



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Eficacia de protección de fungicidas comerciales formulados en pasta y líquido sobre
heridas de poda en nogales var. Chandler contra *Diplodia mutila* causante de la
muerte regresiva**

MEMORIA DE TÍTULO

YASNA NATALIE VALENZUELA VERGARA

**TALCA - CHILE
2020**

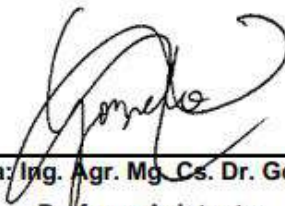
CONSTANCIA

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 Asistente

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

Quiero agradecer a mi familia por tener confianza en mis capacidades y apoyarme durante todo mi proceso universitario, a mi madre Carmen Vergara por enseñarme a ser perseverante y esforzarme por lo que quiero y a mi hermana Jazmín Valenzuela por ayudarme, escucharme y estar siempre cuando la necesito.

Agradezco a mis amigas Belén Durán y Vanessa Benavente por estar siempre conmigo apoyándome y aconsejándome, también a Priscila Gutiérrez por ayudarme a tomar decisiones cuando tengo dudas.

Agradezco a mi profesor guía Gonzalo Díaz, por tener siempre paciencia, disponibilidad y por ser un apoyo fundamental para poder realizar esta investigación.

Finalmente quiero agradecer especialmente a mí, porque, aunque a veces tuve miedo y los primeros años de universidad fueron muy difíciles, nunca pensé en rendirme y por el contrario me esforcé cada vez más para mejorar y lo logré.

RESUMEN

Los nogales (*Juglans regia*) es un cultivo de importancia económica, ya que ocupa el segundo lugar en superficie plantada del país, con un total de 40.800 hectáreas. Convirtiéndose a Chile en uno de los principales exportadores de nueces del hemisferio sur, concentrándose su producción entre las regiones de Valparaíso y Del Maule, siendo la Región Metropolitana la que presenta la mayor superficie plantada, con aproximadamente 14.120 hectáreas, lo que representa el 34,6% del total de la superficie nacional. Este cultivo se caracteriza por adaptarse muy bien a todo tipo de climas, sin embargo, es afectado por enfermedades que perjudican directamente su rendimiento, tanto en calidad, como en cantidad de fruta exportada, es por lo que en los últimos años es cada vez más recurrente que plantaciones de nogales se vean afectadas por enfermedades como la muerte de brazos y ramillas. El objetivo de la presente investigación es analizar la efectividad que tienen los diferentes tipos de fungicidas y sus formulaciones en la protección de heridas de poda, ya que estas representan uno de los principales focos de infección, para la entrada del hongo causante de la muerte regresiva de ramas y ramillas del nogal, causada por un complejo de hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, dentro de los que se han identificado varias especies, incluyendo *Diplodia mutila*. Para realizar este estudio se seleccionaron cinco ramillas de nogal var. Chandler, las cuales fueron podadas y 24 horas después fueron protegidas con fungicidas comerciales, dejando un tratamiento sin protección como testigo. Posteriormente las ramillas protegidas fueron inoculadas con un trozo de agar invertido con crecimiento activo de *D. mutila*, para aproximadamente nueve meses después ser podadas y ser evaluadas según la longitud del daño necrótico causado por el hongo. Los fungicidas con formulación en pasta mostraron lesiones necróticas significativamente menores en longitud, logrando efectividades sobre el 70%, en comparación con aquellas protegidas con fungicidas con formulación líquida (51 a 61%).

Palabras claves: Heridas de poda, *Diplodia mutila*, protección fungicida.

ABSTRACT

Walnut trees (*Juglans regia*) var. Chandler are a crop of economic importance, since they occupy the second place in planted area in the country, with a total of 40,800 hectares. Making Chile one of the main exporters of walnuts in the southern hemisphere, concentrating its production between the regions of Valparaíso and Del Maule, being the Metropolitan Region the one with the largest planted area, with approximately 14,120 hectares, which represents 34,6% of the total national surface. This crop is characterized by adapting very well to all types of climates; however, it is affected by diseases that directly damage its performance, both in quality and quantity of exported fruit, which is why in recent years it is increasingly recurrent that walnut plantations are affected by diseases such as the death of arms and twigs. The objective of this research is to analyze the effectiveness of the different types of fungicides and their formulations in the protection of pruning wounds, since they represent one of the main sources of infection, for the entry of the fungus that causes regressive death of branches and twigs of the walnut, caused by a complex of fungi belonging to the Botryosphaeriaceae family, within which several species have been identified, including *Diplodia mutila*. To carry out this study, five branches of walnut var. Chandler, which were pruned and 24 hours later were protected with commercial fungicides, leaving a treatment without protection as a control. Subsequently, the protected twigs were inoculated with a piece of inverted agar with active growth of *D. mutila*, for approximately nine months later to be pruned again and evaluated according to the length of the necrotic damage caused by the fungus. The fungicides with a paste formulation showed significantly smaller necrotic lesions in length, achieving effectiveness over 70%, in comparison with those protected with fungicides with liquid formulation (51 to 61%).

Keywords: Pruning wounds, *Diplodia mutila*, fungicide protection.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis de trabajo	2
1.2 Objetivo general	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Importancia del nogal en Chile	3
2.1.1 Superficie de nogal	4
2.1.2 Producción y exportación de nueces	5
2.2 Cultivo de nogal	7
2.2.1 Requerimientos edafoclimáticos	8
2.3 Enfermedades del nogal	10
2.3.1 Muerte regresiva en nogal	11
2.3.2 Síntomas de muerte regresiva	12
2.4 Poda del nogal	15
2.4.1 Protección de heridas de poda con fungicidas disponibles comercialmente en Chile	17
2.4.1.1 Podexal	17
2.3.1.2 Pasta Poda Full	18
2.3.1.3 Apolo 25EW	18
2.3.1.4 Krexim 50SC	18
2.3.1.5 Polyben 50 WP	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Aislamientos fungosos	21
3.2 Ubicación del estudio	21
3.3 Selección de ramillas y poda	21
3.4 Protección e inoculación de heridas de poda	21
3.5 Diseño experimental	23
IV. RESULTADOS	24

4.1 Protección de heridas de poda contra Diplodia mutila	24
V. DISCUSIÓN	29
VI. CONCLUSIÓN	32
VII. BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Superficie nacional y distribución geográfica de plantaciones de nogal en hectáreas.....	4
Cuadro 2.2. Distribución de la superficie nacional de nogales según variedad.....	5
Cuadro 2.3. Exportación nacional de nuez con y sin cáscara, temporada 2019-2020.....	6
Cuadro 3.1. Fungicidas comerciales utilizados en la protección de heridas de ramillas de nogal var. Chandler contra la infección de <i>Diplodia mutila</i>	23
Cuadro 4.1 Estudio de la efectividad de fungicidas comerciales utilizados para la protección de heridas de poda en ramillas de plantas de nogal var. Chandler inoculados con aislados de <i>Diplodia mutila</i> después de 9 meses en el terreno.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 2.1. Flores masculinas (principios de octubre) y frutitos cuajados (finales de noviembre) de nogal var. Chandler, San Rafael, Región del Maule.....	7
Figura 2.2. Conidióforo de <i>Diplodia mutila</i> con conidias unicelulares, hialinas, de bordes lisos.....	12
Figura 2.3. Huerto comercial de nogal var. Chandler en camellones que presentan síntomas de muerte de ramillas y brazos, localizado en la zona de San Rafael, Región del Maule. A, árbol que presenta 50% de muerte regresiva. B, árbol que posee muerte regresiva del tercio superior del eje central.....	13
Figura 2.4. Ramillas con muerte regresiva, desde el ápice (herida) hacia el resto de la ramillas con coloración café-anaranjada que muestra tejido lesionado, en huerto comercial de nogal var. Chandler, localizado en la zona de San Rafael, Región del Maule. A, Lesión de coloración café – anaranjada con muerte de yemas. B, Ramilla enfermedad con presencia de picnidios de Botryosphaeriaceae (fuente de inóculo).....	14
Figura 2.5. Corte transversal de ramillas de nogal var. Chandler con muerte regresiva asociado a Botryosphaeriaceae, que muestra necrosis de la madera.....	15
Figura 2.6. Poda de producción mecanizada en nogales var. Chandler durante el invierno.,.....	16
Figura 3.1. Herida de poda frescas en ramillas de nogal var. Chandler. A, Poda. B, Protección de herida de poda con fungicida líquido. C, Inoculación con suspensión de conidias de <i>Diplodia mutila</i> sobre herida de poda.....	22
Figura 4.1. Ramilla lignificada de nogal var. Chandler (tratamiento testigo) inoculadas con suspensión de conidias de <i>Diplodia mutila</i> mostrando necrosis de los tejidos desde el sitio de inoculación (herida de poda).	24

Figura 4.2. Lesiones necróticas en ramillas lignificadas de nogal var. Chandler después de nueve meses de inoculadas con *Diplodia mutila*.....26

Figura 4.3. Avance del daño necrótico en heridas de poda en ramillas lignificadas de nogal var. Chandler, después de nueve meses de ser inoculadas con aislados fungosos de *D. mutila* y de la aplicación de fungicidas comerciales con distintas formulaciones (pasta y líquido).....27

Figura 4.4. Efectividad de fungicidas comerciales en la protección de heridas de poda en ramillas de nogal var. Chandler inoculadas con *Diplodia mutila*.....28

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la agricultura y especialmente la fruticultura, se ha visto fuertemente influenciada por los cambios en los gustos y preferencias que los consumidores a nivel mundial han experimentado y exigido. Es por esta razón, que en la actualidad la demanda por vegetales y frutas de calidad han irrumpido fuertemente en el mercado nacional e internacional y se han posicionado como una opción rentable para los productores.

Los frutos secos como nueces han presentado un aumento en su consumo a nivel mundial por sus aportes nutricionales (vitaminas y minerales), particularmente por las proteínas y ácidos grasos esenciales como ácido linoleico (ricos en omega-3) (Fátima et al., 2018). El consumo de frutos secos en la dieta contribuye a tener menos riesgo cardiovasculares (Ros, 2010).

Actualmente, Chile posee una superficie frutícola de 342.654 ha, donde históricamente la vid para uva de mesa (*Vitis vinifera* L) es la principal especie frutal plantada (47.834 ha). En el segundo lugar se encuentran los nogales ingleses (*Juglans regians*) var. Chandler con alrededor de 40.800 ha, mostrando un importante crecimiento durante los últimos diez años (CIREN, 2019). La superficie de nogales se concentra entre las regiones de Valparaíso, y Del Maule de norte a sur a nivel nacional. En la Región del Maule, los nogales ingleses var. Chandler tienen una superficie plantada de alrededor de 7.000 ha, siendo un cultivo de creciente interés y expansión en la zona.

