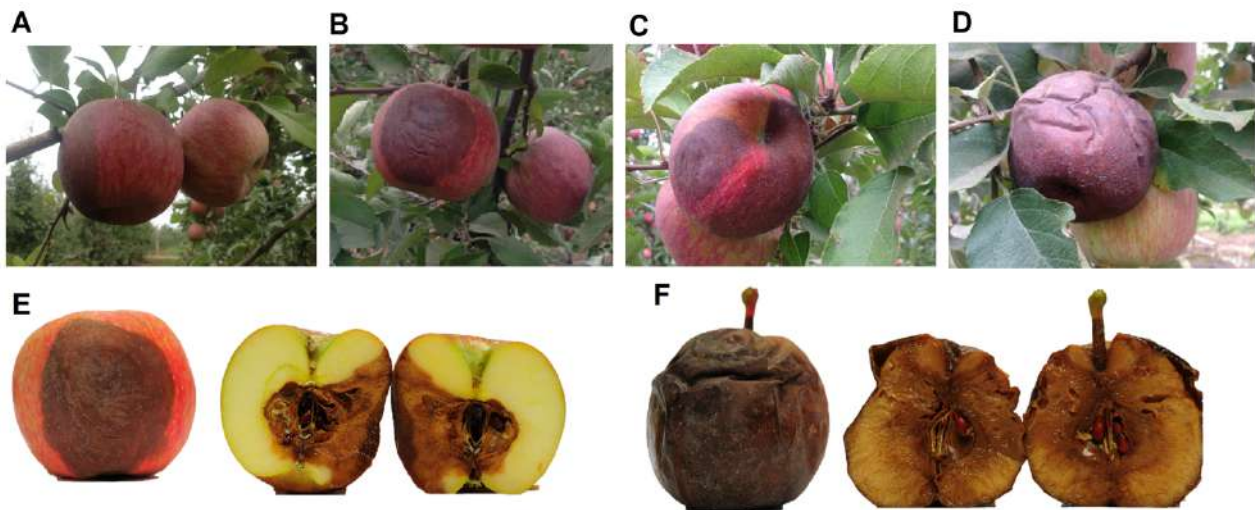


Figura 2.3. Pudrición negra en precosecha causada por *D. seriata*. Lesiones pardo-oscuro laterales y calicinales en frutos (A - D). Fruto con lesión lateral y corte longitudinal con pudrición interna (E) y frutos de denominados bolsas-pudrición blanda. Fuente G. Díaz.



Figura 2.4. Manzanas cv. Cripps Pink con pudrición por *Phacidium* con lesiones circulares asociadas a *P. lacerum*. Fuente G. Díaz.

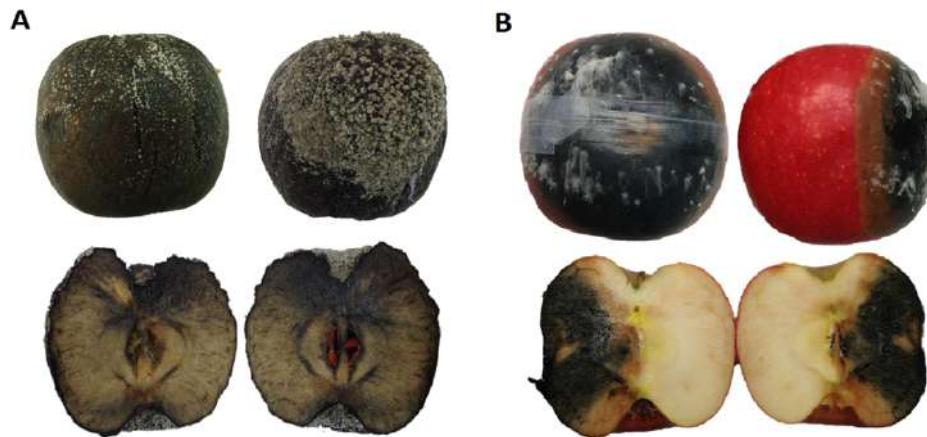


Figura 2.5. Síntomas de pudrición esponjosa causados por *Pha. washingtonensis* en manzanas cv. Cripps Pink durante almacenaje prolongado en frío. Frutos con síntomas durante almacenaje en frío con abundantes picnidios formados sobre la piel (A). Fruto inoculado con inducción de síntomas (B). Fuente G. Díaz.

2.8 Fungicidas

Las enfermedades provocadas por hongos forman parte de las principales causas del daño de plantas y cultivos. Para controlar esta amenaza se utilizan productos sintéticos como los fungicidas, los cuales corresponden a sustancias tóxicas empleadas para inhibir la actividad o eliminar el hongo. El uso reiterado del producto provocará la modificación de un gen dominante en el hongo, lo que causará una reducción en la sensibilidad al fungicida, comprobando que la capacidad de resistencia se obtiene a través de un proceso evolutivo (McGrath, 2004).

Los métodos de aplicación de fungicida con mayor frecuencia de uso en poscosecha son mediante soluciones acuosas, ya sea para inmersión, pulverizaciones o cascadas. Los tratamientos por inmersión o en cascada, dan mayor penetración o cobertura que la pulverización, sin embargo, estos métodos tienen limitaciones, ya que requieren un gran volumen de solución y resultan más adecuados para fungicidas baratos y estables (FAO, 1989).

Entre los ingredientes activos que se encuentran disponibles para control de patógenos en poscosecha de manzana están (FRAC, 2020): Fludioxonil (grupo fenil-pirroles, inhibidor de la regulación osmótica), Pirimetanil (grupo anilino-pirimidinas, inhibe la biosíntesis de metionina) y Tiabendazol (grupo

benzimidazoles, ensamblaje de la tubulina en mitosis). El recurrente uso de estos productos se justifica mediante su relativo bajo costo, facilidad de aplicación y considerable efectividad (Murray et al., 2019).

Los fungicidas autorizados para ser empleados en poscosecha de manzanas son:

2.8.1 Fludioxonil

Es un ingrediente activo de fungicida de nombre químico 4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-il) pirrol-3-carbonitrilo. Pertenece al grupo químico fenilpirrol (FRAC, 2020) y al grupo IV de toxicidad, lo que significa que no representa peligro. Es un fungicida de amplio espectro y de contacto, usado para el control de enfermedades en poscosecha. Actúa sobre la regulación osmótica de las esporas de los hongos, con actividad sobre la esporulación de estos. Tiene una actividad de contacto sobre la superficie de la hoja y los frutos. Según el comité de acción de resistencia de fungicidas (FRAC) su modo de acción es en la transducción de señales, necesarias para la regulación osmótica de las células fungosas (FRAC, 2020). Se distribuye comercialmente en Chile bajo el nombre de Scholar® 230 SC y se recomienda en dosis comerciales de 200 a 250 cc / 100 L de agua para el control de enfermedades poscosecha en pomáceas.

