

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

DETERMINACIÓN DE LA OCURRENCIA DE INFECCIONES POR
***Botrytis cinerea* Pers. EN PERAS CV. PACKHAM'S TRIUMPH**
POST FLORACIÓN

MARCELO IGNACIO BUSTAMANTE ÁLVAREZ

Santiago, Chile

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

DETERMINACIÓN DE LA OCURRENCIA DE INFECCIONES POR
***Botrytis cinerea* Pers. EN PERAS CV. PACKHAM'S TRIUMPH**
POST FLORACIÓN

DETERMINATION OF THE OCCURRENCE OF POST FLOWERING
INFECTIONS BY *Botrytis cinerea* Pers. IN PEARS
CV. PACKHAM'S TRIUMPH

MARCELO IGNACIO BUSTAMANTE ÁLVAREZ

Santiago, Chile

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

DETERMINACIÓN DE LA OCURRENCIA DE INFECCIONES POR
***Botrytis cinerea* Pers. EN PERAS CV. PACKHAM'S TRIUMPH**
POST FLORACIÓN

Memoria para optar al título
profesional de Ingeniero Agrónomo

MARCELO IGNACIO BUSTAMANTE ÁLVAREZ

	Calificaciones
PROFESOR GUÍA	
Sr. José Luis Henríquez S. Ingeniero Agrónomo, M. S., Ph. D.	7,0
PROFESORES EVALUADORES	
Sra. Marcela Esterio G. Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs.	6,7
Sra. Loreto Prat del R. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,5

Santiago, Chile
2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios, por abrirme todas las puertas para llegar al término de este ciclo y por su infinito amor que afirmó mis pasos en cada etapa.

A mi familia, por su apoyo incondicional y siempre creer en mis capacidades. Especialmente a mis padres y a mis abuelos, que me brindaron su amor y todas las comodidades para realizar mis estudios.

A mi profesor guía, Sr. José Luis Henríquez, por su apoyo, paciencia y compromiso, por su gran calidad humana y profesional, siempre entregando sabiduría en todo ámbito, lo cual ha sido muy valioso para mi formación académica.

Al equipo del Laboratorio de Fitopatología Postcosecha y al Departamento de Sanidad Vegetal, en especial a Patricia Ugalde, por su confianza y su incondicional disposición a ayudarme.

A la profesora Marcela Esterio, por sus consejos y colaboración para corregir oportunamente esta investigación.

A la exportadora Del Monte Fresh Produce Chile S.A., planta Requínoa, y a los huertos Comercial FOP y Fundo El Yalú, de Rancagua y Curicó respectivamente, por facilitar y disponer de todo el material necesario.

A todos mis amigos que están, a los que partieron, y a toda persona que aportó con su granito de arena a mi vida estudiantil: ¡Muchas gracias!

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Determinación de la ocurrencia de infecciones por <i>B. cinerea</i> en peras cv. Packham's Triumph durante el crecimiento de frutos	6
Determinación de infecciones latentes por <i>B. cinerea</i> en peras cv. Packham's Triumph que recibieron tratamiento con fungicidas en floración	7
Diseño experimental y análisis estadístico.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
1. Determinación de la ocurrencia de infecciones por <i>B. cinerea</i> en peras cv. Packham's Triumph en desarrollo bajo condiciones de alta humedad ambiental	9
2. Determinación de infecciones latentes por <i>B. cinerea</i> en peras cv. Packham's Triumph que recibieron tratamiento con fungicidas en floración	14
CONCLUSIONES	18
BIBLIOGRAFÍA	19
APÉNDICE 1	24
APÉNDICE 2	26
ANEXO.....	27

RESUMEN

Botrytis cinerea Pers. causa niveles importantes de pudrición, los que pueden superar el 10% en peras de exportación en Chile, principalmente en la variedad Packham's Triumph. La enfermedad postcosecha más importante producida por *B. cinerea* en peras almacenadas en frío corresponde a la pudrición calicinal, cuyo control se realiza en floración, período en que el hongo produce infecciones latentes que se manifiestan en pudrición tras la madurez de la fruta. En años con primaveras húmedas se ha observado un aumento de la incidencia de la enfermedad, lo cual ha generado cuestionamientos acerca de los tratamientos de control e incertidumbre sobre la capacidad del patógeno de infectar los frutos durante su crecimiento. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la ocurrencia de infecciones en campo durante el período de crecimiento de frutos bajo condiciones artificiales de alta humedad con y sin inoculación del patógeno, y determinar el nivel de infección en precosecha para evaluar la efectividad de las medidas de control realizadas por los productores en dos huertos comerciales de la zona central de Chile. En uno de los huertos estudiados se determinó que las inoculaciones lograron generar infecciones en el período de crecimiento de frutos, lo que permite concluir que el patógeno efectivamente puede infectar peras cv. Packham's Triumph durante el crecimiento de los frutos. Por otro lado, el patógeno fue recuperado desde la cavidad calicinal de fruta no inoculada en crecimiento en ambos huertos, observándose también pudrición calicinal en postcosecha, lo que sería consecuencia de la inefectividad de las aplicaciones de fungicidas realizadas en floración por los productores. Este trabajo establece una base para la realización de estudios en campo en pudrición calicinal de perales en Chile.

Palabras clave: Enfermedad postcosecha, infección latente, peral europeo, pudrición calicinal, *Pyrus communis* L.

ABSTRACT

Botrytis cinerea Pers. causes significant levels of postharvest decay that may be over 10% in pear fruit in Chile, especially in the cultivar Packham's Triumph. Calyx-end rot is the most important postharvest disease caused by *B. cinerea* in stored pears, and its control is achieved in the flowering period, when the fungus produces latent infections that manifest in fruit decay after ripening. It has been observed that there is an increased incidence of the disease in years with humid and rainy conditions during spring and summer, which has raised questions about control treatments and pathogen's ability to infect fruit during its growth under these conditions. The objectives of this study were to determine the occurrence of infections in the orchard during fruit growth under artificial high humidity conditions with and without pathogen inoculation, and to determine the level of preharvest infection in order to evaluate the efficacy of control measures taken by the growers in two commercial orchards of central Chile. In one of the studied orchards, inoculations resulted in infections during fruit growth, leading to the conclusion that the pathogen can effectively infect Packham's Triumph pears during this period. Moreover, the pathogen was isolated from the calyx cavity of non-inoculated fruit during the growth period, and postharvest calyx-end decay was also observed, which would indicate the inefficacy of fungicide applications performed by the growers. This work provides basic information for further field studies on calyx-end rot of pears in Chile.

Key words: Calyx-end decay, calyx-end rot, latent infection, postharvest decay, postharvest disease, *Pyrus communis* L.

INTRODUCCIÓN

En Chile el cultivo del peral europeo (*Pyrus communis* L.) se distribuye entre las regiones de Coquimbo y de la Araucanía, comprendiendo al año 2014 un total de 7.299 hectáreas plantadas, las cuales corresponden al 2,46% de la superficie frutícola nacional. La producción se concentra en la zona central del país, siendo las regiones de O'Higgins y del Maule las que agrupan el 84,7% de ésta. La pera es la tercera especie de fruta más exportada, después de las manzanas y uvas, con 116.752 toneladas enviadas durante el 2014 (Muñoz, 2015; CIREN, 2014). Los principales destinos de exportación son Latinoamérica (41,2%), Europa (39,5%) y Norteamérica (15,2%), cuyos tiempos de envío vía marítima varían entre los 16 a los 31 días (Portal Frutícola, 2012; Green e Iglesias, 2003).

La variedad Packham's Triumph es la más importante en superficie y en volumen exportado, cuya participación es de un 41,5% de las exportaciones de peras cultivadas en Chile (Muñoz, 2015). Al igual que otros cultivares de invierno, Packham's Triumph no logra la madurez de consumo en el árbol, por lo que requiere de un período de almacenamiento en frío (-1 a 0 °C) después de la cosecha para inducir la síntesis de etileno y posteriormente madurar a temperatura ambiente (Moggia *et al.*, 2005; Chen, 2004). Además, presenta la capacidad de ser almacenada en frío por varios meses, lo cual le permite extender su vida postcosecha y alcanzar mercados más distantes. Esta variedad puede ser almacenada hasta seis meses bajo frío convencional (0 °C) y hasta ocho en condiciones de atmósfera controlada (Núñez, 2012; Moggia *et al.*, 2005). El uso de almacenamientos prolongados y el transporte a grandes distancias pueden aumentar el potencial de pudriciones postcosecha (Adaskaveg *et al.*, 2002).

