



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

**Protección de heridas de poda en nogales cv. Chandler con fungicidas
biológicos disponibles comercialmente contra *Diplodia mutila***

MEMORIA DE TITULO

ALEJANDRO IGNACIO ZURITA CALDERON

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: 10 de mayo 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por siempre estar apoyándome durante todo este largo proceso, por el amor y confianza que depositaron en mí, agradecer a mis amigos y a todas las personas que me apoyaron y compartieron algún momento conmigo. También agradecer a los profesores y profesionales que me educaron para ser un ingeniero agrónomo.

Agradezco también a mi compañera que siempre estuvo apoyándome en las buenas y en las malas.

Agradecer a mi profesor guía Gonzalo Díaz por darme la oportunidad de trabajar con él y agradecer a todo el equipo profesional perteneciente al Laboratorio de Patología Frutal, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, por ayudarme a poder realizar este trabajo de la manera más completa posible.

RESUMEN

La muerte regresiva asociada a especies de Botryosphaeriaceae es un problema creciente en la fruticultura en Chile. En nogales la muerte regresiva de brazos ha sido reportada en E.E.U.U (California) y República Checa como una importante enfermedad. En Chile, recientemente se describió a la enfermedad asociada a la familia *Botryosphaeriaceae* *Diplodia mutila* causando problemas en la Región del Maule. El propósito del presente trabajo fue evaluar la efectividad de fungicidas biológicos disponibles comercialmente sobre la protección de heridas de poda en nogales cv. Chandler en un campo comercial en San Clemente, Región del Maule. Con este propósito se seleccionaron ramillas aparentemente sanas y se podaron manualmente durante Julio del 2020 usando una tijera de podar con un corte de bisel. Inmediatamente después de una hora de la poda, las heridas se protegieron utilizando las dosis recomendadas por el fabricante de los productos biológicos mamull (*Bionectria ochroleuca* cepa Mitique; *Trichoderma gamsii* cepa Volki, *Trichoderma virens* cepa Ñire), y coraza® (*Trichoderma virens* cepa Ñire, *Bacillus licheniformis* cepa Copihue, *Bionectria ochroleuca* cepa Mitique), junto con los productos fungicidas sintéticos podexal (piraclostrobin, 0,1%) y comet (piraclostrobin, 0.1%). De igual manera se incluyó un tratamiento testigo utilizando agua estéril destilada. Después de 24 horas de proteger todas las heridas de poda de las ramillas, se inocularon con 100 µL de una suspensión de *D. mutila* (106 conidias-micelio/ml). Las lesiones obtenidas y medidas después de cinco meses de incubación en el campo, mostraron que todos los tratamientos disminuyeron significativamente las lesiones necróticas con respecto al testigo sin protección. Los productos biológicos obtuvieron una efectividad desde un 42 a un 62% con mamull y coraza®, respectivamente. Por otra parte, los productos sintéticos lograron una efectividad entre 53 y 67% con comet y podexal, respectivamente.

Palabras claves: *Diplodia Mutila*, fungicidas, heridas de poda, enfermedades de la madera, muerte regresiva en nogales.

ABSTRACT

Dieback associated with Botryosphaeriaceae species is a growing problem in fruit culture in Chile. In walnut trees, the dieback has been reported in the USA (California) and Czech Republic as an important disease. In Chile, the disease associated with the *Botryosphaeriaceae* family *Diplodia mutila* was recently described causing problems in the Maule Region. The purpose of the present work was to evaluate the effectiveness of commercially available biological fungicides on the protection of pruning wounds in walnut trees cv. Chandler in a commercial field in San Clemente, Maule Region. For this purpose, apparently healthy twigs were selected and pruned manually during July 2020 using pruning shears with a bisel cut. Immediately after one hour of pruning, the wounds were protected using the doses recommended by the producer of the biological products mamull (*Bionectria ochroleuca* strain Mitique; *Trichoderma gamsii* strain Volki, *Trichoderma virens* strain Ñire), and coraza® (*Trichoderma virens* strain Ñire, *Bacillus licheniformis* strain Copihue, *Bionectria ochroleuca* strain Mitique), together with the synthetic fungicidal products podexal (pyraclostrobin, 0.1%) and comet (pyraclostrobin, 0.1%). A control treatment using sterile distilled water. After 24 hours of protection, all the pruning wounds of the twigs were inoculated with 100 µL of a suspension of *D. mutila* (10⁶conidia-micellia/ml). The lesions obtained and measured after five months of incubation in the field showed that all treatments significantly reduced necrotic lesions with respect to the unprotected control. The biological products obtained effectiveness from 42 to 62% with mamull and coraza®, respectively. On the other hand, synthetic products achieved effectiveness between 53 and 67% with comet and podexal, respectively.

Keywords: *Diplodia Mutila*, fungicides, pruning wounds, trunk diseases, dieback in walnut trees.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Hipótesis.....	11
1.2 Objetivo general.....	11
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Antecedentes del cultivo del nogal.....	12
2.1.2 Estados fenológicos del cultivo del nogal.....	12
2.2 Situación del mercado de las nueces.....	14
2.2.1 Situación internacional.....	15
2.2.1.1 Principales países importadores.....	15
2.2.1.2 Principales países exportadores.....	16
2.2.2 Situación nacional.....	16
2.3 Principales variedades de nogal en Chile.....	17
2.4 Nogal variedad Chandler.....	19
2.5 Poda en nogales.....	19
2.5.1 Poda de formación.....	20
2.5.2 Poda de producción.....	20
2.5.3 Poda de renovación.....	20
2.6 Enfermedades del nogal.....	20
2.6.1 Muerte regresiva de brazos en nogal.....	21
2.7 <i>Diplodia mutila</i>	22
2.8 Protección de heridas de poda y fungicidas.....	23
2.9 Productos comerciales disponibles en Chile.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Ubicación del ensayo y estudio de laboratorio.....	25
3.2 Aislamiento fungoso.....	25
3.3 Protección de heridas de poda.....	25
3.4 Evaluaciones.....	27
3.5 Re-aislamiento de <i>Diplodia mutila</i>	27
3.6 Diseño experimental y análisis estadístico.....	27
IV. RESULTADOS.....	28
4.1 Protección de heridas de poda en nogal cv. Chandler contra <i>Diplodia mutila</i>	28
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIÓN.....	35
VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Detalles de los estados fenológicos de flores masculinas y femeninas del nogal.....	13
Cuadro 2.2. Volumen y valor de las exportaciones de nueces por país de destino, 2015 a Septiembre de 2017.....	16
Cuadro 2.3. Características de la variedad Chandler.....	19
Cuadro 3.1. Productos fungicidas utilizados para evaluar la eficacia protectora de mamull, comet y coraza® contra la infección de <i>Diplodia mutila</i> en nogales cv. Chandler.....	26
Cuadro 4.1. Resultados del análisis estadístico ANOVA simple con 5% de significación....	29
Cuadro 4.2. Lesión necrótica y efectividad de los productos mamull, coraza® y podexal sobre protección de heridas de poda de nogal cv. Chandler contra <i>Diplodia mutila</i> en San Clemente, Región del Maule.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Flores masculinas (principios de Octubre) y frutos cuajados (finales de Noviembre) de nogal var. Chandler, Región del Maule.....	14
Figura 2.2. Distribución (%) de variedades de nogal cultivadas en Chile, catastro frutícola 2016.....	18
Figura 2.3. Evolución de las superficies cultivadas en hectáreas de nogal por región desde el año 2011 hasta el 2017 en Chile.....	18
Figura 2.4. Nogales var. Chandler que presentan síntomas de muerte de ramillas y brazos, localizado en la Región del Maule.....	22
Figura 3.1. Inoculación de ramillas de nogal cv. Chandler. A, ramilla protegida previamente con coraza®. B, ramilla del tratamiento testigo(agua).....	26
Figura 4.1. Largo de lesiones necróticas en ramillas de nogales cv. Chandler después de 5 meses de protección e inoculación con agua estéril, mamull, coraza®, podexal y comet, respectivamente.....	28
Figura 4.2. Comparación del largo de lesiones necróticas (mm) en ramillas protegidas con productos biológicos, mamull, coraza® y fungicidas sintéticos podexal y comet contra infecciones por <i>D. mutila</i> en ramillas de nogal cv. Chandler.....	29

I. INTRODUCCIÓN

El nogal Inglés (*Juglans regia*) pertenece botánicamente a la familia *Juglandaceae*, ha sido tradicional en Chile desde los tiempos de la colonia y ha tomado especial impulso en la última década. Diversos estudios científicos realizados en años recientes han revelado las ventajas existentes para la salud humana del consumo de frutas secas por sus aportes nutricionales (vitaminas y minerales), particularmente por las proteínas y ácidos grasos esenciales (ricos en omega-3) (Fátima et al., 2018). El consumo de frutos secos como nueces en la dieta humana contribuye a tener menos riesgos de problemas cardiovasculares (Ros, 2010).

