



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

**DETERMINAR LA EFECTIVIDAD DE LA FORMULACIÓN DE COBRE, ZINC Y MANGANESO  
EN EL CONTROL DE *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *SYRINGAE* EN LA REGIÓN DEL  
MAULE**

**MEMORIA DE TITULO**

**BARBARA POLETT GONZÁLEZ GALLARDO**

**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:**

Dr. Claudio Sandoval Briones  
Profesor de la Escuela de Agronomía  
Universidad de Talca



Ing. Agr. Fernanda Nuñez A.

---

**Profesor Informante:**

Fernanda Núñez Abarca  
Ingeniero Agrónomo  
Magister en Hortofruticultura

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 28 de diciembre, 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera entregar mis sinceros agradecimientos a mi profesora informante Fernanda Núñez, por acompañarme en el transcurso de mi ensayo y ser un apoyo incondicional en la realización del estudio, a mi profesor guía Claudio Sandoval, quien me acepto para poder realizar esta tesis, a mi compañera y amiga Maira Lillo, por ayudar y apoyarme en los momentos difíciles de las mediciones de mi tesis y a mi compañero César Mancilla por darme una mano en las mediciones de los tratamientos. También reconocer al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad de Talca y a su personal, por acogerme, entregarme los instrumentos y las instalaciones para realizar esta memoria.

Y agradecer y dedicar de corazón esta Memoria de Título a mi madre Ivonne Yolanda Gallardo Navarro, que en paz descanse, quien me dio las herramientas para poder seguir adelante a pesar de todos los inconvenientes que pase durante mis años de estudios en la universidad, entregarme sus energías para no dejar de perseverar, y darme su apoyo incondicional para convertirme en una futura profesional.

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue comprobar la efectividad del bioestimulante formulado Cu +Zn + Mg (ReZist) en diferentes concentraciones sobre cerezos Lapins en patrón Merecier, en la reducción de la incidencia (%) y grado de severidad del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causante de la enfermedad cáncer bacterial, además de cuantificar un posible efecto de la formulación sobre el rendimiento de fruta y crecimiento de la planta. Los cinco tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar (DCA), con 4 repeticiones, con una unidad experimental de 4 plantas, ubicados en el sombreadero del laboratorio de sanidad vegetal, en la Universidad de Talca, considerando las aplicaciones del formulado Cu + Zn + Mg en 150 cc/hl, 1,5 L/hl y 3 L/hl y un producto estándar, Acibenzolar-S-metilo (200 g/ha) a modo comparación, ambos aplicados en 3 oportunidades. Se realizaron mediciones de incidencia (%), grado de severidad, exudación de goma (coloración), medición de largo (cm) y muerte de brotes, para lo cual se consideraron 8 yemas inoculadas en 2 oportunidades con el patógeno *P. syringae* pv. *syringae*, medidas a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de aplicación de los formulados. En cuanto a la incidencia (%) y avance de necrosis, se midieron a los 120 DDA, haciendo cortes transversales en los brotes para ver la incidencia, y después medir su avance con una regla. Los resultados de incidencia obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), y los de grado de severidad, fueron analizados a través de la prueba de Kruskal Wallis, y en ambos se utilizó una separación de medias de Tukey (0,05%). Los resultados mostraron que la aplicación de Cu + Zn + Mg en diferentes concentraciones (150 cc/hl, 1,5 L/hl y 3 L/hl), no fue eficaz a la hora de controlar el patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, además que no fue efectivo para reducir la incidencia (%) y el grado de severidad de la enfermedad. Sin embargo, se observó un efecto en el crecimiento de los brotes del árbol de cerezo Lapins, en los tratamientos en que se le aplico.

**Palabras clave:** cerezo, cáncer bacterial, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, incidencia, grado severidad.

## **ABSTRACT**

The objective of this work was to verify the effectiveness of the formulated biostimulant Cu + Zn + Mg (ReZist) at different concentrations on Lapins cherry trees, reducing the incidence (%) and severity of the pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causal agent of bacterial canker. Additionally, it was quantified the effect of the formulation on fruit yield and plant growth. The treatments were distributed in a completely randomized design (DCA), with 4 repetitions, and experimental units of 4 plants. The experiment took place at the plant pathology experimental field, at Universidad de Talca. The treatments considered applications of the formulation Cu + Zn + Mg at 150 cc / hl, 1.5 L / hl and 3 L / hl, including the standard product, Acibenzolar-S-methyl (200 g / ha) for comparison, both applied 3 times. Measurements of incidence (%), severity, gum exudation (coloration), branch growth (cm) and shoot death were made. Eight inoculated buds were considered for evaluation in two opportunities at 15, 30, 60, 90 and 120 days after application of the formulations. Regarding the incidence (%) and progression of necrosis, were measured at 120 DAA, making cuts in the shoots to see the incidence, and then the progress of the necrosis with a ruler. The incidence results obtained were analyzed with an ANOVA and severity results were analyzed using the Kruskal Wallis test. In both cases a Tukey separation of means was used (0,05%). The results showed that the application of Cu + Zn + Mg at different concentrations (150 cc / hl, 1,5 L / hl and 3 L / hl), was not effective in controlling the pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Additionally, it was not effective to control the incidence (%) and severity of the pathogen, but it had an effect on the growth of the shoots of the Lapins cherry trees, in the treatments that the product was applied.

**Key words:** cherry tree, bacterial cancer, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, incidence, degree severity.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1.    Objetivo general	2
1.2.2.    Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. El cultivo del cerezo	3
2.1.1. Características del cultivo	3
2.1.2. Superficie nacional	3
2.1.3. Superficie Regional	3
2.1.4. Exportaciones	4
2.2. Problemas fitosanitarios del cerezo	4
2.3. Enfermedades del cerezo	5
2.3.1.    Hongos	5
2.3.2.    Virus	5
2.3.3.    Bacterias y fitoplasmas	6
2.4. Cáncer bacteriano o tizón de la flor ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> )	6
2.4.1.    Agente causal	6
2.4.2.    Hospederos	7
2.4.3.    Síntomas	7
2.4.4.    Condiciones favorables para la enfermedad	10
2.5. Control	10
2.5.1.    Control cultural	10
2.5.2.    Control químico	10
2.5.3.    Aplicaciones de fungicidas en base a cobre	11
2.5.4.    Fitotoxicidad y resistencia	11
2.5.5.    Efectividad de aplicaciones de fungicidas en base cobre	12
2.6. Combinaciones de fungicidas en base cobre y micronutrientes	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Establecimiento y ubicación del ensayo	15
3.2. Material vegetal utilizado y tratamientos	15
3.3. Preparación de Inóculo	16

3.4. Formulaciones	17
3.5. Aplicaciones e inoculación	17
3.6. Diseño experimental	18
3.7. Evaluaciones	18
3.7.1. Incidencia	18
3.7.2. Severidad	18
3.7.3. Mediciones	19
3.8. Análisis de resultados	20
4. RESULTADOS	21
4.1 Incidencia	21
4.2 Severidad	22
4.3 Mediciones de largo, muerte de brotes, exudación de goma y evaluación de necrosis	22
5. DISCUSIÓN	26
6. CONCLUSIONES	28
7. BIBLIOGRAFÍA	29
8. ANEXO	33



## ÍNDICE DE FIGURAS

Página

<b>Figura 1.</b>	Exudación acuosa en tronco por bacteria <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> (Spotts <i>et al.</i> , 2010).	9
<b>Figura 2.</b>	Necrosis en hojas causada por patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> (Kennelly <i>et al.</i> , 2007).	10
<b>Figura 3.</b>	Tizón de la flor causada por <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> (Kennelly, 2007).	10
<b>Figura 4.</b>	Disposición de los tratamientos T0, T1, T2, T3, T4 y T5, ubicados en el sombreadero del laboratorio de Sanidad Vegetal, Campus Talca, Universidad de Talca.	14
<b>Figura 5.</b>	Preparación inoculaciones del patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> en una concentración de 10 <sup>6</sup> por ml, 09 de octubre, 2019.	15
<b>Figura 6.</b>	Largo de brotes observado en cerezo Lapins, bajo aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones, evaluados a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de las aplicaciones.	22
<b>Figura 7.</b>	Exudación de goma en plantas de cerezo Lapins, tratadas con Acibenzolar-S-metilo (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones. Evaluaciones a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación.	24
<b>Figura 8.</b>	Árboles de cerezo Lapins, en patrón Merecier, distribuidas en tratamientos, después de ser plantados en macetas, 01 de octubre, 2019.	33
<b>Figura 9.</b>	Formulados utilizados en cada tratamiento, distribuidos en, T1 (testigo + agua), T2 (Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha), T3 (Cu + Zn + Mn 150 cc/hl), T4 (Cu + Zn + Mn 1,5 L/hl) y T5 (Cu + Zn + Mn 3 L/hl).	33
<b>Figura 10.</b>	Primera aplicación de los formulados para los tratamientos T2 (Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha, a la izquierda) y T3 (Cu + Zn + Mn 150 cc/hl, a la derecha), 04 de octubre, 2019.	34
<b>Figura 11.</b>	Primera aplicación formulados para T4 (Cu + Zn + Mn 1,5 L/hl, a la izquierda) y T5 (Cu + Zn + Mn 3 L/hl, a la derecha), 04 de octubre, 2019.	34
<b>Figura 12.</b>	Realización de pequeñas heridas en cerezos Lapins, 09 octubre, 2019.	35
<b>Figura 13.</b>	Inoculación de cerezos Lapins con patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> , 09 octubre, 2019.	35
<b>Figura 14.</b>	Incidencia y severidad del patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> .	36

<b>Figura 15.</b>	Exudación de goma por enfermedad cáncer bacterial producida por patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> en cerezo Lapins.	36
<b>Figura 16.</b>	Comparación de tratamiento T1 (testigo + agua), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.	37
<b>Figura 17.</b>	Comparación de tratamiento T2 (Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.	37
<b>Figura 18.</b>	Comparación de tratamiento T3 (Cu + Zn + Mn 150 cc/hl), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.	38
<b>Figura 19.</b>	Comparación de tratamiento T4 (Cu + Zn + Mn 1,5 L/hl), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.	38
<b>Figura 20.</b>	Comparación de tratamiento T5 (Cu + Zn + Mn 3 L/hl), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.	39
<b>Figura 21.</b>	Evaluación de incidencia y avance de necrosis en cerezo Lapins provocada por patógeno <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> , realizada en la última medición del estudio (120 DDA).	39