El nogal es un cultivo que se caracteriza por adaptarse a todo tipo de climas, sin embargo, es afectado por diversos tipos de plagas y enfermedades en el mundo y en Chile. Entre las enfermedades descritas en Chile, se reportan como importantes la bacteriosis denominada peste negra del nogal causado por *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Latorre, 2018), y la micosis pudrición del cuello y raíces causado por especies de *Phytophthora* (Guajardo et al., 2019).

Internacionalmente, especies de Diaporthaceae (*Diaporthe* spp.) y Botryosphaeriaceae (*Botryosphaeria dothidea*, *Diplodia* spp. y *Neofusicoccum* spp.) han sido aislados y caracterizados causando muerte regresiva de brazos y ramillas en nogales (Chen et al., 2014). Recientemente en España, varias especies de la familia Botryosphaeriaceae como *B. dothidea*, *Diplodia seriata*, *Dothiorella sarmentorum*, *Dothiorella* sp., *Neofusicoccum mediterraneum*, y *N. parvum*, han sido descritas causando importantes pérdidas en nogales asociados a canchros y muerte regresiva de brazos (López-Moral et al., 2020). En este sentido,

en Chile se describió a la especie *D. mutila* causando la muerte de brazos en nogales en la Región del Maule (Díaz et al., 2018). A la fecha, se ha observado un incremento en la prevalencia de la enfermedad en nogales comerciales de la Región del Maule, siendo un problema de preocupación para los productores.

En el mundo como en Chile hay muchos estudios y trabajos realizados en vides sobre el control y eficiencia de protección de heridas de poda con fungicidas, sin embargo, existe escasa o nula información en nogales. Hoy en día existe una gran variedad de productos fungicidas con distintos tipos de modo de acción y formulaciones en pasta o líquido, por lo que es necesario determinar cuál es el tipo de formulación más apropiado y si estos son efectivos para el control de esta enfermedad en el cultivo de nogal var. Chandler. Por lo tanto, a continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente trabajo:

1.1 Hipótesis

La protección de heridas de poda en nogales (*Juglans regia*) var. Chandler, con fungicidas comerciales disminuye la infección por *Diplodia mutila*., pero la formulación en pasta de los fungicidas mostraría una mayor efectividad en el control de *D. mutila*.

1.2 Objetivo general

Determinar la eficacia del uso de fungicidas comerciales formulados en pasta y líquido sobre heridas de poda en nogales var. Chandler contra *D. mutila*.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importancia del nogal en Chile

El nogal (*Juglans regia*) es uno de los cultivos de nueces más importantes del mundo por su contenido de nutrientes, pertenece a la familia de las angiospermas, *Juglandaceae*. Es un cultivo antiguo, cuyo origen se sitúa en un área de Asia Central y Europa oriental (Fátima et al., 2018). Por otra parte, su origen como cultivo se debe a los Romanos, quienes lo llamaban bellota de Júpiter, debido a que su nombre científico deriva del latín *iuglans*, que corresponde a la abreviatura de *livis glans*, mientras que *regia* significa real. Las legiones romanas utilizaron y cultivaron a las plantas de nogal a Europa entre Alemania, España, Francia e Inglaterra, para luego ser trasladada a Estados Unidos por navegantes, donde adquirió mayor difusión en la zona de California.

El nogal debe su llegada a Chile a los españoles, quienes cultivaban la llamada nuez portuguesa, la cual hoy en día es conocida como “Nuez Aconcagua” o “Nuez Chilena”. De acuerdo con registros históricos de la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA), las primeras exportaciones chilenas de nuez, con destino a California (Estados Unidos), comenzaron alrededor del año 1.770. Hacia la mitad del siglo XIX, se habían ampliado los mercados de destino de nueces chilenas a países que incluyen Perú, Uruguay, Argentina, Brasil, Ecuador, Colombia como Europa (FIA, 2010).

En los últimos años, a nivel mundial el cultivo del nogal ha experimentado un fuerte crecimiento, tanto para producción de madera como para producción de nueces, este crecimiento ha implicado un aumento en los volúmenes transados y también en la superficie dedicada a su cultivo. Chile no ha sido la excepción, ocupando en la actualidad el cuarto lugar dentro de los mayores productores de nueces, además de ser el país que registra el mayor crecimiento anual con una tasa promedio del 20,1% (Muñoz, 2017).

Uno de los aspectos claves de la importancia del nogal en Chile es el económico, ya que anualmente la producción de nuez genera ingresos al país del orden de los 25 millones de dólares y con altas expectativas de ir en aumento. La rentabilidad que ofrece el cultivo del nogal a los productores es alta cuando se exportan al extranjero. Sin embargo, la actividad agrícola en el nogal, no se puede considerar como gran generadora de empleos, ya que es un cultivo que no requiere de gran cantidad de mano de obra, salvo para algunas labores de

postcosecha y operadores de maquinaria, debido a la mecanización en la producción (labores de campo y postcosecha) que han implementado por ser un fruto seco y con características que así lo permiten (FIA, 2017).

2.1.1 Superficie de nogal

Hoy en día el nogal es la segunda especie frutal de mayor importancia en Chile, ocupando el segundo lugar en superficie plantada después de la vid, con 40.800 hectáreas, con un crecimiento de casi un 8% desde el año 2017 (CIREN, 2019; ODEPA, 2019). El crecimiento y expansión de los nogales es debido a varias razones entre las cuales se incluyen al ser un cultivo con bastante mecanización y mejora en los manejos enfocados al suelo y riego (CIREN, 2019). La distribución de la superficie plantada de nogal se concentra principalmente en la zona central, principalmente entre las regiones de Valparaíso y del Maule. Sin embargo, se ha extendido hacia regiones del centro y sur del país en los últimos años (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Superficie y distribución geográfica de plantaciones de nogal en Chile.

Regiones	Superficie (ha)	% nacional
III De Atacama	16,3	0,04
IV De Coquimbo	2500,6	6,1
V De Valparaíso	6786,1	16,6
Metropolitana	14120,4	34,6
VI del Libertador General Bernardo O'Higgins	7021,9	17,2
VII del Maule	7007,6	17,2
VIII del Bío Bío	1426,5	3,5
IX de la Araucanía	410,7	1,0
X De los Lagos	3,5	0,01
XIV de los Ríos	9,4	0,02
XVI De Ñuble	1497,9	3,7
TOTAL	40800,9	100

Fuente: CIREN, 2019.

En la actualidad las variedades más importantes de nogal inglés en Chile, como a nivel mundial son Chandler y Serr, ocupando un 64% y 29% de la superficie plantada en el país respectivamente, sumando el 93% de la superficie nacional (Cuadro 2.2). La preferencia por

el cultivar Chandler se debe a que presenta características como; menor vigor, mayor rendimiento y brotación más tardía que Serr y otras variedades, por lo que se adapta mejor al clima de las zonas donde se concentra su distribución (FIA, 2017).

Cuadro 2.2. Distribución de la superficie de nogales según variedad en regiones en Chile.

Región	Superficie por variedad (ha)			
	Serr	Chandler	Otras	Total
Coquimbo	1745,11	604,04	116,95	2466,1
Valparaíso	3190,7	2285,39	167,94	5644,03
Metropolitana	3146,78	6824,18	977,92	10948,88
Libertador General Bernardo O'Higgins	674,42	4194,77	657,78	5526,97
Maule	152,34	4078,88	136,03	4367,25
Bío Bío	46,16	1637,25	61,09	1744,5
Araucanía	24,67	216,22	11,72	252,61
Total	8980,18	19840,73	2129,43	30950,34
% Total	29	64,1	6,9	100

Fuente: FIA, 2017.

2.1.2 Producción y exportación de nueces

De acuerdo con el catastro agrícola nacional realizado por el Ministerio de Agricultura, con colaboración del CIREN y ODEPA, la Región Metropolitana se ubica como la principal productora de nueces de Chile, principalmente de la variedad Chandler, alcanzando aproximadamente el 40% de la superficie plantada a nivel nacional (CIREN, 2019). Según Fernando Mercado, gerente de producción y desarrollo de CIREN, la fruticultura nacional ha migrado hacia la producción de nueces porque “Ha cambiado por dos aspectos: el precio que se paga por las nueces y las condiciones climáticas actuales. Finalmente, los productores se adaptan al mercado y al clima”.

La producción de nueces en Chile se concentra en la zona central, principalmente entre las regiones De Valparaíso y Del Bio Bío, debido a las condiciones de clima y suelo, los rendimientos varían de acuerdo con la ubicación geográfica y otros factores como: Calidad del suelo, origen de las plantas, manejos, marco de plantación, entre otros (Barriga et al., 1991 citado por Bravo, 2018).

La temporada 2019 las exportaciones chilenas de nueces fueron destinadas a 76 países, siendo los principales destinos: Turquía, Alemania, Emiratos Árabes Unidos e Italia (CHILENUT, 2019). Según registros oficiales del Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG), reunidos por ASOEX (Asociación Chilena de Exportadores de Frutas), las exportaciones de la presente temporada, que comprende el 21 de marzo como el primer día de la temporada 2020, han experimentado un déficit en comparación con la temporada anterior, tanto en los envíos de nuez con cáscara, como en los envíos de nuez sin cáscara.

Cuadro 2.3. Exportación nacional de nuez con y sin cáscara (toneladas), temporada 2019-2020.

Exportación de nuez con cascara (Toneladas)					
Junio		% de cambio	Exportaciones 21/mar al 30/jun		% de cambio
2019	2020	2020 vs 2019	2019	2020	2020 vs 2019
5.473	3.829	-30%	8.644	6.489	-25%
Exportación de nuez sin cascara (Toneladas)					
Junio		% de cambio	Exportaciones 21/mar al 30/jun		% de cambio
2019	2020	2020 vs 2019	2019	2020	2020 vs 2019
28.515	19.481	-32%	72.342	47.109	-33%

Fuente: Chilenut, 2020.

Por otra parte, el 10% de la producción nacional se destina para mercado interno, debido a que aun en Chile no existe un gran interés por el consumo diario de nuez, lo que no permite que este sea un mercado desarrollado (FIA, 2017). Los costos asociados a la producción y cultivo de 1 ha de nogal, variedad Chandler, según la ficha de costo del nogal, en la Región Metropolitana, para mercado interno con un nivel tecnológico medio y un rendimiento esperado de 3.200 (Kg/ha), ascienden a un total de \$5.396.002, con un ingreso esperado de \$7.040.000, alcanzando utilidades de \$1.643.998/ha (ODEPA, 2017).