En la actualidad el cultivo del nogal abarca una superficie total estimada de 40.800 hectáreas, siendo la Región Metropolitana, la más importante contando con 14.120 hectáreas (34.6%), seguido por la Región de O'Higgins con 7.021 hectáreas (17.2%), Región del Maule con 7.007 hectáreas (17.1%) y la Región de Valparaíso con 6.786 hectáreas (16.6%) (Odepa, 2019). Las nueces en los últimos años han tenido un fuerte crecimiento a nivel mundial en los volúmenes transados y en la superficie dedicada a este cultivo. Chile no ha quedado ajeno a este importante crecimiento y hoy ha llegado a ocupar el segundo lugar entre los principales exportadores con el 12% de las exportaciones mundiales en la temporada 2015/16 (Odepa, 2017).

El nogal cv. Chandler es originario de California y posee un vigor medio y un porte semi abierto, posee un fruto de color claro y una cáscara muy fina que facilita su descascarado, es una variedad frecuentemente cultivada tanto en Estados Unidos como en Chile.

Dentro de los problemas de tipo fitopatógenos que presentan los nogales en Chile se describen enfermedades bacterianas como agalla de cuello causada por *Agrobacterium tumefaciens* y peste negra del nogal causado por *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Acuña, 2010; Latorre, 2018). Esta última bacteriosis puede producir pérdidas que dependiendo de la temporada puede comprometer sobre el 50% de la producción. La bacteria causa el atizonamiento y ennegrecimiento de los tejidos tiernos o succulentos y frutos en desarrollo, que pueden caer en su totalidad, considerada una de las importantes enfermedades del nogal en el mundo (Latorre, 2018).

Por otra parte las enfermedades del tipo fungosas son reconocidas por ser muy importantes, donde la micosis conocida como la pudrición de cuello y raíces asociadas a hongos pertenecientes al género *Phytophthora*, que causan la pudrición en las raíces, las

cuales pierden su capacidad de absorción y presencia de canchales en la base del tronco (Acuña, 2010; Latorre, 2018; Guajardo et al., 2019).

Un problema sanitario, creciente y de más reciente aparición, es el ataque por *Botryosphaeriaceae* causando muerte regresiva de brazos del nogal (Chen et al., 2014; Latorre, 2018). Especies de *Botryosphaeriaceae* como *Botryosphaeria dothidea*, *Diplodia* spp. y *Neofusicoccum* spp. han sido aislados y caracterizados causando muerte regresiva de ramillas y brazos en nogales en California (Chen et al., 2014). En España, varias especies de la familia *Botryosphaeriaceae* como *B. dothidea*, *Diplodia seriata*, *Dothiorella sarmentorum*, *Dothiorella* spp., *Neofusicoccum mediterraneum*, y *N. parvum*, han sido descritas causando canchales 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). Actualmente, se ha observado un incremento en la prevalencia de la enfermedad en nogales comerciales de la Región del Maule, siendo una preocupación para los productores.

Los síntomas asociados a la muerte regresiva de brazos incluyen una necrosis de la madera, de forma sectorial en forma de V, muerte en dardos, muerte en yemas, muerte parcial de ramillas y de brazos, que en el tiempo desarrollan canchales que llegan a producir la muerte completa de brazos y plantas (Chen et al., 2014). Debido a que la enfermedad producida por *D. mutila* es creciente y de reciente aparición, es que se dispone de escasa información sobre medidas de mitigación y/o control o alternativas que puedan disminuir la presencia en el cultivo del nogal en la Región del Maule. A nivel nacional no existe información sobre la efectividad de biocontroladores comerciales en el control de *D. mutila* en heridas de poda de nogales.

A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio:

1.1. Hipótesis

Las heridas de poda en nogales sin protección son altamente susceptibles a la infección de *Diplodia mutila*, pero la protección de las heridas de poda con biocontroladores disminuye considerablemente la infección en ramillas.

1.2. Objetivo general

Determinar la eficacia de protección de heridas de poda en nogales cv. Chandler con fungicidas biológicos comerciales contra la infección por *Diplodia mutila* en ramillas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes del cultivo del nogal

El nogal es un frutal que data desde la antigüedad, en donde los romanos al fruto del nogal lo llamaban la bellota de Júpiter. En Chile el nogal fue cultivado desde el tiempo de la colonia junto a los españoles los cuales traían consigo el nogal portugués que es diferente al nogal francés. El nogal portugués se hizo tan famoso en Sudamérica, que se le empezó a llamar y se mantiene hasta el día de hoy como “la nuez Aconcagua” o “la nuez chilena”. Este cultivo empezó a hacerse conocido alrededor de los años 1770 cuando Chile exporta varios productos agrícolas a California en su época de la fiebre del oro. Consiguiente a eso a mediados del siglo XIX, según la Sociedad nacional de la agricultura, Chile exportaba a gran parte de Sudamérica, Perú, Brasil, Uruguay, Argentina, Ecuador, Colombia, a Estados Unidos y también a parte de Europa (Bravo, 2018).

El cultivo del nogal ha sufrido un tremendo salto respecto a tecnología en estas últimas dos décadas, ya que se han introducido nuevas variedades, se ha masificado el uso de plantas propagadas vegetativamente, ha habido mejoras en técnicas de poda, en conducción, riego, drenaje, también el uso de reguladores de crecimiento, entre otros avances tecnológicos en el cultivo del nogal. Estos avances junto a los buenos precios obtenidos en las exportaciones, han producido un aumento en la superficie cultivada del nogal a nivel nacional, siendo en el 2006, 9.733 hectáreas cultivadas. En la actualidad este cultivo se desarrolla en mayor medida en las regiones centrales, en donde se concentra más del 90% de la superficie plantada, siendo la Región de Coquimbo la que posee más hectáreas cultivadas (INIA, 2007).

2.1.2 Estados fenológicos del cultivo del nogal

El nogal tiene flores masculinas y femeninas en el mismo árbol, la polinización es por viento y las variedades son auto e inter compatibles. Sin embargo, existe maduración a destiempo de los dos gametos (dicogamia) en muchas variedades, lo que evita una buena autopolinización, y son pocas las variedades con sexos coincidentes (homogamia) (Gil, 2012).

La flor masculina del nogal se encuentra en una inflorescencia llamada amento, la cual se desarrolla de forma lateral en la madera de la temporada. Es una flor pequeña que no posee

pétalos y cuenta con hasta 40 estambres. Cuando llega la floración, las anteras empiezan a liberar granos de polen que gracias al viento polinizan las flores femeninas. El grano de polen está adaptado para germinar en distintas temperaturas debido a que posee un bajo contenido de humedad. Las flores femeninas del nogal o flores pistiladas aparecen en el ápice del brote primaveral, comúnmente las flores femeninas cuentan con dos o tres flores, aunque se pueden encontrar un número superior de flores en la inflorescencia lo que le da una forma de racimo. Comúnmente en los cultivares de nogal las flores femeninas emergen del ápice (Figura 2.1), pero en Chile existen variedades de producción lateral como Chandler, Serr, Chico, las cuales también producen brotes florales en yemas sub-apicales. Los detalles de ambas flores está detallado en el cuadro 2.1 (INIA, 2007).

La diferenciación de flores de los dos sexos comienza en la temporada precedente a la floración. En todas las variedades las flores masculinas lo hacen muy temprano, a fines de primavera y comienzos de verano. Las inflorescencias femeninas de la mayoría de las variedades inician su diferenciación a comienzos de verano (8-10 semanas después de la floración) en el ápice de una yema con primordios foliares formada terminalmente en un brote que ha cesado de crecer (Gil, 2012).

Cuadro 2.1. Detalles de los estados fenológicos de flores masculinas y femeninas del nogal. (Fuente INIA, 2007).

Flor masculina	
Estado	Definición
A. Receso	Los amentos se presentan compactos y rígidos
B. Inicio de elongación	El amento comienza su proceso de crecimiento y desarrollo
C. Inicio apertura de amentos	El amento elongado ha comenzado su proceso de apertura, aún no emite polen
D. Inicio emisión de polen	El amento, color verde comienza a liberar granos de polen
E. Plena emisión de polen	El amento adquiere una coloración verde parda, debido a la maduración que alcanza
F. Término emisión de polen	El amento senescente ha finalizado la liberación de polen
Flor femenina	

A1. Receso	Las yemas están cubiertas por brácteas protectoras
A2. Inicio de brotación	Las yemas pierden sus brácteas e inician la elongación de los brotes
A3. Hojas en expansión	Se observan las primeras hojas en proceso de expansión
E1. Flor pistilada pre-receptiva	Las flores pistiladas muestran en el extremo superior una coloración rojiza
E2. Flor pistilada receptiva	El estigma cambia a una coloración amarillenta, observándose un ángulo de bifurcación que va entre los 5 y 45°
E1. Flor pistilada post-receptiva	El estigma se presenta con manchas o sectores de color café claro y deshidratado
F1. Fruto pequeño	El fruto inicia un acelerado crecimiento



Figura 2.1. Flores masculinas (principios de Octubre) y frutos cuajados (finales de Noviembre) de nogal var. Chandler, Región del Maule. (Fuente Gonzalo Díaz).