2.8.2 Pirimetanil

Es un ingrediente activo de fungicida de nombre químico 2-anilino-4,6-dimetilpirimidina. Pertenece al grupo químico de las anilino pirimidinas (FRAC, 2020) y al grupo IV de toxicidad, lo que significa que no representa peligro. Presenta excelente acción de contacto, actividad translaminar y acción a vapor. Según el comité de acción de resistencia de fungicidas (FRAC) su modo de acción es en la síntesis de proteínas, sitio de acción en la biosíntesis de metionina. Impide la secreción de enzimas del hongo, siendo bloqueada la asimilación de nutrientes, por lo tanto, el tubo germinativo y el crecimiento celular. Se distribuye comercialmente en Chile bajo el nombre de Penbotec® 400 SC y se recomienda en dosis comerciales de 250 cc / 100 L de agua para el control de enfermedades poscosecha en pomáceas.

2.8.3 Tiabendazol

Es un ingrediente activo de fungicida de nombre químico 2-(tiazol-4-il) benzimidazol. Pertenece al grupo de los benzimidazoles (FRAC, 2020) y al grupo III de toxicidad, lo que significa que representa un peligro menor. Según el comité de acción de resistencia de fungicidas (FRAC) inhibe la beta tubulina en la mitosis de los hongos (sitio específico). Este tipo de fungicidas atraviesan la cutícula, desplazándose por los espacios que existen en las paredes celulares, translocados por la corriente que forma la

transpiración (movimiento apoplasto). Puede aplicarse como aspersión foliar antes de la cosecha o en tratamientos de poscosecha. Se distribuye comercialmente en Chile bajo el nombre Tecto® 500 SC y se recomienda en dosis comerciales de 100 a 250 cc/ 100 L de agua para el control de enfermedades poscosecha en pomáceas.

2.9 Control de enfermedades en manzanas durante poscosecha

Una vez llegada la fruta al establecimiento, se procede a aplicar los productos fitosanitarios adecuados a la etapa de poscosecha. Este proceso se puede llevar a cabo mediante ducha de bines, termonebulización, inmersión, etc. El propósito principal de la utilización de caldos de actividad fungicida corresponde a evitar la posible pudrición de frutos almacenados, afectados principalmente por los distintos tipos de hongos o bacterias (Colodner, 2011).

2.9.1 Termonebulización

La termonebulización corresponde a un proceso y tipo de aplicación de fungicida en poscosecha, específicamente, convierte una sustancia química líquida en una niebla fina, son varias las soluciones fungicidas que pueden aplicarse directamente a la fruta en el proceso de almacenamiento en cámara frigorífica (**Figura 2.6**). Este proceso tiene por ventaja la capacidad de distribuir de manera uniforme el producto por la superficie del fruto tratado, además la cantidad de producto químico a utilizar por aplicación suele ser pequeña y el tratamiento en sí, se puede llevar a cabo varias veces durante el periodo de almacenamiento en frío (Moggia et al., 2003).

La finalidad del termonebulizador es la producción de niebla, esto se logra mediante la utilización de formulaciones aceitosas termonebulizables. La máquina comienza a calentar la formulación hasta los 170°C para posteriormente inyectarlo al paso de aire, como resultado se logrará el efecto atomizador deseado. El calentamiento provocara la separación del producto químico, formando micropartículas que posibilitan una distribución óptima al interior de la cámara frigorífica sin combustión de gases. Este proceso permite tratar grandes volúmenes de fruta y evitar la potencial contaminación de la fruta mediante el agua (Soto, 2003; Barros, 2013).

Cabe destacar que este tratamiento es calificado como seguro, limpio y sustentable, debido a que el nivel de residuos que quedan en el fruto tratado es similar al nivel de residuo mediante el tratamiento de ducha. Además, la termonebulización tiene como ventaja la menor contaminación cruzada de la fruta,

causada por el exceso mojado de distintos lotes ingresados al proceso de ducha de bins. Además de evitar la generación de importantes volúmenes de soluciones (Barros, 2013).



Figura 2.6. Termonebulizador en aplicación de fungicida en cámara de frío comercial (Pace International).
Fuente PACE International (www.paceint.com).

2.9.2 Ducha o “drench”

La ducha consiste en un sistema de aplicación de productos fitosanitarios en poscosecha, el cual desinfecta y trata a la fruta mediante un sistema que se encarga de distribuir el caldo a través de los bins de fruta que pasen bajo el sistema de ducha. La solución debe ser mezclada completamente para conseguir concentraciones homogéneas en la superficie de la fruta y su temperatura debe estar entre 10 a 22°C (Soto, 2003; Viñas et al., 2013).

Este método destaca por permitir el tratamiento de una gran cantidad de fruta en poco tiempo, sin embargo, presenta ciertos problemas. Durante el proceso de ducha, el líquido de tratamiento es recirculado y los conidios de hongos responsables de podredumbres se desprenden de la superficie de frutos, bins y de la tierra contenida en sus bases, acumulándose en el líquido de tratamiento, convirtiéndose en un peligro potencial para la inocuidad de la fruta. Debido a esto, es de gran importancia realizar un buen lavado de la fruta y los bins, previo a la realización del tratamiento fitosanitario. En adición, puede resultar necesaria la recarga de fungicida cada ciertos bins para mantener constante la concentración en el líquido de tratamiento. (Colodner et al., 2012; Murray et al., 2019).

La aplicación de fungicidas por duchas en una de las formas más utilizadas en manzanas y peras en Chile. Recientemente, se determinó la eficacia de fludioxonil aplicados por ducha recirculante en dosis comerciales durante almacenaje en frío en manzanas cv. Cripp Pink contra infecciones por *N. vagabunda*.

Sin embargo, la mejor eficacia fue de alrededor del 50%, la cual se logró con la mayor dosis o en combinación con tiabendazol (Lolas et al., 2016).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Frutos de manzana

Para el estudio se utilizaron frutos (n=3000 frutos) libres de plagas y enfermedades de manzana (*Malus x domestica*) de los cultivares Cripps Pink (13% SS, 8.2 kg firmeza) y Fuji (14% SS, 8.3 kg firmeza) que fueron cosechados desde un huerto comercial de manzanas de exportación, localizado en Curicó (34°07'S; 71°17'W), Región del Maule, Chile.

3.2 Ubicación del estudio

El trabajo se realizó en las instalaciones pertenecientes al Laboratorio de Patología Frutal, de la Facultad de Ciencias Agrarias. Av. Lircay s/n, Campus Talca, Universidad de Talca, Talca, Chile.

3.3 Protección de frutos con fungicidas aplicados por termonebulización

En total se seleccionaron 1200 frutos con calidad comercial de cada cv. mencionado, los cuales se limpiaron superficialmente utilizando hipoclorito de sodio al 0,5% durante 3 min para luego ser lavados con agua destilada por 60 s. Después del lavado, los frutos se posicionaron sobre papel absorbente en mesones con temperaturas de 20°C durante 120 min. Posterior al secado, los frutos se ubicaron dentro de cajas plásticas (gamelas) a la espera de la aplicación de fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol mediante el método de termonebulización (**Cuadro 3.1; Figura 3.1**). Estas cajas se situaron al interior de la cámara donde fue la aplicación mediante un dispositivo termonebulizador, la cual tuvo un volumen de 100 L (bin comercial de manzanas) El volumen de fruta se completó utilizando pelotas plásticas, simulando fruta. Los detalles técnicos del dispositivo de termonebulización fueron operados por técnicos de la empresa PACE International, mezclando el fungicida con glicol como acarreador, generando una neblina de fungicida al interior de la cámara. La aplicación se realizó durante 5 minutos y se debió esperar 60 minutos para permitir que el producto se disipara por completo dentro de la cámara. Una vez aplicados los fungicidas, se procedió a almacenar la fruta a 0°C durante 12 horas hasta la inoculación con hongos, incluyendo al tratamiento testigo.