Una de las enfermedades postcosecha más importantes en peras es la pudrición calicinal causada por *Botrytis cinerea* Pers. (Rosenberger, 1990), afectando en nuestro país a las variedades Packham's Triumph, Beurré Bosc y Coscia, principalmente. Es un problema que adquiere importancia en años húmedos y lluviosos, pudiendo llegar a causar pérdidas mayores al 10% de la fruta almacenada en frío después de 30 días (Latorre, 1998; Pinilla y Álvarez, 1998). *B. cinerea* es un ascomycete de la familia Sclerotiniaceae, cuya fase teleomórfica corresponde a *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel, la cual no se ha observado en Chile y rara vez se ha registrado en condiciones de campo en el mundo. Este hongo es necrotrófico y cosmopolita, y se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial en zonas templadas y húmedas, favoreciéndose en presencia de agua libre y temperaturas entre 10 y 25 °C (Latorre, 2007). Es considerado el patógeno más importante entre los que producen pérdidas por pudriciones en fruta fresca durante su vida postcosecha, lo que se explica por el amplio rango de hospederos que afecta y por su capacidad de desarrollarse aún bajo las condiciones de almacenamiento refrigerado (Droby y Lichter, 2007). El ciclo biológico de *B. cinerea* es corto y posee una alta capacidad reproductiva a través de conidias, las que en el huerto son diseminadas eficientemente por el viento, por el salpicado de gotas de lluvia y eventualmente por algunos insectos (Elmer y Michailides, 2007). El patógeno presenta un alto riesgo de generar resistencia a fungicidas, la que ha sido reportada en Chile hacia fungicidas con diferentes modos de acción, tales

como bencimidazoles, dicarboximidias, anilino pirimidinas e hidroxianilidas en el contexto del control de la pudrición gris en uva de mesa (Esterio *et al.*, 2011). Por otro lado, se ha registrado que *B. cinerea* puede crecer a temperaturas entre -2 y -3 °C (Sommer *et al.*, 1985) y que las conidias no germinadas pueden sobrevivir por más de 7 meses a $-1,1$ °C (Spotts, 1985), lo cual exige la aplicación de medidas de control en pre y postcosecha para asegurar la sanidad de la fruta (Adaskaveg *et al.*, 2002).

La pudrición calicinal, también conocida como “calyx end rot”, “calyx end decay”, “blossom end rot” y “botritis calicinal”, es una enfermedad latente caracterizada por la quiescencia del patógeno después de la infección producto de un ambiente inhibitorio al interior de frutos inmaduros. La infección permanece latente hasta la madurez, momento en que el fruto se vuelve susceptible al desarrollo del patógeno (Sommer *et al.*, 2002). El ciclo comienza cuando el patógeno infecta las flores del peral, colonizando todas sus partes (estilos, estambres y sépalos), pero es a través del tejido vascular de los estambres por donde el hongo prospera y logra ingresar al receptáculo floral (que posteriormente se convertirá en el mesocarpo) quedando inactivo sin causar síntomas visibles. Así, los estambres son el principal sitio de infección latente en perales (Holz *et al.*, 2007a). Posteriormente, tras la cosecha la fruta comienza a madurar y la infección se reactiva creciendo y colonizando rápidamente desde la cavidad calicinal (Montealegre, 1987). Los síntomas corresponden a una pudrición blanda y acuosa de color gris claro en un principio, que luego se torna marrón en la medida que avanza hacia el interior del fruto, siempre con bordes difusos. Sobre la lesión se desarrolla abundante micelio, el cual puede infectar frutos vecinos sanos, causando el “efecto nido”, aumentando así la incidencia de la enfermedad (Pinilla y Álvarez, 2001; Latorre, 1992; Rosenberger, 1990; Montealegre 1987; Sommer *et al.*, 1985). A su vez, las heridas y daños mecánicos producidos por las labores agrícolas, insectos y/o aves son puertas de entrada que facilitan la infección (Elmer y Michailides, 2007). La primera detección de esta patología en Chile fue descrita en el año 1987 en peras Packham’s Triumph provenientes de la región de O’Higgins (Montealegre, 1987), sin embargo, *B. cinerea* ya había sido registrado como agente responsable de pudriciones postcosecha en peras cultivadas en las regiones de Valparaíso y de O’Higgins almacenadas en cámaras frigoríficas (Valdebenito y Pinto de Torres, 1971).

El control de la enfermedad requiere un plan integrado de estrategias que eviten la infección y la sobrevivencia del hongo desde la floración hasta la comercialización en destino. En primer lugar están las aplicaciones de fungicidas en campo, las cuales deben realizarse durante la floración, incluyendo caída de pétalos, sobre todo después de eventos de alta humedad como precipitaciones o rocío (Latorre, 1998; Lennox y Spotts, 1997; Pinilla, 1995; De Kock y Holz, 1992; Montealegre, 1991; Sommer *et al.*, 1985). Los fungicidas registrados en Chile para controlar pudrición calicinal en perales en este período son: iprodione; difenoconazol; captan; kresoxim-metil; y las mezclas pirimetanil + trifloxistrobin; pirimetanil + fluquinconazol; y ciprodinil + fludioxonil. Durante la cosecha y la recepción en planta es necesario realizar prácticas clave, tales como evitar cualquier daño o herida en la fruta; utilizar cajones y bins limpios; evitar el uso de hidrofriado; y enfriar rápidamente la fruta a 0°C manteniendo la cadena de frío. Posteriormente, en la línea de embalaje se debe vaciar la fruta en seco, realizar una ducha con agua clorada y

aplicar fungicidas por inmersión, aspersión o en la cera (Latorre, 1992). Los fungicidas más utilizados en esta etapa para controlar *B. cinerea* en peras son tiabendazol, pirimetanil, fludioxonil, iprodione y el extracto de pulpa y semilla de cítricos BC-1000[®]. Cabe mencionar que el tiabendazol tiene un alto riesgo de generar resistencia en cepas de *B. cinerea* y en Chile se han descrito poblaciones altamente resistentes a bencimidazoles en frutos de pera y manzana (FRAC, 2015; Montealegre *et al.*, 2011; Vásquez, 1995).

La temporada 2012-13 se caracterizó por la ocurrencia de precipitaciones durante la primavera y el verano (Figuras 5 y 6 en Anexo). Esta condición habría sido responsable de una alta incidencia de pudrición calicinal en peras de exportación, especialmente de la variedad Packham's Triumph, entre las regiones de O'Higgins y del Bio-Bío, pese a la aplicación comercial de fungicidas en floración. Dicha situación ha generado cuestionamientos acerca de la efectividad de los tratamientos realizados en floración, y a la vez, incertidumbre sobre posibles infecciones en el período de crecimiento de frutos bajo eventos de precipitación, los cuales conducirían al desarrollo de pudrición calicinal postcosecha.

En este trabajo se estudió el efecto de inoculaciones artificiales en campo de *B. cinerea* sobre el desarrollo de pudrición calicinal durante o después del almacenamiento en frío para determinar la ocurrencia de infecciones durante el crecimiento de frutos. Además, se determinó el nivel de infección por *B. cinerea* en peras en crecimiento de los mismos huertos para evaluar la efectividad de las medidas de control utilizadas por los productores.

Hipótesis

Botrytis cinerea infecta frutos de peral cv. Packham's Triumph durante su crecimiento y precosecha generando pudrición calicinal postcosecha, independientemente de las aplicaciones convencionales de fungicidas en floración.

Objetivos

Determinar la ocurrencia de infecciones por *Botrytis cinerea* durante el crecimiento de frutos de peras cv. Packham's Triumph bajo condiciones de alta humedad ambiental, en huertos comerciales que recibieron aplicaciones de fungicidas convencionales durante la floración.

Determinar el nivel de infección por *Botrytis cinerea* en peras cv. Packham's Triumph durante el crecimiento de frutos para evaluar la efectividad de las medidas de control realizadas por los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en dos huertos comerciales de peral europeo (*Pyrus communis* L.), variedad Packham's Triumph, localizados en la zona central de Chile. El primer huerto, Comercial FOP, perteneciente a la Sociedad Agrícola Santa Lucía, se encuentra ubicado en la comuna de Rancagua, región de O'Higgins (34°8' S – 70°44' O), y el segundo huerto, fundo El Yalú, de la Agrícola UAC Ltda., dentro de la comuna de Curicó, región del Maule (34°57' S – 71°11' O). Los análisis y evaluaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fitopatología Postcosecha del Departamento de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, comuna de La Pintana, región Metropolitana, Chile.

