



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**CANCROS EN RAMILLAS DORMANTES DE ARÁNDANOS CV. DUKE ASOCIADOS A LA
INFECCIÓN POR BOTRYOSPHAERIACEAE OBTENIDAS DESDE MANZANOS, ARÁNDANOS, VIDES Y
NOGALES CON MUERTE REGRESIVA.**

MEMORIA DE TÍTULO

GERMÁN NICOLÁS ORTEGA QUINTANA

TALCA, CHILE

2022

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, 2022



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**CANCROS EN RAMILLAS DORMANTES DE ARÁNDANOS CV. DUKE ASOCIADOS A LA
INFECCIÓN POR BOTRYOSPHAERIACEAE OBTENIDAS DESDE MANZANOS, ARÁNDANOS, VIDES Y
NOGALES CON MUERTE REGRESIVA.**

Por

GERMÁN NICOLÁS ORTEGA QUINTANA

MEMORIA DE TÍTULO

Presentada a la universidad de Talca

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

TALCA, CHILE

2022

Aprobación:



Gonzalo Díaz Ulloa

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

Profesor Asociado

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias



Mauricio Lolas Caneo

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

Profesor Titular

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Fecha de presentación de Memoria de Título, 15 de julio de 2022

AGRADECIMIENTOS

La vida es un carrusel de vivencias que aportan a construir lo que somos y lo que queremos ser a futuro. Este carrusel lleva consigo, experiencias, aprendizajes, alegrías, tristezas y anhelos que implican esfuerzo, tolerancia, resiliencia y sobre todo amor. Amor, que está representado en mi familia, a quienes quiero agradecer, en primer lugar, gracias por el apoyo moral y humano, por estar a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis años de estudio en la universidad.

Agradezco a mi profesor guía Gonzalo Díaz, por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto, por sus valiosas y constructivas sugerencias durante la planificación y desarrollo de este trabajo. La disposición a dar su tiempo tan generosamente ha sido muy apreciada. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito.

También me gustaría extender mi agradecimiento al equipo del Laboratorio de Patología Frutal de la Universidad de Talca, quienes me ofrecieron las instalaciones para ejecutar la investigación. He de destacar, especialmente, a Mauricio Gutiérrez, por su valioso apoyo técnico y ayuda en la recopilación de datos, por siempre estar dispuesto a ayudarme y resolver mis dudas cuando lo necesitaba.

Además, agradecer a todas las personas que estuvieron conmigo en estos años de Universidad, a mis profesores, compañeros y en especial a mis amigos, no puedo dejar de agradecerles su apoyo y constancia. Gracias por estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio, por estar siempre presentes, y hacer que esta etapa de mi vida fuese muy feliz e inolvidable.

Por último, agradezco a la empresa Niceblue, por brindarme material vegetal y un espacio físico donde montar mi investigación.

Esta Memoria de Título va dedicada a mi madre, Juana Quintana, el pilar más importante de mi vida. Gracias por el esfuerzo, dedicación, paciencia, confianza, amor y por todo lo que me ha dado a lo largo de mi carrera y de mi vida.

RESUMEN

El sector productivo de frutas en Chile tiene un reconocimiento a nivel mundial, siendo este uno de los principales países productores y exportadores de frutas del hemisferio sur. Una de las principales especies producidas y exportadas son los arándanos, ya que existen alrededor de 18.375 hectáreas establecidas con este arbusto frutal, concentrando su producción en las regiones centrales del país, donde la Región del Maule tiene un rol fundamental en la productividad e ingresos económicos, siendo la principal superficie plantada y zona productiva con 5.942 hectáreas, representando el 32,3% a nivel nacional.

El mercado del arándano es altamente rentable, sin embargo, la producción de este frutal se ve afectada por problemas de enfermedades fitosanitarias principalmente de tipo fungoso, que perjudican directamente su rendimiento, tanto en calidad, como en cantidad de fruta exportada. En los últimos años las producciones nacionales se han visto afectadas por enfermedades de la madera, especialmente por muerte regresiva y canchros, las cuales tienen principalmente por agente causal a hongos de la familia Botryosphaeriaceae destacándose especies como *Neofusicoccum arbuti*, *N. australe*, *N. parvum*, *N. nonquaesitum*, *Diplodia seriata*, *D. mutila*, *Lasiodiplodia theobromae* entre otros. Actualmente es muy común que las especies frutales como vides, manzanos, arándanos y nogales se cultiven en zonas muy cercanas entre ellas, en relación con esto, se plantea que estos distintos hospederos frutales pueden ser fuentes de inóculo asociados a muerte regresiva para arándanos.