2.2 Situación del mercado de las nueces

En los últimos años el cultivo del nogal ha tenido un fuerte crecimiento a nivel mundial en los volúmenes transados y en la superficie cultivada. Existe una creciente demanda que hace que estos productos en el mercado se ven auspicioso, gracias a grandes países importadores y consumidores como China y Turquía, además de nuevos países que están ingresando al mercado como los países del medio oriente, Emiratos Árabes Unidos, Irán e

Irak, que últimamente han aumentado su demanda por nueces. Respecto a la realidad Chilena, no nos hemos quedado ajenos a este crecimiento de la demanda de nueces, por lo que hoy en día Chile ocupa el segundo lugar entre los principales países exportadores (ODEPA, 2017).

2.2.1 Situación internacional

La producción mundial ha tenido un crecimiento sostenido con una tasa media superior al 8%. De acuerdo a datos del FAS USDA, las nueces de nogal alcanzaron una producción mundial en la temporada 2015/16 de 1.991.610 toneladas y se espera que en la temporada 2016/17 supere los dos millones de toneladas. Esto significa que en diez años la producción de nueces aumentó más que el doble, en comparación con las 978.900 toneladas en la temporada 2006/07. Lo que nos indica que existe una tasa de crecimiento anual del 8,1% en diez años y del 6,7% en los últimos cinco años. En la temporada 2015/16 China produjo un millón de toneladas consagrándose como el máximo productor, con el 50% de la producción mundial con una tasa de crecimiento media anual del 8,7%. Estados Unidos posee un 28% de la producción mundial de nueces con 547.030 toneladas, contando con una tasa de crecimiento media anual del 7,8%. Ucrania es el tercer productor mundial de nueces contando con una tasa media anual del 13,9%, pero en la última década se espera una disminución en la producción. Chile es el país que cuenta con una tasa de crecimiento media anual del 20,1% lo que lo convierte en el país con la mayor tasa de crecimiento en el mundo. Debido a que nuestro país en una década pasó de producir menos de 20 mil toneladas a más de 80 mil toneladas y se espera que siga en ascenso (ODEPA, 2017).

2.2.1.1 Principales países importadores

Entre los países importadores más importantes del mundo, se destaca Turquía que sigue siendo el principal mercado de destino para la nuez chilena. Turquía tiene el mayor consumo de nuez por habitante, con un promedio de 2kg por persona. Aunque a pesar de que Turquía es uno de los países que más produce nuez, debido a este alto consumo y una tasa de crecimiento media anual del 6,2% se genera un déficit, lo que obliga a esta nación a importar nueces para cubrir dicho déficit. Turquía importa el 15,4% del mercado mundial de nueces. Por otra parte China posee un consumo por persona de 0,8 kg al año. Se espera que Hong Kong importe el 14,1% del mercado de nueces con cáscara disponible. La Unión Europea por su parte en la temporada 2015/16 importó 214 mil toneladas, pronosticando que en temporadas próximas su cantidad demandada de nueces aumentaría a 220 mil toneladas, lo que sería el 32,3% de las importaciones mundiales. Sin duda el mercado de más interés en los últimos años es el de los Emiratos Árabes Unidos que junto con países del medio oriente

como Irak, Irán pasaron de consumir 5.000 toneladas al año a pasar a consumir 53.400 toneladas en una década (ODEPA, 2017).

2.2.1.2 Principales países exportadores

Entre los principales países exportadores se encuentra Estados Unidos, que es el segundo productor a nivel mundial y el primero en las exportaciones de nueces, principalmente nuez con cáscara. A nivel mundial Estados Unidos representa el 65,4% de las exportaciones de nuez con cáscara, con un total de 441.428 toneladas. Chile por su parte se encuentra en el segundo lugar entre los principales países exportadores de nueces aportando con el 12% de las exportaciones mundiales en la temporada 2015/16, según estimaciones de la USDA, se espera que en las próximas temporadas Chile supere las 90 mil toneladas de nueces exportadas. La principal cualidad de las exportaciones de Chile es que es el principal país a contra estación concentrando sus envíos en los meses de mayo a julio, en la temporada 2016 en este periodo exportó el 80% de la producción nacional, lo que significó el 62% de las exportaciones mundiales. Ucrania se ubica como el tercer país exportador más importante del mundo contando en la temporada 2016/17 con el 11% de las nueces exportadas (ODEPA, 2017).

2.2.2 Situación nacional

El principal destino de las exportaciones de nuez chilena hasta el 2017 tiene como mercado de destino Turquía, con un 24% del valor total. País en donde el 95% del volumen exportado corresponde a nuez con cáscara. Otros destinos de las exportaciones de nuez chilena, contemplan países como Italia con el 12% del valor de las exportaciones y Alemania con un 16% del valor de las exportaciones, explicado en el cuadro 2.2.2 (ODEPA, 2017).

Cuadro 2.2. Volumen y valor de las exportaciones de nueces por país de destino, 2015 a Septiembre de 2017. (Fuente ODEPA, 2017).

País de destino	Valor (miles de USD)			Volumen (toneladas base de nueces con cáscara)		
	2015	2016	2017 (ene-sep)	2015	2016	2017 (ene-sep)
Mundo	358.841	243.602	394.459	70.250	72.093	94.044
Turquía	99.846	58.105	95.158	22.824	23.319	28.434
Italia	42.865	29.653	47.784	8.264	8.211	10.736

Alemania	35.758	23.558	61.460	6.070	5.515	12.478
Brasil	31.280	25.589	19.558	6.149	6.838	4.206
Emiratos Arabes Unidos	12.670	9.519	32.668	2.394	2.492	7.652
España	20.006	13.108	20.881	3.646	3.010	4.345
Países bajos	26.387	15.969	12.685	4.596	3.989	2.410
India	1.573	1.691	18.394	335	575	4.746
Corea del Sur	10.854	8.237	3.551	1.922	2.411	848
Francia	8.028	7.033	11.614	1.580	1.663	2.691
Otros países	69.574	51.139	70.707	12.470	14.070	15.498

2.3 Principales variedades de nogal en Chile

En nuestro país las principales variedades de nogales cultivados corresponden a las variedades Chandler y Serr, que según el catastro frutícola del año 2016 corresponden al 70,4% y el 24% respectivamente de la superficie total. Siendo ambas variedades correspondientes al 98,5% del total de los nogales cultivados en Chile, afirmando así su superioridad en comparación con otras variedades, Según el catastro frutícola del 2016 (Figura 2.2). Los porcentajes de todas las variedades de nogal cultivadas en Chile. El cultivo del nogal se distribuye por gran parte de Chile, teniendo a la Región Metropolitana como la Región que más produce nueces, seguida por la Región de Valparaíso con 6.786 hectáreas estimadas en el 2016. Las evoluciones de las superficies de nogales cultivados en Chile puede ser apreciado en la figura 2.3 (ODEPA, 2017).

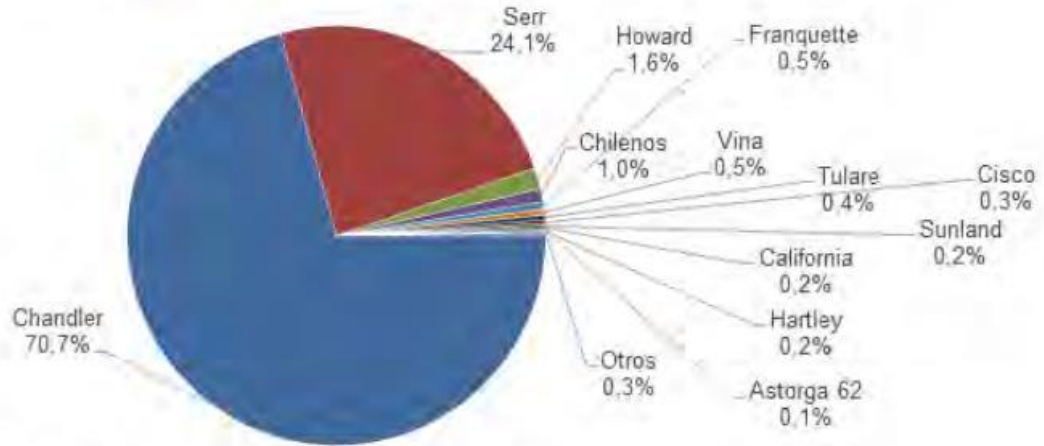


Figura 2.2. Distribución (%) de variedades de nogal cultivadas en Chile, catastro frutícola 2016. (ODEPA, 2017).