Determinación de la ocurrencia de infecciones por *B. cinerea* en peras cv. Packham's Triumph durante el crecimiento de frutos

En ambos huertos se seleccionaron 25 árboles de una hilera de perales, en los cuales se trataron frutos ubicados en la zona media, cuidando que no estuvieran totalmente expuestos a la radiación solar y que no recibieran excesiva sombra. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1, los cuales consistieron en inoculaciones de *B. cinerea* y aspersiones de agua destilada estéril en tres momentos dentro del período de crecimiento de frutos. Cada tratamiento se realizó sobre una submuestra de 25 frutos (1 fruto por árbol) con 4 repeticiones. Las inoculaciones con *B. cinerea* se efectuaron asperjando una suspensión de 1×10^4 conidias mL^{-1} , obtenida a partir de cultivos puros de 10 a 14 días de edad de la cepa DMFP001 de *B. cinerea*, recuperada desde una pera cv. Packham's Triumph con síntomas de pudrición calicinal en postcosecha. La concentración de conidias se logró utilizando un hemacitómetro, siguiendo la metodología de Henríquez *et al.* (2007). Las inoculaciones sin el patógeno fueron ejecutadas con agua destilada estéril para simular la condición de agua libre sobre la fruta tras una precipitación o rocío (testigo húmedo). Los tratamientos se realizaron rociando la superficie de los frutos con atomizadores manuales y luego cubriendo la fruta con bolsas de polietileno y papel aluminio (Henríquez *et al.*, 2007). Las bolsas de polietileno se utilizaron para mantener la humedad sobre la fruta y el papel aluminio para evitar el aumento de temperatura dentro de la bolsa. Tras aproximadamente 12 horas de incubación, se removió el papel aluminio y las bolsas, y se cubrieron los frutos ya secos con bolsas de papel kraft para prevenir posibles infecciones posteriores. La fruta del testigo absoluto se obtuvo a partir de frutos que no recibieron ningún tratamiento. Una semana previa a la cosecha comercial, se colectó la fruta colocando cada repetición de 25 frutos en diferentes bolsas perforadas de polietileno, las cuales se distribuyeron en grupos de cuatro al interior de cajas de exportación de 18 kg. Para aleatorizar las repeticiones, las bolsas de un mismo tratamiento fueron ubicadas en cajas distintas. Posteriormente las cajas fueron llevadas a una cámara de frío por 4,5 meses a $0 \pm 1^\circ\text{C}$, simulando las condiciones de guarda de peras de exportación. Terminado el período de almacenamiento refrigerado, la

fruta se mantuvo en una cámara a temperatura ambiente (20-24 °C) por dos meses para favorecer el desarrollo de síntomas de pudrición calicinal. Durante ese período se efectuaron evaluaciones semanales, contabilizando y eliminando los frutos con pudrición calicinal hasta la observación de síntomas de senescencia.

Cuadro 1. Estructura de tratamientos realizados en dos huertos comerciales de peral europeo, variedad Packham's Triumph, en la temporada 2013-14.

Tratamientos		
Momento de aplicación (meses después de plena floración)	Inoculación con <i>B. cinerea</i>	Aspersión con agua destilada estéril (Testigo húmedo)
2	T1	T2
3	T3	T4
4	T5	T6
–	T7 (Testigo absoluto)	

Evaluación de la incidencia de la enfermedad

Para cada fruto se determinó la presencia o ausencia de pudrición calicinal. De esta manera, se obtuvo el valor de incidencia de la enfermedad estimada como el porcentaje de frutos con pudrición calicinal utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número de frutos enfermos}}{\text{Número total de frutos}} \right) \times 100$$

Determinación de infecciones latentes por *B. cinerea* en peras cv. Packham's Triumph que recibieron tratamiento con fungicidas en floración

Paralelamente, en cada uno de los momentos de inoculación, se colectó una muestra de 100 frutos de la zona media de los árboles de la hilera contigua a la que contenía la fruta tratada. En laboratorio se desinfectaron 50 frutos y otros 50 frutos no fueron desinfectados. La desinfección se efectuó sumergiendo los frutos en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,5% v/v por 5 minutos y luego fueron lavados en agua destilada estéril por 2 minutos para eliminar el exceso de desinfectante. La cavidad calicinal de esta fruta fue diseccionada en cuatro trozos, sembrándolos en placas Petri con medio de cultivo agar agua. Las placas fueron incubadas en una cámara a 20 °C y la evaluación consistió en

determinar la presencia/ausencia de *B. cinerea* por fruto, considerando positivo un fruto con al menos un trozo mostrando la presencia del hongo.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento tuvo un diseño completamente aleatorizado con siete tratamientos (Cuadro 1), donde se asperjaron frutos de peral cv. Packham's Triumph con inóculo de *B. cinerea* y con agua estéril en tres momentos durante el crecimiento de frutos (dos, tres y cuatro meses después de plena floración). Los tratamientos tuvieron 4 repeticiones consistentes en una submuestra de 25 frutos, obteniéndose cada submuestra a partir de un árbol de la misma hilera de perales (un fruto por árbol). El ensayo se realizó de la misma forma para los dos huertos comerciales seleccionados, los cuales pertenecían a la zona de mayor producción de perales en Chile.

Los datos porcentuales del ensayo de Rancagua se normalizaron utilizando la transformación raíz cuadrada modificada por Steel y Torrie (1992) (Fórmula 1) y se sometieron a un análisis de varianza de una vía con el software estadístico InfoStat para la detección de diferencias entre los tratamientos. Las medias fueron separadas con la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$). Los datos del ensayo de Curicó, al no cumplir los supuestos del análisis de varianza con ningún tipo de transformación, fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Fórmula 1

$$Y^* = \sqrt{Y + \frac{1}{2}}$$

donde:

Y = Dato porcentual de incidencia

Y* = Dato transformado de incidencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Determinación de la ocurrencia de infecciones por *B. cinerea* en peras cv. Packham's Triumph en desarrollo bajo condiciones de alta humedad ambiental

Los valores de incidencia promedio de pudrición calicinal después de tres inoculaciones artificiales durante el crecimiento de frutos obtenidos en ambos huertos se muestran en las Figuras 1 y 2. En todos los casos se detectó la enfermedad durante el almacenamiento en frío, cuya incidencia superó el 2% en casi todos los tratamientos, incluyendo el testigo absoluto.

En Comercial FOP (Rancagua) se determinó que la inoculación realizada 2 meses después de floración y el testigo húmedo más cercano a cosecha fueron los tratamientos que condujeron a las incidencias más altas (entre un 8 y 10%). En el caso de la primera inoculación, es probable que en ese momento los pequeños frutos tuvieran sus tubos florales parcialmente abiertos, vía por la cual el patógeno pudo ingresar y generar infecciones latentes (De Kock y Holz, 1992). Esto sumado al agua libre con la cual fue asperjado el inóculo, sería suficiente para generar la infección responsable del 8% de incidencia promedio.

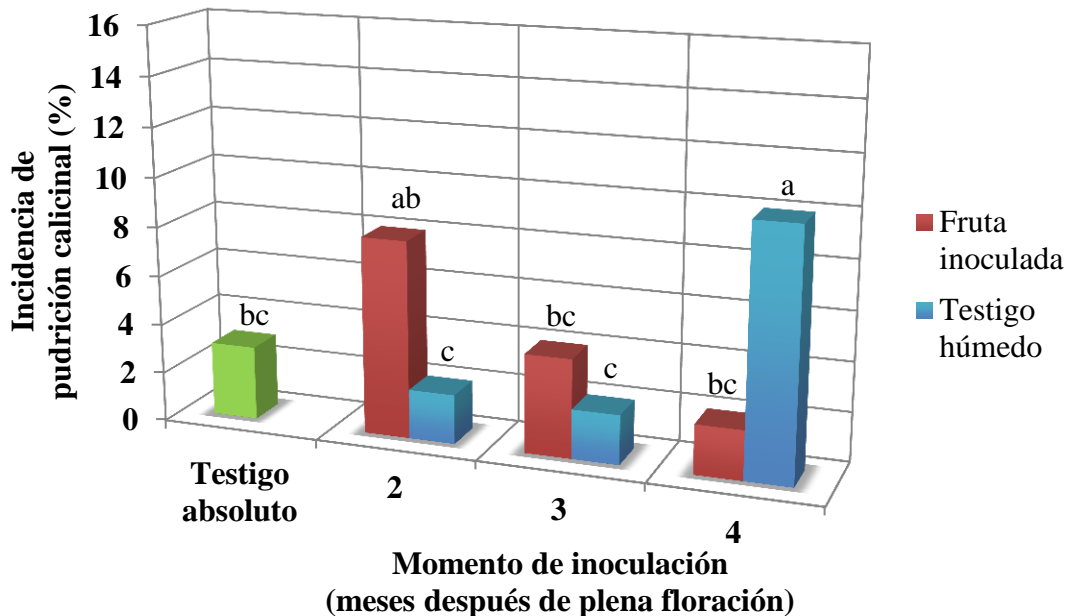


Figura 1. Incidencia de pudrición calicinal (%) en peras cv. Packham's Triumph asperjadas con una suspensión de 1×10^4 conidias de *Botrytis cinerea* mL^{-1} (fruta inoculada) y con agua destilada estéril (testigo húmedo) en tres momentos durante el crecimiento de frutos. Temporada 2013-14. Comercial FOP, Rancagua, región de O'Higgins. Columnas con una letra en común son iguales según la prueba LSD de Fisher ($p > 0,05$).

En segundo lugar, es posible establecer que la presencia de agua libre y alta humedad en la cavidad calicinal cerca de la cosecha favorecieron el desarrollo de la enfermedad. Esto puede deberse a que dentro de dicha cavidad exista micelio y/o conidias de *B. cinerea* que logran producir una infección en los tejidos florales senescentes gracias a la humedad añadida. Cabe recordar que los filamentos de los estambres permanecen parcialmente verdes hasta la cosecha, siendo un tejido permanentemente susceptible a la infección (Holz *et al.*, 2007a). O bien, es posible que la presencia de agua libre en el tubo floral facilite la diseminación del hongo desde estambres ya colonizados hacia el mesocarpo (Sommer *et al.*, 1985).