Cuadro 3.1. Dosis y concentraciones de los fungicidas fludioxonil (Ecofog 80), pirimetanil (Ecofog 160), y tiabendazol (Ecofog TBZ) aplicados por termonebulización en manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji.

| Tratamientos | Nombre comercial y formulación | Ingrediente activo | Grupo químico | Concentración | Dosis (g/ton) |
|--------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|---------------|---------------|
| T0 | - | Agua | - | - | - |
| T1 | Ecofog 80 (HN) | Fludioxonil | Fenil pirroles | 8% | 60 |
| T2 | Ecofog 160 (HN) | Pirimetanil | Anilinopirimidina | 16% | 30 |
| T3 | Ecofog TBZ (HN) | Tiabendazol | Metil bencimidazole | 99% | 37 |

Los fungicidas Ecofog 80 (HN, fungicida termonebulizable), Ecofog 160 (HN, fungicida termonebulizable) y Ecofog TBZ (HN, fungicida termonebulizable) son fabricados por Pace International LLC. Ltda. Chile.



Figura 3.1. Cámara y termonebulizador utilizado en la protección de manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji.
Fuente G. Díaz.

3.4 Protección de frutos con fungicidas aplicados por ducha

Se seleccionaron 1200 frutos con calidad comercial del cv. Cripps Pink, posteriormente se procedió a desinfectarlos superficialmente con hipoclorito de sodio al 0,5% por 3 min más un lavado en agua destilada por 1 min. Luego del lavado, los frutos se posicionaron sobre papel absorbente en mesones con una temperatura ambiente de 20°C durante 120 minutos. Posterior al secado, los frutos se ubicaron dentro de cajas plásticas (gamelas) a la espera de la aplicación de fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol mediante el método de ducha recirculante en volumen de 100 L (**Figura 3.2**). Estas cajas a su vez se ubicaron dentro del sistema de ducha recirculante para la aplicación de los fungicidas según las dosis comerciales indicadas por cada fabricante recomendadas para manzanas en poscosecha (**Cuadro 3.2**). La ducha se llevó a cabo durante 2 min de funcionamiento recirculante. Se incluyó una ducha en agua sin fungicida como tratamiento testigo. Luego de una hora después de la exposición a los fungicidas, se procedió a almacenar la fruta a 0°C durante 12 horas hasta la inoculación con hongos, incluyendo al tratamiento testigo.

Cuadro 3.2. Nombre comercial, formulación y dosis de los fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol que serán aplicados por ducha en la protección de manzanas cv. Cripps Pink.

| Tratamientos | Ingrediente Activo | Nombre comercial y formulación | Dosis |
|--------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|
| T0 | Agua | Testigo | - |
| T1 | Fludioxonil | Scholar 230 (SC) | 200 mL/hectolitro |
| T2 | Pirimetanil | Penbotec 400(SC) | 250 mL/hectolitro |
| T3 | Tiabendazol | Tecto 500 (SC) | 250 mL/hectolitro |

Penbotec 400 SC (suspensión concentrada) fabricado por Janssen Phamaceutica (Bélgica), importado y distribuido por Pace International LLC. Ltda. Chile; Scholar 230 SC (suspensión concentrada) fabricado por Syngenta Crop protection Inc (E.E.U.U), importado y distribuido por Syngenta S.A. Chile; Tecto 500 SC (suspensión concentrada) fabricado por Syngenta Crop protection Inc (E.E.U.U), importado y distribuido por Syngenta S.A. Chile.



Figura 3.2. Sistema de ducha mediante recirculación (100 L) utilizado en la protección de manzanas cv. Cripps Pink. Fuente G. Díaz.

3.5 Preparación de inóculo e inoculación de frutos protegidos

Con el fin de inocular los frutos seleccionados para el estudio, se utilizaron las especies *D. mutila* (Mz-F14), *D. seriata* (Mz-F3), *Pha. washingtonensis* (Mz-F9) y *P. lacerum* (Mz-F4) que fueron obtenidos previamente desde manzanas con pudriciones de huertos comerciales en la Región del Maule (Díaz et al., 2019). Cultivos puros de los cuatro aislados se cultivaron en placas de Petri de 88 mm con medio de cultivo Agar-Papa-Dextrosa (APD, 2%), colocando en su centro un trozo invertido de agar, con crecimiento activo de los aislados de 5 días (20°C) de edad. Después de 21 días de incubación a 20°C, las placas de Petri de APD de *D. seriata*, *D. mutila*, *P. lacerum* y *Pha. washingtonensis* produjeron abundantes picnidios con cirrus, a las cuales se les agregó 1 mL de tween 80 al 0,01% (Merck, Brasil), agitándolas por 1 min. Posteriormente el contenido en suspensión de tween en las placas de Petri, se filtró en gasa estéril y se determinó la concentración con una cámara de Neubauer, ajustando la concentración a 10^6 conidias/mL (Díaz et al., 2019).

A las manzanas cvs. Cripps Pink (n=1200 frutos) y Fuji (n=1200 frutos) protegidas por termonebulización y a las manzanas cv. Cripps Pink (n=1200 frutos) protegidas por ducha, se les realizó una herida con una aguja hipodérmica estéril, realizando un triple pinchazo en forma superficial del fruto en la zona ecuatorial. Transcurridos 15 minutos desde la formación de la herida se deposita 20 μ L de suspensión conidial (10^6 conidias/mL) de *Pha. washingtonensis*, y *P. lacerum*, *D. mutila* y *D. seriata* (**Figura 3.3**).

Después de 2 h, las manzanas se colocaron en bandejas al interior de cajas de exportación de cartón (50 x 30 x 30 cm). Cabe destacar que todas las cajas que contienen a la fruta protegida con fungicidas (termonebulización y ducha) e inoculadas con los hongos ya mencionados, fueron almacenadas a 0°C por 90 días (85%HR).



Figura 3.3. Inoculación sobre la herida con suspensión de conidias de *P. lacerum* en manzanas cv. Cripps Pink protegidas con fungicidas. Fuente G. Díaz.

3.6 Evaluación de la protección

Una vez transcurridos los 90 días de almacenaje a 0°C se procede a determinar en la fruta, la longitud de la herida (mm), mediante el diámetro polar y ecuatorial del sitio de inoculación en cada fruto, utilizando el calibrador de vernier (Serie 500 absolute Digimatic, Mitutoyo America Corporation, Illinois, E.E.U.U). Por otro lado, a las cajas inoculadas con *D. munita* y *D. seriata*, se les adiciona 15 días de temperatura ambiente (20-22°C).