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Disposición y dosis de tratamientos analizados.	14
<b>Cuadro 2.</b>	Aplicaciones de las inoculaciones de <i>P. syringae</i> pv <i>syringae</i> y formulaciones a prueba de ingrediente activo Cobre (Cu) + Zinc (Zn) + Manganeso (Mn) y Acibenzolar-S-metilo.	16
<b>Cuadro 3.</b>	Nivel de severidad de yemas infectadas por patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> .	17
<b>Cuadro 4.</b>	Escala de coloración de la goma producidas por patógeno <i>Pseudomona syringae</i> pv. <i>syringae</i> .	18
<b>Cuadro 5.</b>	Incidencia de cáncer bacterial ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> ) en cerezos Lapins tratados con diferentes formulaciones y a distintas concentraciones de los productos comerciales Acibenzolar-S-metilo 200g/ha (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en 150 cc/hl, 1,5 L/hl y 3 L/hl. Evaluaciones a los 15, 30, 60, 90 y 120 DDA.	20
<b>Cuadro 6.</b>	Grado Severidad (%) de cáncer bacterial ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> ) en cerezos Lapins tratados con diferentes formulaciones y a distintas concentraciones de los productos comerciales Acibenzolar-S-metilo 200g/ha (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en 150 cc/hl, 1,5 L/hl y 3 L/hl.	21
<b>Cuadro 7.</b>	Crecimiento de brotes (cm) en cerezo Lapins bajo dos formulaciones, evaluaciones tomadas a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de aplicación.	22
<b>Cuadro 8.</b>	Medición de muerte de brotes, a los 15, 30, 60.4, 90 y 120 días después de la aplicación de dos formulados en cerezo Lapins contra el patógeno <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> .	23
<b>Cuadro 9.</b>	Avance (cm) e incidencia (%) de necrosis, producida por el patógeno <i>P. syringae</i> pv, <i>syringae</i> , al finalizar las aplicaciones de los productos, dos días después de la última medición (120 DDA).	24

## 1. INTRODUCCIÓN

El cerezo es un árbol de hoja caduca, pequeño a grande, con hojas alternas, flores blancas a rosadas solitarias o en inflorescencias, proveniente de la familia Rosácea. Esta especie ha aumentado su volumen de producción a nivel mundial, alcanzando más de 2,41 millones de toneladas de fruta, posicionando a Turquía (20,7%), Estados Unidos (16,4%) y China (9,1%) como los principales productores. En este sentido, Chile se ubica en sexto lugar con un 4,6% de la producción mundial (Muñoz, 2015; Auxt *et al.*, 2003).

Esto hace de nuestro país uno de los principales exportadores de cereza fresca (primero a nivel Latinoamericano, segundo a nivel mundial) teniendo a países como China y Estados Unidos entre otros, como los compradores potenciales (ProChile, 2017).

El cultivo del cerezo es importante a nivel nacional, por los volúmenes de exportación principalmente destinado a los mercados de China y por alcanzar en muy poco tiempo una superficie de plantación de 38.391,8 hectáreas totales, Región del Maule (ODEPA/CIREN, 2019).

Como cultivo, presenta problemas de manejo, los que pueden ser visibles en las diferentes etapas de su desarrollo, desde el establecimiento de plantas hasta post-cosecha de la fruta. Entre los factores limitantes más importantes que afectan a la producción se encuentran las enfermedades, las que restringen las funciones fisiológicas de la planta afectando el potencial genético de ésta como afectando flores y frutos (Agrios, 1995).

Las enfermedades en las plantas son causadas por organismos fitopatógenos, que incluyen protozoos, hongos, nematodos, virus, viroides, fitoplasmas y bacterias (Agrios 2005; Latorre, 2018).

Dentro de las enfermedades de importancia que afectan a especies de carozos, se encuentra el cáncer bacterial causado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Latorre, 2004). En arboles de cerezos puede llegar a producir pérdidas económicas considerables. Asociado a las infecciones con *P. syringae* pv. *syringae* (Pss), los síntomas de cáncer bacterial son presencia de canchales en tronco, brazos y ramillas, muerte de yemas, todos ellos comúnmente acompañados de abundante exudación gomosa amarillenta durante el invierno, tizón de flores (necrosis floral), llegando a producir muerte parcial de ramillas y brazos (necrosis subcortical) (Cruz & Jiménez, 1992).

La prevención de la enfermedad, en general, se realiza con aplicaciones foliares durante caída de hojas y brotación, mientras que los síntomas más severos se controlan con algún tratamiento curativo (Lemus *et al.*, 2019), acompañado de un manejo de residuos enfermos, fertilización equilibrada y control de malezas. Entre los productos bactericidas que se recomiendan para su control se encuentran aquellos en base a Cobre (Cu) y antibióticos (Latorre, 2004).

Los problemas ambientales y de poblaciones resistentes de Pss a Cobre, hacen imperativo reducir sus aplicaciones y cantidades, dando la posibilidad de combinar el cobre con otros elementos tales como el zinc, que ha probado ser efectivo en el control de enfermedades (Rajasekaran *et al.*, 2016).

En la actualidad hay poca información nacional sobre la combinación de cobre y zinc + manganeso en el control de cáncer bacterial.

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

### **1.1 Hipótesis**

La formulación del ingrediente activo Cobre (Cu) + Zinc (Zn) + Manganeso (Mn) es efectivo en el control de cáncer bacterial producido por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezo en la Región del Maule.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la efectividad obtenida bajo diferentes tratamientos de la formulación de ingredientes activos en base a Cu + Zn + Mn en el control de cáncer bacterial en cerezo.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

Determinar la capacidad de la formulación evaluada en reducir la incidencia y severidad de Cáncer bacterial en cerezos.

Cuantificar un posible efecto de la formulación de ingredientes activos en base a Cu + Zn + Mn sobre el rendimiento de fruta y planta.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. El cultivo del cerezo**

#### **2.1.1. Características del cultivo**

El cultivo del cerezo es una especie frutal diversa, capaz de ser cultivada en diferentes países y regiones a lo largo del mundo. El cerezo, perteneciente a la clase Dicotiledónea, orden rosales y a la familia *Rosaceae*, es originario de la región del Mar Negro y el Mar Caspio, desde donde se extendió lenta y progresivamente por parte de Asia y Europa, a través de la diseminación de sus semillas por animales y migración de la población humana. Es un árbol caducifolio, de gran estructura, que puede llegar a alcanzar hasta los 20 metros de altura, su madera, dura y de color pardo rojizo es muy atractiva comercialmente (Lemus, 2005).

El cerezo posee yemas florales simples en dardos, cada yema porta un fascículo, que puede tener hasta cinco flores. La época de floración es la resultante del letargo de las variedades, del portainjerto utilizado y la suma térmica. De esta manera puede florecer en un periodo de 25 días en Chile central a partir del 15 de septiembre, tomando 7 días en estar en plena flor y de 10-14 días para su término. Produce como fruto una drupa, con un crecimiento doble sigmoideo (Gil, 2012).

#### **2.1.2. Superficie nacional**

El cerezo ha tenido un creciente aumento a nivel nacional, posicionándose con una de las principales superficies de especies frutícolas plantadas, ocupando el tercer lugar con 43.511 hectáreas, seguido de la vid de mesa en primer lugar y en la segunda posición la plantación de nogal. Cabe destacar que el aumento de superficie del cerezo es debido a un notorio proceso de reconversión productiva debido al surgimiento de comercios con nuevos gustos y preferencias, dejando buenos márgenes monetarios, tomándose así decisiones de rebajar hectáreas de otros cultivos para poder abastecer la demanda del fruto (Apey , 2019).

#### **2.1.3. Superficie Regional**

Los resultados del catastro a nivel regional indican que la superficie frutícola al año 2019 alcanza las 76.374 hectáreas, destacándose el Cerezo como la especie más cultivada, con 17.656 hectáreas en la Región del Maule. Según el catastro de CIREM, las comunas donde se concentra la mayor superficie de cerezos son las comunas de Teno (3295 ha), Curicó (3.137,3 ha), Sagrada Familia (2.502,7 ha), Pencahue (2.390,4 ha) y Romeral con 2.360 hectáreas (ODEPA/CIREN, 2019).21

#### **2.1.4. Exportaciones**

En cuanto a la situación de exportaciones, según la asociación de exportadores de fruta fresca (ASOEX), durante la temporada 2018/2019 Chile exportó 179.928 toneladas de cereza fresca, registrando una baja de 3.5% comparándolo con la temporada anterior. Sin embargo, los precios de venta fueron más altos en su principal puerto de destino, con ganancias superiores en un 18%. A su vez, la primera estimación para la temporada 2019-2020, refleja datos del 75% de la industria de cerezas de Chile, arrojando que las exportaciones de cerezas chilenas alcanzarían las 41.849.430 cajas (de 5 kilos), equivalentes a 209 mil toneladas, volumen que sería un 16,1% superior al del ejercicio 2018-2019. En cuanto a mercados, es importante precisar que durante 2018-2019, el 92,3% del total de las exportaciones chilenas de cereza tuvo como destino Asia, con China recibiendo el 95% del volumen enviado a estos mercados, y el 88% de lo enviado al mundo, situación que no sería diferente a esta temporada (Asoex, 2019).

#### **2.2. Problemas fitosanitarios del cerezo**

En la actualidad, el cerezo es un árbol frutal de alta demanda, el cual requiere cuidados los cuales son esenciales para un manejo apropiado durante el crecimiento y postcosecha. De aquí la importancia de realizar un programa preventivo de enfermedades, ya sean estas de origen bacteriano o fúngico, en especial para plantaciones de alta intensidad. En estas últimas, se pueden crear microclimas favorables para el establecimiento de agentes patógenos, los que pueden quedarse de una temporada a otra en la superficie de hojas, tallos, flores, restos de poda infectados, y fruta, transformándose en fuentes de inóculo primario bajo condiciones favorables (Ellena, 2012).

Las enfermedades se definen como cualquier alteración fisiológica provocada por la acción de agentes bióticos o abióticos del sistema (Acuña, 2010).

Estas son causadas por organismos patógenos, y los síntomas y signos que las caracterizan varían considerablemente según el agente causal y el hospedero. En un principio, la reacción de la planta ante el agente que ocasiona su enfermedad se concentra en una zona determinada, de manera asintomática. Sin embargo, al poco tiempo, la reacción del agente infeccioso se difunde, produciendo cambios en el hospedero y creando el deterioro incluso hasta la muerte de la planta. Estos constituyen los síntomas de las enfermedades. Por otra parte, la visualización sobre el hospedero del agente causal de la patología constituye el signo. Así las enfermedades pueden ser producidas por: protozoos, hongos, nematodos, virus, viroides y bacterias. (Agrios, 1995, Agrios, 2005).