Por su parte, los demás tratamientos presentaron el mismo nivel de infecciones que el testigo, con valores de incidencia que bordearon el 2,0%, lo que estaría indicando que en tales momentos ni el agua libre sobre la fruta ni el inóculo lograron generar una infección o favorecer el avance de una posible infección latente tal que aumentaran la incidencia de manera significativa. Por lo tanto, para las condiciones de este huerto, los momentos críticos de infección fueron al inicio del crecimiento de frutos y cerca de la cosecha. Existen antecedentes acerca de infecciones ocurridas durante el crecimiento de frutos relacionadas directamente con pudrición calicinal durante o después del almacenamiento en frío (Lennox y Spotts, 2004; Sommer *et al.*, 1985).

Los fungicidas aplicados durante la floración de 2013 en Comercial FOP se detallan en el Cuadro 2 (Apéndice 1). De ellos, sólo difenoconazol (Dominio[®] 25 EC) tiene registro para el control de *B. cinerea* en perales. Sin embargo, todos los productos utilizados están dirigidos principalmente para el control de sarna del peral (*Venturia pyrina* Aderhold), enfermedad más importante en este cultivo, y presentan un efecto complementario en el control de pudrición calicinal, oídio (*Podosphaera leucotricha* [Ellis & Everhart] Salmon) y corazón mohoso (*Alternaria alternata* [Fr.] Keissler).

El fungicida sistémico difenoconazol pertenece al grupo químico de los triazoles. Su modo de acción lo ubica dentro de los inhibidores de la biosíntesis de esterol (IBE) y su sitio de acción dentro de los inhibidores de la demetilación del carbono 14 (DMI). Este producto se aplicó sólo una vez durante la floración, siendo su principal objetivo el control de *Venturia pyrina*, con acción complementaria sobre pudrición calicinal. Cabe recordar que los inhibidores de la demetilación (DMI) se aplican en bajas concentraciones en comparación a otros botryticidas debido a su fitotoxicidad, siendo una limitante en el control de *B. cinerea*. Sin embargo, las mezclas con fungicidas multi-sitio parecen ser una solución a esta problemática (Leroux, 2007)

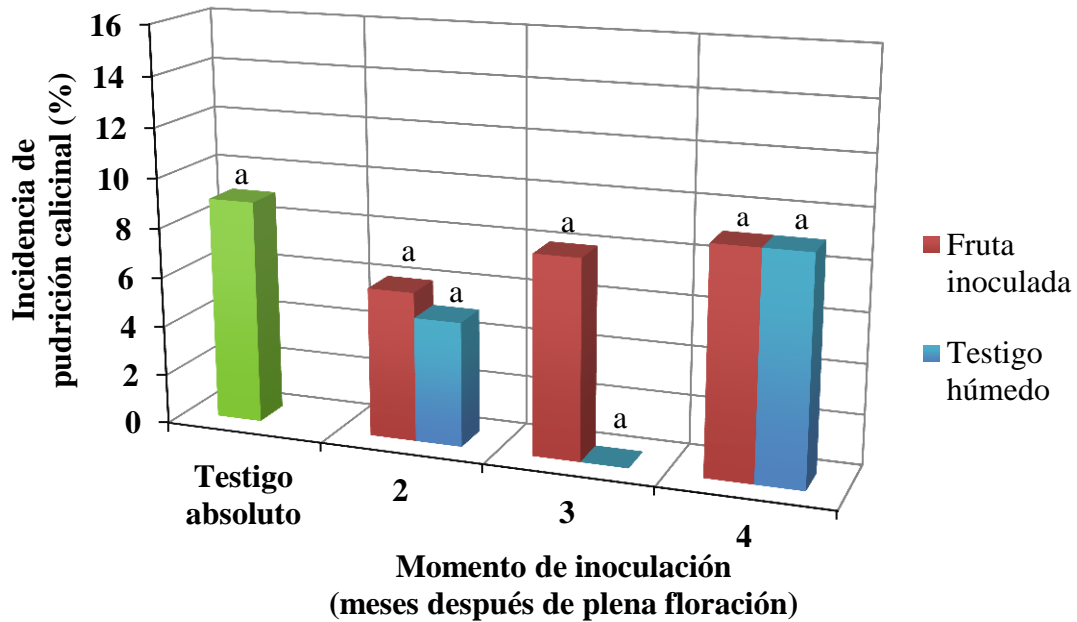


Figura 2. Incidencia de pudrición calicinal (%) en peras cv. Packham's Triumph asperjadas con una suspensión de 1×10^4 conidias de *Botrytis cinerea* mL^{-1} (fruta inoculada) y con agua destilada estéril (testigo húmedo) en tres momentos durante el crecimiento de frutos. Temporada 2013-14. Fundo El Yalú, Curicó, región del Maule. Columnas con una letra en común son iguales según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$).

Distinta fue la situación observada en el fundo El Yalú (Curicó), donde todos los tratamientos presentaron el mismo efecto que el testigo ($p > 0,05$). Bajo este escenario, tanto el inóculo de *B. cinerea* como el agua libre asperjados sobre la fruta durante su crecimiento y precosecha no lograron aumentar la incidencia de pudrición calicinal en relación al testigo. Estudios realizados en otros países discrepan con esta situación: en la costa oeste de EE.UU. se encontró que, si bien existe una alta susceptibilidad de infección alrededor de plena floración, inoculaciones durante el crecimiento de frutos y cerca de la cosecha desencadenaron mayores incidencias de la enfermedad en comparación a inoculaciones en floración, lo cual se atribuye al rol que juegan las conidias de *B. cinerea* depositadas en la cavidad calicinal (Lennox y Spotts, 2004). Para explicar esta diferencia, se debe considerar que en dicho trabajo se inoculó con una concentración conidial mayor (1×10^6 conidias mL^{-1}) que en este experimento. Además, utilizaron la variedad D'Anjou, cuya respuesta podría ser distinta a Packham's Triumph. Ahora bien, la región de Middle Columbia, entre los estados de Oregón y Washington, EE.UU., presenta un clima mediterráneo similar al de la zona central de Chile, pero esto no garantiza que las condiciones agroclimáticas de los huertos tratados sean idénticas, ya que los manejos agronómicos pueden alterar la carga de inóculo del patógeno. Las fuentes principales de inóculo de *B. cinerea* en huertos de peral son las malezas (especialmente cuando éstas

florece), la fruta caída en el suelo y otras plantas cultivadas en el perímetro del campo (Spotts y Serdani, 2006). En adición, la fruta caída en el suelo del huerto es un sustrato propicio para que el hongo sobreviva en forma de esclerocio, pudiendo sobrevivir por mucho tiempo en el campo (Montealegre, 1991). Otro estudio realizado en California, menciona que peras cv. Bartlett presentaron infecciones naturales durante el crecimiento de frutos, las cuales se relacionaron directamente con los niveles de pudrición calicinal obtenidos (Sommer *et al.*, 1985). En este sentido, es necesario aclarar que en Chile no existen estudios que determinen el período exacto de infecciones por *B. cinerea* en perales bajo condiciones de alta humedad durante la primavera y verano, sino que se asume que ocurren durante la floración.

Los fungicidas aplicados en el fundo El Yalú (Curicó) durante la floración de 2013 se detallan en el Cuadro 3 (Apéndice 1). De ellos, sólo difenoconazol (Score[®] 250 EC) y las mezclas pirimetanil + fluquinconazol (Clarinet[®] 200 SC) y pirimetanil + trifloxistrobin (Mystic[®] 520 SC) tienen efecto inhibitorio sobre *B. cinerea*, pero al igual que en el caso de Rancagua son utilizados principalmente para el control de sarna del peral (*V. pyrina*). Su efecto es complementario para pudrición calicinal, oídio y corazón mohoso.

El producto comercial Clarinet[®] 200 SC es un fungicida de amplio espectro consistente en una mezcla de pirimetanil y fluquinconazol. Ambas moléculas pertenecen a distintas familias químicas, teniendo distintos modos de acción. Sin embargo, su aplicación se realizó en el estado de puntas verdes, siendo la primera aplicación de la temporada para prevenir sarna. Por consiguiente, no tendría implicancia en el control de pudrición calicinal.

El caso de la aplicación de difenoconazol (Score[®] 250 EC) es el mismo al discutido en el huerto Comercial FOP (Rancagua) ya que se aplicó sólo una vez en floración. No obstante, este producto se utilizó a una concentración mayor a la recomendada (20 cc hL⁻¹), no cumpliendo lo indicado por la etiqueta (15 cc hL⁻¹). Si bien, esto podría haber resultado en un mejor control de *B. cinerea*, el testigo absoluto indica que no hubo un control exitoso de la pudrición calicinal, presentando una incidencia promedio de 9,0%.