Es preciso destacar que los frutos inoculados fueron seleccionados al azar para realizar el aislamiento de los hongos, a causa de esto se toma un trozo de la zona de avance de la lesión asociada a cada tratamiento y se ubica en forma de triplicado en una placa de Petri con el medio de cultivo APD a temperaturas de 20-22°C durante 7 días con el fin de confirmar la identificación.

3.7 Diseño experimental y análisis estadístico

Para el caso del uso de termonebulización, se utiliza un diseño completamente al azar, separando los experimentos entre los cvs. Cripps Pink y Fuji. En esta ocasión la unidad experimental corresponde a 10 frutos por cv. En adición, se utilizan 6 repeticiones por tratamiento fungicida y el tratamiento sin aplicación. El análisis estadístico utilizado será un análisis de varianza (ANDEVA) para cada especie de hongo en forma individual. En caso de que las medias sean diferentes, se procede a separarlas mediante una prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0,005$). Para este estudio se utilizará el programa estadístico Sigmaplot 13 (Systat Software, Inc, California, E.E.U.U).

Para el caso del uso de ducha, se utiliza un diseño completamente al azar, separando los experimentos entre los cv. Cripps Pink y Fuji. En esta ocasión la unidad experimental corresponde a 10 frutos por cv. En adición, se utilizan 6 repeticiones por tratamiento fungicida y el tratamiento sin aplicación. El análisis estadístico utilizado será un análisis de varianza (ANDEVA) para cada especie de hongo en forma individual. En caso de que las medias sean diferentes, se procede a separarlas mediante una prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0,005$). Para este estudio se utilizará el programa estadístico Sigmaplot 13 (Systat Software, Inc, California, E.E.U.U).

4 RESULTADOS

4.1.1 Protección de manzanas con fungicidas aplicados por termonebulización

4.1.2 Protección de manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji

Las manzanas sin aplicación de fungicidas (tratamiento testigo) inoculadas con *D. mutila*, *D. seriata*, *Pha. washingtonensis* y *P. lacerum* desarrollaron lesiones que en promedio lograron un rango entre 20,7 a 49,2 mm, que fueron asociadas a *D. mutila* y *Pha. washingtonensis*, respectivamente (**Cuadro 4.1; Figura 4.1**). Independiente de la especie de hongo, todos los fungicidas disminuyeron significativamente ($P < 0,0001$) el diámetro de la lesión. En este sentido, nos muestra que todos los fungicidas son efectivos (**Figura 4.2**). No obstante, el fungicida pirimetanil alcanzó solo una efectividad de 54% contra *D. mutila* en el cv. Fuji. Sin embargo, logró controlar de mejor manera (100%) a *P. lacerum* presente en ambos cultivares de manzanas.

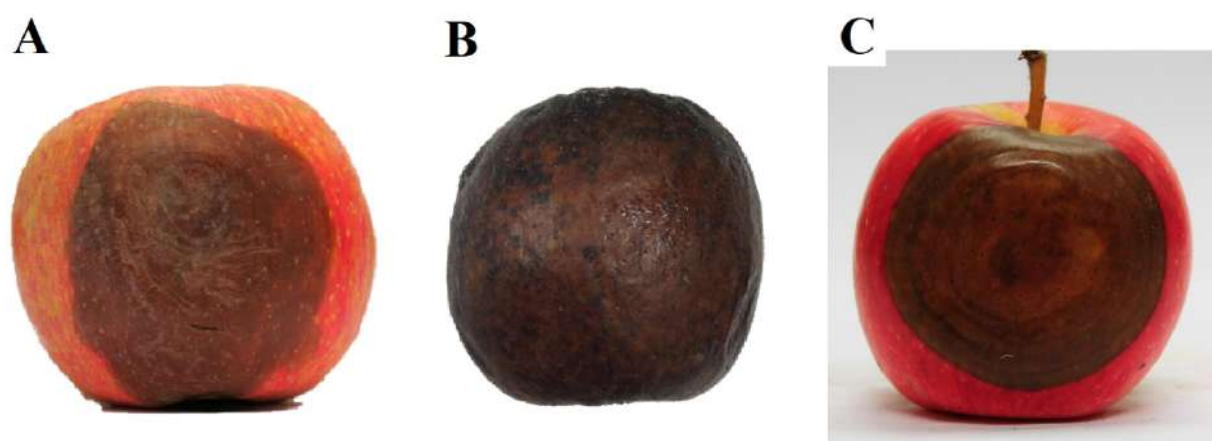


Figura 4.1. Síntomas de pudrición negra (A) en manzana cv. Fuji, pudrición esponjosa (B) manzana cv. Cripps Pink y pudrición por *Phacidium* (C) en manzanas cv. Fuji inoculadas con *D. seriata*, *Pha. washingtonensis* y *P. lacerum* después de 90 días de almacenaje a 0°C. Fuente G. Díaz.

Cuadro 4.1. Lesiones en frutos protegidos con fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicado por termonebulización contra *Diplodia mutila* (DM), *Diplodia seriata* (DS), *Phacidiopycnis washingtonensis* (PW) y *Phacidium lacerum* (PL) en frutos de manzana cvs. Cripps Pink y Fuji después de 90 días de almacenaje a 0°C.

| Fungicida | Diámetro de lesión, mm (MPDC, % ²) | | | | | | | |
|----------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Cripps Pink | | | | Fuji | | | |
| | DM ^y | DS | PW | PL | DM | DS | PW | PL |
| Fludioxonil | 4,7 a ^x | 11,8 a | 3,6 a | 2,4 a | 4,9 a | 8,4 a | 7,7 a | 2,9 a |
| Pirimetanil | 9,5 a | 8,9 a | 8,7 a | 0,0 a | 7,5 a | 8,1 a | 7,7 a | 0,0 a |
| Tiabendazol | 3,9 a | 5,5 a | 2,3 a | 3,1 a | 1,5 a | 1,7 a | 11,7 a | 3,6 a |
| Control (agua) | 20,7 b | 32,8 b | 49,2 b | 25,7 b | 23,8 b | 38,7 b | 46,1 b | 37,8 b |
| gl | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| P | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |

²Promedios seguidos por la misma letra minúscula en columna no difirieron significativamente según la prueba de rango múltiple de Tukey (P>0.05).