### **2.3. Enfermedades del cerezo**

Las plantas enferman cuando se cumplen los 3 factores que constituyen el triángulo de las enfermedades, estos corresponden a hospedero susceptible, presencia de agente causal virulento y condiciones ambientales predisponentes para el desarrollo de la enfermedad. Los patógenos varían según la habilidad para infectar a las plantas, algunos presentan un amplio rango de plantas hospederas, mientras que otros son relativamente específicos, existiendo casos que solo infectan a una especie hospedera (Latorre, 2018).

El cerezo al ser un árbol de importancia económica también tiene problemas en el manejo. Se pueden encontrar diferentes tipos de enfermedades con variados orígenes patogénicos, entre los más importantes en cuanto a pérdidas económicas y de productividad se encuentran:

#### **2.3.1. Hongos**

Los hongos son microorganismos eucariontes, unicelular o multicelulares, carentes de clorofila, incapaces de utilizar la luz solar como fuente de energía. Se reproducen de forma asexual o sexual dando origen a diversas esporas. Las micosis causadas por diversas especies de hongos y pseudohongos son las enfermedades más numerosas y con mayor impacto económico en plantas cultivadas y representan el 75% del total de las enfermedades en las plantas. Entre estas enfermedades causadas por hongos tenemos el Tizón de la flor o pudrición gris (*Botrytis cinerea*) que produce el atizonamiento de las flores, presenta micelio y abundantes conidias, en forma de un moho grisáceo, sobre los tejidos necrosados. Se favorece por primaveras lluviosas, especialmente durante floración (Latorre, 2018).

#### **2.3.2. Virus**

Los virus son parásitos obligados con gran especificidad en hospedero, solo se multiplican por precursores y energía proporcionada por la célula hospedera. En la naturaleza se diseminan mayoritariamente por vectores, sean estos, hongos, insectos, nematodos, etc., algunos son infectados por contacto por otras plantas, semillas infectadas, polen, estacas u otros materiales de propagación vegetativa. Un ejemplo de virus en cerezo es el enanismo de los carozos, Prune dwarf virus, PDV el que causa alteraciones y detención del crecimiento. Sus síntomas y severidad dependerán de la raza del virus, del hospedero y de las condiciones ambientales. En cerezos produce además moteados, diseños y anillos cloróticos en hojas nuevas, manchas café rojizas en el follaje y malformación de frutos maduros, internudos cortos y arrosetamiento de los brotes. El menor crecimiento estacional y enanismo ocurre sólo en algunos cultivares (Latorre, 2018).



### **2.3.3. Bacterias y fitoplasmas**

Las bacterias fitopatógenas son microorganismos procariontes, unicelulares y microscópicos. Se reproducen por división binaria, mientras que los fitoplasmas lo hacen por gemación celular. Las bacterias fitopatógenas son en su mayoría, organismos saprofitos facultativos, la gran mayoría colonizan y se multiplican en la superficie de órganos aéreos, hojas, flores, frutos, etc. Solo penetran por aberturas y heridas naturales o inducidas del hospedero (Latorre, 2018). Una de las más importantes que afecta al cerezo a nivel nacional es el cáncer bacteriano (Latorre, 2018).

### **2.4. Cáncer bacteriano o tizón de la flor (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*)**

Es una de las enfermedades más importantes, que se manifiesta con desarrollo de canchales en las ramas y tronco del árbol, generalmente iniciados a través de infecciones de ramillas jóvenes, con abundante exudación de goma color ámbar que ocurre en invierno y primavera, además de presencia de tejidos subcorticales acuosos, con márgenes difusos, amarillos o café. Puede causar muerte parcial de ramas y brazos precedidos por una marchitez, clorosis y decaimiento del follaje durante el verano, atizamiento de flores y brotes, confundibles con daños de helada, muerte de yemas y brotación desuniforme. Penetra a través de aberturas naturales y heridas dejadas por la caída de hojas. Favorecida por temperaturas de frías a templadas (0-15°C), y abundante presencia de agua libre durante caída de hojas y brotación (Latorre, 2018).

#### **2.4.1. Agente causal**

El agente causal de esta enfermedad es la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall. Este género contiene más de 95 especies fitopatógenas, caracterizándose por ser bacilos gran-negativos, con uno o varios flagelos polares, no crecen en condiciones ácidas, pero son habitantes habituales de agua o suelo (Slabbinck *et al.*, 2010).

*P. syringae* pv. *syringae* está vinculada a los ciclos del agua, pudiendo alcanzar la superficie de las hojas a través de las precipitaciones. Además, puede vivir de manera epífita o penetrar hacia el interior de la planta, a través de aberturas y heridas naturales o artificiales, pudiendo crecer activamente en el apoplasto, causando en este caso la enfermedad. La infección por este patógeno puede afectar gravemente tanto la producción neta como la calidad (Beuzon *et al.*, 2015).

### **2.4.2. Hospederos**

El patógeno puede afectar muchas especies cultivadas de *Prunus*, siendo especialmente severa en carozos en Inglaterra, Europa, Nueva Zelandia, Chile, Sudáfrica, entre otros. En nuestro país se identificó hace cuarenta años, y en la actualidad es frecuentemente encontrarla en carozos y perales en diferentes áreas frutícolas del país (Lolas et al., 2006).

La fase de cáncer ha sido considerada una de las más importantes enfermedades en carozos durante los primeros años de plantación. Los árboles adultos pueden ser afectados, pero son menos susceptibles. Sus consecuencias más notorias son una reducción de rendimientos o pérdidas totales de la producción, siendo mayor el daño en climas templados o fríos, con abundantes precipitaciones. El cáncer bacteriano tiene su mayor pick en arboles jóvenes y a medida que transcurren de cuatro a cinco años, la incidencia disminuye pero no desaparece (Lolas et al., 2006).

### **2.4.3. Síntomas**

Los síntomas de cáncer bacteriano aparecen solo en la parte aérea del árbol e incluyen la muerte de yemas, el desarrollo de canchales subcorticales en el tronco, ramas y ramillas, con exudación de una goma amarillenta (Figura 1.), principalmente a fines de invierno e inicios de la primavera. El árbol al ser infectado presenta severos canchales sobre tronco, ramas madres y ramillas, generalmente se puede presentar exudación profusa de goma en tronco y ramas cerca del margen del canchal, durante los meses de invierno y comienzos de primavera. Generalmente los canchales son de un color diferente a la coloración de la corteza sana, y si el canchal es removido se puede visualizar a nivel floema manchas acuosas y estrías pálidas color café rojizo. En la medida que los canchales progresan, comprometen el crecimiento y vigor de ramas y ramillas. Puede haber muerte parcial o completa de ramas y brazos (Lolas et al., 2006; Latorre, 2008).

Las yemas infectadas tornan con una coloración marrón, frecuentemente cubiertas de goma. La principal entrada de la bacteria es a través de las heridas dejadas por las hojas al caer en otoño. Esta etapa de la enfermedad da origen a la fase de Tizón de la flor (Figura 3.), la cual es relacionada con infecciones a través de la cicatriz, pudiendo provocar muerte de yemas y floración desuniforme. En la primavera, se presenta una brotación retardada, escaso crecimiento estacional, hojas pequeñas y eventualmente muerte de ramillas, ramas (Lolas et al., 2006; Latorre, 2008).



**Figura 1.** Exudación acuosa en tronco por bacteria *P. syringae* pv. *syringae* (Spotts *et al.*, 2010).

Durante la temporada de crecimiento, la presencia de manchas en la fruta en desarrollo son síntomas comunes en variedades de cerezo susceptibles y pueden aparecer con presencia de agua libre, lesiones que desarrollan un color marrón-chocolate. Los síntomas de mancha foliar pueden ocurrir espontáneamente, estas manchas están rodeadas de anillos cloróticos al inicio del desarrollo, expandiéndose y eventualmente provocando la caída de las hojas, dejando lesiones las cuales pueden dejar entrar al patógeno (Figura 2.2.). En cereza dulce la mancha foliar puede aparecer en los márgenes de las hojas lo que produce un efecto rizado (Kennelly *et al.*, 2007).



**Figura 2.** Necrosis en hojas causada por patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Kennelly *et al.*, 2007).



**Figura 3.** Tizón de la flor causada por *P. syringae* pv. *syringae* (Kennelly, 2007).

#### **2.4.4. 87Condiciones favorables para la enfermedad**

Los factores favorables para el desarrollo del patógeno son presencia de agua libre (lluvias o neblina espesa), temperaturas templadas a frías variando entre los 0°C a 15°C. Adicionalmente tejidos suculentos (altas dosis de nitrógeno) son más susceptibles. La presencia de malezas alrededor de las plantas también constituye un factor predisponente, debido a que la bacteria puede vivir epífita sobre ellas, siendo luego acareada por agua libre. La edad de los tejidos también constituye un factor a considerar, pues generalmente tejidos jóvenes son los más vulnerables. Finalmente, las aberturas naturales (lenticelas, estomas) y presencia de heridas determinan en parte la facilidad de infección. La vía más probable de penetración hacia la planta es a través de las heridas dejadas por la hoja al caer en otoño, y como segunda opción de ingreso, se encuentran heridas provocadas por poda, heladas, roce mecánico, etc., (CORFO - Innova, 2013).

### **2.5. Control**

#### **2.5.1. Control cultural**

Un enfoque integrado es necesario para tener éxito en el manejo del cáncer bacteriano de cereza. Todas las lesiones naturales o causadas por el hombre son susceptibles a la infección por *P. syringae*. Estas lesiones deben evitarse siempre que sea posible. Sitios de infección también deben protegerse hasta que ocurra la curación en base fungicidas. Poda y cortes de puntuación deben efectuarse solo durante el clima seco. Por esta razón, la poda en el verano puede ayudar a mantener baja la infección, especialmente si la enfermedad ya está presente dentro de un bloque. Otras medidas a considerar son producción de plantas sanas en viveros ubicados en zonas poco favorables al desarrollo de la patología, controlar malezas (sobre todo alrededor del tronco), no plantar en zonas donde son frecuentes las heladas en floración, realizar poda en meses de menor humedad recubriendo los cortes de poda con alguna pasta comercial, moderar el uso de nitrógeno en los primeros años, poda de formación, injertación alta, elegir portainjertos poco susceptibles a la enfermedad (Spotts *et al.*, 2010).