2.2 Cultivo de nogal

El nogal es una especie de árbol de hoja caduca, grande y vigoroso, que puede alcanzar alturas de hasta los 31 m y diámetros entre los 60-90 cm, hasta los 1,5 m, presenta una copa frondosa que se abre, con hojas compuestas alternas, formadas por folíolos, de forma ovalada y color verde intenso. Es una especie de crecimiento rápido, valorada por los agricultores, tanto por sus frutos, como por su madera de alta calidad. Corresponde a una planta monoica autofértil, con fecundación anemógama y época de madurez diferente entre el amento y la flor pistilada (dicogamia), el tipo de dicogamia que presenta es proándrica, es decir que la flor masculina tiende a dispersar el polen antes de que las flores femeninas estén receptivas (Loewe et al., 2001; Gil, 2012), por lo que se requiere de la utilización de injertos, para que el árbol pueda producir flores masculinas al año de injertado (Barriga et al., 1991 citado por Bravo, 2018), en algunos huertos se opta por incluir plantas de una segunda variedad (polinizante) para asegurar una buena polinización, mediante la coincidencia de la liberación del polen de la variedad polinizante y la receptividad de las flores de la variedad productora de nueces (INIA, INDAP, MINAGRI, 2002; Gil, 2012).



Figura 2.1. Flores masculinas (principios de octubre) y frutitos cuajados (finales de noviembre) de nogal var. Chandler, San Rafael, Región del Maule.

La productividad del nogal se encuentra asociada al tipo de fructificación que presente el árbol, sea esta apical, donde los frutos se producen en brotes, desarrollados a partir de yemas ubicadas en las puntas de las ramas del año anterior o lateral, donde los frutos se producen en brotes originados de ramillas cortas ubicadas lateralmente en ramas antiguas. En Chile, se prefiere cultivar en su mayoría especies de nogal con fructificación lateral, ya que esta característica permite una rápida entrada en producción, menor vigorosidad y, por ende,

mayores rendimientos, debido a la posibilidad de establecer cultivos con mayor densidad de plantación (Gil, 2012). La variedad Chandler, ampliamente cultivada en el territorio nacional, corresponde a una variedad de 90% de fructificación lateral, permitiendo en la actualidad densidades de plantación de hasta 5 x 5 m, lo que se clasifica como de alta productividad. Además, es una especie de floración tardía, por lo que su susceptibilidad a las heladas es baja y muy adaptable al clima del país, es menos susceptible a peste negra y no requiere aplicaciones de inhibidores de etileno, utilizados en otras variedades como Serr para aumentar el período de polinización efectiva (Gil, 2012; INDAP, INIA, MINAGRI, 2002).

Algunas de las principales características de la nuez de var. Chandler incluyen peso de fruto promedio de 14,6 g, peso de nuez de 7,1 g, calibre ecuatorial de 37 mm y un número de frutos que alcanzan un color claro, que varía entre el 90 y el 100% de las nueces (INDAP, INIA, MINAGRI, 2002).

En la actualidad, en Chile casi la totalidad de los huertos con plantas de nogal adulto, se encuentran sobre portainjertos de nogal inglés o francos. Sin embargo, durante los últimos años, se ha introducido el uso de portainjerto de semilla Paradox y sus derivados clonales como, Vlach, VX211 Y RX 1, ya que estos han presentado resultados favorables en California, Estados Unidos, y se espera que estos mismos resultados se repliquen en Chile, debido al gran parecido en las condiciones climáticas. Estos portainjertos, excepto Vlach presentan muy buena resistencia a *Phytophthora* y se debe pagar royalty por ellos (FIA, 2017).

2.2.1 Requerimientos edafoclimáticos

El nogal es una especie que se adapta bien a climas de valles cordilleranos, con baja humedad relativa, para disminuir la probabilidad de enfermedades, por lo que Chile presenta una amplia extensión de territorio de Norte a Sur en donde es posible establecer este cultivo, y de Este a Oeste, desde lomajes suaves ubicados a los pies de la cordillera hasta los 600 m sobre el nivel del mar (CIREN, 2017).

Con respecto a los requerimientos de temperatura, el nogal necesita acumular una importante cantidad de horas de frío para salir del receso y poder fructificar en la siguiente temporada, cuya cantidad varía dependiendo de la variedad y fluctúa entre las 400 y las 1000 horas. Así también, tiene una alta exigencia de calor durante el periodo vegetativo, ya que su temperatura óptima es de 21-28°C, por lo que es necesario que existan muchos días, 180 aproximadamente, en que la temperatura media alcance los 10°C, para lograr acumular los

días grado suficientes (1.300 – 1.700) para una buena producción. Sin embargo, un exceso de calor con temperaturas que bordeen los 40°C son muy perjudiciales para la planta y los frutos, ya que producen quemaduras, defoliación y deshidratación. Por otro parte, el nogal es una especie de día neutro, por lo que requiere de entre 10 y 14 horas de luz (CIREN, 2017).

Se considera al nogal como una especie medianamente sensible a las heladas y el nivel de daño económico que estas pueden causar depende del uso que se les dé, ya sea frutícola o forestal, en el primer caso se ve afectada mayormente por las heladas tempranas de otoño, que afectan brotes terminales cuando la temperatura desciende por debajo de los -4°C y heladas tardías de primavera (octubre-noviembre) con temperaturas menores a -1°C, sobre todo si las plantas son jóvenes, ya que estas afectan sus flores y frutos, en el caso de uso forestal maderero, las heladas no representan un mayor riesgo e incluso es posible establecer plantaciones en zonas climáticas no favorables (Gil, 2012).

Los requerimientos hídricos del nogal son menores a otras especies, por ejemplo, el nogal necesita entre un 40-45% menos de agua que la vid, lo que ha llevado a los productores nacionales a considerar el establecimiento de este cultivo como una buena alternativa, para hacer frente a la sequía que afecta al país, producto del cambio climático. Esta especie requiere precipitaciones de un mínimo de 700-800 mm anuales para una buena fructificación, en temporada estival aprovecha la humedad y dispone del agua suficiente, debido a su raíz pivotante, que penetra hasta los 3 m y extrae agua desde los primeros 90 cm de profundidad. Durante el periodo vegetativo requiere de una disponibilidad hídrica de 100-150 mm mensuales, para alcanzar frutos de buen tamaño, por lo que, sequías prolongadas en primavera-verano son perjudiciales y causan daños productivos (defoliación anticipada y afecta la formación y desarrollo de la yema floral) y económicos (Gil, 2012; CIREN, 2017).

El árbol de nogal es tolerante a humedad relativa alta, sin embargo, un ambiente excesivamente húmedo con humedad relativa mayor a 90-95% favorece el ataque e incidencia de fitopatógenos y bacterias (CIREN, 2017; Latorre, 2018).

El suelo es uno de los factores edafoclimáticos más importantes, ya que se considera que el nogal es uno de los frutales más exigentes, requiere de suelos profundos, con buen drenaje, ya que es sumamente susceptible a inundaciones o estancamiento de agua, que provocan desde la disminución de la producción, hasta la muerte de plantas, producto de la pudrición radicular, también requiere una buena estructura y suelos libres de sales, ricos en nutrientes minerales, con materia orgánica, texturas francas y pH óptimo entre 6,5-7,5, suelos con pH fuera de este rango pueden causar problemas de clorosis (CIREN, 2017).

2.3 Enfermedades del nogal

El nogal es una especie caducifolia que presenta una incidencia de enfermedades relativamente escasa en comparación con otras especies de frutales, sin embargo, la elección de la variedad de nogal a cultivar es una decisión muy importante y clave, que debe ser considerada por el productor, ya que de esto dependerán factores productivos como: Características del fruto, costos de producción, época de floración y brotación, requerimientos edafoclimáticos y resistencia a enfermedades.

Se ha descrito que las enfermedades más comunes que afectan al nogal en Chile son de origen bacteriano y fungoso (Latorre, 2018). Referente a bacteriosis más importante a nivel nacional se encuentra la enfermedad de agallas del cuello y raíces, causada por *Agrobacterium tumefaciens* y la peste negra del nogal causada por *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Acuña, 2010; Latorre, 2018). Dentro de las enfermedades de origen fungoso se encuentran: la Pudrición de raíces asociada a *Armillaria mellea*, cancro gomoso, causado por *Botryosphaeria dohidea*, cancrisis causado por *Cytospora* sp. y *Fusicoccum* sp. entre otras. Sin embargo, las enfermedades de mayor importancia corresponden a peste negra y hongos fitoparásitos del género *Phytophthora*, del cual se han detectado tres especies: *Phytophthora* (*P.*) *cinnamomi* (pudrición de raíces), *P. cactorum* y *P. citrophthora* (ambas generan pudrición del cuello) (Acuña, 2010; Latorre, 2018; Guajardo et al., 2019). La pudrición de raíces y del cuellos del nogal por especies de *Phytophthora* causan un impacto, tanto ecológico como económico impredecible, bajo condiciones climáticas y ambientales favorables para el desarrollo del patógeno, por ejemplo, aumento de agua libre, humedad relativa sobre 95%, heridas en las raíces (asfixia radicular), lo cual es una puerta de entrada para el hongo. Este impacto se debe a que la infección afecta el vigor y crecimiento del nogal, especialmente en plantas jóvenes, causando cancris en el cuello y pudrición radical (FIA, 2010; Guajardo et al., 2019).

El nogal es un frutal muy sensible a la bacteriosis peste negra causada por *X. arboricola* pv. *juglandis*, esta corresponde a una bacteria Gram negativo que se disemina a través del polen, agua de lluvia, insectos, entre otros. Su característica principal es la generación de una pigmentación amarillenta y un efecto necrótico sobre tejidos (flores y frutos jóvenes), atizonamiento y ennegrecimiento de frutos, la penetración a la planta puede ocurrir a través de aberturas como: Estomas, lenticelas, estigmas y heridas, su población epífita es el propio nogal; yemas, cancris en ramillas, restos de poda y amentos infectados la temporada anterior. Es capaz de ocasionar grandes pérdidas, por sobre el 50%, incluso en casos extremos se puede llegar a perder entre el 70 y 100% de la producción (Acuña, 2010; Bravo,

2018). En general, es una enfermedad que se presenta en todas las plantaciones de nogales en Chile.

2.3.1 Muerte regresiva en nogal

La muerte regresiva de ramas y ramillas en frutales es una enfermedad de importancia económica a nivel mundial, ya que afecta a diferentes especies y causa grandes pérdidas productivas, debido a que disminuye la calidad y cantidad de los frutos (Latorre, 2018; Chen et al., 2014).

El agente causal de esta enfermedad es un complejo de hongos de la familia Botryosphaeriaceae, la que se estima que contiene 26 géneros y unas 1500 especies. Estos hongos son conocidos como saprófitos y patógenos oportunistas, que ocasionan un mayor daño a los hospederos, cuando existen condiciones de estrés hídrico, anegamiento, heladas, alta humedad relativa, exceso de nitrógeno en la nutrición o bajo el ataque de plagas (Suárez, 2016). Estos hongos ingresan a las plantas a través de aberturas naturales como lenticelas y estomas o a través de heridas de poda a nivel de huerto (Acuña, 2010; Latorre, 2018).