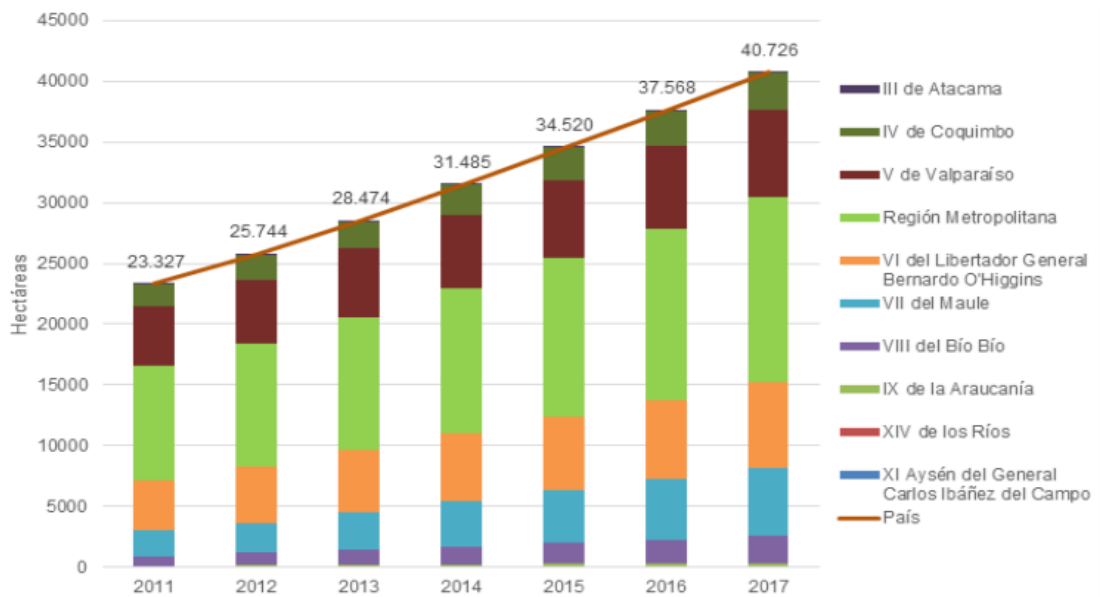


Figura 2.3. Evolución de las superficies cultivadas en hectáreas de nogal por región desde el año 2011 hasta el 2017 en Chile (ODEPA, 2017).

2.4 Nogal variedad Chandler

El cultivar Chandler fue originado en Davis, California. E.E.U.U. A partir de un cruzamiento realizado en 1963, posteriormente en 1979 fue patentada e introducida por la Universidad de California. El cultivar Chandler es altamente productivo, moderadamente vigoroso y semierecto. Produce nueces grandes, redondas, suaves y con cáscara algo blanda, lo que a medida que el nogal envejece esta cualidad va desapareciendo. Su comportamiento productivo es bueno si se cuenta con polinizantes de calidad que se traslapan con la floración femenina. Este cultivar tiene características que se describen en el cuadro 2.3 (FIA, 2010).

Cuadro 2.3. Características de la variedad Chandler. (Fuente FIA, 2010).

Características del árbol	Características del fruto
Vigor: Medio a bajo. Hábito de Crecimiento : Semierecto Época de floración: 20 de Sept. (R.M. Chile.) Polinizantes: Cisco, Ferrer. Producción: Muy buena (90% laterales fructíferas) Portainjertos: <i>J. regia</i> Precocidad: Precoz.	Cosecha: 15 de Abril (R.M. Chile) Calibre: Grande (6,5 gr de pulpa) Color: 90 a 100% categoría light Forma: Ovalada y lisa Nuez: 49% pulpa. Post-cosecha: Buena Usos: La mejor exportación sin cáscara.

2.5 Poda en nogales

Los nogales se conducen como un eje modificado o, bien, casi sin poda y con formación similar a un eje modificado después de algunos años, considerando el hábito de las variedades y la cosecha mecanizada, según el sistema californiano. La conducción francesa es un poco más detallista. Cualquiera sea el camino elegido, los arbolitos se despuntan en el momento de la plantación a una altura de 50 cm para promover crecimiento vigoroso de brotes (Gil, 2012).

2.5.1 Poda de formación

Con la cual como su nombre lo indica es para formar la estructura del nogal, con esta se puede anticipar el nivel de producción. Es la etapa más importante debido a que los nogales crecen 1m/año. Es por esto que hay que tener cuidado en no apresurar su crecimiento para así poder manejar su vigor y obtener ramas madres de buena calidad y altura en el tronco. En el caso del eje modificado se desea formar entre cuatro y seis ramas madres, separadas 30 cm en altura y 120° en el plano horizontal, y un eje central temporal. Sólo un brote vigoroso, que no sobrepase 2,5 m de altura, se necesita en el primer año para formar un tronco derecho y robusto, manteniendo los demás pellizcados (Gil, 2012).

2.5.2 Poda de Producción

Esta poda se realiza al cuarto año de crecimiento del nogal, debido a que la madera frutal posee una duración de 5 a 6 años, luego de este tiempo la madera empieza a producir una fruta de bajo calibre, por lo que es mejor podarlas y reemplazarlas por ramas jóvenes y vigorosas. En este tipo de poda es necesario que se mantenga la relación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo del árbol, y su vigor. En árboles jóvenes productivos deben recibir poda de despunte en la mayoría de las ramillas, especialmente, en la terminal de las ramas madres. En árboles productores mayores de 10 años, en plena producción, se trata de promover el nacimiento de nuevos brotes y de mantener una buena iluminación al interior de la copa para que la producción no se aleje hacia la cima y no se mueran las ramillas de la base. Resulta importante, entonces, hacer raleo de ramillas y ramas en la periferia del árbol y despuntes en casos de sobrecarga (Gil, 2012).

2.5.3 Poda de renovación

Este tipo de poda es la que toma en cuenta el crecimiento que presentan los nogales, consiste en que la producción del árbol se acerque al eje, ya que un 80-90% de las yemas están concentradas hacia la base del árbol (Gil, 2012). Para esto se renuevan las ramas que ya han producido fruta y que ahora están muy sombreadas.

2.6 Enfermedades del nogal

El nogal posee pocas enfermedades si se compara con la gama que afecta a otros cultivos. Entre las enfermedades bióticas que se encuentran en nuestro país se han descrito varias, pudiendo ser provocadas por bacterias u hongos, entre las que destacan para el cultivo del nogal: la “peste negra” o “tizón bacteriano” (*Xanthomonas campestris pv.*

juglandis), agallas de cuello (*Agrobacterium tumefaciens*), la “armilariosis” (*Armillaria mellea*), la “verticilosis” (*Verticillium dahliae*) y la “pudrición radicular y del cuello” (*Phytophthora spp*). Estas enfermedades son las que destacan por su importancia económica y prevalencia en el área del cultivo, las más importantes, peste negra y la pudrición del cuello (Acuña, 2010).

2.6.1 Muerte regresiva de brazos en nogal

La muerte regresiva de brazos en nogal está asociada principalmente a miembros de hongos fitopatógenos de la familia *Botryosphaeriaceae*, que han sido descritos en California, España, Irán y República Checa (Chen et al., 2014; Moral et al., 2019; Eichmeier et al., 2019; Sohrabi et al., 2020). Una de las principales vías de entrada de conidias de *Botryosphaeriaceae* corresponden a las heridas realizadas durante la poda (Chen et al., 2014; Moral et al., 2019). Las infecciones se desarrollan una vez que las conidias germinan e ingresan a los tejidos de las heridas de poda frescas. Debido a que las infecciones de cancro se producen principalmente a través de las heridas de poda, que según investigaciones realizadas han demostrado ser susceptibles hasta pasadas 16 semanas después de la poda, para esto se requiere protección a largo plazo para la prevención de la infección (Figura 2.4) (Kotze et al., 2011).

Los síntomas de muerte regresiva en nogales se caracterizan por la muerte de ramillas y brazos que pueden producir la muerte del tronco y planta completa y que al realizar un corte transversal de estas estructuras enfermas, se observan canchales marrones en forma de V, de la madera (Figura 2.4) (Chen et al., 2014; Díaz et al., 2018).