#### **2.5.2. Control químico**

Su control es difícil y consiste en la aplicación de medidas preventivas entre las cuales se incluyen los tratamientos foliares de compuestos cúpricos (óxido de cobre, oxiclورو de cobre, hidróxido de cobre), aplicados dos o tres veces entre el inicio y el término de la caída de las hojas (Latorre, 2008).

Entre los antibióticos autorizados para el control de cáncer bacterial en cerezos se encuentran productos en base a sesquisulfato de estreptomina y clorhidrato de oxitetraciclina, bajo el nombre comercial Strepto Plus, de acción preventiva. Su aplicación se realiza desde caída de hojas y durante floración (SAG, 2018).

### 2.5.3. Aplicaciones de fungicidas en base a cobre

Los fungicidas cúpricos pueden reducir la incidencia de la enfermedad con uno o más aplicaciones de estos de manera preventiva durante caída de hojas en cerezo y ayudan a disminuir las infecciones de yemas. En yema hinchada pueden ser ocupados también el oxiclورو de cobre u oxido cuproso (Lolas *et al.*, 2006).

Un ejemplo de fungicida en base a cobre es el Caldo bordelés con el cual se realizan 3 aplicaciones en forma preventiva a inicios, 50% y 100% de caída de hojas y eventualmente se repiten 2 aplicaciones desde yema hinchada hasta botón floral con un intervalo de 8 – 10 días según condiciones climáticas, para combatir la enfermedad cáncer bacterial del cerezo (SAG- Quimetal, 2017).

### 2.5.4. Fitotoxicidad y resistencia

Actualmente existen 33 productos registrados en el Servicio Agrícola y Ganadero para el control del cáncer bacterial en cerezo, 24 de ellos son en base a cobre, cinco basados en microorganismos y cuatro productos que incluyen un antibiótico. Al ocupar estas mezclas de manera intensiva puede conllevar a complicaciones de la biodiversidad y a la salud humana, causando fitotoxicidad y el desarrollo de cepas bacterianas resistentes (Lemus, 2020).

El cobre es aplicado de forma superficial y no penetra para controlar las poblaciones bacterianas que son internas, como aquellas en brotes, nudos o canchros. Por lo tanto, las aplicaciones de cobre deben ser efectuadas en el momento adecuado para coincidir con los períodos cuando el huésped es susceptible, existiendo una mayor accesibilidad al patógeno cuando este presenta las condiciones predisponentes para la enfermedad. Sin embargo, en ciertos casos no se pueden cumplir estos plazos de aplicación, por ejemplo, el cobre es altamente fitotóxico para los cerezos dulces durante la floración, y solo se puede usar en este estado fenológico a muy bajos niveles, que son ineficaces para reducir las poblaciones de patógenos en las flores (Kennelly *et al.*, 2007).

Los compuestos de cobre son los bactericidas estándar para controlar muchas enfermedades bacterianas, pero existen limitaciones para su uso, incluyendo falta de actividad sistémica, aparición de resistencia y fitotoxicidad. La resistencia al cobre es un fenómeno generalizado en patógenos de *P. syringae* (Kennelly *et al.*, 2007).

Según Scheck & Pscheidt en su ensayo sobre los efectos del cobre hacia la resistencia, todos los bactericidas a base de cobre redujeron las poblaciones de cepas de *P. syringae* pv. *syringae* resistentes y sensibles al cobre en las plántulas. Las bacterias que pudieron escapar o tolerar las sustancias químicas se establecieron y se multiplicaron en las plantas, aumentando hasta 1000 en las primeras 24 h. Las poblaciones siguieron aumentando 10 veces más en cada período subsiguiente de 24 h (Scheck & Pscheidt, 1998).

Es así como estudios realizados por INIA comprueban que hay resistencia en un 80% de las muestras que contenían cepas de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* hacia el compuesto sulfato de cobre (Lemus, 2020).

Esto deja al conocimiento si es realmente efectivo los compuestos antimicrobianos basados en cobre para el control de la enfermedad del cáncer bacteriano en cerezos.

### **2.5.5. Efectividad de aplicaciones de fungicidas en base cobre**

Mikicinski *et al.* 2012, indica la actividad protectora de oxiclورو de cobre contra fuego y cancro bacteriano de frutas de hueso. Las formulaciones que contienen compuestos de cobre son bien conocidas y se han utilizado comúnmente desde hace más de 100 años como fungicidas. Estas también muestran actividad protectora contra otras enfermedades bacterianas. Varias formulaciones en base a cobre son las únicas operaciones registradas en muchos países para el control de grupo de patógenos causantes de enfermedades como el fuego o el cancro bacteriano. Sin embargo, estas formulaciones solo muestran una alta eficacia en su acción de contacto (Mikiciński *et al.*, 2012).

Estudios de los efectos de bactericidas en base a cobre sobre la resistencia del patógeno *Pseudomonas syringae* pv *syringae*, confirman que mezclas de éstos con otro tipo de compuestos antibacterianos, resultan efectivos para reducir tanto poblaciones sensibles como resistentes al cobre. Todos los bactericidas en base a cobre redujeron el tamaño de la población de cepas sensibles al cobre en un 50%, pero solo el hidróxido cúprico mezclado con mancozeb o cloruro férrico redujo el tamaño de la población de cepas resistentes al cobre en una cantidad equivalente (Scheck & Pscheidt, 1998).

Por ejemplo, las partículas de hidróxido de cobre reaccionan con la humedad, liberando iones. Estos, disueltos en el agua se translocan sobre la planta siendo absorbidos por la membrana celular de las bacterias y hongos, disminuyendo la capacidad de virulencia de estos, lo que provoca en su interior la destrucción de la capacidad del funcionamiento de gran cantidad de enzimas de estos agentes infecciosos. Esto finalmente ocasiona que las esporas no germinen y las bacterias mueran. El efecto multisitio dificulta a los hongos y bacterias a desarrollar resistencia (Chamorro & *et al.*, 2010).

También se comprueba que los productos cúpricos acompañados de una buena fertilización (juntos) en base a N-P-K y micronutrientes, determina en la planta una mayor eficiencia en la protección sobre *P. syringae* pv. *syringae*, reduciendo los efectos de la enfermedad considerablemente si se aplican de una manera parcializada durante el tiempo, creando así una barrera protectora sobre la enfermedad (Sayler & Kirkpatrick, 2003).

Con el fin de analizar las opciones que tiene la industria agropecuaria, se puede decir que las aplicaciones de cobre en conjunto con macronutrientes y micronutrientes constituye una ventaja a la hora de combatir la enfermedad cáncer bacteriano en cerezos.

## **2.6. Combinaciones de fungicidas en base cobre y micronutrientes**

Desde el uso inicial del cobre en el control de enfermedades de las plantas, se han desarrollado y aplicado una gran cantidad de compuestos antimicrobianos en base a este elemento para la protección de cultivos. Si bien estas formulaciones han revolucionado la protección de cultivos en el siglo XX, hoy en día las limitaciones que tiene el cobre por su uso continuo y frecuente también han suscitado preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo del sistema de protección de cultivos a base a este compuesto (Lamichhane *et al.*, 2018).

Por esto, se han intentado una serie de estrategias de control cultural dirigidas al cancro bacteriano, con el fin de contar con nuevas alternativas frente a las limitaciones en residuos y fitotoxicidad del cobre sobre la planta. Por ejemplo, fertilización con nitrógeno, fósforo, y potasio más micronutrientes tales como zinc manganeso, boro, etc., en combinación con la aplicación de aerosoles de cobre inactivos, dieron como resultado una mayor reducción en la gravedad del cancro bacteriano en ciruelo que aplicaciones solo de cobre. La importancia de la fertilización en el control del cancro bacteriano se debe presumiblemente a mejorar el estado nutricional del suelo, porque la mala nutrición es un factor que predispone de manera importante a esta enfermedad (Renick *et al.*, 2008).

Los micronutrientes se encuentran asociados a enzimas que regulan distintos procesos metabólicos, principalmente la respiración (Cu, Fe, Mn, Zn), la fotosíntesis (Cu, Mn) la síntesis de clorofila (Cu, Fe, Zn) El Zn actúa como estabilizador de la molécula de clorofila y es un constituyente de más de 80 sistemas enzimáticos además de participar en síntesis de proteínas manifestando su deficiencia en una reducción del crecimiento, acortamiento en la longitud de los entrenudos y tamaño de hojas. Además, produce una reducción en la floración y la fructificación. En cuanto al manganeso (Mn) interviene en la liberación del O<sub>2</sub> en la fotólisis de agua durante la fotosíntesis, el proceso de regulación enzimático y la permeabilidad de la membrana (Torri *et al.*, 2010).

La deficiencia de cualquier micronutriente repercute negativamente en la producción, tanto en el rendimiento como en la calidad (Torri *et al.*, 2010). De igual forma incrementa la susceptibilidad a muchas enfermedades.

Dentro de la gama de fungicidas que se encuentra en el mercado, se visibiliza ReZist. Este producto se semeja como un estimulante del metabolismo de la planta, ayudándola a tolerar de mejor manera el estrés (biótico y abiótico). Contiene en su formulación Cobre, Zinc, Manganeso y Ácido salicílico. Los microelementos presentes en el producto promueven la actividad enzimática y el funcionamiento de la planta. En cerezos se aplica desde inicios de brotación, repitiendo cada 20 días o según necesidad. Disminuye el etileno y por tanto el estrés (Stoller, 2019).



El ácido salicílico, sus moléculas causan un incremento de los mecanismos de defensas de la plantas, y activando la resistencia sistemática adquirida, causando que estas bajen su estrés (Trebilcock *et al.*, 2018).

Además, promueve una mayor tolerancia de las plantas, estimulando la activación de moléculas protectoras, aumenta la resistencia natural de las plantas contra el estrés con acción preventiva sobre plateado en ciruelo y kiwis, enrollamiento clorótico en uva de mesa, cáncer bacterial en cerezos, pudrición radical en paltos y problemas ocasionados por hongos en hortalizas (Stoller, 2019).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Establecimiento y ubicación del ensayo**

El estudio se realizará en el sombreadero perteneciente al Laboratorio de Sanidad Vegetal, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicada en campus Talca de la Universidad de Talca. Las plantas serán adquiridas en vivero y la recepción de ellas será en el mismo recinto donde se realizará el ensayo. Aquí se dejarán expuestas a las condiciones climáticas presentes en la zona y se establecerán en macetas con un sustrato en base a tierra de hoja, turba y perlita.