En cuanto a la etiología de la muerte regresiva en nogales, en diversos trabajos realizados en Irán, España, Corea del Sur, Republica Checa y California (E.E.U.U), se han identificado a varias especies de la familia Botryosphaeriaceae incluyendo a *Botryosphaeria (B.) dothidea*, *Diplodia (D.) mutila*, *D. seriata*, *Dothiorella (Do.) viticola*, *Do. sarmentorum*, *Do. iberica*, *Do. omnivora*, *Neofusicoccum (N.) parvum*, *N. mediterraneum*, *N. nonquaesitum*, *N. vitifusiforme*, (Trouillas et al., 2010; Cheon et al., 2013; Chen et al., 2014; Moral et al., 2019; López-Moral et al., 2020; Sohrabi et al., 2020). Recientemente, en Chile se describió a la especie *D. mutila* causando la muerte de brazos en nogales en la Región del Maule (Díaz et al., 2018).

La infección en el huerto ocurre por conidias las que son dispersadas por el salpicado de las precipitaciones, viento e insectos, para potencialmente iniciar la infección desde las heridas de poda de ramillas y brazos durante el invierno (en la poca de poda) (Figura 2.2). Las principales fuentes de inóculo corresponden a los residuos de poda o estructuras enfermas en el árbol donde se forman los picnidios (cuerpo de resistencia que contiene conidióforos) (Figura 3.2). Las especies de Botryosphaeriaceae también pueden causar atizonamiento de brotes, flores y frutos es arboles de nogales, generando problemas adicionales (Chen et al., 2014; Eichmeier et al., 2020; López-Moral et al., 2020;).



Figura 2.2. Conidióforo de *Diplodia mutila* con conidias unicelulares, hialinas, de bordes lisos.

2.3.2 Síntomas de muerte regresiva

La muerte regresiva de ramas y ramillas del nogal es una de las enfermedades más frecuentes que afectan a este cultivo en diversas partes del mundo donde se cultiva, en especial en los últimos años (Rumbos, 1987; Trouillas et al., 2010; Chen et al., 2014; Moral et al., 2019; López-Moral et al., 2020).

Los síntomas de árboles de nogales enfermos con muerte regresiva incluyen, retraso en brotación, clorosis de hojas, atizonamiento de flores, brotes y frutos, muerte de yemas, ramillas y brazos, mostrando un avance regresivo de la muerte desde el ápice hacia la base de la estructura 'dieback' (Figuras 2.1; 2.2 y 2.3) (Trouillas et al., 2010; Cheon et al., 2013; Chen et al., 2014; Moral et al., 2019; López-Moral et al., 2020; Sohrabi et al., 2020). Al realizar un corte transversal en ramillas y brazos enfermos se puede observar una necrosis de la madera (Figura 2.5). La necrosis de los tejidos vasculares interfiere con el transporte de agua, fitohormonas y nutrientes al interior del hospedero. Sin embargo, la tolerancia a estas especies depende del cultivar de nogal, por ejemplo, Chandler resulta ser más tolerante a la infección, en comparación con otros cultivares como Tulare o Vina.

Cabe mencionar, que a parte de las especies de Botryosphaeriaceae descritas asociadas a las muerte regresiva y declinación en nogales, en California, España e Irán, se han identificado otras especies como *Diaporthe*, *Cytospora*, *Cadophora*, y *Diatrypaceae* (Chen et al., 2014; Eichmeier et al., 2020; López-Moral et al., 2020; Sohrabi et al., 2020).



Figura 2.3. Huerto comercial de nogal var. Chandler en camellones que presentan síntomas de muerte de ramillas y brazos, localizado en la zona de San Rafael, Región del Maule. A, árbol que presenta 50% de muerte regresiva. B, árbol que posee muerte regresiva del tercio superior del eje central.



Figura 2.4. Ramillas con muerte regresiva, desde el ápice (herida) hacia el resto de la ramillas con coloración café-anaranjada que muestra tejido lesionado, en huerto comercial de nogal var. Chandler, localizado en la zona de San Rafael, Región del Maule. A, Lesión de coloración café – anaranjada con muerte de yemas. B, Ramilla enferma con presencia de picnidios de *Botryosphaeriaceae* (fuente de inóculo).



Figura 2.5. Corte transversal de ramillas de nogal var. Chandler con muerte regresiva asociado a Botryosphaeriaceae, que muestra necrosis de la madera.

2.4 La poda del nogal

Según la Real Academia Española (RAE) la palabra poda significa “Cortar o quitar las ramas superfluas de los árboles, vides y otras plantas para que después se desarrollen con más vigor”, esta es una práctica agrícola de manejo muy común y fundamental para poder lograr árboles frutales con una buena arquitectura, sanos y productivos, al mejorar la penetración de luz al interior de los árboles, ya que la carga frutal y la escasa luminosidad disminuye sus reservas. Para esto existen dos tipos de poda, una para iniciar la formación y otra para fructificación (Lemus et al., 2010; Gil, 2012).

La poda de formación consiste en formar la estructura de las plantas, en un despunte que provoca ramificación lateral, con una rama como eje principal y la segunda busca rebajar las guías para evitar que los árboles se alarguen en exceso, aclarar los centros y eliminar ramas mal situadas o entrecruzadas que impidan una adecuada aireación e iluminación de la copa (Lemus et al., 2010; CIREN, 2017).



Figura 2.6. Poda de producción mecanizada en nogales var. Chandler durante el invierno.

En el caso particular del nogal, la poda se realiza con especial cuidado en el primer año de plantación, ya que de esto depende toda la formación de la copa y por consiguiente la producción de los años siguientes. Actualmente la forma de manejo más utilizada y aceptada en California, para lograr mecanizar la cosecha y mejores uniones de las ramas al tronco, consiste en realizar una modificación en la rama guía para obtener una planta en la que la rama principal se separa del eje a una altura mayor a los 2 m de altura y la rama secundaria se forma alrededor de la principal. Sin embargo, en Chile estos conceptos no son siempre aplicables en plantaciones de plantas no injertadas, ya que estas son muy heterogéneas en tamaño y morfología. Por otra parte, cuando el árbol ya se encuentra desarrollado, la finalidad de la poda es favorecer la fructificación, mediante la emisión de nuevas yemas laterales y apicales, para esto, se eliminan ramas bajas, se extraen ramas que generan competencia y se deben concentrar los esfuerzos en brindar las mejores condiciones para el desarrollo de la fotosíntesis, dejando paso a la mayor cantidad de luz posible (CIREN, 2017).

La poda con objetivo de formación se debe realizar durante los primeros 3 años de crecimiento y en general requiere de numerosas intervenciones durante los primeros 4 años, la finalidad es formar el eje principal del árbol, para lograr centros frutales de mejor calidad y mayor altura, idealmente 4 a 5 m, además, se determinan ramas laterales, siendo de mayor diámetro las ubicadas en la parte baja (INIA, 2018).

La poda de producción comienza a partir de los 4 años de crecimiento, cuando el árbol empieza a producir fruta, el objetivo es evitar el emboscamiento, lograr un número adecuado de ramas laterales (8 en plena producción) bien distribuidas en el eje principal, generar mayor entrada de luz hacia el centro de la copa, eliminando todas aquellas ramas que generen un exceso de sombra y también aquellas que posean un ángulo muy cerrado respecto del eje central, seleccionar la madera frutal de mejor calidad y con mejor ubicación, para obtener yemas, dardos y cargadores que produzcan nueces de buena calidad (Figura 2.6). Por otra parte, cuando la poda se realiza en árboles que alcanzan sobre los 10 años, es recomendable llevar a cabo la poda de renovación, con la que se logra cierto rejuvenecimiento de la planta y nuevos centros productivos, eliminando la madera muerta o no productiva y rebajando ramas gruesas, realizando cortes escalonados en temporadas sucesivas, para evitar una disminución brusca en el rendimiento productivo (INIA, 2018).

2.4.1 Protección de heridas de poda con fungicidas disponibles comercialmente en Chile

Los fungicidas se pueden clasificar por la movilidad de plantas como fungicidas sistémicos, que actúan al penetrar por hojas, ramas o raíz movilizándose y ejerciendo su acción al interior de la planta y como fungicidas de contacto que actúan sobre la superficie de la planta expuesta directamente (Latorre, 1989). Los fungicidas según el Comité FRAC pueden ser clasificados según grupo químico como: Metoxicarbamatos, Estrobirulinas, Triazoles, Oximinoacetatos, Benzimidazoles, entre otros.

2.4.1.1 Podexal

Es un fungicida comercial de ingrediente activo piraclostrobin (perteneciente al grupo de inhibidores de quinona externa, QoI, impidiendo la cadena transportadora de electrones, (FRAC, 2020). Es un producto formulado en pasta (pintura fungicida) recomendado para la protección de cortes de poda contra las enfermedades de la madera en vides y en otros frutales. Está compuesto de piraclostrobin 0,1% p/v (1 g/L), y otros coformulantes c.s.p 100% p/v. Esta recomendado para ser utilizado en pomáceas, carozos, vides y berries (SAG, 2017). Al ser aplicado sobre el corte de poda protege de la infección causada por la germinación de esporas o el desarrollo de micelio de los hongos que atacan la madera expuesta. Producto fabricado por la empresa BASF- Chile.

2.3.1.2 Pasta Poda Full

Pasta Poda Full es una mezcla de fungicidas compuesta de tebuconazol 0,5% p/v (5 g/L) perteneciente al grupo químico de los Triazoles, los cuales inhiben la síntesis de esterol en las membranas y kresoxim- metil 0,5% p/v (5 g/L) del grupo químico de los Oximinoacetatos y coformulantes c.s.p 100% p/v (1L). perteneciente al grupo de inhibidores de quinona externa, QoI, impidiendo la cadena transportadora de electrones, (FRAC, 2020) recomendado para el control de los hongos de la madera que afectan a los frutales. No está autorizado actualmente en kiwi (SAG, 2017a), Al ser aplicado sobre el corte de poda protege de la infección causada por la germinación de esporas o el desarrollo de micelio de los hongos que atacan la madera expuesta. Producto fabricado por la empresa ANASAC-CHILE S.A.

2.3.1.3 Apolo 25EW

Apolo 25EW es un fungicida con emulsión aceite de agua (EW) que actúa en forma sistémica y preventiva sobre hongos que causan enfermedades en los cultivos. Su ingrediente activo es tebuconazol 25% p/v (250 g/L) del grupo químico de los Triazoles. Este producto controla las enfermedades en forma preventiva como las enfermedades de la madera. No está autorizado actualmente en kiwi (SAG, 2017b); (ANASAC, s.fa). Al ser aplicado sobre la herida de poda protege de la infección inhibiendo el crecimiento y esporulación del hongo (FRAC, 2020). Producto fabricado por la empresa ANASAC-CHILE S.A.

2.3.1.4 Krexim 50SC

Es un fungicida de suspensión concentrada, lo que significa que la suspensión es estabilizada en líquido para posteriormente ser mezclada en agua. Este tipo de formulaciones permite una excelente adherencia del producto a la superficie de la planta. Su ingrediente activo es kresoxim metil 50% p/v (500 g/L) del grupo químico de los Oximinoacetatos. No está autorizado para el control de enfermedades de la madera y tampoco para el cultivo del kiwi actualmente (SAG, 2014; ANASAC, s.fa).