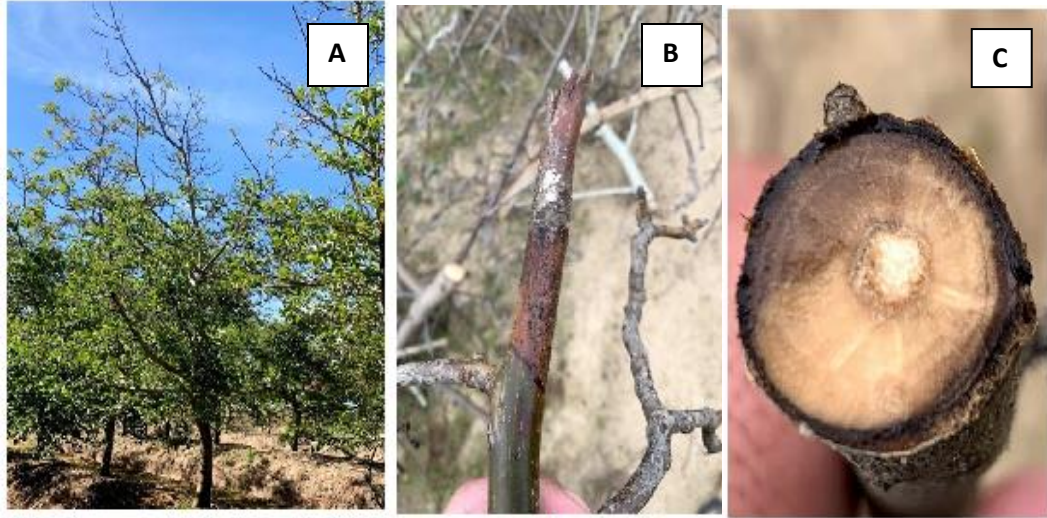


Figura 2.4. Nogales var. Chandler que presentan síntomas de muerte de ramillas y brazos, localizado en la Región del Maule. **A**, Árbol que presenta 50% de muerte regresiva en la parte superior de la planta. **B**, Ramillas con muerte regresiva, con coloración café-anaranjada que muestra tejido lesionado, con presencia de picnidios de *Botryosphaeriaceae* (fuente de inóculo). **C**, Corte transversal de ramillas de nogal var. Chandler con muerte regresiva asociado a *Botryosphaeriaceae*, que muestra necrosis de la madera. (Fuente Gonzalo Díaz).

2.7 *Diplodia mutila*

En Chile, recientemente se ha identificado a la especie *D. mutila* causando muerte regresiva de nogales en la Región del Maule con una incidencia entre el 5 y 10% de plantas enfermas (Díaz et al., 2018). Los cultivos de *D. mutila* se caracterizan por un abundante micelio aéreo de rápido crecimiento, inicialmente es de color blanco a gris, el cual se vuelve oscuro después de 7 días en placas a 20°C. Estos aislamientos mostraron que posee un reverso negro después de 20 días a 20°C teniendo abundantes picnidios negros. En acículas de pino esterilizadas, estos aislamientos producen picnidios negros, fértiles y abundantes. Por lo tanto, este estudio mencionado constituye el primer informe de *D. mutila* causando pudrición. Además miembros de la familia *Botryosphaeriaceae*, incluyendo a *D. mutila* y *D. seriata* han sido asociados con la pudrición de la fruta, el cancro y la muerte en diferentes especies de árboles leñosos (Díaz et al., 2018; Díaz et al., 2019).

2.8 Protección de heridas de poda y fungicidas

Se han evaluado anteriormente fungicidas para proteger las heridas de poda de infecciones por especies de *Botryosphaeriaceae* en almendros. Los fungicidas ciproconazol, piraclostrobin, tebuconazol y tiofanato de metilo, fueron efectivos para inhibir el crecimiento del micelio de la mayoría de las especies de *Botryosphaeriaceae*. En este estudio se realizó un experimento en almendros de 3 años de edad en donde se evaluó la capacidad preventiva contra las infecciones causadas por los organismos de la especie *Botryosphaeriaceae*, para esto se utilizaron los fungicidas: boscalid, mancozeb, tiofanato de metilo, piraclostrobin y tebuconazol. El tiofanato de metilo fue el más eficaz, ya que resultó ser el fungicida que produce lesiones más cortas y los porcentajes de aislamiento más bajos.

Debido a esto, este producto químico es un buen candidato para ser incluido en el manejo integrado de enfermedades, sobre todo para la protección de heridas de poda e infección por especies de *Botryosphaeriaceae*. Este estudio en almendros fue el primer enfoque realizado para el desarrollo de estrategias del control químico para tratar la enfermedad causada por el cáncer de las especies *Botryosphaeriaceae* (Olmo et al., 2017).

Aunque se han probado efectos de varios fungicidas en cultivos perennes, hay poca o ninguna información sobre la eficacia de fungicidas y tratamientos de biocontrol contra especies de *Botryosphaeriaceae*. En Chile se realizó un estudio en arándanos aplicando 5% de ácido bórico, ácido ascórbico, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma spp.* En el cual se obtuvo un control moderado con una efectividad del 30% (Latorre et al., 2013).

2.9 Productos comerciales disponibles en Chile

Podexal: Es un fungicida comercial de ingrediente activo piraclostrobin perteneciente al grupo de inhibidores de quinona externa, Qol, 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. Está 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.

Mamull: Es un fungicida biológico compuesto por hongos colonizadores de heridas, en formulación polvo mojable, con acción sobre fitopatógenos. La formulación de mamull está

compuesta por micelio y conidias de los hongos biocontroladores. *Bionectria ochroleuca* cepa Mitique 1% p/p (10 g/kg), *Trichoderma gamsii* cepa Volki 1% p/p (10 g/kg), *Hypocrea virens* cepa Ñire 1% p/p (10 g/kg) y coformulantes c.s.p. 100% p/p (1000 g/Kg). Todas las cepas de mamull, son organismos mesófilos de vida libre, no OGM, y sin riesgo para humanos, animales domésticos, organismos benéficos y el medio ambiente. Está recomendado para ser utilizado en manzanos, cerezos, vides y arándanos (SAG, 2020). Las cepas de *Bionectria ochroleuca*, *Trichoderma gamsii* e *Hypocrea virens* utilizadas, presentan acción fungicida, *Bionectria ochroleuca* e *Hypocrea virens* presentan un efecto tanto de competencia, inhibición y parasitismo, mientras que *Trichoderma gamsii* presenta un efecto de competencia y micoparasitismo; posee amplia aplicabilidad sobre plantas, presentan acción como cicatrizantes y con efecto curativo sobre canchros causados por hongos fitopatógenos, sin requerir limpieza física exhaustiva. Producto fabricado por Bio Insumos Nativa SpA.

Coraza®: Es un fungicida bactericida biológico compuesto por cepas nativas de microorganismos colonizadores de tejidos vegetales y acarreador orgánico. La formulación de coraza® está compuesta por micelio y conidias de los hongos biocontroladores y esporas de la bacteria biocontroladora. *Bionectria ochroleuca* cepa Mitique 0,333% p/v (3,33 g/L), *Hypocrea virens* cepa Ñire 0,333% p/v (3,33 g/L), *Bacillus licheniformis* cepa Copihue 0,333% p/v (3,33 g/L) y coformulantes c.s.p. 99% p/v (990 g/L). Está recomendado para ser utilizado en manzanos, cerezos, ciruelos, durazneros, nectarinos, almendros, damascos y vides. Las cepas de *Bionectria ochroleuca*, *Hypocrea virens* y *Bacillus licheniformis* utilizadas, presentan acción fungicida-bactericida. *Bionectria ochroleuca* e *Hypocrea virens* presentan un efecto tanto de competencia, inhibición y parasitismo, mientras que *Bacillus licheniformis* presenta un efecto de competencia e inhibición; posee aplicabilidad sobre plantas, presentando acción como cicatrizantes y con efectos curativos sobre canchros causados por bacterias y hongos fitopatógenos, sin requerir limpieza física. Producto fabricado por Bio Insumos Nativa SpA (Bionativa, 2020).

Comet: Es un fungicida que actúa por inhibición de la germinación de las esporas, el desarrollo del tubo germinativo y la esporulación. De esta manera se otorga una prolongada persistencia de acción, también actúa como fitorregulador, produce efectos fisiológicos en las plantas que causan aumento de rendimiento o calidad del producto final. Está compuesto por piraclostrobin 25% p/v (250 g/L) y coformulantes, c.s.p.100% p/v (1 L). Este fungicida está recomendado para ser utilizado en papas, tomates, cebollas, ajo, apio, alcachofa, brócoli, lechuga, carozos, pomáceas, olivos, nogales y arándanos. Producto formulado por BASF S.A. Brasil (SAG, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo y estudio de laboratorio

El estudio se realizará en un cuartel de nogales francos cv. Chandler de 9 años de edad, localizado en la Estación Experimental Fitonova, San Clemente, Región del Maule. El marco de plantación de la plantación de nogal es de 4 m DSH y 4 m DEH. Los trabajos de laboratorio relacionados con el estudio se realizaron en el Laboratorio de Patología Frutal, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, Av. Lircay s/n, Talca.