El fungicida Mystic[®] 520 SC se compone de una mezcla de pirimetanil con trifloxistrobin. Trifloxistrobin es una estrobilurina, cuyo efecto es la inhibición de la respiración del hongo mediante la unión al citocromo b del complejo III de la cadena respiratoria en la mitocondria. Sin embargo, se ha reportado que este grupo de fungicidas no ofrecen un buen control sobre *B. cinerea* debido a que la oxidasa alternativa terminal de la mitocondria del patógeno permite desviar el flujo de electrones por sobre el bloqueo de la ruta citocromo bc1 producido por las estrobilurinas (Tamura *et al.*, 1999 y Wood y Hollomon, 2003, citados por Leroux, 2007). Por su parte, pirimetanil es una anilinoimidazolinopirimidina que pertenece a los inhibidores de la síntesis de metionina, previniendo la secreción de enzimas hidrolíticas del proceso de infección. Este fungicida ha generado resultados satisfactorios como botryticida, pero con restricciones en el número de aplicaciones por el desarrollo de cepas resistentes (Leroux, 2007). La etiqueta comercial de Mystic[®] 520 SC indica que debe aplicarse a inicio de floración, plena floración y precosecha, dependiendo de las condiciones favorables, a intervalos de 7 a 14 días. No obstante, en este huerto se aplicó

sólo una vez en plena floración. Además, la concentración de pirimetanil aplicada en la mezcla es menor que si el fungicida se utilizara solo (Scala[®] 400 SC), de esta manera, aplicando las concentraciones recomendadas de Mystic[®] (40 cc hL⁻¹) y Scala[®] (70 cc hL⁻¹) se aplican 16,0 g y 28,6 g de pirimetanil, respectivamente. En consecuencia, aunque esta molécula tenga efectividad sobre *B. cinerea*, la concentración utilizada es muy baja y debiera tener un pobre control de la enfermedad, lo cual es evidente con el 9,0% de incidencia promedio obtenido en el testigo absoluto.

En definitiva, los dos huertos estudiados recibieron tratamiento en floración con uno o dos fungicidas con efecto inhibitorio sobre *B. cinerea*, tal como se recomienda en la literatura. Sin embargo, los resultados indican que la enfermedad prevaleció por sobre estas medidas de control, lo cual obedece a alguna deficiencia en éstas. Como ya se mencionó, todos los fungicidas aplicados están dirigidos para el control de la sarna, enfermedad primaria en peral, los que tendrían una menor efectividad sobre otras enfermedades, como la pudrición calicinal. Debido a ello, es necesaria la elección e inclusión de fungicidas botryticidas en los programas de tratamientos y aplicarlos correctamente siguiendo lo señalado por sus etiquetas para obtener resultados óptimos en el control de esta enfermedad.

Por otro lado, en Curicó se obtuvo en promedio un 9,0% de incidencia, tres veces mayor al encontrado en Rancagua (3,0%), según los testigos absolutos. Probablemente esto se deba a la diferencia de latitud entre ambos ensayos: Curicó se ubica 102 km al sur de Rancagua, en una zona donde existe una tendencia a recibir mayores precipitaciones en primavera (Figuras 5 y 6 en Anexo). Esta propensión resultaría en un aumento de las condiciones favorables para la infección por el patógeno, situación que se traduciría en niveles superiores de pudrición calicinal.

En Chile existe una amplia variedad de botryticidas (Esterio y Auger, 2012), pero la mayoría de ellos no está registrado para peral europeo y/o para pudrición calicinal. De esta manera las únicas moléculas botryticidas disponibles para controlar esta enfermedad en el campo son iprodione, kresoxim-metil y la mezcla ciprodinil + fludioxonil. Sumado a esto, la recomendación de alternar fungicidas con distintos modos de acción para evitar resistencias y el antecedente de que esta patología es un problema importante en temporadas húmedas, se hace conveniente tener una referencia de las moléculas botryticidas utilizadas en otros países, en caso de registrarse nuevos fungicidas para este cultivo y/o enfermedad en el futuro. En Canadá se recomienda la aplicación de pirimetanil en precosecha (Sholberg *et al.*, 2004), sin embargo en Chile este fungicida se encuentra autorizado para controlar *B. cinerea* en otros cultivos como vides, frutillas y algunas hortalizas; en perales tiene registro solamente para el control de sarna en precosecha y de *B. cinerea* en postcosecha exclusivamente. Dada su eficacia como botryticida, sería beneficioso que la industria chilena de agroquímicos realizara las pruebas correspondientes para ampliar el uso de pirimetanil para el control de la pudrición calicinal en pomáceas. Por otro lado, otro estudio en Canadá sugiere utilizar ciprodinil también en precosecha (Sholberg *et al.*, 2003), pero en Chile este fungicida está disponible sólo en mezcla con fludioxonil, para evitar el desarrollo de resistencia en el patógeno y por los mejores resultados en su control (Forster y Staub, 1996). En Wenatchee (EE.UU.) se encontró que

el uso de la mezcla boscalid + piraclostrobin en precosecha en huertos de manzanos reduce la incidencia de pudriciones postcosecha causadas por *B. cinerea* (Xiao y Boal, 2009), no obstante en Chile está autorizada para controlar al patógeno en vides, carozos, frambuesos, arándanos, frutillas y hortalizas, careciendo de registro en pomáceas. Experimentos realizados en Oregon (EE.UU.) indican que el fungicida ziram aplicado 2 semanas antes de la cosecha genera un buen control de la enfermedad en peras cv. Golden Russet Bosc (Sugar *et al.*, 2003). Por otro lado, existen antecedentes que sugieren la aplicación de tres aspersiones foliares de cloruro de calcio durante crecimiento de frutos para aumentar la resistencia de la fruta y reducir la severidad de pudriciones postcosecha en peras cv. Beurré Bosc (Sugar y Basile, 2011). Antiguas recomendaciones sugerían el uso de bencimidazoles en floración (Rosenberger, 1990), pero actualmente este grupo se utiliza sólo en postcosecha (Lennox y Spotts, 2003), con la restricción de que existen poblaciones de *B. cinerea* que han generado resistencia a este grupo de fungicidas (Lennox *et al.*, 2003).

Por lo tanto, para lograr un buen control químico de la pudrición calicinal en el huerto es necesario el uso de botryticidas con diferente modo de acción, aplicados entre plena floración y la cosecha, según condiciones climáticas predisponentes. Al mismo tiempo, es importante mantener limpio el suelo del huerto, eliminando malezas (especialmente durante la floración de los perales) y la fruta caída que sirven de reservorio del patógeno, así como no descuidar los procesos de lavado, desinfección y protección de la fruta durante su procesamiento postcosecha.

2. Determinación de infecciones latentes por *B. cinerea* en peras cv. Packham's Triumph que recibieron tratamiento con fungicidas en floración

En la Figura 3 se muestran las incidencias de *B. cinerea* en la cavidad calicinal de peras cv. Packham's Triumph no intervenidas en cada uno de los momentos de aspersión en los huertos estudiados. Estos frutos en crecimiento recibieron por igual el tratamiento comercial de fungicidas en primavera, en cada huerto.

En ambos huertos se observó una tendencia a una mayor presencia del patógeno en frutos desinfectados. La desinfección de frutos es un tratamiento que permite la detección de infecciones latentes de *B. cinerea* (Dewey y Yohalem, 2007), ya que el hipoclorito de sodio (NaOCl) es altamente reactivo con los tejidos vegetales que contienen oxígeno, produciendo oxidación, cuyo efecto destruye a los microorganismos a nivel de superficie (Suslow, 1997). Dicho método debería eliminar las conidias no germinadas de *B. cinerea* presente en la superficie de los restos florales en la cavidad calicinal, por ello el desarrollo del patógeno a partir de los trozos de cavidad calicinal incubados necesariamente se debe a infecciones latentes al interior de los tejidos florales (Lennox y Spotts, 2004).