#### **3.2. Material vegetal utilizado y tratamientos**

Se utilizarán 80 plantas de cerezos Lapins, en patrón Mercier de 1 metro de altura aproximadamente, establecidas en bolsas de 10 litros. El ensayo consideró 5 tratamientos, 1 de ellos correspondientes a testigo, T1 (testigo + agua) y los demás con aplicación de los productos a evaluar en diferentes dosis. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 16 plantas respectivamente (T2, T3, T4 y T5).

**Cuadro 1.** Disposición y dosis de tratamientos analizados.

<b>Tratamientos</b>	<b>Formulación</b>	<b>Dosis</b>
<b>T1</b>	Testigo aplicación agua	-
<b>T2</b>	Producto Comercial (Bion)	200 g/ha
<b>T3</b>	Cu + Zn + Mn (ReZist)	150 cc/hl
<b>T4</b>	Cu + Zn + Mn (ReZist)	1,5 L/hl
<b>T5</b>	Cu + Zn + Mn (ReZist)	3 L/hl



**Figura 4.** Disposición de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, ubicados en el sombreadero del laboratorio de Sanidad Vegetal, Campus Talca, Universidad de Talca

### **3.3. Preparación de Inóculo**

Para el ensayo, se utilizará una cepa aislada previamente de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* guardada a  $-80^{\circ}\text{C}$ . Dicha cepa fue re-activada y mantenida en medio de cultivo agar agar, realizando una prueba de patogenicidad en tabaco para probar su viabilidad. La suspensión bacteriana de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* utilizada contaba con una concentración  $10^6$  por ml.



**Figura 5.** Preparación inoculaciones del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en una concentración de  $10^6$  por ml, 09 de octubre, 2019.

### 3.4. Formulaciones

Dos bactericidas fueron incluidos en el estudio, el primero con ingrediente activo Cobre (Cu) + Zinc (Zn) + Manganeso (Mn), (ReZist, Stoller, Chile). La segunda formulación evaluada correspondió al ingrediente activo Acibenzolar-S-metilo (Bion).

### 3.5. Aplicaciones e inoculación

Las aplicaciones de los formulados se realizarán a inicio de brotación de hojas y se repetirán cada 7 días por 3 semanas. La inoculación del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* se efectuará 7 días después de la primera aplicación de los productos, a través de heridas realizadas con un bisturí a 8 yemas que estaban brotando. Una segunda inoculación fue realizada 7 días después de la primera.

**Cuadro 2.** Fechas de aplicación e inoculación de *P. syringae* pv. *syringae* en ensayo de control de cáncer bacterial en cerezo.

Aplicación	Tratamientos	Dosis	Ingrediente activo
<b>Aplicación 1, 04 oct. 2019</b>	T1		Agua
	T2	200 g/ha	Acibenzolar-S-metilo
	T3	150 cc/hl	Cu + Zn + Mn
	T4	1,5 L/hl	Cu + Zn + Mn
	T5	3 L/hl	Cu + Zn + Mn
<b>Inoculación, 09 de octubre</b>			
<b>Aplicación 2, 11 oct. 2019</b>	T1		Agua
	T2	200 g/ha	Acibenzolar-S-metilo
	T3	150 cc/hl	Cu + Zn + Mn
	T4	1,5 L/hl	Cu + Zn + Mn
	T5	3 L/hl	Cu + Zn + Mn
<b>Inoculación, 16 oct. 2019</b>			
<b>Aplicación 3, 18 oct. 2019</b>	T1		Agua
	T2	200 g/ha	Acibenzolar-S-metilo
	T3	150 cc/hl	Cu + Zn + Mn
	T4	1,5 L/hl	Cu + Zn + Mn
	T5	3 L/hl	Cu + Zn + Mn

### **3.6. Diseño experimental**

Plantas de cerezo Lapins en patrón Merecier, se dispondrán considerando 5 tratamientos con 4 repeticiones con una unidad experimental de 4 plantas. El ensayo se ordenará en un diseño completamente al azar (DCA).

### **3.7. Evaluaciones**

Las evaluaciones realizadas para los distintos tratamientos serán incidencia y severidad a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de las aplicaciones. para esto se considerarán los 8 brotes de cada planta de cerezo, inoculados con *P. syringae* pv. *syringae*.

#### **3.7.1. Incidencia**

Para poder estimar la incidencia, se utilizará la siguiente fórmula considerando como el total de yemas, las 8 inoculadas con la bacteria.

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de yemas con síntomas} \times 100}{\text{Número total de yemas}}$$

#### **3.7.2. Severidad**

La medición del nivel de severidad se efectuará utilizando la siguiente escala:

**Cuadro 3.** Escala severidad cáncer bacterial.

<b>Nivel de severidad</b>	<b>% Yemas infectadas con Pss</b>
<b>1</b>	0
<b>2</b>	1-25
<b>3</b>	26-50
<b>4</b>	51-75
<b>5</b>	76-100

### 3.7.3. Mediciones

Las mediciones se realizaron 15, 30, 60, 90 y 120 días después de efectuada la aplicación de los tratamientos, tomando como inicio de éstas el día 04 de noviembre de 2019 y dando termino el día 19 de febrero del 2020. Estas fueron:

#### i. Medición de largo de brotes (cm):

Se midió cada uno de los brotes infectados por planta (8 brotes) mediante una regla en cada una de las evaluaciones.

#### ii. Medición de muerte de brotes:

Se contabilizó el número de brotes analizados por planta, que presentaron necrosis asociada a la infección de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cada evaluación.

#### iii. Evaluación de exudación de goma:

Para evaluar los exudados producidos, se estableció una escala de acuerdo con la coloración de la goma, asociados a la infección por la bacteria.

**Cuadro 4.** Escala asociada a la coloración de la goma producida por la infección de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Escala incidencia coloración	Coloración predominante en exudación
0	Sin exudados
1	Goma transparente
2	Exudado amarillo claro
3	Exudado amarillo oscuro
4	Exudado color rojizo

#### **iv. Evaluación de necrosis en madera cerca de la zona de inoculación:**

Al finalizar con las evaluaciones, se realizó el día 20 de febrero del 2020 cortes transversales de las 8 ramillas inoculadas en cada planta, con el fin de medir con regla el avance de la necrosis relacionada a la infección de *P. syringae* pv. *syringae*.

### **3.8. Análisis de resultados**

Los resultados de incidencia obtenidos serán sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). Para aquellos casos en que este resultado significativo, se procederá a comparar las medias a través de la prueba de Tukey, con un 5% de significancia.

En cuanto a severidad, los resultados serán analizados a través de la prueba de Kruskal Wallis y una prueba de separación de medias de Tukey (5% de significancia) en caso de resultar esta significativa.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Incidencia

Se puede apreciar en el Cuadro 5, que la incidencia del patógeno *P. syringae* pv. *syringae*, va exponencialmente aumentando entre evaluaciones, con promedios similares entre cada tratamiento. Los resultados indican que ninguno de los tratamientos evaluados resulto efectivo en reducir los niveles de incidencia de la enfermedad.

**Cuadro 5.** Incidencia de cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) en cerezos Lapins tratados con diferentes formulaciones y a distintas concentraciones de los productos comerciales Acibenzolar-S-metilo 200g/ha (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist), 150 cc/hl, 1,5 L/hl y 3 L/hl). Evaluaciones a los 15, 30, 60, 90 y 120 DDA.

	Tratamientos	Incidencia (%) 15 DDA	Incidencia (%) 30 DDA	Incidencia (%) 60 DDA	Incidencia (%) 90 DDA	Incidencia (%) 120 DDA
T1	Testigo aplicación agua	25,78	34,37 ab	42,18	50,78 a	67,18
T2	Bion (Acibenzolar-S-metilo) 200 g/ha	24,21	46,87 abc	53,90	59,37 ab	64,06
T3	(Cu + Zn + Mn) 150 cc/hl	22,65	27,34 a	37,5	50,78 a	84,37
T4	(Cu + Zn + Mn) 1,5 L/hl	59,37	58,59 c	59,37	65,62 b	64,06
T5	(Cu + Zn + Mn) 3 L/hl	50,78	52,34 bc	51,56	70,31 b	73,43
	Significancia	n.s.	**	n.s.	**	n.s.

Promedios en una columna unidos a una letra no difieren estadísticamente, Test HSD con un 95% de confianza. \* Significativo  $p < 0,05$ ; \*\* altamente significativo  $p < 0,01$ ; n.s. no significativo.



## 4.2 Severidad

En cuanto al grado de severidad (%) la que se presenta en el cuadro 7, se observa que ninguno de los tratamientos resultó efectivo en disminuir este parámetro.

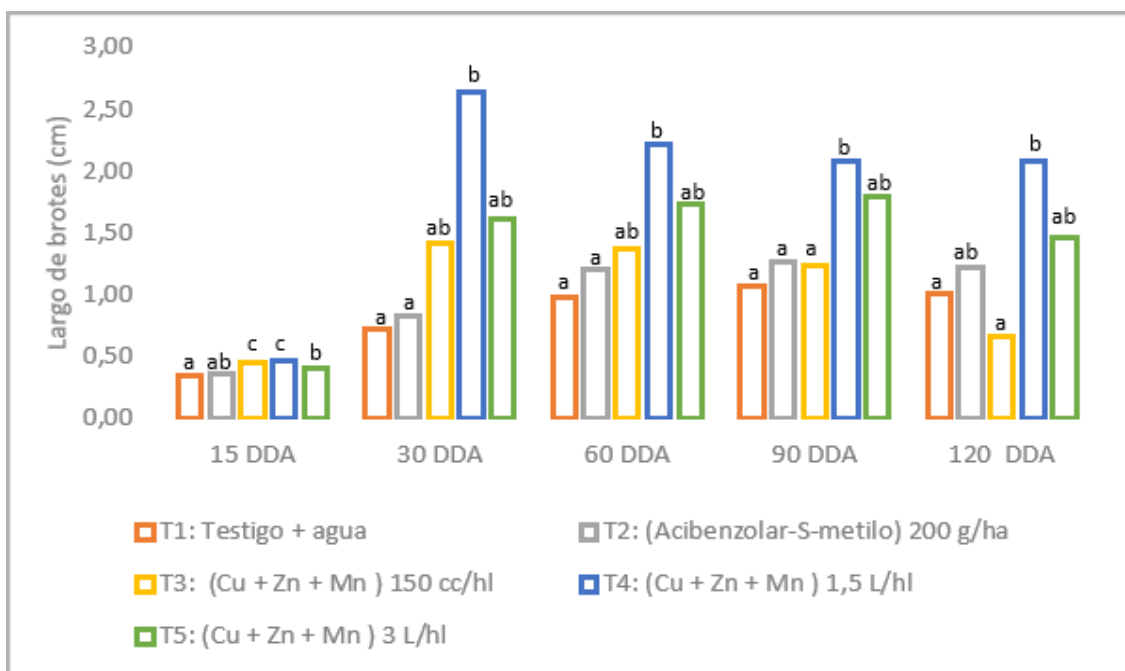
**Cuadro 6.** Grado severidad (%) de cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) en cerezos Lapins tratados con diferentes formulaciones y a distintas concentraciones de los productos comerciales Acibenzolar-S-metilo 200g/ha (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en 150 cc/hl, 1,5 L/hl y 3 L/hl.