2.3.1.5 Polyben 50 WP

Fungicida sistémico con acción preventiva y curativa, de alta eficiencia en el control de enfermedades fungosas como las enfermedades de la madera. De polvo mojable lo que quiere decir que la formulación en polvo es destinada a ser mezclada en agua para ser aplicada como suspensión. Su ingrediente activo es benomilo 50% p/p (500 g/Kg) del grupo químico de los Benzimidazoles, que al aplicar en las heridas de poda actúa sobre el citoesqueleto y la proteína motora de las células del hongo (FRAC, 2020; ANASAC, s.fc).

Los productos fungicidas cicatrizantes o protectores de heridas son aquellos que se deben aplicar inmediatamente después de realizar un corte en ramas y ramillas de árboles sometidos a manejos de poda invernales. La herida de poda pasa a ser una probable vía de entrada para enfermedades que causen canchales y muerte de brazos, en especial asociados a hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae. Por lo tanto, un manejo para controlar y prevenir infecciones es la protección localizada de las heridas de poda, mediante fungicidas en formulaciones en pastas que se pintan manualmente. Si bien la protección es efectiva, la efectividad disminuye por el tiempo, costo y heridas sin proteger.

- La eficacia de fungicidas contra hongos de la madera como *Diplodia seriata*, *Inocutis* sp. y *Phaeomoniella (Pa.) chlamydospora* sobre heridas de poda en vides (Zuñiga, 2016). Se evaluaron los fungicidas benomil, tiofanato-metil, piraclostrobin y tebuconazol, obteniendo los mejores resultados con benomil y tiofanato-metil, seguidos por piraclostrobin y tebuconazol (Díaz y Latorre, 2013).
- En el trabajo de Zuñiga, (2016) en vides cvs. *Cabernet Sauvignon* y *Sauvignon Blanc*, se evaluaron fungicidas en pasta (piraclostrobin y tebuconazole) y líquidos (fluopyram, Tebuconazole, Fluazinam y piraclostrobin), además de controladores biológicos comerciales, demostrando que los productos fungicidas en pasta son levemente más efectivos que los fungicidas con formulación líquida, sin embargo, no evitan el ingreso de hongos a los haces vasculares de los cargadores (Zuñiga, 2016).
- Evaluación de fungicidas y agentes biocontroladores como protectores de heridas contra la canchrosis del tallo (*Neofusicoccum parvum*) del arándano. En este estudio se evaluó la eficacia de pastas fungicidas para la protección de las heridas en arándanos, cuyos resultados demostraron que el micelio de este hongo es muy sensible a pastas fungicidas

formuladas 0,1% Benomilo, 0,5% Tebuconazol e 0,06% Iprodione, las cuales otorgaron una protección considerable de las heridas de poda en los tallos de arándanos cv. Duke (Latorre et al., 2013).

- Protección de heridas de poda mediante fungicidas contra *Diaporthe australafricana* y *Neofusicoccum parvum* en kiwis cv. Hayward. Este estudio evaluó la efectividad de distintos fungicidas en la protección de herida de poda (tebuconazol, kresoxim metil, piraclostrobin, tebuconazol y benomilo). Los resultados demostraron que los productos fungicidas protectores utilizados, reducen el avance de *D. australafricana* y *N. parvum*, con una efectividad que varía entre 75 y 80%. Sin embargo, ningún producto evito el ingreso de *D. australafricana* y *N. parvum* en los haces vasculares de los cargadores en condiciones de alta presión de inóculo (Muñoz, 2017).
- Basado en el trabajo de Olmo et al., (2016), la protección de heridas de poda en almendros mediante fungicidas (boscalid, captan, ciproconazol, folpet, mancozeb, metil-tiofanato, oxiclورو de cobre, piraclostrobin, tebuconazol, y tiram) contra especies las especies *D. seriata*, *N. luteum*, *N. mediterraneum* y *N. parvum* presentaron una variada efectividad. Los más efectivos a nivel in-vitro tebuconazol y piraclostrobin, seguidos de ciproconazol y metil-tiofanato, mientras que el fungicida más efectivo para la protección de heridas de poda frente a la infección fue metil-tiofanato (Olmo et al., 2016).
- Referente a la protección de heridas de poda en manzanos contra la enfermedad Cancro Europeo del Manzano causado por *Neonectria ditissima* se evaluó la efectividad de la aplicación de fungicidas sellantes luego de podas efectuadas con y sin lluvias en manzano cv. Braeburn, logrando una buena protección con el fungicida clorolatonilo en malas condiciones (Carreño y Pinto, 1980).
- Protección de heridas de poda mediante fungicidas contra *Botryosphaeria obtusa*, *Phaeomoniella chlamydospora* y *Cylindrocarpon destructans* en vid. Este estudio evaluó la eficacia de Flusilazol + Carbendazima. y trozos de madera en 6 tratamientos: H2O, H2O + flusilazol-carbendazima, *Botryosphaeria obtusa*, *B. obtusa* + flusilazol-carbendazima, *Phaeomoniella chlamydospora* y *P. chlamydospora* + flusilazol-carbendazima. En material vegetal no se obtuvieron resultados significativos, sin embargo, en ensayos "in vitro" se observó que cada hongo se comporta de una manera distinta ante la presencia de fungicida, además, una inhibición del crecimiento de *P. chlamydospora* y *B. obtusa* que no crece en contacto con flusilazol-carbendazima (Cobos et al, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Aislamientos fungosos

Se utilizó el aislado fungoso *Diplodia mutila* (DMnog-1) que se obtuvo desde brazos de nogal var. Chandler que presentaban síntomas de muerte regresiva (Bravo, 2018). Cultivos puros del aislado se obtuvieron desde el cultivo de puntas de hifas en placas de Petri (88 mm) con medio de cultivo agar-papa-dextrosa 2% (APD). Los cultivos puros del aislado se mantuvieron y multiplicaron en condiciones de incubación a 20-22°C por al menos 15 días en medio APD.

3.2 Ubicación del estudio

La investigación en terreno se desarrolló en un huerto comercial de la Empresa Frutícola Terraida S.A., ubicado en el Fundo San Cayetano, sector de San Antonio, comuna de San Rafael, Talca. El trabajo de laboratorio se realizó en el laboratorio de Patología Frutal de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Campus Talca, Avenida Lircay s/n, Talca.

3.3 Selección de ramillas y poda

Se utilizó un cuartel de nogales ingleses var. Chandler plantado el año 2010 en camellones de 1 m de altura con un marco de 3,25 m x 6,5 m. El cuartel presenta una clase textural franco arcilloso, perteneciente a la serie San Rafael. En cada planta, se seleccionaron cinco ramillas de nogal var. Chandler, a las que se les realizó la poda en su extremo distal durante el receso invernal. Durante la primera semana de julio, ramillas lignificadas se podaron manualmente con tijera de podar con un corte de bisel.

3.4 Protección e inoculación de heridas de poda

La protección de las ramillas se realizó 24 h después de la poda, utilizando las formulaciones en pasta de los fungicidas comerciales Pasta Poda Full (ANASAC, Chile), Podexal (BASF, Chile), los que se aplicarán mediante brochas sobre las heridas de poda. Las

formulaciones líquidas de los fungicidas Apolo 25 EW (ANASAC, Chile), Krexim 50 SC (ANASAC, Chile) y Polyben 50 WP (ANASAC, Chile) se aplicaron a través de un aspersor manual en forma localizada sobre la herida de poda (aprox. 2 ml/herida) (Figura 3.1). Un tratamiento se dejará sin protección con el objetivo de ser el testigo (Figura 3.1). Ver detalle de fungicidas (Cuadro 3.1).



Figura 3.1. Herida de poda frescas en ramillas de nogal var. Chandler. A, Poda. B, Protección de herida de poda con fungicida líquido. C, Inoculación con suspensión de conidias de *Diplodia mutila* sobre herida de poda.

Después de 24 horas de la protección de las ramillas de nogal con los respectivos fungicidas (Cuadro 3.1), cada herida se inoculó con un trozo de agar invertido con crecimiento activo de *D. mutila* en todas las ramillas que se protegieron previamente. Un igual número de ramillas sin protección e inoculados se dejaron como el tratamiento testigo. Aproximadamente 9 meses después de la inoculación las ramillas de todos los tratamientos fungicidas (Cuadro 3.1), se podaron para ser evaluados según la longitud (mm) del daño necrótico desde el punto de inoculación (Figura 3.1). Después de las mediciones, se realizó un re-aislamiento del agente causal desde la zona de avance de cada lesión necrótica en medio de cultivo APD (2%) para confirmar que el daño observado fue provocado por el hongo.

Cuadro 3.1. Ingredientes activos (a.i) de fungicidas comerciales utilizados en la protección de heridas de poda de ramillas de nogal var. Chandler contra la infección de *Diplodia mutila*.

No.	Productos I.A.	Productos Comerciales	Concentración Formulado, pf	Concentración i.a. (p/v)
1	Testigo	Agua	-	-
2	Tebuconazol+ kresoxim metilo	Pasta Poda Full		0,5 % 0,5 %
3	Piraclostrobin	Podexal		0,1%
4	Tebuconazol asperjado	Apolo 25 EW	125 cc/hL	0,0312%
5	Kresoxim metilo asperjado	Krexim 50 SC	13 cc/hL	0,0065%
6	Benomilo asperjado	Polyben 50 WP	100 g/hL	0,05%
7	Tebuconazol+ kresoxim metilo	Pasta Poda Full		0,5 % 0,5 %
	Tebuconazol asperjado	Apolo 25 EW	125 cc/hL	0,0312%
8	Tebuconazol+ kresoxim metilo	Pasta Poda Full		0,5 % 0,5 %
	Benomilo asperjado	Polyben 50 WP	100 g/hL	0,05%

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar. La unidad experimental correspondió a dos plantas de nogales con cinco ramillas cada una, utilizando cuatro repeticiones por tratamiento (Cuadro 3.1). Los promedios de cada tratamiento fungicida se sometieron a un análisis de varianza ($P < 0.05$) y en caso de detectar diferencias significativas, los promedios fueron sometidos a una prueba de rango múltiple de Tukey con un nivel de 5%. Se utilizó el programa estadístico Sigma plot 13.0 (Systat, E.E.U.U).

IV. RESULTADOS

4.1 Protección de heridas de poda contra *Diplodia mutila*

En todas las ramillas sin protección con fungicidas (tratamiento testigo), las inoculaciones con *D. mutila* desarrollaron lesiones necróticas de color café oscuro en la madera (Figura 4.1). Las ramillas de los tratamientos testigos presentaron lesiones necróticas que en promedio fueron entre 34 y 39 mm de longitud.