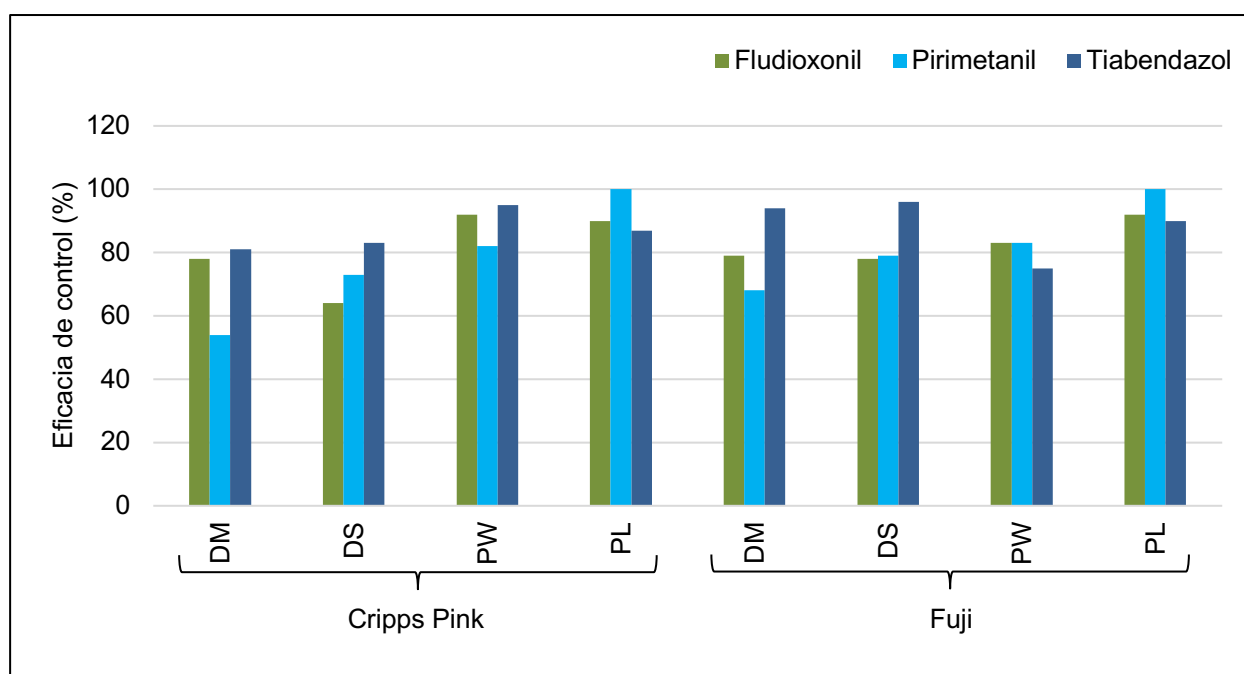


Figura 4.2. Eficacia de fungicidas aplicados por termonebulización en el control de *D. mutila* (DM), *D. seriata* (DS), *Pha. washingtonensis* (PW) y *P. lacerum* (PL) en manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji, después

de 90 días de almacenamiento a 0°C. Eficacia de control (EDC %): El porcentaje medio de control de la enfermedad calculado sobre la base de la infección media de la enfermedad (MPI) del tratamiento de control, como $(100 \times (1 - [\text{tratamiento MPI} / \text{control MPI}]))$.

4.2 Protección de manzanas con fungicidas aplicados por ducha

4.2.1 Protección de manzanas cv. Cripps Pink

Las manzanas cv. Cripps Pink sin aplicación de fungicidas (tratamiento testigo) inoculadas con *D. mutila*, *D. seriata*, *Pha. washingtonensis* y *P. lacerum* desarrollaron lesiones que en promedio fueron de 13 a 31,2 mm asociadas a *D. mutila* y *Pha. washingtonensis*, respectivamente (**Cuadro 4.2; Figura 4.3**). Independiente de la especie de hongo, todos los fungicidas disminuyeron significativamente ($P < 0,0001$) el diámetro de la lesión. En este sentido, nos muestra que todos los fungicidas son efectivos (**Figura 4.4**). No obstante, el fungicida pirimetanil tuvo una efectividad intermedia (69%) contra *D. mutila*. Sin embargo, el fungicida fludioxonil logró el mayor control (100%) tanto en *D. mutila* como en *Pha. washingtonensis* contra *P. lacerum*.

Cuadro 4.2. Lesiones en frutos protegidos con fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicado por ducha contra *Diplodia mutila* (DM), *Diplodia seriata* (DS), *Phacidiopycnis washingtonensis* (PW) y *Phacidium lacerum* (PL) en frutos de manzana cv. Cripps Pink, después de 90 días de almacenaje a 0°C.

| Fungicida | Diámetro de lesión, mm (MPDC, % ²) | | | |
|----------------|--|---------|---------|---------|
| | Cripps Pink | | | |
| | DM ^y | DS | PW | PL |
| Fludioxonil | 0,0 a | 1,2 a | 0,0 a | 0,7 a |
| Pirimetanil | 4,0 a | 3,7 a | 1,7 a | 0,7 a |
| Tiabendazol | 0,4 a | 0,6 a | 5,7 a | 0,9 a |
| Control (agua) | 13,0 b | 30,5 b | 31,2 b | 19,1 b |
| <i>gl</i> | 3 | 3 | 3 | 3 |
| <i>P</i> | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |

²Promedios seguidos por la misma letra minúscula en columna no difirieron significativamente según la prueba de rango múltiple de Tukey ($P > 0,05$).



Figura 4.3. Síntomas de pudrición negra (A y B), pudrición esponjosa (C) y pudrición por *Phacidium* (D) en manzanas sin protección fungicida (tratamiento agua), después de 90 días de almacenaje a 0°C. Fuente G. Díaz.

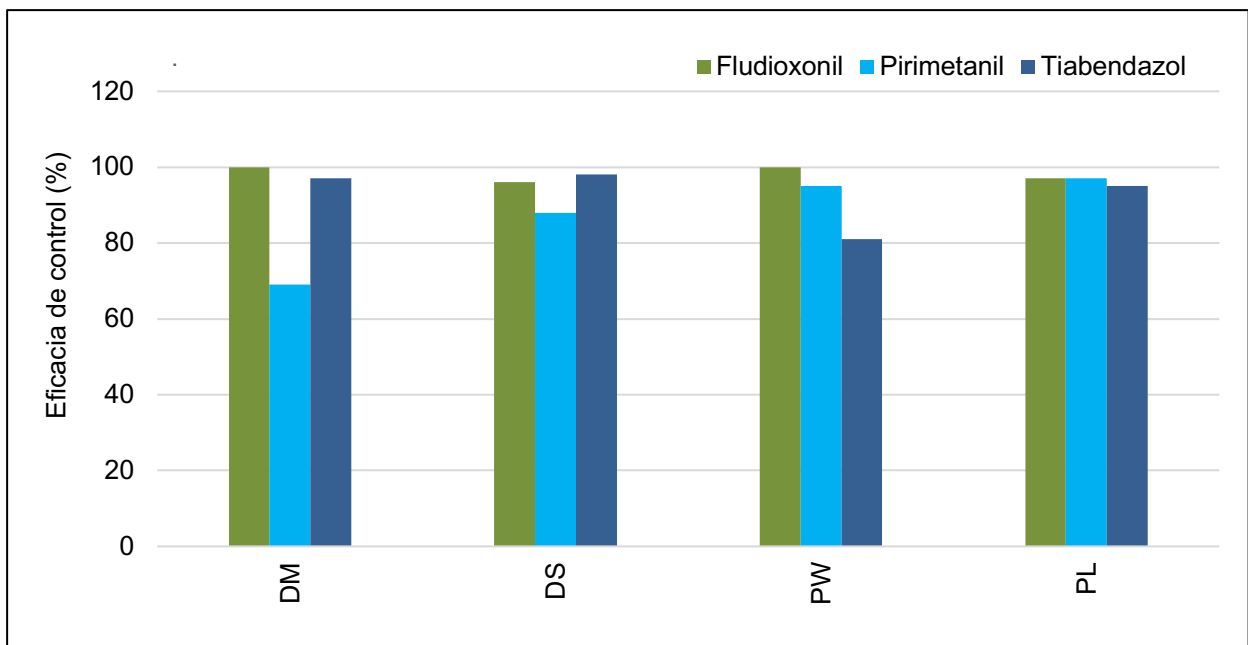


Figura 4.4. Eficacia de fungicidas aplicados por ducha en el control de *D. mutila* (DM), *D. seriata* (DS), *Pha. washingtonensis* (PW) y *P. lacerum* (PL) en manzanas cv. Cripps Pink, después de 90 días de almacenamiento a 0°C. Eficacia de control (EDC, %): El porcentaje medio de control de la enfermedad calculado sobre la base de la infección media de la enfermedad (MPI) del tratamiento de control, como $(100 \times (1 - [\text{tratamiento MPI} / \text{control MPI}]))$.