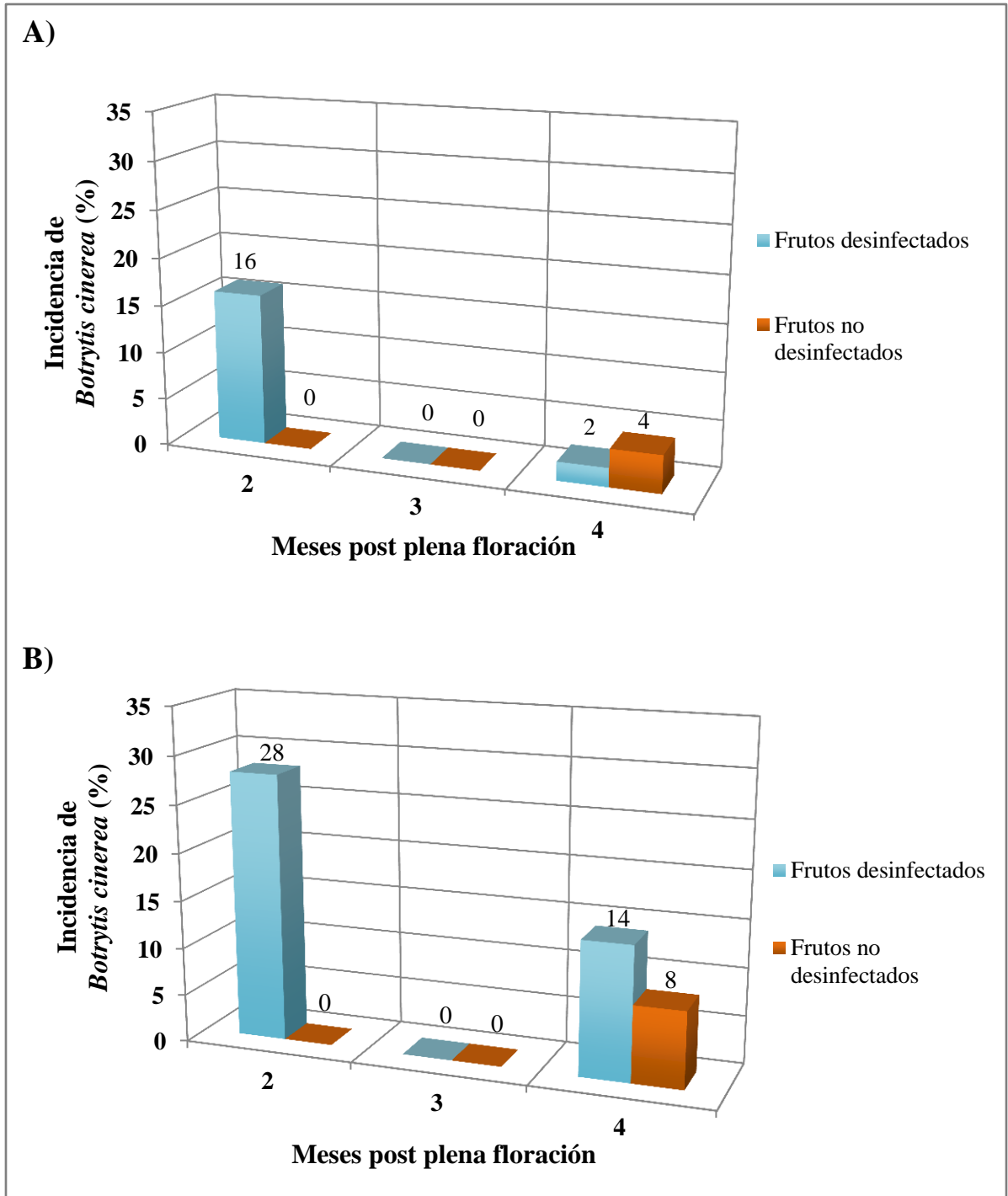


Figura 3. Incidencia (%) de *Botrytis cinerea* en la cavidad calicinal de peras cv. Packham's Triumph sin inoculaciones artificiales colectadas en tres momentos durante el crecimiento de frutos. Temporada 2013-14. A) Comercial FOP, Rancagua, región de O'Higgins. B) Fundo El Yalú, Curicó, región del Maule.

Por su parte, los frutos no desinfectados mostraron una incidencia menor, probablemente por la presencia de otras especies fungosas en la cavidad calicinal. En este estudio se encontraron especies de los géneros *Alternaria*, *Rhizopus*, *Trichoderma* y *Cladosporium* creciendo sobre los restos florales incubados en medio de cultivo. Tales hongos fueron identificados por sus caracteres morfológicos macro y microscópicos. La coexistencia de estos microorganismos en los restos florales sería responsable de mermar la incidencia de *B. cinerea*, ya que éste es altamente susceptible a la competencia. Además, sobre la superficie de la planta, las conidias y los tubos germinativos de *B. cinerea* son sensibles al efecto de antibióticos y enzimas líticas producidas por otros microorganismos (Elad y Stewart, 2007). Coincidentemente, Sommer *et al.* (1985) señalan que diferentes especies de hongos colonizando la misma parte floral pueden suprimir el desarrollo de *B. cinerea*. Combrink (1983) determinó que *B. cinerea* sólo presentaba un 19,0% de incidencia promedio en las distintas partes de las flores de peral, ya que a su vez competía con otras especies de los géneros *Alternaria* y *Cladosporium*, con 55,7% y 4,2% de incidencia respectivamente. Por otro lado, durante el procesamiento de la fruta en “packing” se incluyen tratamientos de lavado (ducha) con hipoclorito de sodio con el fin de eliminar esporas y la presencia de microorganismos de la superficie de los frutos, lo cual ayudaría a eliminar a estos hongos competidores, favoreciendo la actividad patogénica de *B. cinerea* latente en la cavidad calicinal.

El hallazgo de *B. cinerea* quiescente durante el crecimiento de frutos es un indicador de que alguna de las medidas de control en floración fue inadecuada, ya sea por la aplicación de fungicidas poco efectivos contra el patógeno, o bien por un número de tratamientos químicos inferior al requerido para eliminar al hongo. De acuerdo a la primera parte de esta discusión, todo apunta a que ambos casos son los responsables del control deficiente de la enfermedad. Asimismo, existe la posibilidad de que la floración haya sufrido períodos de alta humedad relativa (rocío), especialmente en las mañanas, aumentando la probabilidad de infección por una mayor cantidad y dispersión de inóculo. Debido a que *B. cinerea* es un hongo ubicuo en el agroecosistema de los huertos frutales, la producción y dispersión de inóculo es un proceso continuo, pero sujeto a las condiciones ambientales y disponibilidad de nutrientes y sustrato para sobrevivir (Holz *et al.*, 2007b). Por ello, en años con primaveras y veranos húmedos y lluviosos existe una mayor presión del patógeno, especialmente en floración, lo cual se traduciría en una incidencia más alta de pudrición calicinal (Pinilla y Álvarez, 2001; Montealegre, 1991).

Durante los últimos 30 años, se han estudiado distintos parámetros para predecir el nivel de pudrición calicinal en peras almacenadas en frío. Entre ellos, los niveles de infección de flores y frutos en precosecha han sido analizados en varios trabajos, siendo algunos contradictorios entre sí. En primera instancia, Sommer *et al.* (1985) explican que la pudrición calicinal en peras se debe en gran medida al nivel de infección de estilos y estambres en el huerto. En Chile existe un sistema de pronóstico precoz que indica el potencial de enfermedad en lotes de peras recién cosechadas, las cuales son forzadas a madurar rápidamente con el fin de determinar su destino de comercialización en función del tiempo estimado de almacenamiento. De este modo, lotes con frutos enfermos se deben comercializar de inmediato, en cambio aquellos sin enfermedad pueden guardarse por

algunos meses sin perder calidad (Pinilla, 1995). Por su parte, Lennox *et al.* (2003) encontraron que la cantidad de inóculo sobre la superficie de frutos de peras es un parámetro útil para predecir el nivel de pudrición postcosecha, descartando los niveles de inóculo en el aire del huerto y del “packing”, así como los del suelo del huerto y los de residuos, que no pueden ser usados como indicadores. Otros autores advierten que no existe una relación directa entre el nivel de infección precosecha y la incidencia de la enfermedad en peras almacenadas en frío (Holz *et al.*, 2007a; Lennox y Spotts, 2004). Finalmente, Spotts *et al.* (2009) elaboraron un modelo predictivo del riesgo a cosecha de posterior desarrollo de pudrición gris en peras almacenadas en frío. El modelo contempla cuatro factores críticos: i) densidad de ADN de *B. cinerea* sobre la superficie de frutos; ii) aplicación de fungicida dentro de 4 semanas antes de la cosecha; iii) precipitaciones dentro de 2 semanas antes de la cosecha; y iv) índice relativo al manejo y el crecimiento de los árboles del huerto. De esta forma, se obtiene un riesgo bajo, moderado, alto o extremo a la cosecha, el cual sirve para la toma de decisiones de comercialización. Es importante destacar que las variedades utilizadas en los trabajos citados y las zonas agroclimáticas donde se probaron son distintas. La investigación de Sommer *et al.* (1985), se efectuó con peras Bartlett en el norte de California. El sistema de pronóstico de Pinilla (1995), se elaboró en base a los cvs. Packham’s Triumph y Beurré Bosc en la zona central de Chile. A su vez, los estudios de Lennox *et al.* (2003) y Lennox y Spotts (2004), se realizaron con la variedad D’Anjou en el oeste de EE.UU., entre los estados de Oregón y Washington. Finalmente, el modelo de Spotts *et al.* (2009) fue construido con las variedades Beurré Bosc y D’Anjou y probado en Nueva Zelanda y en el oeste de EE.UU.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio y considerando las condiciones en las que se llevaron a cabo los tratamientos, se puede concluir que:

El hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea* puede infectar peras cv. Packham's Triumph durante el crecimiento de frutos y cerca de cosecha generando pudrición calicinal en postcosecha, pese a las aplicaciones convencionales de fungicidas durante la floración.

Las fallas en el control químico de la pudrición calicinal en los huertos comerciales estudiados se deberían principalmente a que los fungicidas aplicados son elegidos para controlar la sarna del peral (*Venturia pyrina*), enfermedad primaria en este cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adaskaveg J.E., H. Förster and N.F. Sommer. 2002. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. (ch.17,pp.163–195). In: Kader, A. (Ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. 4th edition. USA: University of California. 535p.
- Chen, P.M. 2004. Pear. In: Gross, K.C., C.Y. Wang and M. Saltveit (Eds.). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. USDA, ARS, Agriculture Handbook 66. Recuperado de: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/pear.pdf>>. Consultado el: 24 de abril de 2015.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 2014. Catastro frutícola. Principales resultados. Recuperado de: <<http://www.odepa.cl/wp-content/uploads/2014/08/catastroFruticolaRegionMetropolitana2014.pdf>>. Consultado el: 24 de abril de 2015.
- Combrink, J. C. 1983. Interim recommendations for controlling calyx-end rot in pears. *The Deciduous Fruit Grower*, 33(8):281.
- De Kock, S.L. and G. Holz. 1992. Blossom-end rot of pears: Systemic infection of flowers and immature fruit by *Botrytis cinerea*. *Journal of Phytopathology*, 135:317–327.
- Dewey, F.M. and D. Yohalem. 2007. Detection, quantification and immunolocalisation of *Botrytis* species. (ch.11, pp.181–194). In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski and N. Denle (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 403p.
- Droby, S. and A. Lichter. 2007. Postharvest *Botrytis* infection: etiology, development and management (ch.19, pp.349–362). In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski and N. Denle (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 403p.
- Elad, Y. and A. Stewart. 2007. Microbial control of *Botrytis* spp. (ch.13, pp.223–236). In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski and N. Denle (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 403p.
- Elmer P.A.G. and T.J. Michailides. 2007. Epidemiology of *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops (ch.14, pp.243–262). In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski and N. Denle (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 403p.