	Tratamientos	Severidad (%) 15 DDA	Severidad (%) 30 DDA	Severidad (%) 60 DDA	Severidad (%) 90 DDA	Severidad (%) 120 DDA
T1	Testigo aplicación agua	2,375 a	2,5625 ab	2,875 a	3,25 a	3,8125
T2	(Acibenzolar-S-metilo) 200 g/ha	2,1875 a	3,125 abc	3,3125 ab	3,5625 ab	3,75
T3	(Cu + Zn + Mn) 150 cc/hl	2,125 a	2,25 a	2,625 a	3,1875 a	4,5
T4	(Cu + Zn + Mn) 1,5 L/hl	3,75 b	3,625 c	3,75 b	4,0 b	3,75
T5	(Cu + Zn + Mn) 3 L/hl	3,375 b	3,375 bc	3,3125 ab	4,125 b	4,0625
	<b>Significancia</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>n.s.</b>

Promedios en una columna unidos a una letra no difieren estadísticamente, Test HSD con un 95% de confianza. \* Significativo  $p < 0,05$ ; \*\* altamente significativo  $p < 0,01$ ; n.s. no significativo.

## 4.3 Mediciones de largo, muerte de brotes, exudación de goma y evaluación de necrosis

Las mediciones de largo de brotes muestran un mayor crecimiento en el tratamiento T4 ((Cu + Zn + Mn) 1,5 L/hl), en comparación del resto, como se observa en la Figura 6 y Cuadro 7. A su vez, se aprecia que los tratamientos T5 y T3, Cu + Zn + Mn (3 L/hl) y Cu + Zn + Mn (150 cc/hl) también mostraron un incremento importante, superando estadísticamente a T1 y T2 (testigo + agua y Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha). En estos últimos se observan crecimientos decrecientes.



**Figura 6.** Largo de brotes observado en cerezo Lapins, bajo aplicación de Acibenzolar-S-metilo (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones, evaluados a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de las aplicaciones.

**Cuadro 7.** Crecimiento de brotes (cm) en cerezo Lapins bajo dos formulaciones, evaluaciones tomadas a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de aplicación.

Tratamientos	15 DDA (cm)	30 DDA (cm)	60 DDA (cm)	90 DDA (cm)	120 DDA (cm)
Testigo + agua	0,34 a	0,72 a	0,98 a	1,07 a	1,00 a
(Acibenzolar-S-metilo) 200 g/ha	0,37 ab	0,83 a	1,21 a	1,26 a	1,22 ab
(Cu + Zn + Mn) 150 cc/hl	0,45 c	1,42 ab	1,37 ab	1,23 a	0,66 a
(Cu + Zn + Mn) 1,5 L/hl	0,46 c	2,64 b	2,22 b	2,08 b	2,08 b
(Cu + Zn + Mn) 3 L/hl	0,40 b	1,62 ab	1,73 ab	1,79 ab	1,46 ab
<b>Significancia</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

Promedios en una columna unidos a una letra no difieren estadísticamente, Test HSD con un 95% de confianza. \* Significativo  $p < 0,05$ ; \*\* altamente significativo  $p < 0,01$ ; n.s. no significativo.

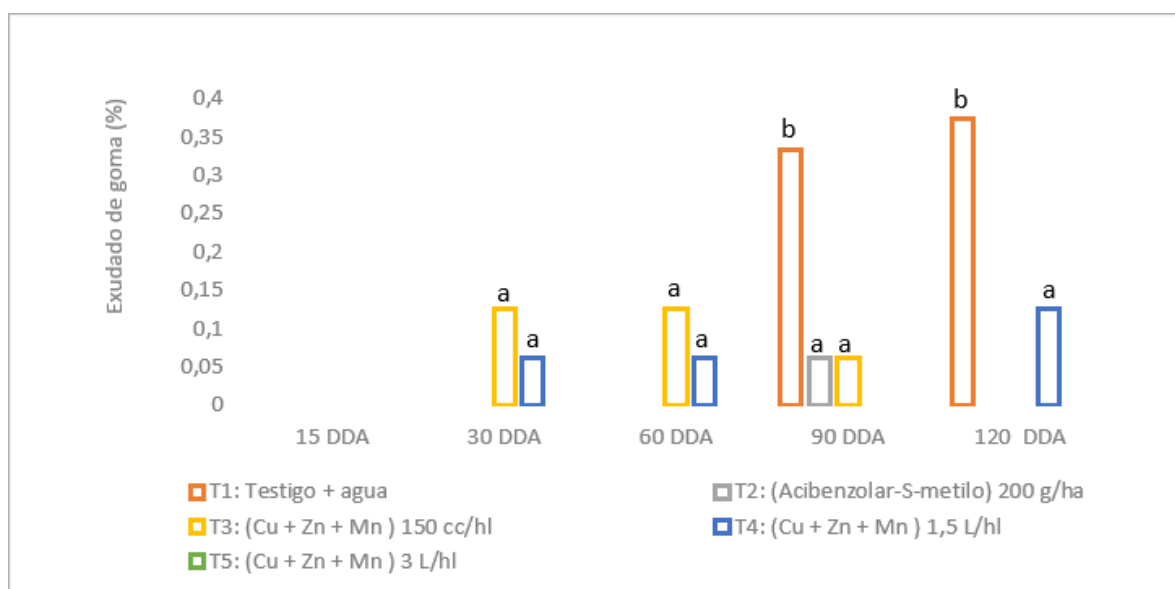
En cuanto a Muerte de brotes (%) medidos a través del tiempo de evaluación, se puede apreciar en el Cuadro 8 que la mayor concentración de muerte de brotes se presentó en la última medición del ciclo de la evaluación (120 DDA), observando que el tratamiento T3 es el que presenta el mayor valor, seguido de los tratamientos T5 y T4. Las demás evaluaciones efectuadas a los 15, 30, 60 y 90 días después de aplicación, a excepción de la aplicación de los 30 días, ninguna tuvo diferencias estadísticas destacables para en índice muerte de brotes.

**Cuadro 8.** Medición de muerte de brotes (%), a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación de dos formulados en cerezo Lapins contra el patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

	Tratamientos	15 DDA (%)	30 DDA (%)	60 DDA (%)	90 DDA (%)	120 DDA (%)
T1	Testigo + agua	3,13	0,72 a	8,59	12,50	23,44 a
T2	(Acibenzolar-S-metilo) 200 g/ha	0,78	0,83 a	7,81	9,38	28,13 a
T3	(Cu + Zn + Mn) 150 cc/hl	0	1,42 ab	3,13	9,38	67,19 b
T4	(Cu + Zn + Mn) 1,5 L/hl	3,13	2,64 b	14,84	10,16	42,97 ab
T5	(Cu + Zn + Mn) 3 L/hl	0,78	1,62 ab	7,81	13,28	48,44 ab
	<b>Significancia</b>	<b>n.s.</b>	<b>**</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>**</b>

Promedios en una columna unidos a una letra no difieren estadísticamente, Test HSD con un 95% de confianza. \* Significativo  $p < 0,05$ ; \*\* altamente significativo  $p < 0,01$ ; n.s. no significativo.

La exudación de goma evaluada a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación presentada en la figura 7, muestra que, desde las mediciones realizadas 30 DDA se expresa este síntoma en algunos tratamientos (T2, T2, T3 y T4), observando que T1 presentó un mayor nivel de exudación de una coloración más oscura (café claro), al comparar con los otros tratamientos que presentaron exudación de goma más transparente. La evaluación de 15 días después de aplicación no presenta exudado destacable, por lo que no es significativa en la prueba.



**Figura 7.** Exudación de goma en plantas de cerezo Lapins, tratadas con Acibenzolar-S-metilo (Bion) y Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones. Evaluaciones a los 15, 30, 60, 90 y 120 días después de la aplicación.

En el Cuadro 9 se presentan los valores de incidencia para necrosis en tallo (%). El tratamiento T1 (testigo + agua) fue el más afectado por este síntoma. Los tratamientos T3, T4 y T5 mostraron una incidencia de necrosis intermedia, mientras que T2 (Acibenzolar-S-metilo) mostró el menor nivel. En cuanto a el avance de necrosis (cm) se apreció un comportamiento similar en todos los tratamientos, sin diferencias significativas.

**Cuadro 9.** Avance (cm) e incidencia (%) de necrosis, producida por el patógeno *P. syringae* pv, *syringae*, al finalizar las aplicaciones de los productos, dos días después de la última medición (120 DDA).

Tratamientos	Incidencia necrosis (%)	Avance necrosis (cm)
<b>T1</b> Testigo aplicación agua	38,28 b	0,15
<b>T2</b> (Acibenzolar-S-metilo) 200 g/ha	15,62 a	0,07
<b>T3</b> (Cu + Zn + Mn) 150 cc/hl	32,03 ab	0,15
<b>T4</b> (Cu + Zn + Mn) 1,5 L/hl	24,21 ab	0,11
<b>T5</b> (Cu + Zn + Mn) 3 L/hl	32,03 ab	0,13
<b>Significancia</b>	<b>**</b>	<b>n.s.</b>

Promedios en una columna unidos a una letra no difieren estadísticamente, Test HSD con un 95% de confianza. \* Significativo  $p < 0,05$ ; \*\* altamente significativo  $p < 0,01$ ; n.s. no significativo.