3.2 Aislamiento fungoso

El aislado de *Diplodia mutila* (Nog-DM-1) que se utilizó, fue previamente colectado desde plantas de nogales con muerte regresiva de brazos en Parral, y actualmente está depositado en el Banco Micológico del Laboratorio de Fitopatología Frutal. La especie fungosa se identificó mediante características culturales, morfológicas y moleculares. Se utilizaron cultivos puros activos de 10 días de incubación a 20°C en medio APD (2%) bajo un régimen de 12h luz/12h oscuridad. Para obtener inóculo, cultivos puros del aislado de *D. mutila* de 10 días de edad, se les agregó 5 mL de agua con tween 80 (0,5 mL/L), sobre el cultivo y con ayuda de un bisturí estéril, se procedió a remover el micelio y conidias en suspensión, liberadas con el mismo bisturí (físicamente) y que se filtró con gasa estéril, hasta obtener una suspensión de micelio a una concentración de 10⁶ fragmentos de micelio/mL, determinado por una cámara de Neubauer.

3.3 Protección de heridas de poda

En el estudio se utilizaron cuatro plantas adultas aparentemente sanas de nogal cv. Chandler contiguas, seleccionando 5 ramillas lignificadas de unos 60-80 cm de largo, las que fueron podadas manualmente en su extremo distal (corte de bisel), asegurando una homogeneidad de tamaño con una longitud de al menos 60 cm de largo y un diámetro de 10 mm. Inmediatamente después de realizar la poda, se aplicaron sobre cada herida de poda en forma preventiva y localizada, los fungicidas formulados en pastas: podexal y coraza®, mediante la utilización de brochas. Por otro lado, la formulación líquida del producto mamull, comet y agua destilada estéril (tratamiento testigo, sin protección), se aplicaron con aspersores manuales de 500 ml (depositando 3 ml por herida aproximadamente). Detalle de los tratamientos en el Cuadro 3.1. Después de 24 horas de la protección de las heridas de

poda de las ramillas de nogales, cada una se inocularon con 100 µL de una suspensión de *D. mutila* (106 conidias-micelio/ml) (Figura 3.1).

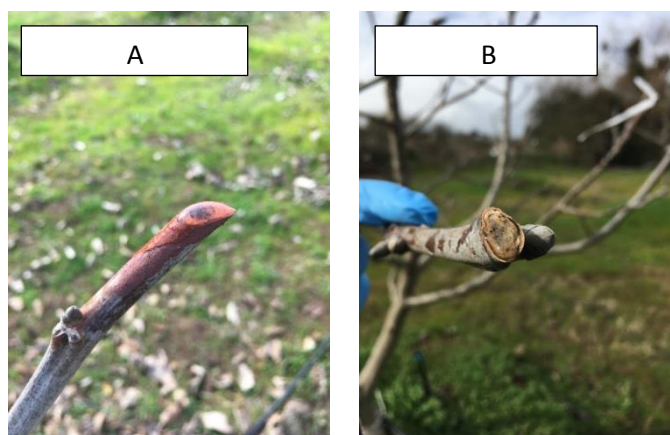


Figura 3.1. Inoculación de ramillas de nogal cv. Chandler. **A**, ramilla protegida previamente con coraza®. **B**, ramilla del tratamiento testigo (agua). (Fuente Gonzalo Díaz).

Cuadro 3.1. Productos fungicidas utilizados para evaluar la eficacia protectora de mamull, comet y coraza® contra la infección de *Diplodia mutila* en nogales cv. Chandler.

	Producto Comercial	Ingrediente activo	Aplicación en corte de poda	Dosis o concentración recomendada en etiqueta
T0	Testigo	Agua destilada estéril	Agua	
T1	Mamull	<i>Bionectria ochroleuca</i> cepa Mitique <i>Trichoderma gamsii</i> cepa Volki <i>Trichoderma virens</i> cepa Ñire	Aspersión (3ml/herida)	100 g/hL
T2	Coraza®	<i>Trichoderma virens</i> cepa Ñire <i>Bacillus licheniformis</i> cepa Copihue <i>Bionectria ochroleuca</i> cepa Mitique	Brocha	10 L/ha
T3	Podexal	Piraclostrobin 0,1%	Brocha	Directo
T4	Comet	Piraclostrobin 0.1%	Aspersión	0,7 L/Ha

3.4 Evaluaciones

Después de 5 meses desde la protección (29 de Julio 2019) e inoculación de las ramillas (30 de Julio 2019) de nogales, se procedió a realizar la poda y recolección de las ramillas protegidas. Una vez transportadas las ramillas al laboratorio de Fitopatología Frutal, se retiró la corteza de cada ramilla y se dejaron expuestas las lesiones necróticas en la madera. Posteriormente, se utilizó un pie de metro (mm) para medir el largo de la lesión necrótica asociada a *D. mutila*.

3.5 Re-aislamiento de *Diplodia mutila*

Para comprobar que la lesión necrótica de la madera fue provocado por la inoculación de *D. mutila*, una vez determinada el largo de lesión, se realizó el re-aislamiento mediante la siembra de trozos de ramillas con necrosis (zona de avance), que previamente se desinfectaron superficialmente con alcohol 75% por 15 segundos, colocados en placas de Petri con medio agar-papa-dextrosa al 2% (APD). Las placas se incubaron a 20°C por al menos 7 días.

3.6 Diseño experimental y análisis estadístico

El presente trabajo fue conducido con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBA), con 5 repeticiones y 9 ramillas por árbol como unidad experimental. Los promedios fueron sometidos a un análisis de una vía por ANDEVA y en caso de diferencias, se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$). Se utilizó el programa estadístico Sigma plot 13.0 (Systat, E.E.U.U).

IV. RESULTADOS

4.1 Protección de heridas de poda en nogal cv. Chandler contra *Diplodia mutila*

Luego de 5 meses desde la protección e inoculación de las ramillas de nogales, se logró observar y medir las lesiones necróticas, dando como resultado los datos de las mediciones en milímetros de la necrosis en la madera, y la efectividad de cada tratamiento, descritos en el Cuadro 4.2. En las ramillas del tratamiento testigo sin protección (aplicación de agua) desarrollaron lesiones necróticas entre 29,4 y 120,3 mm, logrando un promedio de 67,2 mm (Figura 4.1).



Figura 4.1. Largo de lesiones necróticas en ramillas de nogales cv. Chandler después de 5 meses de protección e inoculación con agua estéril, mamull, coraza®, podexal y comet, respectivamente. (Fuente Gonzalo Díaz).

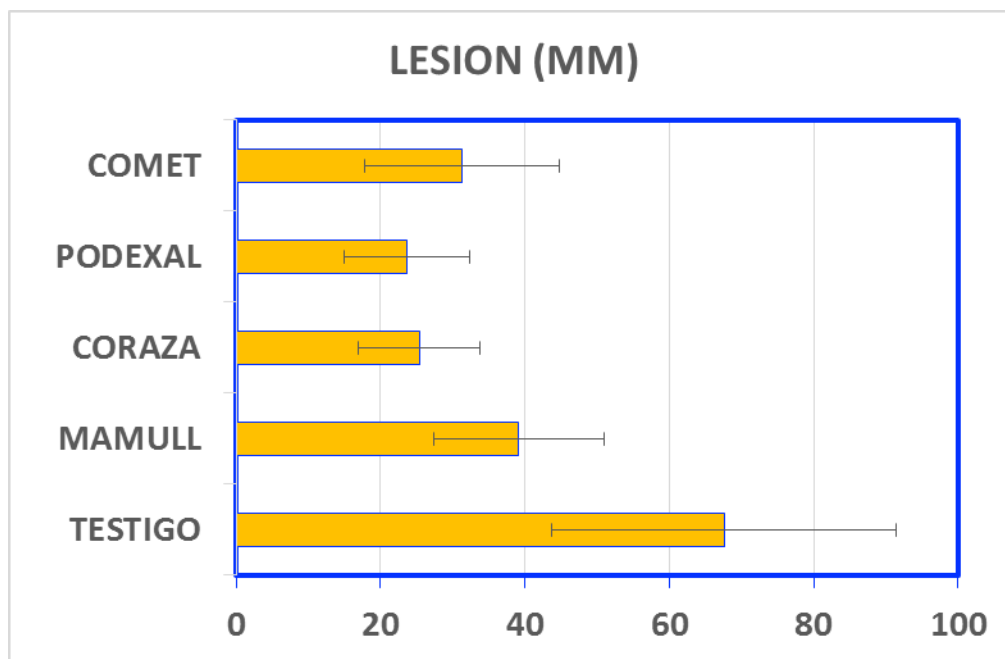


Figura 4.2. Comparación del largo de lesiones necróticas (mm) en ramillas protegidas con productos biológicos, mamull, coraza® y fungicida sintético podexal y comet contra infecciones por *D. mutila* en ramillas de nogal cv. Chandler. (Fuente Gonzalo Díaz).