5 DISCUSIÓN

La presente investigación demuestra la efectividad de los fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados mediante métodos distintos utilizados en Chile en la producción convencional de manzana de exportación. Estos fungicidas están disponibles y autorizados para ser empleados en manzanas durante poscosecha para el control de pudriciones causados por hongos (SAG, 2020). Por lo tanto, el presente estudio demuestra la eficacia de los fungicidas disponibles para proteger a las manzanas durante 90 días de poscosecha contra los hongos causantes de las enfermedades pudrición negra (*Diplodia* especies), pudrición esponjosa (*Pha. washingtonensis*) y pudrición por *Phacidium* (*P. lacerum*) en Chile.

Los resultados obtenidos en este estudio corroboran lo realizado anteriormente por Catalan (2016), Pacheco (2016), Daza (2016) y Díaz et al., (2016), quienes demostraron que el control químico en poscosecha aplicado mediante métodos como termonebulización y ducha, son efectivos para el control de los patógenos *D. seriata*, *D. mutila*, *P. lacerum* y *Pha. washingtonensis* durante el periodo de almacenamiento en frío convencional. El uso de los fungicidas fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol evidencia un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de los patógenos inoculados en la fruta. En el presente estudio se compara la eficacia en el control de patógenos de los métodos de termonebulización y ducha; registrando porcentajes de eficacia entre el 54 a 100% y 69 a 100% respectivamente. Sin embargo, hubo una excepción en el control de *P. lacerum* al utilizar el fungicida pirimetanil; debido a que el método de ducha tuvo una eficacia menor con un 97% versus el control de 100% registrado al utilizar termonebulización en cv. Cripps Pink. De esta forma, la utilización del fungicida pirimetanil aplicado por termonebulización en manzanas cv. Cripps Pink y cv. Fuji logró controlar por completo al hongo *P. lacerum*. Cabe destacar, que el mayor porcentaje logrado por fungicidas aplicados por ducha estaría asociado a la mayor residualidad generado por el mayor volumen de agua al que se expone la fruta. Sin embargo, la aplicación por termonebulización no necesita de un volumen como los empleados en duchas, lo cual se traduce en una ventaja en los tiempos de escasez y eficiencia hídrica.

Este trabajo afirma que los aislados *Diplodia* spp., *P. lacerum* y *Pha. washingtonensis* previamente testeados y considerados sensibles a fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol en *in vitro* (Díaz et al., 2019) y coincidentes con Ali et al., (2018), quienes también obtuvieron una población sensible de *Pha. washingtonensis*, y de *P. lacerum* (Ozturk y Amiri, 2020), y que esa misma población es controlada mediante las dosis comerciales después de almacenamiento, coincidiendo con el actual trabajo. Sin embargo, los mejores fungicidas fueron fludioxonil y difeconazole (DMI) aplicados en poscosecha contra *P. lacerum* (Ozturk y Amiri, 2020) y *Pha. washingtonensis* (Ali et al., 2018). Previamente, Xiao y Boal (2014), habían obtenido un buen control de pudrición esponjosa con fludioxonil, tiabendazol y pirimetanil en manzanas.

El actual estudio difiere con el trabajo de Daza (2016), donde la eficacia en el control de *D. seriata* y *D. mutila* fue mayor que la obtenida en este estudio, con un 90 a 96% respectivamente versus el 54 a 83% registrado en cv. Cripps Pink y el 68 a 96% en cv. Fuji. No obstante, cabe destacar que la eficacia de control en el caso de *P. lacerum* es mejor en el presente estudio, ya que las eficacias en el actual trabajo fueron de 87 a 100% para el cv. Cripps Pink y 90 a 100% para el cv. Fuji siendo superiores que el 76 a 88% obtenido en el control del mismo patógeno por Daza (2016).

Para el caso del fungicida tiabendazol aplicado por ducha, se alcanzó un 81% de eficacia en el control de *Pha. washingtonensis*, siendo muy similar a la obtenida por Xiao y Boal (2014), quienes obtuvieron entre 77 a 95% de eficacia al utilizar tiabendazol y de 96 a 100% al utilizar fludioxonil en el control *Pha. washingtonensis* mediante ducha. Este último porcentaje de control coincide con el 100% obtenido en el presente estudio al controlar al mismo patógeno por medio del mismo método de aplicación.

Xiao (2016) afirma que la infección de las manzanas se produce en el huerto y que los síntomas de pudrición de la fruta aparecen posterior a su cosecha; pudiendo apreciarse durante el periodo de almacenamiento o en el mercado de destino. Debido a esto, Xiao (2016) agrega que el control de *Pha. washingtonensis* es efectivo utilizando Penbotec (pirimetanil), Scholar (fludioxonil) y Mertect (tiabendazol) durante el almacenaje de la fruta. Incluso afirma que estos tres fungicidas aplicados durante la poscosecha, resultan ser más eficaces que los fungicidas empleados en el periodo de precosecha.

Cabe mencionar que los hongos *D. seriata* y *D. mutila*, no lograron desarrollar pudrición pasado 90 días en almacenaje a 0°C. Los síntomas se desarrollaron luego de una vitrina de 15 días a temperatura ambiente (20-22°C). Lo cual coincide con lo establecido por Weber et al. (2013), quienes indican que las manzanas inoculadas con *D. seriata*, luego de ser incubadas por 14 días a 20°C, evidencian un rápido crecimiento de pudrición.

Los buenos resultados obtenidos de los productos aplicados por termonebulización ratifican que esta técnica puede ser complementaria o reemplazante de la ducha a nivel comercial y es necesario realizar más estudios para ratificar estos resultados en diferentes condiciones de almacenamiento (atmósfera modificada, envases inteligentes). No obstante, Zhao et al. (2010) indica que la aplicación reiterada y excesiva de fungicidas puede generar resistencia o disminución en términos de eficacia de control, señalando la falta de eficacia en el control de *B. cinerea* en pomáceas del estado central de Washington por parte del fungicida tiabendazol. En adición, Li et al. (2007) señala que los fungicidas fludioxonil y pirimetanil son buenas alternativas para reemplazar a tiabendazol en el control de enfermedades poscosecha de las pomáceas y particularmente para el control del moho azul causado por cepas resistentes de *P. expansum*.