El objetivo de este trabajo es determinar la virulencia en ramillas de arándanos en condición de invernadero y campo de cinco especies de Botryosphaeriaceae (*Diplodia seriata*, *D. mutila*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum arbuti* y *N. parvum*), recolectadas de diferentes hospederos frutales de distintas zonas de Chile (arándanos, manzanos, nogal y vides). Para realizar este estudio se utilizó ramillas en receso de arándanos, las cuales mediante heridas de poda fueron infectadas con diez aislados fúngicos de dicha familia más un control. Los resultados de este estudio indican que en condición de invernadero los aislados de *Neofusicoccum parvum* provenientes de arándanos y nogal fueron los más patogénicos, mientras que en condición de campo los aislados de *Neofusicoccum parvum* recolectados de arándanos y vides junto con el aislado de *Neofusicoccum arbuti* extraído de manzano fueron significativamente los más virulentos. En general el presente trabajo nos evidencia que las especies más agresivas fueron los aislados propios del arándano como los obtenidos de otros hospederos frutales, donde los aislados del género *Neofusicoccum* fueron los más virulentos, en particular *N. parvum*, a su vez el aislado que presentó una menor virulencia fue *Lasiodiplodia theobromae*.

Palabras claves: Botryosphaeriaceae, arándano, muerte regresiva, canchros.

ABSTRACT

Fruit production from Chile is recognized worldwide, being one of the main producing and exporting countries in the southern hemisphere. A very important fruit are blueberries, since there are around 18,375 hectares established in the country. Production of blueberries is concentrated in the central regions of the country, where the Maule Region plays a fundamental role in productivity and economic income. Maule has 5,942 hectares of blueberry crop, representing 32.3% of the total production area.

The blueberry market is highly profitable; however, the production of this fruit is affected by several diseases, mainly of a fungal type that directly harm the yield and quality of the exported fruit. In recent years, national production has been affected by fungi of the Botryosphaeriaceae family such as *Neofusicoccum arbuti*, *N. australe*, *N. parvum*, *N. nonquaesitum*, *Diplodia seriata*, *D. mutila*, and *Lasiodiplodia theobromae*, among others. These fungi are the main causes of dieback and cankers in various fruit trees worldwide. Also, these fungi are common for fruit species such as vines, apple trees, blueberries and walnuts grown in areas close to each other. In relation to this, it is proposed that different fruit hosts may be sources of inoculum associated with dieback of blueberries.

The main objective of this work is to determine the virulence in blueberry twigs under greenhouse and field conditions of five species of Botryosphaeriaceae (*Diplodia seriata*, *D. mutila*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum arbuti* and *N. parvum*) originally collected from several fruit hosts from different areas from Chile (blueberries, apple trees, walnut trees and vines). To carry out this study, twigs and branches in winter dormant blueberry were used, which through pruning wounds were infected with ten fungal isolates of said family plus a control isolate. The results of this study in greenhouse conditions indicated that *Neofusicoccum parvum* isolates from blueberries and walnut were the most virulent. However, in field conditions *Neofusicoccum parvum* isolates, collected from blueberries and vines, and *Neofusicoccum arbuti* isolates extracted from apple were significantly the most virulent. In general, the present work shows us that the most aggressive species were the isolates from blueberries, as well as those obtained from other host fruits where the isolates of the genus *Neofusicoccum* were the most pathogenic, particularly *N. parvum*, while the isolate that presented less virulence was *Lasiodiplodia theobromae*.