## 5. DISCUSIÓN

En el ensayo se analizó la efectividad del formulado Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones, en el control del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezos Lapins. El analisis arrojó que el compuesto Cu + Zn + Mn no fue efectivo a la hora de controlar la enfermedad causada por este patógeno. Lo anterior en base a los parámetros de incidencia y severidad, las cuales no presentaron diferencias significativas con el testigo. Según la literatura, si bien los bioestimulantes son efectivos a la hora de potenciar el desarrollo, crecimiento y entregar mayor resistencia a condiciones de estrés sean bióticos o abióticos, es recomendable aplicar en pequeñas concentraciones como complemento de la fertilización y control de plagas y enfermedades, con el fin de aumentar el rendimiento (Morales, 2017).

La situación se refleja en el estudio de Scheck & Pscheidt, 1998, donde se evaluó el efecto de bactericidas en base a cobre sobre la resistencia y severidad del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en plantas ornamentales. Se demostró que las mezclas de bactericidas a base de cobre en combinación de fungicidas y el microelemento zinc en sus compuestos, mejora el control de la enfermedad debido a un aumento de Cu<sup>2+</sup> en la solución (Scheck & Pscheidt, 1998).

En cuanto a las mediciones de crecimiento de brotes a los 15, 30, 60, 90 y 120 días, en base a lo expresado en la figura 6 y cuadro 7, se puede decir que el aumento de crecimiento de los tratamientos T4, T5 y T3, se debe a que el bioestimulante Cu + Zn + Mn (ReZist) contiene los micronutrientes zinc y manganeso. Estos, están directamente relacionados con procesos específicos en la planta. Así el Zn está asociado a la síntesis de proteínas, conversión de almidón en azúcares, resistencia a bajas temperaturas, siendo además un componente fundamental en la formación de auxinas, fitohormonas que regulan el desarrollo y la elongación del tallo de la planta. Con respecto el manganeso, aunque se necesita al igual que el zinc en bajas concentraciones, es un micronutriente que participa en labores importantes papel como procesos de redox, tales como en el transporte de electrones en la fotosíntesis y en la desintoxicación de radicales de oxígeno libres, las cuales aportarían en el proceso de activación de fitohormonas y crecimiento de la planta (Kyrkby & Römheld, 2007).

Con respecto a la alta incidencia que presentaron los formulados de Cu + Zn + Mn (ReZist) sobre la muerte de brotes, parece importante efectuar una comparación con los componentes de Acibenzolar-S-metilo (Bion). Según su ficha técnica es un compuesto de tipo activador sistémico que ayuda a la prevención de enfermedades producidas por numerosos patógenos, además expresa que tiene un sistema de resistencia sistémica inducida, la cual le entrega una amplia inmunización fisiológica en las plantas (Syngenta, 2020). Según estudios sobre el patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) en kiwi (Michelotti *et al.*, 2018), las plantas tratadas con Acibenzolar-S-metil, modulan una serie de funciones génicas relacionadas con la resistencia de la planta, lo que sugiere el establecimiento de una respuesta de defensa más eficaz contra el

patógeno. El análisis realizado en este estudio, de la red de coexpresión de genes ponderados en la prueba confirmó estos resultados (Michelotti *et al.*, 2018; Syngenta, 2020).

En lo que respecta a las mediciones de exudación de goma producida por el patógeno *P. syringae* pv. *syringae*, se muestra que el tratamiento T1 presenta un exudado de coloración más oscura, a diferencia de los demás tratamientos. Esto se explicaría por el hecho de que este tratamiento no recibió ningún tipo de aplicación, no generándose ninguna alteración en la respuesta de la planta. Estudios de INIA sobre control y curación de canchales producidos por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezos, aseguran que, aunque persiste la goma en muchos casos esta no necesariamente constituye una reacción a la bacteria como tal, sino que puede ser parte de la respuesta de la planta a la herida abierta (Osorio *et al.*, 2020).

En el cuadro 9, se puede visualizar en cuanto a Avance (cm) e incidencia (%) de necrosis, que el tratamiento testigo + agua es el que presenta el mayor valor, resultado esperable ya que en este no se realizó ninguna aplicación para combatir la enfermedad. En cuanto a los demás tratamientos, la menor incidencia de necrosis la presentó el T2, Acibenzolar-S-metilo (Bion). Estudios del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en árboles de mango, reflejan que Acibenzolar-S-metilo reduce considerablemente la incidencia de necrosis apical, debido a la mejora de la tolerancia por parte de los árboles. Lo anterior demuestra que este activo es efectivo en bajar la incidencia de necrosis y detener su avance (Cazorla *et al.*, 2006). En cuanto a los formulados Cu + Zn + Mg (ReZist), representados en los tratamientos T3, T4 y T5, se observa una eficacia intermedia lo que se explica por los compuestos de cobre en su formulado, entregando cierto nivel de resistencia. Así lo demuestra (Sundin *et al.*, 1989) con un estudio en huertos y su transferencia asociada in vitro e in planta con un plásmido en plantación de cerezos, corroborando que cultivos aislados con altas concentraciones de sulfato cúprico en *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* tienen mayor tolerancia al cobre, por ende, crea resistencia que puede ser transferible entre patógenos (Sundin *et al.*, 1989).

Recalcar que como es un bioestimulante con componentes de zinc y manganeso, entrega diferentes características entregadas por estos micronutrientes, los cuales están presentes en sucesos importantes en el funcionamiento de la planta, ya sea síntesis de ciertas proteínas etc., ayudan a enfrentar estados de estrés bióticos y abióticos de la planta (ReZist, 2019), y por ende poder controlar la necrosis presentada en las pruebas contra el patógeno (Kyrkby & Römheld, 2007).

## 6. CONCLUSIONES

- El producto evaluado Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones, no es efectivo en el control de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezo Lapins.
- El producto evaluado Cu + Zn + Mn (ReZist) en diferentes concentraciones, (150 cc/hl; 1,5 L/hl y 3 L/hl) no permite reducir la incidencia y severidad de los síntomas producidos por el patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezo Lapins.
- El formulado Cu + Zn + Mn (ReZist), determina un mayor crecimiento en los árboles debido a los efectos propinados por los micronutrientes que tiene incorporados, zinc y manganeso, los cuales son parte de procesos metabólicos importantes en la planta.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, N. 1995. Fitopatología. 2<sup>da</sup> edición. Editorial Limusa. México. 819 p.
- Agrios, N. 2005. Plant Pathology. Quinta edition. Elsevier academic press. San Diego, California, USA. 948 p.
- Auxt, T., Singha, S. 2003. Concise Encyclopedia of Temperate Tree Fruit, The haworth press, Inc. New York, London, Oxford. 389p.
- Apey Guzmán, A. 2019. La fruticultura en Chile : tendencias productivas y su expresión territorial. Odepa, Chile. 23 p. Recuperado en: <[https://odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/2613/Articulo-Fruticultura\\_mayo-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/2613/Articulo-Fruticultura_mayo-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Extraído el: 09/07/20.
- Asoex. 2019. Comité de Cerezas de ASOEX estima nuevo récord: 209 mil toneladas de cerezas chilenas serán exportadas esta temporada 2019-2020. ASOEX, Santiago, Chile. Recuperado en: <https://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/659-comite-de-cerezas-de-asoex-estima-nuevo-record-209-mil-toneladas-de-cerezas-chilenas-seran-exportadas-esta-temporada-2019-2020.html>> Extraído el: 10/07/20.
- Beuzon C., Ruiz-Albert J., & et al. (2015). Microbiología de plantas. *SEM@foro, Revista de La Sociedad Española de Microbiología*, 60, 51–60. Recuperado en<[www.design-2aa.com](http://www.design-2aa.com)>.
- Cazorla, F. M., Arrebola, E., Pérez-García, A., & Tores, J. A. 2006. Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* De novo analysis of the epiphytic transcriptome of the cucurbit powdery mildew fungus *Podosphaera xanthii* and identification of candidates secreted effector proteins View project. *Article in European Journal of Plant Pathology*. Extraído en <<https://doi.org/10.1007/s10658-006-9059-7>>.
- Chamorro, P., & et al. 2010. Berries & Cherries, Edición 3 by Revista Berries and Cherries, issuu. *Berries & Cherries*, 3, 46–47. extraído en:<<https://issuu.com/berriesandcherries/docs/revista-3>>.
- CORFO - Innova. (2013). Guía de plagas y enfermedades en cerezos. *Programa de Difusión Tecnológica En Cerezos*, 5–8. <http://static.elmercurio.cl/Documentos/Campo/2013/02/05/2013020517318.pdf>.
- Cruz, M., & Jiménez, J. 1992. Enfermedades de mayor importancia en frutales de las regiones VII y VIII, art Cáncer bacterial. In *IPA QUIIAMAPU* N° (Vol. 54):16-20. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR14778.pdf>.
- Gil. 2012. Fruticultura, La producción de Fruta: Frutas de clima templado y subtropical, Tercera edición actualizada. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 633p.
- Ellena, M. 2012. *Formación y Sistemas de Conducción del Cerezo Dulce*. 247: 13-201. Extraído el: <<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38439.pdf>>. Consultado el: 11/07/20.