Finalmente, el control de enfermedades comunes en poscosecha de la manzana es factible y efectiva, tanto por el método de termonebulización como el método tradicional por ducha. Sin embargo, no se puede dejar todo en manos del control químico; se debe procurar producir fruta de óptima calidad mediante prácticas y cuidados especiales (limpieza del huerto de fuentes de inóculo, fertilización equilibrada, poda, entre otros), que luego será protegida por aplicación de fungicidas que aseguran a su vez, la integridad y vida poscosecha de la fruta. Se debe también incorporar y profundizar estudios que combinen los manejos y la aplicación de fungicidas convencionales o biológicos. En este sentido, se deben realizar y añadir alternativas de fungicidas biológicos que permitan reducir la aplicación de agroquímicos en los productos para mantener un cuidado del medioambiente y del consumidor.

6 CONCLUSIONES

Tomando en cuenta las condiciones del presente estudio y los resultados recolectados, se procede a concluir que:

Los fungicidas comerciales en base a los ingredientes activos fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados por termonebulización en manzanas cvs. Cripps Pink y Fuji fueron eficaces entre un 54 a 100% en el control de *D. mutila*, *D. seriata*, *Pha. washingtonensis* y *P. lacerum* durante almacenaje en frío.

Los fungicidas comerciales en base a los ingredientes activos fludioxonil, pirimetanil y tiabendazol aplicados por ducha en manzanas cv. Cripps Pink fueron eficaces entre un 69 a 100% en el control de *D. mutila*, *D. seriata*, *Pha. washingtonensis* y *P. lacerum* durante almacenaje en frío.

7 BIBLIOGRAFÍA

Acuña I. 1991. Principales enfermedades que afectan al manzano en la décima región, IPA Remehue, 15: 3-9.

Ali E., Pandit L., Mulvaney K and Amiri A. 2018. Sensitivity of *Phacidiopycnis* spp. Isolates from Pome Fruit to Six Pre- and Postharvest Fungicides. *Plant Disease*, 102: 533-539.

Barros F. 2013. Tratamientos de postcosecha en manzanas. *Revista frutícola Copefrut S.A, Especial Manzanas N°1*. Obtenido de: https://www.copefrut.com/wp-content/themes/copefrut/img/revistas/2013_N1.pdf Consultado el: 5 de agosto del 2020.

Bravo J. 2011. Mercados agropecuarios. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servicios-informacion/Mercados/oct-11.pdf> Consultado el: 10 de julio del 2020.

Bravo J. 2011. Mercado de la Manzana. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/4096.pdf> Consultado el: 11 de julio del 2020.

Cáceres M., Lolas M., Gutierrez M., Ferrada E. and Díaz G. 2016. Severe outbreak of black rot in apple fruit cv. Fuji Caused by *Diplodia seriata* during pre-harvest in Maule Region, Chile. *Plant Disease*, 100: 2333-2333.

Cardenas J. y Fischer G. 2013. Clasificación botánica y morfología de manzano, peral, duraznero y ciruelo. *Los frutales caducifolios en Colombia*. 2: 21-29.

Catalan C. 2016. Control químico de *Diplodia mutila*, *Diplodia seriata*, *Neofabraea alba*, *Phacidiopycnis washingtonensis* y *Phacidium lacerum* durante almacenaje en frío convencional de manzanas Cripps Pink. Memoria para optar a título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile. 47 p.

CIREN. 2016. Manual técnico productivo y económico manzana, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26085> Consultado el: 14 de julio del 2020.

CIREN. 2017. Manzano, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Manzana.pdf> Consultado el: 10 de diciembre de 2020.

Colodner A. 2011. Optimización de las técnicas de aplicación de productos fitosanitarios en la línea de empaque de manzanas (*Malus domestica*, Borkh) (Tesis de Maestría), Universidad de Bologna, General Roca, Argentina. Obtenido de: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7122/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAA_ItoValle_Colodner_A_Optimizacion_de_las_tecnicas_de_aplicacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y Consultado el: 2 de agosto del 2020.

Colodner A. y Plaza P. 2012. Efectividad de control de enfermedades mediante un sistema de ducha de bins. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13: 160-164.

Crespo M., Moral J., Michailides, T. and Trouillas F. 2018. First report of black rot on apple fruit caused by *Diplodia seriata* in California. Plant Disease, 102: 824-824.

Cripps J., Richards L. and Mairata A. 1993. Pink Lady apple. HortScience, 28: 1057-1059.

Daza T. 2016. Efectividad de fungicidas en el control de *Diplodia seriata* y *Phacidium lacerum* asociados a pudriciones de manzanas cv. Cripps Pink en la Región del Maule. Memoria para optar a título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca. Chile. 40 p.

Díaz G., Zoffoli J., Lolas M., Blanco A., Latorre B., Ferrada E., Elfar K. and Naranjo P. 2016. Occurrence of *Phacidopycnis washingtonensis* causing speck rot on stored Pink Lady apple fruit in Chile. Plant Disease, 100: 211-211.

Díaz G. y Lolas M. 2016. Enfermedades de pre y post cosecha en manzanos, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile, 16: 2-7.

Díaz G., Latorre B., Ferreda E. and Lolas M. 2019. Identification and characterization of *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Phacidiopycnis washingtonensis* and *Phacidium lacerum* obtained from apple (*Malus x domestica*) fruit rot in Maule Region, Chile. *European Journal of Plant Pathology*, 153:1259-1273.

Elfar K., Zoffoli J. and Latorre B. 2018. Identification and characterization of *Alternaria* species associated with moldy core of apple in Chile. *Plant Disease*, 102: 2158-2169.

FAO. 1989. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Vol. 2: Control de calidad, almacenamiento y transporte. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/x5056s/x5056S03.htm#2.%20Almacenamiento%20de%20frutas%20y%20hortalizas%20frescas> Consultado el: 2 de agosto de 2020.

FAO. 2003. Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 151. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/Y4893S/y4893s00.htm#Contents> Consultado el: 8 de noviembre de 2020.

FAO. 2020. FAOSTAT. Obtenido de: <http://www.fao.org/faostat/es/#definitions> Consultado el: 6 de julio de 2020.

Ferrada E., Lolas M., Pacheco C. and Díaz G. 2016. Occurrence of Severe Outbreak of Calyx-End Rot Associated with *Botrytis cinerea* in *Malus x domestica* cv. Cripps Pink During Harvest in the Maule Region, Chile. *Plant Disease*, 101: 2149-2149.

FDF 2015. Mejoramiento de los manejos agronómicos y de poscosecha para disminuir la incidencia de Pardeamiento Interno en Cripp's Pink Obtenido de: http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2015/archivos/Boletin_Cripps_Pink.pdf Consultado el: 10 de julio de 2020.

Fresno A., Lepe. V., Hernández O. y Torres C. 2014. Cripps Pink (Pink lady™) Consideraciones técnicas, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile, Boletín Técnico. 14: 1-6.

Gil G. 2009. FRUTICULTURA. El potencial productivo. Crecimiento vegetativo y diseño de huertos. Ediciones UC, 400 p.