En cuanto a la estadística, las ramillas testigos mostraron lesiones significativamente mayores ($P=0,001$), que el resto de las ramillas protegidas con los fungicidas formulados en pasta y en líquido (Cuadro 4.1), que solo presentaron lesiones necróticas entre los 7 y 19 mm (Figura 4.1; Cuadro 4.1).



Figura 4.1. Ramilla lignificada de nogal var. Chandler (tratamiento testigo) inoculadas con suspensión de conidias de *Diplodia mutila* mostrando necrosis de los tejidos desde el sitio de inoculación (herida de poda).

En los tratamientos que utilizaron los fungicidas en formulaciones en pasta para proteger las heridas de poda (Pasta Poda Full + Polyben 50 WP; Pasta Poda Full + Apolo 25 EW; Pasta Poda Full y Podexal), el largo de las lesiones fue similares entre ellos, pero significativamente menores que el resto de los fungicidas, entre 8 y 10 mm (Figura 4.2). Los fungicidas en pasta

lograron una efectividad sobre el 70% en la protección de las heridas de poda contra *D. mutila* (Figura 4,4). En cuanto a la efectividad, los fungicidas en pasta son seguidos por los fungicidas aplicados en forma líquida sobre las heridas de poda como benomilo (tratamiento polyben) y tebuconazole (tratamiento apolo) que obtuvieron una efectividad sobre el 60%, seguidos por kresoxim metil con una eficacia del 52% (Figura 4.3 y Figura 4.4).

Cuadro 4.1. Estudio de la efectividad de fungicidas comerciales utilizados para la protección de heridas de poda en ramillas de plantas de nogal var. Chandler inoculados con aislados de *Diplodia mutila* después de nueve meses en el terreno.

Fungicidas	Repetición	Avance lesión (mm)
(Tebuconazol + kresoxim- metil) + benomilo	1	7,361
	2	10,241
	3	6,531
	4	7,968
Promedio ± Des. Est.		8,0 ± 1,6 a
(Tebuconazol + kresoxim- metilo) + Tebuconazol	1	7,33
	2	8,745
	3	8,846
	4	9,4
Promedio ± Des. Est.		8,6 ± 0,9 a
Tebuconazol + kresoxim- metilo	1	7,686
	2	9,824
	3	9,49
	4	8,852
Promedio ± Des. Est.		9,0 ± 0,9 a
Piraclostrobin	1	9,517
	2	9,994
	3	11,104
	4	11,348
Promedio ± Des. Est.		10,5 ± 0,9 ab
Benomilo	1	12,765
	2	18,105
	3	9,905
	4	13,444
Promedio ± Des. Est.		13,6 ± 3,4 bc
Tebuconazol	1	14,946
	2	13,588
	3	13,702
	4	14,818

Promedio \pm Des. Est.		14,3 \pm 0,7 bc
Kresoxim metilo	1	17,817
	2	18,683
	3	15,379
	4	17,0716
Promedio \pm Des. Est.		17,2 \pm 1,4 c
Sin protección	1	39,863
	2	34,6273
	3	34,283
	4	33,451
Promedio \pm Des. Est.		35,6 \pm 2,9 d

*Promedios seguidos con letras distintas en columnas indican diferencia significativa según prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).



Figura 4.2. Lesiones necróticas en ramillas lignificadas de nogal var. Chandler después de nueve meses de inoculadas con *Diplodia mutila*.

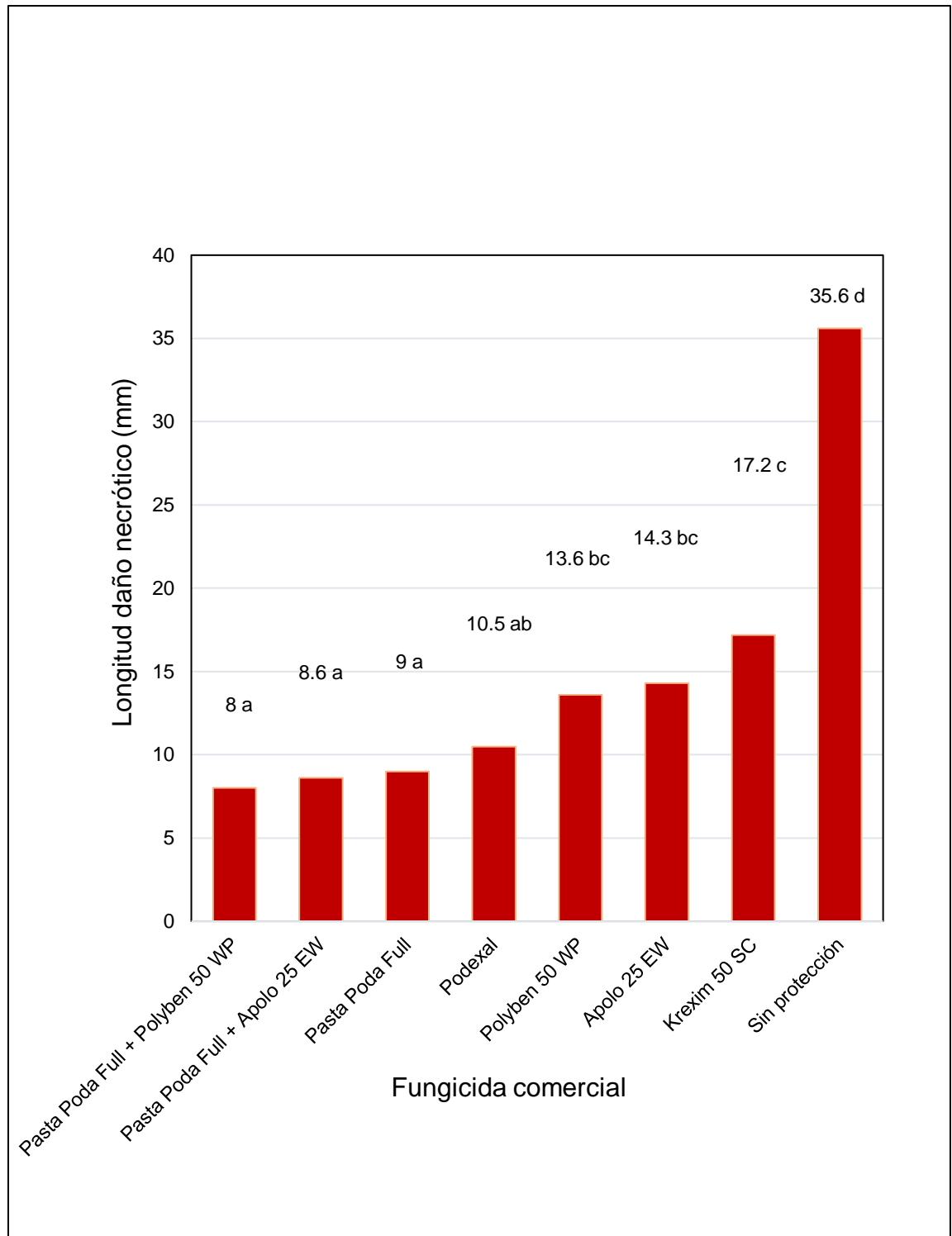


Figura 4.3. Avance del daño necrótico en heridas de poda en ramillas lignificadas de nogal var. Chandler, después de nueve meses de ser inoculadas con aislados fungosos de *D. mutila* y de la aplicación de fungicidas comerciales con distintas formulaciones (pasta y líquido).

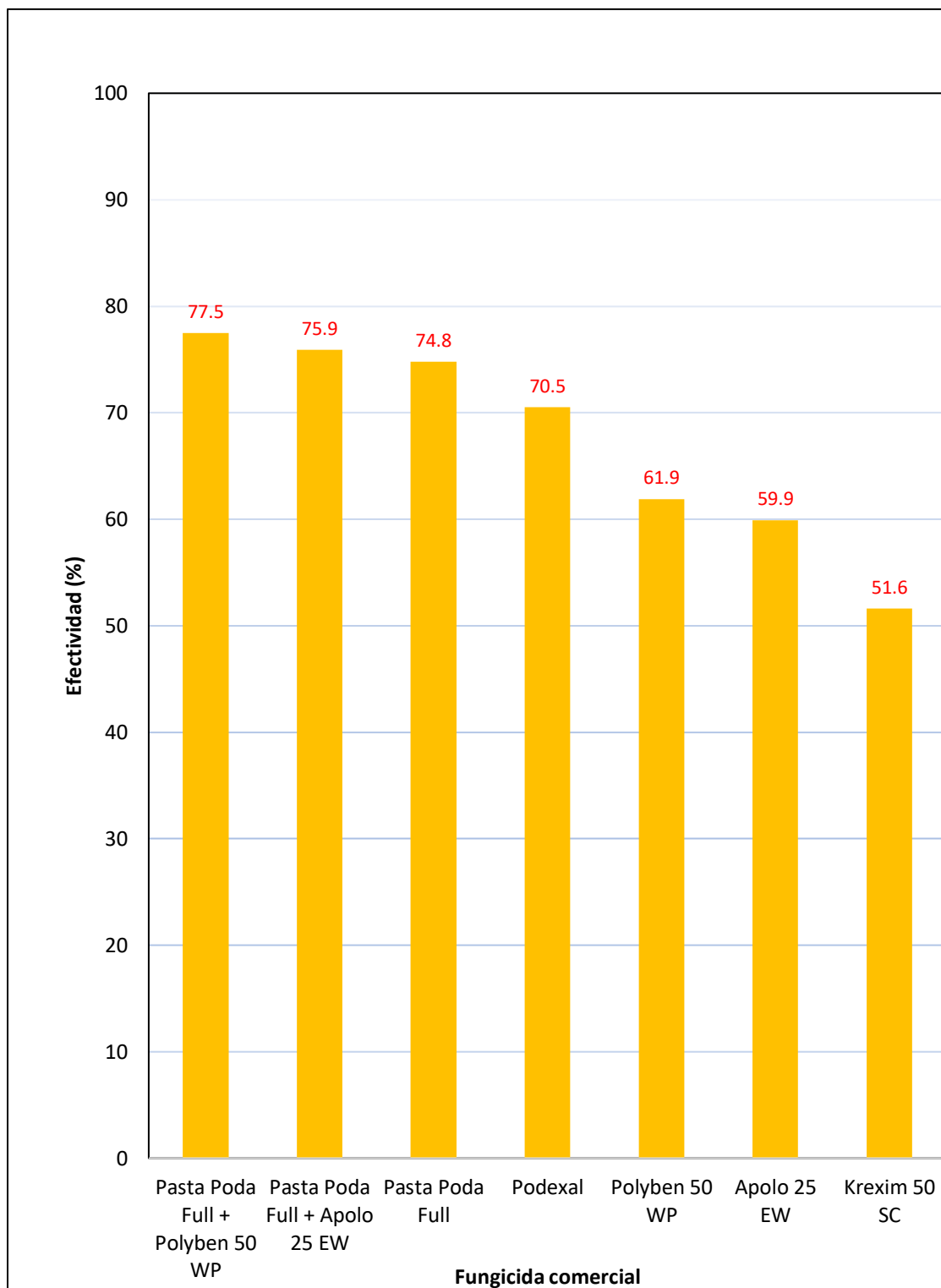


Figura 4.4. Efectividad de fungicidas comerciales en la protección de heridas de poda en ramillas de nogal var. Chandler inoculadas con *Diplodia mutila*.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, la disminución de las lesiones necróticas causadas por el hongo *Diplodia mutila* en heridas de poda de ramillas de nogal var. Chandler se encuentra directamente relacionada con la aplicación de fungicidas comerciales para combatir la infección y con el tipo de formulación de estos, pasta o líquido. Previamente, los únicos trabajos desarrollados en Chile, que han determinado la protección de heridas de poda contra hongos de la madera son los estudios realizados en vides (Díaz y Latorre, 2013; Zuñiga, 2016) y arándanos (Latorre et al., 2013). Por lo tanto, este trabajo constituye el primer estudio que evalúa la protección de heridas de poda en nogales contra la muerte regresiva en la Región del Maule.