- Kennelly, M. , Cazorla, F. , De Vicente, A., Ramos, C., & Sundin, G. W. 2007. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: Progress toward understanding and control. *Plant Disease*, 91(1), 4–17. Extraído en:<<https://doi.org/10.1094/PD-91-0004>>.
- Kyrkby, E., & Römheld, V. 2007. *MICRONUTRIENTES EN LA FISILOGIA DE LAS PLANTAS: FUNCIONES, ABSORCION Y MOVILIDAD*, *The International Fertilizer Society. United Kingdom*. 2-3p. Extraído en: <<https://portalfruticola.storage.googleapis.com/2016/12/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>>.
- Lamichhane, J. R., Osdaghi, E., Behlau, F., Köhl, J., Jones, J. B., & Aubertot, J. N. 2018. Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 38, Issue 3). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>.
- Lemus, G. 2020. Cáncer Bacterial del Cerezo: Epidemiología de la enfermedad y estrategias de control, Rengo, Chile. 38-40. Extraído en: < <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR42059.pdf>>
- Lolas, M., Torres, A., & Labra, E. 2006. Cerezos: principales enfermedades presentes en la región del maule. *Boletín INIA N°141*, 33–45. Extraído en: <<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33337.pdf>>.
- Latorre, B. 2018. Compendio de las Enfermedades de las Plantas, Ediciones UC. Santiago, Chile. 733p.
- Latorre, B. 2008. Cerezos saludables. Agronomía y Forestal UC. Santiago, Chile. (34). 4p.
- Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Sexta edición. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 638 p.
- Lemus G., Osorio N., & et al. 2019. Cancer bacteriano en cerezos: Opciones de control de cancos. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41664.pdf>.
- Lemus, G. 2005. El cultivo del Cerezo. Boletín técnico N°133. Instituto de Investigación Agropecuarias INIA. Santiago, Chile. (251) 0717-4829. Recuperado en: < [http://agroavances.com/img/publicacion\\_documentos/Manual-produccion-El-cultivo-del-cerezo.pdf](http://agroavances.com/img/publicacion_documentos/Manual-produccion-El-cultivo-del-cerezo.pdf)>.
- Michelotti, V., Lamontanara, A., Buriani, G., Orrù, L., Cellini, A., Donati, I., Vanneste, J. L., Cattivelli, L., Tacconi, G., & Spinelli, F. (2018). Comparative transcriptome analysis of the interaction between *Actinidia chinensis* var. *chinensis* and *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* in absence and presence of acibenzolar-S-methyl. *BMC Genomics*, 19(1), 1–22. extraído en<<https://doi.org/10.1186/s12864-018-4967-4>>.
- Mikiciński, A., Sobiczewski, P., & Berczyński, S. (2012). Efficacy of fungicides and essential oils against bacterial diseases of fruit trees. *Journal of Plant Protection Research*, 52(4), 467–471. Recuperado en: <<https://doi.org/10.2478/v10045-012-0075-7>>.
- Morales, C. G. 2017. *CAPÍTULO 6. USO DE BIOESTIMULANTES*, *Manual de manejo agronómico del arándano.*, INIA-INDAP, Santiago. Chile.43-44p. 0717 - 4829.

- Muñoz, M. (2015). Cerezas: frutas en expansión Autor: Marcelo Muñoz V. Cerezas-exportaciones-producción-superficie-precios-variedades, ODEPA, Santiago, Chile. 6 p. Recuperado en< [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)>Consultado el: 19 de mayo de 2020.
- ODEPA/CIREN. (2019). Catastro frutícola principales resultados ODEPA, Ministerio de Agricultura, Centro de información de recursos naturales CIREM, Santiago, Chile. 48 p. Recuperado<<https://www.odepa.gob.cl/wpcontent/uploads/2019/08/catastroMaule2019.pdf>>Consultado el: 18 de mayo del 2020.
- Osorio, V., Millas, P., & Otárola, J. 2020. *Capítulo 6. Detección en campo y alternativas de control*, Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA. Rengo, Chile. Extraído en<<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR42065.pdf>>.
- ProChile. (2017). *PMP Estudio de Mercado CEREZAS, ministerio de relaciones exteriores ProChile, Hong Kong*. 20 p. Recuperado en< [http://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/pmp\\_cerezas\\_hong\\_kong\\_2017.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/pmp_cerezas_hong_kong_2017.pdf)>Consultado el: 20 de mayo del 2020.
- Rajasekaran, P., Kannan, H., Das, S., Young, M., & Santra, S. (2016). Comparative analysis of copper and zinc based agrichemical biocide products: materials characteristics, phytotoxicity and in vitro antimicrobial efficacy. *AIMS Environmental Science*, 3(3), 439–455. Recuperado en: <<https://doi.org/10.3934/environsci.2016.3.439>>.
- Renick, L. J., Cogal, A. G., & Sundin, G. W. 2008. *Phenotypic and Genetic Analysis of Epiphytic Pseudomonas syringae Populations from Sweet Cherry in Michigan*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-3-0372>.
- ReZist. 2019. *FICHA TÉCNICA*. Chile. Extraído en:<[www.stoller.cl](http://www.stoller.cl) > Recuperado el:10/11/20.
- Rivera Coto, G. 2007. Conceptos Introductorios a la Fitopatología. En: Zamora Murillo, C.F., editor. *Editorial Universidad Estatal a Distancia. primera reimpresión. San José, Costa Rica*, 25–29. Recuperado en <[https://books.google.com.co/books?id=xpTHXEWG\\_t8C&pg=PR6&lpg=PR6&dq=Rivera+2007+fitopatologia&source=bl&ots=OPRK-4hH\\_I&sig=PQbPd5o2HFIQeRUwO42Jd3otc8&sa=X&ei=FeITU7a6DlajkQeKzYHACA&redir\\_esc=y&hl=en#v=onepage&q=Rivera+2007+fitopatologia&f=true](https://books.google.com.co/books?id=xpTHXEWG_t8C&pg=PR6&lpg=PR6&dq=Rivera+2007+fitopatologia&source=bl&ots=OPRK-4hH_I&sig=PQbPd5o2HFIQeRUwO42Jd3otc8&sa=X&ei=FeITU7a6DlajkQeKzYHACA&redir_esc=y&hl=en#v=onepage&q=Rivera+2007+fitopatologia&f=true)>.
- Rina, P. 2010. Compendio de bacterias y hongos de frutales y vides en Chile, Primera Edición, Unidad Comunicación y Prensa, SAG. Santiago, Chile. 153p.
- SAG- Quimetal. 2017. *CALDO BORDALES 25% WG* servicio agrícola y Ganadero SAG, Santiago, Chile. 2 p. Recuperado en: <[http://www.sag.cl/sites/default/files/caldo\\_bordales\\_25\\_wg\\_28-06-2017.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/caldo_bordales_25_wg_28-06-2017.pdf)> Extraído el: 13/07/20.
- SAG. 2018. *STREPTO PLUS FUNGICIDA-BACTERICIDA POLVO MOJABLE (WP)* Autorización del Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile. 2 p. Recuperado en: <[https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol.\\_renov.\\_traspaso\\_tit.\\_strepto\\_plus\\_anasac\\_chile\\_s.a.\\_etiqueta.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol._renov._traspaso_tit._strepto_plus_anasac_chile_s.a._etiqueta.pdf)> Extraído el: 13/07/20.
- Sayler, R. J., & Kirkpatrick, B. C. (2003). The effect of copper sprays and fertilization on bacterial canker in French prune. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25(4), 406–410. Recuperado en: <https://doi.org/10.1080/07060660309507097>.

- Scheck, H. J., & Pscheidt, J. W. (1998). Effect of copper bactericides on copper-resistant and -sensitive strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Plant Disease*, 82(4), 397–406. Recuperado en: <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.4.397>.
- Slabbinck, B., De Baets, B., Dawyndt, P., & De Vos, P. 2010. Análisis de *Pseudomonas* Fitopatógenas Usando Métodos Inteligentes de Aprendizaje: Un Enfoque General Sobre Taxonomía y Análisis de ácidos Grasos Dentro del Género *Pseudomonas*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28, n°1 Recuperado en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092010000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092010000100001).
- Spotts, R. A., Wallis, K. M., Serdani, M., & Azarenko, A. N. (2010). Bacterial canker of sweet cherry in oregon-infection of horticultural and natural wounds, and resistance of cultivar and rootstock combinations. *Plant Disease*, 94(3), 345–350. Recuperado en: <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-3-03>
- Stoller. 2019. Ficha tecnica ReZist. 2p. Recuperado en: [http://www.stoller.cl/ftecnica/Rezist\\_1219.pdf](http://www.stoller.cl/ftecnica/Rezist_1219.pdf).  
Extraído el: 13/07/20.
- Sundin, G. W., Jones, A., & Fulbright, D. 1989. Copper Resistance in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from Cherry Orchards and its Associated Transfer in Vitro and in Planta with a Plasmid . *Phytopathology*, 79(8), 861. Extraído en:<https://doi.org/10.1094/phyto-79-861>.
- Syngenta. 2020. *BION® 50 WG - Fungicidas | Syngenta*. Chile. Extraído en:<https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/bionr-50-wg> Recuperado el: 10/11/20.
- Torri, S. I., Urricariet, S., Ferrais, G., & Lavado, R. 2010. Capítulo 5. *Micronutrientes en agrosistemas*.395-397 p.
- Trebilcock, P., Figueroa, P., Pizarro, R., Fabres, F., Velasco, J., Moreno, R., & G, M. (2018). Una conversación técnica sobre agricultura. *RedAgricola*, 96, 30–32. Extraído en:[www.redagricola.com](http://www.redagricola.com), Recopilado el: 05/10/20.

## 8. ANEXO



**Figura 8.** Árboles de cerezo Lapins, en patrón Mercier, distribuidas en tratamientos, después de ser plantados en macetas, 01 de octubre, 2019.



**Figura 9.** Formulados utilizados en cada tratamiento, distribuidos en, T1 (testigo + agua), T2 (Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha), T3 (Cu + Zn + Mn 150 cc/hl), T4 (Cu + Zn + Mn 1,5 L/hl) y T5 (Cu + Zn + Mn 3 L/hl).



**Figura 10.** Primera aplicación de los formulados para los tratamientos T2 (Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha, a la izquierda) y T3 (Cu + Zn + Mn 150 cc/hl, a la derecha), 04 de octubre, 2019.



**Figura 11.** Primera aplicación formulados para T4 (Cu + Zn + Mn 1,5 L/hl, a la Izquierda) y T5 (Cu + Zn + Mn 3 L/hl, a la derecha), 04 de octubre, 2019.



**Figura 12.** Realización de pequeñas heridas en cerezos Lapins, 09 octubre, 2019.



**Figura 13.** Inoculación de cerezos Lapins con patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, 09 octubre, 2019



**Figura 14.** Incidencia y severidad del patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.



**Figura 15.** Exudación de goma por enfermedad cáncer bacterial producida por patógeno *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* en cerezo Lapins.



**Figura 16.** Comparación de tratamiento T1 (testigo + agua), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.



**Figura 17.** Comparación de tratamiento T2 (Acibenzolar-S-metilo 200 g/ha), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.





**Figura 18.** Comparación de tratamiento T3 (Cu + Zn + Mn 150 cc/hl), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.



**Figura 19.** Comparación de tratamiento T4 (Cu + Zn + Mn 1,5 L/hl), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.



**Figura 20.** Comparación de tratamiento T5 (Cu + Zn + Mn 3 L/hl), de la primera medición (derecha) y última medición (izquierda), realizadas el 04 de octubre del 2019 y el 19 de febrero del 2020 respectivamente.



**Figura 21.** Evaluación de incidencia y avance de necrosis en cerezo Lapins provocada por patógeno *P. syringae* pv. *syringae*, realizada en la última medición del estudio (120 DDA).