Con los datos que se obtuvieron de los tratamientos se realizó un análisis estadístico ANOVA simple como se puede observar en el cuadro 4.1. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de la lesión (mm) entre un nivel de tratamiento y otro, con un 5% de significación. Para poder determinar cuál de estas medias es significativamente diferente de otra, se realizó el análisis estadístico con la prueba de Tukey la cual se puede observar en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.1. Resultados del análisis estadístico ANOVA simple con 5% de significación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	24375,2	4	6093,79	26,36	0,000
Intra grupos	20809,1	90	231,212		
Total (Corr.)	45184,3	94			

El tratamiento T3 correspondiente al fungicida podexal es el que presenta una lesión (mm) de menor tamaño junto al tratamiento T2 correspondiente al fungicida coraza®.

Cuadro 4.2. Lesión necrótica y efectividad de los productos mamull, coraza® y podexal sobre protección de heridas de poda de nogal cv. Chandler contra *Diplodia mutila* en San Clemente, Región del Maule.

Tratamientos	Fungicida	Lesión (mm)	Efectividad (%)
T0	Testigo	67,6 c	-
T1	MAMULL	39,2 b	42
T2	CORAZA®	25,4 a	62
T3	PODEXAL	23,7 a	67
T4	COMET	31,2 ab	53

Los promedios seguidos con la misma letra en columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$), según los resultados obtenidos por Prueba de Rango Múltiple de Tukey.

V. DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinó la eficacia de protección de heridas de poda en nogales cv. Chandler con fungicidas comerciales contra *Diplodia mutila*. En donde además se evaluaron la eficacia de fungicidas químicos y biológicos. Los resultados obtenidos en este estudio, demuestran la eficacia que tienen los fungicidas en cuestión contra el hongo de la familia *Botryosphaeriaceae*, *Diplodia mutila*. Por lo tanto este es el primer trabajo nacional que evalúa la acción de fungicidas biológicos disponibles comercialmente en Chile.

El estudio realizado demuestra una disminución de la lesión necrótica (mm), causada por *Diplodia mutila* utilizando productos fungicidas comerciales como protectores concordando con los resultados obtenidos previamente en los estudios previos por Twizeyimana et al, (2013), Pitt et al, (2012), Halleen et al, (2016) y Chen et al, (2014). Tanto los fungicidas sintéticos como los biológicos obtuvieron resultados similares en cuanto a la efectividad en la inhibición de *D. mutila* en nogal, al contrario de lo expuesto en el estudio de Moral et al (2019), que afirma que en general el uso de diferentes cepas de *Trichoderma* para controlar las especies de *Botryosphaeriaceae* que afectan al cultivo de pistacho han fracasado.

El fungicida piraclostrobin (formulado en pasta con el nombre comercial de podexal) al 0,1%, fue el producto químico que contó con la mayor eficacia en el control contra *D. mutila*, reafirmando así lo propuesto en el estudio de protección de heridas de podas en almendro, que afirma también que la molécula sintética piraclostrobin fueron los fungicidas más efectivos para la inhibición del crecimiento del micelio (Olmo et al., 2017). De todos los tratamientos realizados en este estudio los resultados del fungicida piraclostrobin fue el que presentó un menor tamaño en la lesión necrótica de *D. mutila*, justificado como un estándar en la determinación de fungicidas evaluados como protectores de heridas de poda en frutales.

Al contrario con lo descrito por (Twizeyimana et al., 2013) que nos dice que el fungicida piraclostrobin obtuvo bajos resultados en la evaluación de fungicidas para el manejo del cancro de *Botryosphaeriaceae* en vides, el fungicida podexal muestra los mejores resultados en las heridas de poda de las ramillas de los nogales cv. Chandler con una efectividad del 67%.

Los fungicidas en base a piraclostrobin han sido constantemente utilizados en estudios similares, uno de ellos fue el estudio de cuatro especies de la familia *Botryosphaeriaceae* spp. (*Diplodia seriata*, *Neofusicoccum luteum*, *N. mediterraneum* y *N. parvum*) en el cual los

fungicidas más eficaces para la inhibición del micelio el crecimiento de las cuatro especies de hongos fue tebuconazol y piraclostrobin (Olmo et al., 2017).

La molécula sintética piraclostrobin además ha sido probada *in vitro* en donde de 17 fungicidas para controlar cuatro especies de *Botryosphaeriaceae* en la vid, se encontró que este fungicida era uno de los más efectivos para la reducción del crecimiento de micelio (Olmo et al., 2017).

Otros ejemplos de la efectividad respaldada que tiene la molécula piraclostrobin fue el estudio que realizaron (Olmo et al., 2017) en el cual evaluaron los efectos de 12 fungicidas sobre el crecimiento del micelio de varias especies de *Botryosphaeriaceae* en aguacate, y concluyó que los fungicidas en base a piraclostrobin estaban entre aquellos que fueron más efectivos.

Uno de los fungicidas biológicos en cuestión es coraza® que tiene por ingrediente activo *Trichoderma virens*, *Bacillus licheniformis* y *Bionectria ochroleuca*. Es un fungicida biológico compuesto por cepas nativas de microorganismos colonizadores de tejidos vegetales y un acarreador orgánico. Según el SAG (2019), las cepas de este producto presentan acción fungicida-bactericida, acción de competencia, inhibición y parasitismo. Además de presentar acción como cicatrizantes y con efectos curativos sobre canchales causados por bacterias y hongos fitopatógenos, sin requerir limpieza física.

Este fungicida obtuvo resultados muy prometedores en este estudio pudiendo ser comparado con la efectividad que obtuvo el fungicida sintético podexal, la efectividad alcanzada por coraza® es del 62%. Estos resultados son de un alto grado de interés porque es una alternativa biológica y funcional a los fungicidas convencionales. Existen otros ejemplos de fungicidas en base a *Trichodermas* como, T77 y Trichosal-Spray que según (Halleen et al., 2016) fueron capaces de colonizar y sobrevivir en las heridas de poda y causar reducción significativa.

En este estudio se utilizó también otro fungicida biológico llamado mamull que tiene por ingrediente activo *Bionectria ochroleuca*, *Trichoderma gamsii* y *Trichoderma virens*. Se utilizaron fungicidas en base a *Trichodermas* ya que según el estudio de (Halleen et al., 2016) se obtuvo evidencia clara para demostrar que los productos de *Trichoderma* fueron capaces de reducir significativamente los patógenos en las heridas de poda.

El fungicida mamull presenta en los resultados un 42% de efectividad lo que lo deja como un fungicida biológico de menor acción en comparación al otro fungicida biológico

expuesto en este estudio. A pesar de haber sido el fungicida menos efectivo del estudio al estar compuesto por cepas de *Trichoderma* lo convierte en un fungicida prometedor en otros cultivos, como afirma el estudio de (Silva-Valderrama et al., 2021) que dice que el biocontrol de las enfermedades de la madera en vides utilizando microorganismos es prometedor ya que las cepas de *Trichoderma* son eficaces como protectores en heridas de poda.

Así también como lo afirma Mondello et al, (2018), que los productos comerciales en base a *Trichoderma* son un método económicamente viable para la aplicación con pulverizador poco después de la poda. Además en este mismo estudio se comprobó que para las enfermedades del tronco de la vid, solo *Trichoderma* ha demostrado ser el agente más adecuado para el control de estas enfermedades, tanto en el campo como en los viveros, la razón que le permite ser el agente más adecuado se debe a la acción sinérgica de diferentes mecanismos de biocontrol, sus características ecológicas y los efectos positivos inducidos en las plantas hospederas. Todos estos aspectos permiten a los productos en base a *Trichoderma* ser utilizado en diferentes condiciones ambientales con casi la misma eficiencia de biocontrol observada *in vitro* (Mondello et al., 2018).

Es importante proteger las heridas de poda con tratamientos a base de *Trichoderma* lo antes posible, además parece importante elegir la cepa de *Trichoderma* más adecuada según el cultivar (Mondello et al., 2018) esta elección es importante debido a lo que describe Stempien et al., (2020) que varias especies de *Trichoderma* pueden actuar como agentes de control biológico y tienen el potencial de controlar las enfermedades transmitidas por el suelo a través de diferentes modos de acción.

La investigación de la actividad beneficiosa de *Trichoderma in vitro* ha sido extensa y se han estudiado la producción de metabolitos secundarios y el micoparasitismo directo en patógenos. La composición que tiene el metabolito secundario es específico de la cepa *Trichoderma* e incluye una variedad de compuestos que pueden clasificarse como compuestos orgánicos volátiles o compuestos antifúngicos difusibles (Jaarsveld et al., 2020). Se ha encontrado que las cepas de *Trichoderma* habitan en los sistemas de raíces de muchas especies de plantas. Sin embargo, hasta donde sabemos, no ha habido ningún estudio de laboratorio que confirme la colonización temprana de las raíces (Stempien et al., 2020).