Las enfermedades que afectan al nogal como la pudrición de la raíces y del cuello causado por *Phytophthora* spp. y la peste negra causando por *Xanthomonas arboricola* han sido consideradas como las enfermedades más importante del cultivo del nogal (Latorre, 2018). Sin embargo, la muerte regresiva se ha transformado en una enfermedad cada vez más importante en el cultivo del nogal, siendo en la zona de California un factor limitante para la producción (Chen et al., 2014a). Por otro lado, en Chile, la enfermedad fue recientemente reportada con una prevalencia del 10% en una zona de la Región del Maule, Chile. Es más, varios productores han informado que la enfermedad ha superado el 25% en algunas huertos de nogal. Esto evidencia que es una enfermedad preocupante en los nogales en la actualidad de la Región.

En el presente trabajo se demuestra que los fungicidas aplicados en formulación en pasta presentan una mayor reducción de lesión y mayor eficacia en el control de *D. mutila* (sobre un 70%), coincidiendo con trabajos previos realizados en vides (Díaz y Latorre, 2013; Zuñiga, 2016) y arándanos (Latorre et al., 2013) y avellanos (Muñoz, 2017), donde las formulaciones en pasta de base a tebuconzol (DMI) y piraclostrobin (QoI) fueron efectivos en la protección de heridas de poda contra Botryosphaeriaceae en Chile. En este sentido, las aplicaciones líquidas también han demostrado ser efectivas, en el trabajo de Rolshausen et al., (2010), quienes lograron eficacia del 54 al 83% para piraclostrobin (QoI) y del 77 al 82% para metiltiofanato (carbamato bencimidazol) para el control de Botryosphaeriaceae spp. en heridas de poda en vides en California. Estas eficacia son similares a las obtenidas en el presente trabajo, logrando entre 60 a 62% con benomil (n.c. Polyben; carbamato bencimidazol) y tebuconazol (n.c. Apolo; DMI). Es España, de forma similar, el trabajo de Olmo et al, 2016, lograron la mejor eficacia con la aplicación líquida de metil tiofanato en la protección de heridas de poda en almendros. Es más, recientemente en Nueva Zelanda han demostrado la eficacia de

fungicidas aplicados por nebulizadora obteniendo un buen control (80%) de *Neofusicoccum luteum* en la protección de heridas frescas de poda de vides cv. *Sauvignon blanc* (Sosnowsky y Mondy, 2019). Coincidentemente, Brown et al (2020), también lograron altas eficacias con fungicidas aplicados líquidamente con maquinaria, usando las dosis comerciales de piraclostrobin (QoI) + boscalid (SDHI) y metil-tiofanato (Bencimidazol) + miclobutanil (DMI).

Las formulaciones en pastas no solo contienen el o los ingredientes activos, sino que además anteponen una barrera física que cumple un rol protector y que ayuda a la retención del producto”, sin embargo, las aplicaciones en pasta presentan el problema de que además de ser más costosas y lentas, se debe esperar hasta podar la última rama para realizar la aplicación y cuando se trata de grandes superficies es mucho el tiempo en que las heridas quedan sin protección (Díaz et al. 2013), por lo que la elección del tipo de formulación a utilizar para la protección depende de factores ambientales, de capital, tamaño de superficie, disponibilidad de mano de obra, entre otros. Según estudios de Sosnowsky y Mondy (2019) demuestran que el costo de pintar las heridas de poda es de \$166 US dólar/ha versus \$ 87 US dólar/ha cuando se aplica por nebulizadora. Por lo tanto, las aplicaciones líquidas deben estudiarse para determinar la mejor forma de aplicación, considerando superficie, susceptibilidad de la herida de poda, momentos de liberación de conidias, y presión de inóculo presente entre otros.

Referente a la etiología de la enfermedad, en el caso particular de nogales, existen varios registros de diferentes autores que describen como agentes causales de la muerte regresiva a hongos pertenecientes a la familia Botryosphaeraeaceae, describiendo y caracterizando a *Botryosphaeria (B.) dothidea*, *Diplodia (D.) mutila*, *D. seriata*, *Dothiorella (Do.) viticola*, *Do. sarmentorum*, *Do. iberica*, *Do. omnivora*, *Neofusicoccum (N.) parvum*, *N. mediterraneum*, *N. nonquaesitum* y *N. vitifusiforme* (Trouillas et al., 2010), Cheon et al., 2013, Chen et al., 2014a, Zhang et al., 2017, Eichmeier et al., 2020, López-Moral et al., 2020). Sin embargo, en Chile, solo se ha descrito a la especie *D. mutila* causando muerte regresiva de brazos de nogal (Bravo, 2018).

Diversos trabajos internacionales han documentado la importancia de las especies de Botryosphaeriaceae causando canchros, muerte de brazos y de plantas en diferentes hospederos frutales como vides (Carlucci et al., 2015; Gramaje et al., 2018), arándanos (Hilário et al., 2020), manzanos (Delgado-Cerrone et al., 2016; Sessa et al., 2017), paltos (Guarnaccia et al., 2016), y en frutales de frutos secos como almendro (Olmo et al., 2016) y pistachos (Chen et al., 2014b; Nouri et al., 2019) entre otros. En este contexto, en Chile se han aislado e

identificado a Botryosphaeriaceae causando muerte regresiva en arándanos (Espinoza et al., 2009), kiwis (Díaz et al., 2020), nogales (Díaz et al., 2018), vides (Díaz et al., 2013), limonero (Guajardo et al., 2018) y paltos (Valencia et al., 2019), convirtiendo a estos frutales en posibles fuentes de inóculo para huertos de nogal que se pueden encontrar en las cercanías. Por lo tanto, se debe considerar este aspecto para el manejo de enfermedades de canchros y muerte de frutales.

Finalmente es importante señalar que el conocimiento de aspectos epidemiológicos como la certeza de las fuentes de inóculo, junto con los manejos culturales enfocados a disminuir esta presencia de fuentes de inóculo en combinación con la protección de las heridas de poda es la alternativa para realizar un manejo integrado y exitoso contra esta enfermedad en los nogales como en otros frutales. Es por este motivo que resulta necesario realizar estudios que determinen posibles fuentes de inóculo para combinar con los métodos de protección para hacer frente y tomar acciones contra infecciones causadas por hongos de esta familia sobre las heridas de poda.

VI. CONCLUSIÓN

En base al estudio realizado se concluye que:

- El avance de la lesión necrótica ocasionada por el hongo *D. mutila* en heridas de poda de ramillas de nogal var. Chandler, es menor cuando es protegida con fungicida.
- Los fungicidas comerciales con formulación en pasta (>70%) son más efectivos que los fungicidas comerciales con formulación líquida (51 a 61%) para la protección de heridas de poda en nogales var. Chandler.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, R. (2010). Compendio de bacterias y hongos de frutales y vides de Chile. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago, Chile. 150p

Bravo, F. (2018). Descripción de *Diplodia mutila* asociada a la muerte regresiva de brazos en nogales (*Juglans regia*) cv. Chandler. (Memoria de pregrado). Universidad de Talca, Chile.

Brown, A. A., Travadon, R., Lawrence, D. P., Torres, G., Zhuang, G., & Baumgartner, K. (2020). Pruning-wound protectants for trunk-disease management in California table grapes. *Crop Protection*, 141, 105490. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105490>

Carlucci, A., Cibelli, F., Lops, F., & Raimondo, M. (2015). Characterization of Botryosphaeriaceae Species as Causal Agents of Trunk Diseases on Grapevines. *Plant Disease*, 99:1678-1688.

Carreño, I., & Pinto, A. (1980). CANCRO EUROPEO DEL MANZANO. 2:19-21. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR14054.pdf>

Carrillo, N., Cobos, R., Fernández, M., Martín, M., Rodríguez, L. (2005). Efecto de un fungicida frente a hongos asociados al decaimiento de la vid. *Phytoma*, (173), pp.1:1.

CIREN. (2017). Escasez hídrica ubica a la RM como el primer productor de nueces del país. Recuperado el 03 de junio de 2020, de <https://www.ciren.cl/ciren-en-la-prensa/escasez-hidrica-ubica-a-la-rm-como-el-primer-productor-de-nueces-del-pais/>

CIREN. (2019). CIREN on [Tweet]. Recuperado de https://twitter.com/CIREN_CHILE/status/1208019818701611008

CIREN. (2019). Catastro frutícola Región Del Maule. Recuperado el 26 de mayo de 2020, de: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/catastros-fruticolas/catastro-fruticola-ciren-odepa>

Chen, S., Morgan, D., Hasey, J., Anderson, K., and Michailides, T. (2014a). Phylogeny, morphology, distribution, and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from English walnut in California. *Plant Disease*. 98:636-652.

Chen S.F., Morgan D.P., and Michailides T. J. (2014b). Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae associated with panicle and shoot blight of pistachios in California, USA. *Fungal Diversity* 67:157-179.

Cheon, W., Kim, Y. S., Lee, S. G., Jeon, Y. H., & Chun, I.-J. (2013). First Report of Branch Dieback of Walnut Caused by *Neofusicoccum parvum* in Korea. *Plant Disease*, 97:1114.

Chilenut. (2020). *Monthly shipment report*. Recuperado el 15 de junio de 2020, de http://www.chilenut.cl/wp-content/uploads/2020/07/Monthly-Shipment-Report_2020.06.pdf

Cobos, R., Carrillo, N., Fernández, M., Rodríguez, L., & Martín, M. T. (2005). Efecto de un fungicida frente a hongos asociados al decaimiento de la vid. *Phytoma*, 173, 1. Recuperado el 20 de noviembre de 2020 de: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/173-noviembre-2005/efecto-de-un-fungicida-frente-a-hongos-asociados-al-decaimiento-de-la-vid>

Delgado-Cerrone L., Mondino-Hintz P., and Alaniz-Ferro S. (2016). Botryosphaeriaceae species associated with stem canker, die-back and fruit rot on Apple in Uruguay. *European Journal of Plant Pathology* 146:637-655.