- Esterio, M., C. Ramos, A. Walker, S. Fillinger, P. Leroux and J. Auger. 2011. Phenotypic and genetic characterization of Chilean isolates of *Botrytis cinerea* with different levels of sensitivity to fenhexamid. *Phytopathologia Mediterranea*, 50:414–420.
- Esterio, M. y J. Auger. 2012. *Botrytis cinerea*, principal problemática de vides y arándanos de exportación en Chile: aspectos relevantes para el diseño de programas de control eficaces y medioambientalmente sustentables. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. *Investigación Agrícola*, 1(1):36–37.
- Forster B. and T. Staub. 1996. Basis for use strategies of anilinopyrimidine and phenylpyrrole fungicides against *Botrytis cinerea*. *Crop Protection*, 15: 529–537.
- Fungicide Resistance Action Committee's (FRAC). 2015. FRAC Code List 2015: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). Recuperado de: <<http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2015-finalC2AD7AA36764.pdf>>. Consultado el: 27 de abril de 2015.
- Green, R. e Iglesias, R. 2003. Logística y competitividad de las exportaciones de fruta fresca chilena. *Horticultura Internacional*, 171, Vol. XXI – Número 6:22–30.
- Henríquez, J.L., D. Sugar and R. Spotts. 2007. Effects of environmental factors and cultural practices on bull's eye rot of pear. *Plant Disease*, 92: 421–424.
- Holz, G., S.L. de Kock, S. Coertze, L. Basson and L. Mostert. 2007a. Postharvest *Botrytis* in pear. Recuperado de: <http://www.hortgro-science.co.za/wp-content/uploads/2014/11/botrytis_on_pears.pdf>. Consultado el: 25 de marzo de 2015.
- Holz, G., S. Coertze and B. Williamson. 2007b. The ecology of *Botrytis* on plant surfaces (pp.9–24). In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski and N. Denle (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 403p.
- Latorre, B. 1992. Pudrición gris, pudrición calicinal, pudrición pedicelar, botritis (pp.487–488). En su: Enfermedades de las plantas cultivadas. 4ª edición. Santiago, Chile: Universidad Católica de Chile. 628p.
- Latorre, B. 1998. Phytosanitary status of pear in Chile with special reference to the phytopathological situation. *Acta Horticulturae*, 475:439–448.
- Latorre, B. 2007. Pudrición gris (*Botrytis cinerea*), un factor limitante de la producción de uva de mesa en Chile. *Fitopatología*, 42(1):9–20.

- Lennox, C.L. and R.A. Spotts. 1997. *Botrytis* gray mold as a postharvest pathogen in 'd'Anjou' pear. (pp.93-95). In: Proceedings of the 13th Annual Washington Tree Fruit Postharvest Conference. Kupferman, E. (Ed.). Washington State Horticultural Association, Wenatchee.
- Lennox, C.L. and R.A. Spotts. 2003. Sensitivity of populations of *Botrytis cinerea* from pear related sources to benzimidazole and dicarboximide fungicides. *Plant Disease*, 87:645–649.
- Lennox, C.L., R.A. Spotts and L.A. Cervantes. 2003. Populations of *Botrytis cinerea* and *Penicillium* spp. on pear fruit, and in orchards and packinghouses, and their relationship to postharvest decay. *Plant Disease*, 87:639–644.
- Lennox, C.L. and R.A. Spotts. 2004. Timing of preharvest infection of pear fruit by *Botrytis cinerea* and the relationship to postharvest decay. *Plant Disease*, 88:468–473.
- Leroux, P. 2007. Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides (ch.12; pp.195–217). In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski and N. Denle (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 403p.
- Moggia, C.; M. Pereira, J.A. Yuri y M.A. Moya. 2005. Evolución de madurez en pre y postcosecha y potencialidad de almacenaje de peras Packham's Triumph. *Agricultura Técnica*, 65(3): 246–257.
- Montealegre, J.R. 1987. Pudrición de la cavidad calicinal en peras. *Revista Frutícola*, 8: 57–58.
- Montealegre, J.R. 1991. La pudrición calicinal en peras causada por *Botrytis cinerea* en postcosecha y su control. (pp.75–80). En: Avances en el Control de Plagas y Enfermedades en Frutales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas*, 37.
- Montealegre, J.R., J. Barcos, J.L. Henríquez, S. Vero, P. Mondino y R. Herrera. 2011. Sensibilidad a fungicidas de cepas de *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea* aisladas de frutos de manzanas en Chile. Resúmenes XX Congreso Sociedad Chilena de Fitopatología. Recuperado de: <<http://www.sochifit.cl/pdf/XX.pdf>>. Consultado el 25 de marzo de 2015.
- Muñoz, M. 2015. Boletín frutícola, avance diciembre 2014. [En línea]. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura.

Recuperado de: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1422897444boletinFruticola012015.pdf> Consultado el: 24 de abril de 2015.

- Núñez, J. 2012. Evaluación de distintas técnicas de conservación en peras ‘Packham’s Triumph’ mínimamente procesadas. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 230h.
- Pinilla, B. 1995. Pudrición calicinal en peras. Cómo evitar sorpresas en la cámara fría. *Tierra Adentro*, 5:34–35.
- Pinilla, B. y M. Álvarez. 1998. Pudrición en cámaras frigoríficas. *Tierra Adentro*, 22:10–13.
- Pinilla, B. y M. Álvarez. 2001. Estudios epidemiológicos de la “pudrición calicinal” de las pomáceas causada por *Botrytis cinerea*. Resúmenes XI Congreso Nacional de Fitopatología. Chile. Recuperado en: <http://www.sochifit.cl/pdf/XI.pdf>>. Consultado el 25 de marzo de 2015.
- Portal Frutícola. 2012. Proyecciones: Envíos de manzanas y peras al alza en 2012. [En línea] *Portal Frutícola*, Edición Especial Internacional:12–15. Recuperado de: http://www.portalfruticola.com/wp-content/uploads/2012/02/manzanas_peras_chile_e.pdf> Consultado el: 30 de septiembre de 2013.
- Rosenberger, D.A. 1990. Gray mold (pp.55-56). In: Jones, A.L. and H. S. Aldwinckle (Eds.). 1997. Compendium of apple and pear diseases. St. Paul, Minnesota, Estados Unidos: American Phytopathological Society Press. 100p.
- Sholberg, P. L., K.E. Bedford and S. Stokes, S. 2003. Effect of preharvest application of cyprodinil on postharvest decay of apples caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 87:1067–1071.
- Sholberg, P.L., K. Bedford and S. Stokes. 2004. Sensitivity of *Penicillium* spp. and *Botrytis cinerea* to pyrimethanil and its control of blue and gray mold of stored apples. *Crop Protection*, 4:127–134.
- Sommer, N.F., J.R. Buchanan, R.J. Fortlage and B.E. Bearden. 1985. Relation of floral infection to *Botrytis* blossom-end rot of pears in storage. *Plant Disease*, 69:340–343.

- Sommer, N.F., R.J. Fortlage and D.C. Edwards. 2002. Postharvest Disease of Selected Commodities. (ch.18,pp.197–249). In: Kader, A. (Ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. 4th edition. USA: University of California. 535p.
- Spotts, R.A. 1985. Environmental factors affecting conidial survival of five pear decay fungi. *Plant Disease*, 69:391–392.
- Spotts, R.A. and M. Serdani. 2006. Inoculum sources of *Botrytis cinerea* important to pear orchards in Oregon. *Plant Disease*, 90:750–754.
- Spotts, R.A., M. Serdani, K.M. Wallis, M. Walter, T. Harris-Virgin, K. Spotts, D. Sugar, C.L. Xiao and A. Qu. 2009. At-harvest prediction of grey mould risk in pear fruit in long-term cold storage. *Crop Protection*, 28:414–420.
- Steel, R. y J. Torrie. 1992. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª edición. México: McGraw-Hill. 622p.
- Sugar, D. and S.R. Basile. 2011. Orchard calcium and fungicide treatments mitigate effects of delayed postharvest fungicide applications for control of postharvest decay of pear fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 60:52–56.
- Sugar, D., J.M. Benbow, K.A. Powers, and S.R. Basile. 2003. Effects of sequential calcium chloride, ziram, and yeast orchard sprays on postharvest decay of pear. *Plant Disease*, 87:1260–1262.
- Suslow, T. 1997. Postharvest chlorination. Basic properties and key points for effective disinfection. Publication 8803. University of California. Recuperado de: <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8003.pdf>>. Consultado el: 27 de abril de 2015.
- Valdebenito, R.M. y A. Pinto de Torres. 1971. Identificación y patogenicidad de pudriciones de peras Winter Nelis y Packham's Triumph almacenadas en "Bins" en cámaras frigoríficas. *Agricultura Técnica*, 3(1):49–51.
- Vásquez, G. 1995. Control de *Botrytis cinerea* Pers. en postcosecha de peras cv. Packham's Triumph y determinación de resistencia a fungicidas. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 90h.
- Xiao, C.L. and R.J. Boal. 2009. Preharvest application of a boscalid and pyraclostrobin mixture to control postharvest gray mold and blue mold in apples. *Plant Disease*, 93:185–189.