Ante las exigencias del mercado en cuanto a la calidad de las nueces es importante seguir expandiendo el conocimiento sobre el control químico y biológico en heridas de poda, además con el respaldo de este estudio y de los estudios citados, queda demostrado que los fungicidas del orden biológico pueden alcanzar los mismos niveles de efectividad que los

fungicidas químicos. Es por esto que según Halleen et al., (2016) es importante generar estrategias de gestión, como prácticas estrictas de saneamiento y protección de las heridas de poda ya que puede ser de gran beneficio para combatir esta enfermedad. Una gran idea es la propuesta por Díaz y Latorre (2013), la cual dice que sería bueno utilizar aplicaciones de aspersión mecánica para proteger heridas de poda que requerirían menos tiempo y menor costo. Se insta a los productores a aplicar estrictas prácticas de saneamiento para reducir los niveles de inóculo. Según el estudio de Rolshausen et al., (2010), las especies de *Botryosphaeriaceae* son las más infecciosas. Así también como lo describió en su estudio Díaz et al, (2019), afirmando que miembros de la familia *Botryosphaeriaceae*, incluyendo *D. seriata* y *D. mutila*, están asociados al cancro y la muerte regresiva en diferentes especies de árboles leñosos.

En cuanto a los agentes biocontroladores, son los agentes más eficientes para la gestión sostenible de enfermedades. Puede usarse no solo en viticultura orgánica sino que también en estrategias integradas. Este enfoque integrado puede aprovechar las características específicas de los métodos de control relacionados en las enfermedades del tronco (Mondello et al., 2018).

VI. CONCLUSIÓN

Basado en los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que:

Los productos biológicos alcanzaron una efectividad del 42% con mamull (formulado líquido) y 62% de efectividad con coraza® (formulado como pasta).

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, R. (2010). Compendio de bacterias y hongos de frutales y vides de Chile. Primera Edición. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago, Chile. 150 p.
- Bravo, F., (2018). Descripción de *Diplodia mutila* asociada a la muerte regresiva de brazos en nogales (*Juglans regia*) cv. Chandler. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile. 39 p.
- Bionativa. (2020). Coraza fungicida bactericida biológico pasta (pa). Bio insumos Nativa SpA. Maule, Chile. Recuperado en: <http://www.bionativa.cl/web/wp-content/uploads/2020/06/etiqueta-coraza-2020.pdf>. Consultado el: 17 de Abril de 2021.
- Carús F., M. (2017). Manejo fitosanitario del nogal. Chilenut. Santiago de Chile. Recuperado de: http://www.chilenut.cl/docs/curso_FIA_2017/curus_manejo_fitosanitario.pdf. Consultado el: 20 de Noviembre de 2020.
- Chen, S., Morgan, D., Hasey, J., Anderson, K., and Michailides, T. (2014). Phylogeny, morphology, distribution, and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* and *Diaporthaceae* from English walnuts in California. *Plant Disease*. 98: 636-652.
- Díaz, G., Latorre, B., Ferrada, E. and Lolas, M., (2019). Identification and characterization of *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Phacidiopycnis washingtonensis* and *Phacidium lacerum* obtained from apple (*Malus x domestica*) fruit rot in Maule Region, Chile. *European Journal of Plant Pathology*. 153(4): 1259-1273.
- Díaz, G. A., and Latorre, B. A. (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. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.01.001>.
- Fatima, T., Showkat, U., and Hussain, S.Z. (2018). Nutritional and health benefits of walnuts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7: 1269-1271.
- FIA, (2010). Producción de nueces de nogal. Manuales FIA de apoyo a la formación de recursos humanos para la innovación agraria. Santiago de Chile.

- Gil, G. (2012). Fruticultura, la producción de fruta, frutas de climas templado y subtropical. Tercera Edición Actualizada. Santiago de Chile.
- 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 walnuts in Chile. *Plant Disease*. 103: 691-696.
- Halleen, F., Fourie, P., and Lombard, P. (2016). Protection of grapevine pruning wounds against *Eutypa lata* by biological and chemical methods. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 31(2): 131-140. <https://doi.org/10.21548/31-2-1409>.
- INIA, (2007). Comportamiento fenológico del nogal (*Juglans regia*) en tres localidades de la VI Región. Informativos del Instituto Nacional de Investigación Agraria Rayentue n° 12. Chillán, Chile.
- Kotze, C., Van Niekerk, J., Mostert, L., Halleen, F. and Fourie, P., (2011). Evaluation of biocontrol agents for grapevine pruning wound protection against trunk pathogen infection. *Phytopathology mediterranean*. 50(4): 251-255.
- Latorre, B.A. (2018). Compendio de las enfermedades de las plantas. Primera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 733 p.
- Latorre, B., Torres, R., Silva, T. and Elfar, K., (2013). Evaluation of the use of wound-protectant fungicides and biological control agents against stem canker (*Neofusicoccum parvum*) of blueberry. *Ciencia e Investigación Agraria*. 40(3): 547-555.
- 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., and Michailides, T. J. (2019). Ecology and epidemiology of diseases of nut crops and olives caused by *Botryosphaeriaceae* fungi in California and Spain. *Plant Disease*. 103(8): 1809–1827. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-19-0622-fe>.
- Mondello, V., Songy, A., Battiston, E., Pinto, C., Coppin, C., Trotel-Aziz, P., Fontaine, F. (2018). Grapevine trunk diseases: A review of fifteen years of trials for their control with

chemicals and biocontrol agents. *Plant Disease*. 102(7): 1189–1217. <https://doi.org/10.1094/pdis-08-17-1181-fe>.

- Odepa and Muñoz V., M. (2017). Nueces: Chile la mayor tasa de crecimiento productivo medio anual. Odepa. Santiago de Chile. Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Nueces.pdf>. Consultado el: 10 de Octubre de 2020.
- Olmo, D., Gramaje, D. and Armengol, J., (2017). Evaluation of fungicides to protect pruning wounds from *Botryosphaeriaceae* species infections on almond trees. *Phytopathologia Mediterranea*. 56(1): 77-86.
- Pitt, W. M., Sosnowski, M. R., Huang, R., Qiu, Y., Steel, C. C., and Savocchia, S. (2012). Evaluation of fungicides for the management of *Botryosphaeria* canker of grapevines. *Plant Disease*. 96(9): 1303–1308. <https://doi.org/10.1094/pdis-11-11-0998-re>.
- Ros, E. (2010). Health benefits of nut consumption. *Nutrients*. 2: 652-682.
- Rolshausen, E., Urbez-Torres, J., Rooney-Latham, S., Eskalen, A., Smith, J., and Douglas Gubler, W. (2010). Evaluation of pruning wound susceptibility and protection against fungi associated with grapevine trunk diseases. *American Journal of Enology and Viticulture*. 61(1): 113-119.
- SAG. (2019). Comet fungicida fitorregulador concentrado emulsionable (ec). Formulado por BASF S.A., Brasil. Recuperado en: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/comet_22-05-2019.pdf. Consultado el: 18 de Abril de 2021.
- SAG. (2020). Mamull fungicida biológico polvo mojable (wp). Bio insumos Nativa SpA. Maule, Chile. Recuperado en: <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/etiqueta-mamull-09-07-20.pdf>. Consultado el: 18 de Abril de 2021.
- Silva-Valderrama, I., Toapanta, D., Miccono, M. D. L. A., Lolas, M., Díaz, G. A., Cantu, D., and Castro, A. (2021). Biocontrol potential of grapevine endophytic and rhizospheric fungi against trunk pathogens. *Frontiers in microbiology*. 11: 2-20. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.614620>.
- Stempien, R.J.G. Pierron, I. Adendorff, W. J. Van Jaarsveld, F. Halleen, L. Mostert (2020) Host defence activation and root colonization of grapevine rootstocks by the biological control fungus *Trichoderma atroviride*. *Phytopathologia Mediterranea*. 59(3): 615-626.

doi:10.14601/Phyto-11137.

- Twizeyimana, M., McDonald, V., Mayorquin, J., Wang, D., Na, F., Akgül, D. and Eskalen, A., (2013). Effect of fungicide application on the management of avocado branch canker (Formerly *Dothiorella* Canker) in California. *Plant Disease*. 97(7): 897-902.
- Van Jaarsveld, W. J., Halleen, F., Mostert, L. (2020) In vitro screening of *Trichoderma* isolates for biocontrol of black foot disease pathogens. *Phytopathologia Mediterránea*. 59(3): 465-471. doi: 10.14601/Phyto-11173.