Díaz, G.A (2020). Investigación sobre enfermedad en manzanos causada por hongos es clave para los productores chilenos. Recuperado el 26 de diciembre de 2020 de: <https://www.utralca.cl/noticias/investigacion-sobre-enfermedad-en-manzanos-causada-por-hongos-es-clave-para-los-productores-chilenos/>

Díaz, G.A., Auger J., Besoain X., Bordeu E., and Latorre B.A. (2013). Prevalence and pathogenicity of fungi associated with grapevine trunk diseases in Chilean vineyards. *Ciencia e Investigación Agraria* 40:327-339.

Díaz, G.A., and Latorre, B., (2013). Efficacy of paste and liquid fungicide formulations to protect pruning wounds against pathogens associated with grapevine trunk diseases in Chile. *Crop Protection*. 46:106-112

Díaz G.A., Latorre B.A., Ferrada E.E, Gutierrez M., Bravo F., and Lolas M. (2018). First report of *Diplodia mutila* causing branch dieback of English walnut cv. Chandler in the Maule region, Chile. *Plant Disease* 102:1451-1452.

Díaz, G.A., Zoffoli, J.P., Ferrada E.E, and Lolas, M. (2020). Identification and pathogenicity of *Diplodia*, *Neofusicoccum*, *Cadophora* and *Diaporthe* species associated with cordon dieback in kiwifruit cv. Hayward in central Chile. *Plant Disease*. First look: <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-0988-RE>

Espinoza J., Briceño E., Chávez E., Úrbez-Torres J.R., and Latorre B.A. (2009). *Neofusicoccum* spp. associated with stem canker and dieback of blueberry in Chile. *Plant Disease* 93:1187-1194.

Fatima, T., Showkat, U., and Hussain, S.Z. (2018). Nutritional and health benefits of walnuts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7:1269-1271.

Eichmeier A., Pecenka J., Spetik M., Necas T., Ondrasek I., Armengol J., León M., Berlanas C., and Gramaje D. (2020). Fungal trunk pathogens associated with *Juglans regia* in the Czech Republic. *Plant Disease* 104: 761-771.

FRAC Code List (2020). Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action. p 4-15. Recuperado el 06 de enero de 2021 de: https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-pdf?sfvrsn=54f499a_2

Fundación para la Innovación Agraria (FIA), & Ministerio de Agricultura. (1999). *Frutales de Nuez en Chile: situación actual y perspectivas*. Recuperado el 10 de junio de 2020, de <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145488>

Fundación para la Innovación Agraria (FIA). (2010). Producción de nueces de nogal. Manuales FIA de apoyo a la formación de Recursos Humanos para la Innovación Agraria. Santiago, Chile. 100p.

Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Ministerio de Agricultura. (2017). Frutales de nuez. Recuperado el 10 de junio de 2020, de <http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145878/Agenda%20frutales%20de%20nuez.pdf?sequence=1>

Gil, G. (2012). *Fruticultura - La producción de fruta: Frutas de clima templado y subtropical*. Tercera edición. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 634 p.

Gramaje D., Úrbez-Torres J.R., and Sosnowski M.R. (2018). Managing grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: current strategies and future prospects. *Plant Disease* 102:12-39.

Guajardo, J., Saa, S., Riquelme, N., Browne, G., Youlton, C., Castro, M., and Besoain, X. (2019). Characterization of Oomycete species associated with root and crown rot of English walnut in Chile. *Plant Disease* 103:691-696.

Guarnaccia V., Vitale A., Cirvilleri G., Aiello D., Susca A., Epifani F., Perrone G., and Polizzi G. (2016). Characterization and pathogenicity of fungal species associated with branch cankers and stem-end rot of avocado in Italy. *European Journal of Plant Pathology* 146:963-976.

Hilário S., Lopes A., Santos L., and Alves A. (2020). Botryosphaeriaceae species associated with blueberry stem blight and dieback in the Centre Region of Portugal. *European Journal of Plant Pathology* 156:31-44.

INIA (2018). "Se estima que de aquí a 8 años más el nogal sea el principal frutal plantado en Chile". Recuperado el 20 de junio de 2020, de <https://www.inia.cl/blog/2018/03/19/se-estima-de-aqui-a-8-anos-mas-el-nogal-sea-el-principal-frutal-plantado-en-chile/>

INIA, INDAP, & Ministerio de Agricultura. (2002). *Variedades de nogal*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR29104.pdf>

Latorre et al., (2013). Evaluación de fungicidas y agentes biocontroladores como protectores de heridas contra la canchrosis del tallo (*Neofusicoccum parvum*) del arándano. vol.40. Recuperado el 23 de julio de 2020, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071816202013000300007&lng=es&nrm=iso

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

Lobos, G., & INIA. (2018). *Aspectos técnicos para la poda del nogal*. Recuperado el 5 de julio de 2020, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40929.pdf>

Loewe, V., and Gonzáles, M. (2001). *Nogal común (Juglans regia) Una alternativa para producir madera de alto valor*. Recuperado el 03 de junio de 2020, de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26344/INFOR0022.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

López-Moral A., Lovera M., Raya M, Cortés-Cosano N., Arquero O., Trapero A., and Agustí-Brisach C. 2020. Etiology of branch dieback and shoot blight of English walnut caused by Botryosphaeriaceae and Diaporthe species in Southern Spain. *Plant Disease* 104:533-550.

Moral, J., Morgan, D., Trapero, A., & Michailides, T. (2019). Ecology and Epidemiology of Diseases of Nut Crops and Olives Caused by Botryosphaeriaceae Fungi in California and Spain. *Plant Disease*, 103:1809-1827.

Muñoz, A. (2017). Protección de heridas de poda mediante fungicidas contra Diaporthe australafricana y Neofusicoccum parvum en kiwis cv. Hayward (Memoria de pregrado). Universidad de Talca, Chile.

Muñoz, M. (2017). *Nueces: Chile la mayor tasa de crecimiento productivo medio anual*. Recuperado el 25 de mayo de 2020, de ODEPA: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Nueces.pdf>

Nouri M.T, Lawrence D.P., Holland L.A., Doll D.A., Kallsen C.E., Culumber C.M., and Trouillas F.P. (2019). Identification and pathogenicity of fungal species associated with canker diseases of pistachio in California. *Plant Disease* 103:2397-2411.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2013). Ficha técnico-económica Región Metropolitana. Recuperado el 20 de junio de 2020, de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/09/Ficha_costo_nogal_serr_metropolitana_2013.pdf

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2019). La fruticultura en Chile: tendencias productivas y su expresión territorial. Recuperado en 20 de junio de 2020 de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/Art%C3%ADculo-Fruticultura_mayo-1.pdf

Olmo D., Armengol J., León M., and Gramaje D. (2016). Characterization and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species isolated from almond trees on the Island of Mallorca (Spain). *Plant Disease* 100:2483-2491.

Olmo, D., Fabricius, K., Serra, V., Gramaje, D., & Armengol, J. (2016). Evaluación de fungicidas para la protección de heridas de poda frente a la infección por especies de Botryosphaeriaceae en almendro. Recuperado el 25 de julio de 2020, de <https://digital.csic.es/handle/10261/148454>

Paredes, F. (2007). Efecto de las precipitaciones durante la poda de manzanos variedad Braeburn en la incidencia de Nectria galligena bresad, utilizando dos sellantes en los cortes de poda. Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Recuperado el 8 de octubre de 2020, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fap227e/doc/fap227e.pdf>

Reyes, M. (2018). Situación y perspectivas de los cultivos de nogal y almendros en Chile. Recuperado el 25 de diciembre de 2020, de: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/situacion-y-perspectivas-de-los-cultivos-de-nogal-y-almendro-en-chile-2>

Rolshausen, P., Ramón Úrbez, J., Rooney, S., Eskalen, A., Smith, R., Walter Douglas, W. (2010). Evaluation of Pruning Wound Susceptibility and Protection Against Fungi Associated with Grapevine Trunk Diseases. p 113-119.

Ros, E. (2010b). Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*, 2:652-682. Recuperado el 26 de diciembre de 2020, de <https://www.mdpi.com/journal/nutrients>

RUMBOS, I. C. (1987). Twig and branch dieback of walnut trees induced by *Botryosphaeria ribis*. *Plant Pathology*, 36:602-605.

Sessa L., Abreo E., Bettucci L., and Lupo S. (2017). Diversity and virulence of *Diaporthe* species associated with wood disease symptoms in deciduous fruit trees in Uruguay. *Phytopathologia Mediterranea* 56:431-444.

Sohrabi, M., Mohammadi, H., León, M., Armengol, J., & Banihashemi, Z. (2020). Fungal pathogens associated with branch and trunk cankers of nut crops in Iran. *European Journal of Plant Pathology*, 157:327-351.

Sosnowski, M. R., & Mundy, D. C. (2019). Pruning Wound Protection Strategies for Simultaneous Control of *Eutypa* and *Botryosphaeria* Dieback in New Zealand. *Plant Disease*, 103(3), 519-525. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-18-0728-re>

Sosnowski, M. R., & Mundy, D. C. (2019b). Pruning Wound Protection Strategies for Simultaneous Control of *Eutypa* and *Botryosphaeria* Dieback in New Zealand. *Plant Disease*, 103(3), 519-525. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-18-0728-re>

Suárez, G. (2016). “*Botryosphaeriaceae* asociadas a la muerte de ramas en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. en la región del Biobío y de La Araucanía (Chile)”. (Tesis de Magister). Universidad de Concepción, Chile.

Trouillas, F. P., Úrbez-Torres, J. R., Peduto, F., & Gubler, W. D. (2010). First Report of Twig and Branch Dieback of English Walnut (*Juglans regia*) Caused by *Neofusicoccum mediterraneum* in California. *Plant Disease*, 94:1267.

Valencia A.L., Gil P.M., Latorre B.A., and Rosales M. (2019). Characterization and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* species obtained from avocado trees with branch canker and dieback and from avocado fruit with stem end rot in Chile. *Plant Disease* 103:996-1005.

Velasco, J. (2019). “Hoy no hay nada que permita concluir que la tendencia del precio pueda cambiar a la baja”. Recuperado el 26 de mayo de 2020, de Red Agrícola: <https://www.redagricola.com/cl/hoy-no-hay-nada-que-permita-concluir-que-la-tendencia-del-precio-pueda-cambiar-a-la-baja/>

Zhang, M., Zhang, Y. K., Geng, Y. H., Zang, R., & Wu, H. Y. (2017). First Report of *Diplodia seriata* Causing Twig Dieback of English Walnut in China. *Plant Disease*, 101:1036.

Zuñiga, M. (2016). Evaluación de diferentes fungicidas para el control de *Phaeomoniella chlamydospora* en heridas de poda en *Vitis vinifera* cvs. Cabernet Sauvignon y Sauvignon Blanc. (Memoria de pregrado). Universidad de Talca, Chile.