Guillén D. 2004. Patogenicidad de *Rhizopus sp.* y *Alternaria sp.* en frutos de pera y manzana durante postcosecha. Investigación agropecuaria, 2: 43-49.

INTA. 2006. Cripps Pink, una manzana con marca propia. Fruticultura & Diversificación, Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Rio Negro, Argentina, Vol. 48, p. 22-30.

Kim K. y Xiao C. 2006. A Postharvest Fruit Rot in Apple Caused by *Phacidiopycnis washingtonensis*. Plant Disease, 90: 1376-1381.

Latorre B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Sexta Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 638 p.

Latorre B. 2007. Pudrición gris (*Botrytis cinerea*), un factor limitante de la producción de uva de mesa en Chile, Fitopatología, 42: 9-9.

Latorre B. 2018. Compendio de las enfermedades de las plantas. Primera edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 733 p.

Lepe J. 2020. Boletín de fruta, abril 2020. ODEPA. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-abril-2020> Consultado el: 10 de julio del 2020.

Li H. and Xiao C. 2007. Baseline sensitivities to fludioxonil and pyrimethanil in *Penicillium expansum* populations from apple in Washington State. Postharvest Biology and Technology, 47: 239-245.

Marquina P., Venturini M., Oria R. and Negueruela A. 2004. Monitoring Colour Evolution During Maturity in Fuji Apples. Food Science and Technology International, 10: 315-321.

McGrath M. 2004. ¿Qué son los fungicidas?, Universidad de Cornell. Obtenido de: <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Pages/fungicidesSpanish.aspx> Consultado el: 2 de agosto de 2020.

Miñarro M., Dapena E. y Dolores M. 2011. Guía ilustrada de las enfermedades, las plagas y la fauna beneficiosa del cultivo del manzano. Ediciones SERIDA. Gobierno del principado de Asturias. España. 215 p.

Moggia C. y Pereira M. 2007. Conservación de fruta en frío, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile, Boletín Técnico, 7: 1-3.

Moggia C., Yuri J., Lolas M and Pereira M. 2003. Use of thermofogging for DPA and fungicides applications in Chile, Centro de Pomáceas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Talca, Chile, 1-2.

Murray R., Candan A. y Vázquez D. 2019. Fungicidas de poscosecha en fruta de pepita. Manual de poscosecha de frutas, INTA, Buenos Aires, Argentina, 2: 28-29.

ODEPA. 2013. Manzanas: Una temporada de alto valor de exportaciones. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/manzanas201310.pdf> Consultado el: 12 de julio del 2020.

ODEPA. 2020. Superficie plantada nacional, regional, número de huertos e infraestructura frutícola. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas> Consultado el: 10 de julio del 2020.

Ozturk I. and Amiri A. 2020. Pathogenicity and Control of *Phacidium lacerum*, an Emerging Pome Fruit Pathogen in Washington State. Plant Disease, 104: 3124-3130.

Pacheco C. 2016. Sensibilidad de *Phacidiopycnis washingtonensis* a distintos fungicidas. Memoria para optar a título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile, 20 p.

Pinilla B. 2013. Principales enfermedades de las pomáceas. Boletín técnico, 13: 1-2.

Pinilla B. y Álvarez M. 1998. Pudrición en cámaras frigoríficas. Colección de libros INIA. Instituto de ciencias agropecuarias (INIA), Santiago, Chile, p. 10-13.

SAG. 2020. Listado de Fungicidas, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/evaluacion-y-autorizacion-de-plaguicidas/1367/registros> Consultado el: 21 de noviembre de 2020.

Sarkhosh A., Crocker T., Sherman W., Williamson J. y Popenoe J. 2004. La Manzana (*Malus domestica*, Rosaceae) Obtenido de: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS29200.pdf> Consultado el: 10 de diciembre de 2020.

Sepúlveda A. y Yuri J. 2009. Resumen climático, Centro de pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile. Obtenido de: <http://pomaceas.utalca.cl/wp-content/uploads/2016/07/ResumencilimaticoJulio2009.pdf> Consultado el: 6 de julio de 2020.

Sikdar P., Mazzola M. and Xiao C. 2014. Infection courts and timing of infection of apples fruit by *Phacidiopycnis washingtonensis* in the orchard in relation to speck rot during storage, Plant Disease, 98: 1467-1474.

Soto-Alvear S., Lolas M., Rosales I., Chávez E. and Latorre B. 2013. Characterization of the Bull's Eye Rot of Apple in Chile. Plant Disease, 97: 485-490.

Soto S. 2003. Evaluación de la aplicación en postcosecha del fungicida pyrimethanil vía termonebulización en el control de *Botrytis cinerea* en manzanas cv. Fuji, Memoria para optar a título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile, 35 p.

Sutton T., Aldwinckle H., Agnello A. and Walgenbach J. 2014. Compendium of Apple and Pear Diseases and Pests. Minnesota, USA: American Phytopathological Society.

Torres A., Barrientos L. Gutierrez A. y Gidekel M. 2002. Control biológico de venturia o sarna del manzano. Tierra Adentro, 45: 16-19.

Uriarte M. 2019. La manzana, una fruta de colación completa, Memoria para optar a título de Licenciada en nutrición, Universidad autónoma de occidente, Colombia. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/NUTRICIONUDEOGUAMUCHIL/la-manzana-malus-domestica-una-fruta-de-colacin-completa> Consultado el: 12 de julio del 2020.

Villagrán M. 2019. Boletín de fruta fresca. Junio de 2019. ODEPA. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-fruta-fresca-junio-de-2019> Consultado el: 10 de julio del 2020.

Viñas I., Recasens I., Usall J. y Graell J. 2013. Poscosecha de pera, manzana y melocotón. Obtenido de: <https://books.google.cl/books?id=fskmF1i7swMC&pg=PA289&lpg=PA289&dq=sistema+de+ducha#v=onepage&q=sistema%20de%20ducha&f=false> Consultado el: 5 de agosto del 2020.

Weber R. and Dralle N. 2013. Fungi Associated with Blossom-End Rot of Apples in Germany. HortScience, 78: 97-105.

Xiao C., and Boal, R. 2014. Control of speck rot in apple fruit caused by *Phacidiopycnis washingtonensis* whit pre-and postharvest fungicides. Phytopathology, 104: 132-132.

Xiao C. 2016. Guidelines for Control of Speck Rot in Apples. Obtenido de: <http://tfrec.cahnrs.wsu.edu/postharvest-export/wp-content/uploads/sites/3/2016/09/Guide-Speck-rot.pdf> Consultado el: 23 de noviembre del 2020.

Xiao C. and Kim K. 2008. Postharvest Fruit Rots in Apples Caused by *Botrytis cinerea*, *Phacidiopycnis washingtonensis*, and *Sphaeropsis pyriputrescens*. Plant Health Progress, 1: 1-12.

Yuri, 2005. Floración de manzanos, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile, Boletín Técnico, 5: 1-4.

Zhao H., Kim Y., Huang L. and Xiao C. 2010. Resistance to thiabendazole and baseline sensitivity to fludioxonil and pyrimethanil in *Botrytis cinerea* populations from apple and pear in Washington Postharvest Biology and Technology, 56: 12-18.