APÉNDICE 1

Cuadro 2. Registro de fungicidas aplicados en Comercial FOP, comuna de Rancagua, región de O'Higgins. Primavera 2013.

Estado fenológico	Fungicida comercial	Ingrediente activo	Concentración* (cc o g/hL)	Patógenos a controlar*
Puntas verdes	Dodine 65 WP	Dodina	60-90 g	<i>Venturia pyrina</i>
Floración	Dominio 25 EC	Difenoconazol	10-15 cc	<i>Venturia pyrina</i> <u>Acción complementaria sobre:</u> <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Alternaria alternata</i>
Crecimiento de frutos	Nustar 40 EC	Flusilazol	7-10 cc	<i>Venturia pyrina</i>

* Información extraída de la etiqueta del producto comercial.

Cuadro 3. Registro de fungicidas aplicados en fundo El Yalú, Curicó, región del Maule. Primavera 2013.

Estado fenológico	Fungicida comercial	Ingrediente activo	Concentración (cc o g/hL)	Patógenos a controlar*
Puntas verdes	Consul 65 WP	Dodine	135 g	<i>Venturia pyrina</i>
Puntas verdes	Clarinet 200 SC	Pirimetanil + Fluquinconazol	50 cc	<i>Venturia pyrina, Botrytis cinerea</i>
Floración	Score 250 EC	Difenoconazol	20 cc	<i>Venturia pyrina</i> <u>Acción complementaria sobre:</u> <i>Botrytis cinerea, Alternaria alternata</i>
Plena floración	Mystic 520 SC	Pirimetanil + Trifloxistrobin	40 cc	<i>Venturia pyrina, Botrytis cinerea</i>
Caída de pétalos	Nustar 40 EC	Fluzilazol	7,5 cc	<i>Venturia pyrina</i>
Caída de pétalos	Mancozeb 80 WP	Mancozeb	240 g	<i>Venturia pyrina, Alternaria alternata</i>

* Información extraída de la etiqueta del producto comercial.

APÉNDICE 2

Cuadro 4. Análisis de varianza realizado en ensayo de Comercial FOP, Rancagua, obtenido con el software estadístico InfoStat.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Incidencia	28	0,43	0,27	3,45	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	6	1,7E-03	2,65	0,0448
Tratamiento	0,01	6	1,7E-03	2,65	0,0448
Error	0,01	21	6,5E-04		
Total	0,02	27			
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,03739					
<i>Error: 0,0006 gl: 21</i>					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Agua-4M	0,77	4	0,01	A	
Botry-2M	0,76	4	0,01	A	B
Botry-3M	0,73	4	0,01		B C
Testigo	0,73	4	0,01	B	C
Botry-4M	0,72	4	0,01	B	C
Agua-3M	0,72	4	0,01		C
Agua-2M	0,72	4	0,01		C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)</i>					

Cuadro 5. Análisis de varianza no paramétrico realizado en ensayo de fundo El Yalú, Curicó, obtenido con el software estadístico InfoStat.

Prueba de Kruskal Wallis						
Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H p
Incidencia	Agua-2M	4	11,16	7,76	14,11	10,20 0,1001
Incidencia	Agua-3M	4	0,00	0,00	0,00	
Incidencia	Agua-4M	4	11,50	16,24	5,77	
Incidencia	Botry-2M	4	13,78	4,33	11,66	
Incidencia	Botry-3M	4	15,77	5,69	13,99	
Incidencia	Botry-4M	4	17,00	4,96	16,43	
Incidencia	Testigo	4	17,13	4,14	18,35	

ANEXO

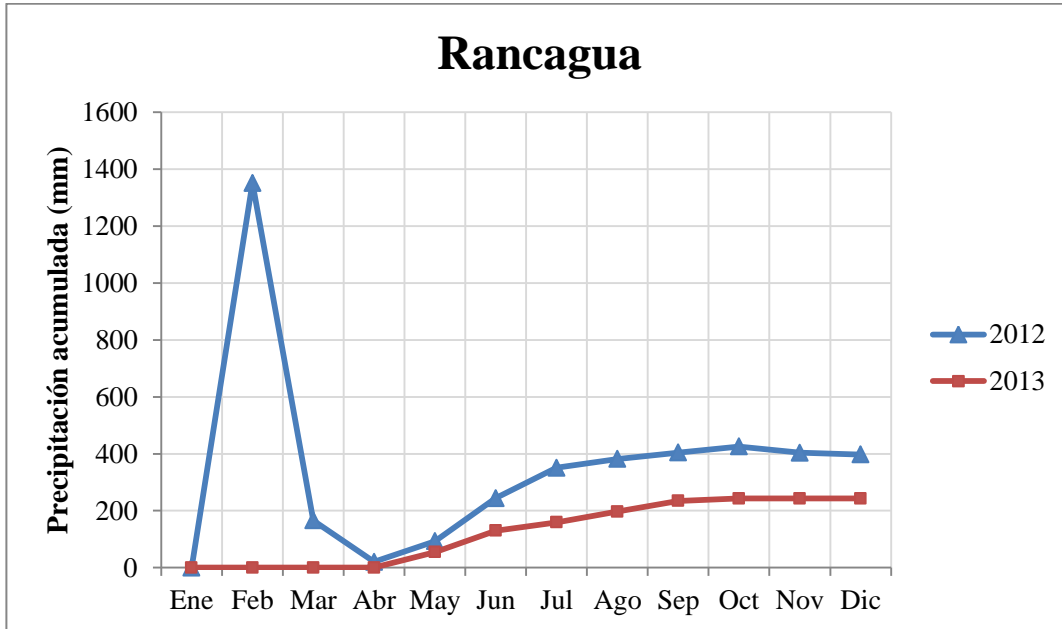


Figura 5. Precipitación acumulada (mm) de un año lluvioso (2012) y un año más seco (2013) en estación meteorológica “Canal Sauzal en Puente Termas” (a 20 km al suroeste de Rancagua). Datos obtenidos del Servicio Satelital de la Dirección General de Aguas (<http://dgasatel.mop.cl>).

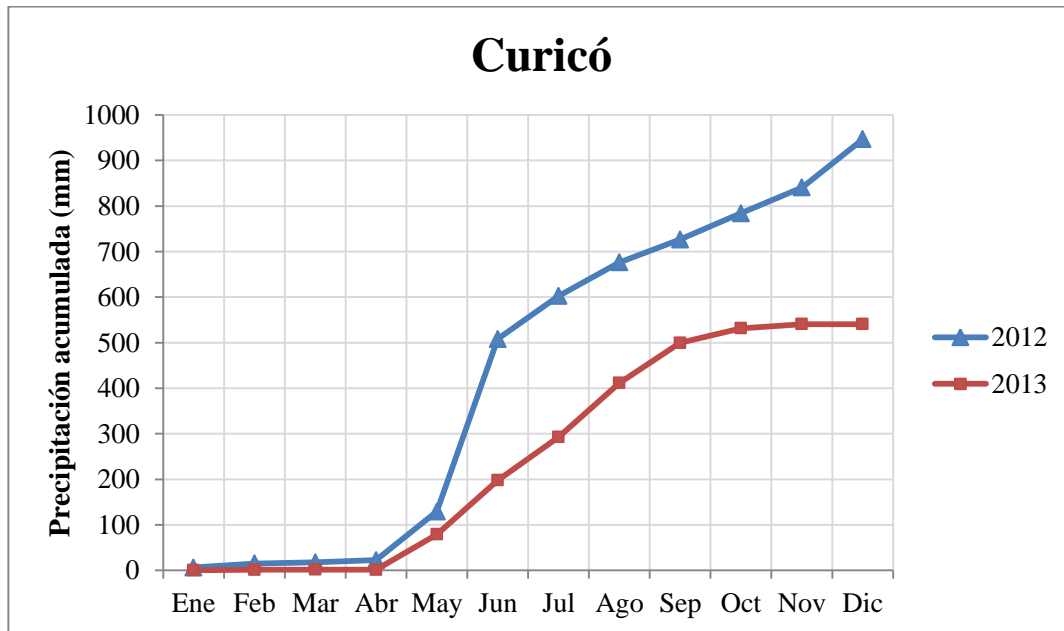


Figura 6. Precipitación acumulada (mm) de un año lluvioso (2012) y un año más seco (2013) en estación meteorológica “Teno después de Junta” (a 35 km al oeste de Curicó). Datos obtenidos del Servicio Satelital de la Dirección General de Aguas (<http://dgasatel.mop.cl>).