Keywords: Botryosphaeriaceae, blueberry, dieback, cankers.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Hipótesis:	11
1.2 Objetivo general:	11
1.3 Objetivo específico:	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Generalidades del arándano	12
2.2 Situación a nivel mundial	15
2.3 Introducción cultivo de arándano en Chile.....	9
2.4 Situación actual del cultivo del arándano en Chile	9
2.5 Situación y superficie en la Región del Maule	11
2.6 Cultivar Duke	13
2.7. Enfermedades del arándano	14
2.8 Familia Botryosphaeriaceae	16
2.9 Cancros de la madera y muerte regresiva en arándanos observadas en el mundo y Chile	19
2.10. Síntomas de cancrrosis y muerte regresiva.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Ubicación del estudio.....	22
3.3 Infección de ramillas de arándanos en condición de invernadero	23
3.5 Diseño experimental y análisis estadístico	25
4. RESULTADOS	26
4.1 Lesión necrótica en ramillas en condición de invernadero	26
4.2 Lesión necrótica de ramillas en condición de campo	29
5. DISCUSIÓN	32
6. CONCLUSIÓN	36
7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Exportación de arándanos frescos en toneladas del hemisferio sur.....	15
Cuadro 2.2. Producción mundial de “arándano alto o highbush” (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) por Región, durante la temporada 2018, 2019 y 2020.....	9
Cuadro 2.3. Evolución de la superficie de arándano plantada en la Región del Maule desde 1994 hasta el 2016.....	12
Cuadro 2.4. Superficie de las principales variedades de arándanos en la Región del Maule en los años 2007, 2016 y 2019	12
Cuadro 3.1. Aislados de botryosphaeriaceae detallando las especies, hospedero y origen.	23
Cuadro 4.1. Análisis de varianza (ANDEVA) para sqrt (largo lesión (mm)) por tratamiento correspondiente a Botryosphaeriaceae spp	26
Cuadro 4.2. Lesión necrótica en ramillas de arándano (cinco años) de los diferentes aislados de botryosphaeriaceae, después de 4 meses de incubación.....	27
Cuadro 4.3. Análisis de varianza para sqrt (largo lesión) - suma de cuadrados tipo III.....	30
Cuadro 4.4. Lesión necrótica en ramillas de arándanos de los diferentes aislados de botryosphaeriaceae spp., después de 9 meses de incubación en el campo.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Huerto de arándanos en receso, junio.....	14
Figura 2.2. Inflorescencia del arándano (A) y cuaja de frutos (B).....	14
Figura 2.3. Exportación de arándanos frescos (Ton) y su participación en los mercados de destino (%)	10
Figura 2.4. Superficie relativa de arándanos por Provincia de la Región de Maule	11
Figura 2.5. Arándano cv. Duke. Frutos (A) y estructura vegetativa (B)	13
Figura 2.6. Triángulo de la enfermedad compuesto por patógeno virulento, hospedero susceptible y condiciones ambientales predisponente para la infección	14
Figura 2.7. Atizonamiento de flores (A) y cámara húmeda de frutos mostrando desarrollo de moho gris (B) asociados a <i>Botrytis cinerea</i>	15
Figura 2.8. Planta de vid cv. Cabernet sauvignon con síntomas de muerte de brazos. Brazo con cargadores muertos (A). Corte transversal de brazos de planta con muerte regresiva que muestra cancro pardo de forma de v (B).....	17
Figura 2.9. Síntomas de cancrrosis y muerte regresiva en manzanos comerciales cv. cripps pink en la Región del Maule. Cancro alargado en el tronco de árbol adulto de manzano con muerte regresiva de brazos (A). Muerte regresiva del eje central (B). Cancros en tronco y ramillas (C).....	18
Figura 2.10. Planta de arándano con síntomas de muerte regresiva en ramillas asociadas a botryosphaeriaceae. Ramillas con muerte regresiva, con brotes rojizos (A). Ramillas mostrando tejido necrótico y cancro externo (B). corte transversal de ramilla con cancro pardo (C). Corte transversal corona de una planta con necrosis que presenta muerte regresiva de ramillas (D)	21
Figura 2.11. Ramilla de arándano cv. Duke mostrando muerte regresiva asociados a botryosphaeriaceae spp. en un campo comercial de plantación de 10 años de edad, Linares, Región del Maule.....	21
Figura 3.1. Zona del estudio de campo, fundo El Arrayan (A) y Laboratorio Patología Frutal, Universidad de Talca (B)	22
Figura 3.2. Medición de la lesión necrótica de la ramilla cv. Duke, desde la zona de inoculación (herida de poda), hacia la base del aislado	24
Figura 3.3 Inoculación de ramillas cv. Duke con 100 ul de suspensión de conidios del aislado (NP-ara-1), sector La Posada, Linares	25

Figura 4.1. Lesión necrótica externa e interna en ramillas de arándano cv. Duke inoculadas con suspensión de fragmentos de micelio de <i>Neofusicoccum parvum</i> (NP-ara-2) después de 2 meses de incubación en condición de invernadero.....	26
Figura 4.2. Reaislamiento positivos a botryosphaeriaceae spp. en condición de invernadero. Confirmando la presencia e identificación de cada especie y aislado, cumpliéndose así los postulados de Koch	28
Figura 4.3. Lesiones necróticas externa e interna en ramillas lignificadas de arándano cv. Duke en condición de campo después de nueve meses de inoculadas con 100 ul de suspensión de fragmentos de micelio del aislado (NP-ara-1) de <i>Neofusicoccum parvum</i>	29
Figura 4.4. Reaislamiento positivo a Botryosphaeriaceae spp. en condición de campo. Confirmando la presencia e identificación de cada especie y aislado, cumpliéndose así los postulados de Koch.....	31

1. INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los principales países abastecedores de fruta fresca de contra-estación hacia el hemisferio norte. Uno de los productos más exportados y una de las alternativa que mayores resultados ha generado es la producción de “berries”, especialmente los frutales arbustivos destacándose entre estos el arándano (Sánchez, 2006). El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), es una especie que pertenece a la familia Ericaceae y al género *Vaccinium*. Este género se caracteriza por agrupar a especies nativas principalmente del hemisferio norte, donde el arándano es un arbusto leñoso deciduo o siempreverde, de altura media, hoja simple, de ovada a lanceolada, cuyo fruto es una baya esférica de coloración que va desde azul claro hasta negro azulado, sabor agrídulce, jugoso y aromático, con un calibre que varía entre los 0,7 a los 1,5 cm dependiendo de la variedad (Muñoz, 2015). Es una especie muy apetecida por el consumo de los frutos frescos y de sus subproductos (congelados, jugos, pulpas, helados, entre otros) a nivel mundial por los atributos principalmente asociados al alto contenidos de antioxidantes, particularmente antocianinas, las cuales están vinculadas a una mejor salud y a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Miller et al., 2019; Wood et al., 2019).

El cultivo comercial de arándanos en Chile se inicia a mediados de los 80 en el sur del país, presentando luego un rápido desarrollo impulsado por las exportaciones. Actualmente es el arbusto frutal más importante de Chile, posee la mayor superficie plantada del país, con un total de 18.375 hectáreas. La Región del Maule se destaca por ser la principal superficie plantada y zona productiva con 5.942 hectáreas, representando el 32,3% a nivel nacional. Su producción principalmente es destinada a la exportación, siendo los principales destinos Estados Unidos y Europa (ODEPA, 2021).

Sin embargo, la producción, rendimiento y calidad se ve afectada por diversos problemas, destacándose el impacto que generan las enfermedades causadas por hongos, ya que estas pueden alterar su correcto desarrollo, acortar su vida productiva y afectar la cantidad de fruta a producir. Las condiciones climáticas son predisponentes para enfermedades fúngicas, en especial para la cancrrosis y muerte regresiva, las cuales han sido observadas con más frecuencia a lo largo de la zona productiva de arándanos de Chile (Espinoza et al., 2009).

Especies pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, son importantes fitopatógenos asociados a pudriciones de frutos, manchas foliares, gomosis, pudrición del cuello, dumping-off en plántulas, defoliación y muerte regresiva (Slippers y Wingfield, 2007; Tang et al., 2012; Wu et al., 2021; Zhou et al., 2015; Zlatković et al., 2016;). Esta última, enfermedad que consiste en la pérdida progresiva de hojas, ramillas y tallos, causada por una infección que avanza desde zonas más jóvenes hacia zonas más viejas de la planta, donde internamente se generan heridas que forman necrosis en haces vasculares, síntoma conocido como cancrrosis de la madera (Sánchez et al., 2003), al conjunto de estos síntomas se le conoce como síndrome de declinamiento (Slippers y Wingfield, 2007).

Esta familia tiene una gran distribución geográfica y climática en el mundo, exceptuando las regiones polares. Además, diversos estudios han demostrado la capacidad de estos hongos para 'brincar' de sus hospedantes nativos originales a cultivos agrícolas que se establecen en áreas cercanas, pertenecientes a la misma familia botánica o a una familia diferente (Mondragón et al., 2021). En los últimos años, en diversos hospedantes se han descrito especies desconocidas, en nuevas regiones geográficas. Lo anterior indica que estos hongos se están dispersando por todo el mundo como resultado de la globalización comercial, convirtiéndolos en una amenaza potencial para los agroecosistemas, bosques, plantas nativas e introducidas (Netto et al., 2017).

Estos hongos afectan una amplia gama de diferentes hospederos monocotiledóneas, dicotiledóneas y gimnospermas (Crous et al., 2006), entre estos, muchos frutales de gran importancia a nivel mundial como arándanos (Hilário et al., 2020; Rodríguez et al., 2020), manzanos (Delgado-Cerrone et al., 2016; Rooney y Soriano, 2016; Martins et al., 2018; Tang et al., 2012), paltos (McDonald y Eskalen, 2011; Valencia et al., 2019) vides (Gramaje et al., 2018), mangos (de Oliveira et al., 2010), kiwis (Zhou et al., 2015), almendro (Inderbitzin et al., 2010), pistacho (Nouri et al., 2019), perales (Shen et al., 2010), olivo (Moral et al., 2019), ciruelos (Back et al., 2022), nogales (Chen et al., 2014; Jiménez et al., 2022), durazno (Li et al., 1995) y avellano europeo (Wiman et al., 2019) entre otros.

En Chile, las especies de Botryosphaeriaceae se han descrito causando problemas en vides (Morales et al., 2012), nogales (Díaz et al., 2018), manzanos (Díaz et al., 2019; Díaz et al., 2022), kiwis (Díaz et al., 2021), paltos (Valencia et al., 2019), limoneros (Guajardo et al., 2018), arándanos (Espinoza et al., 2009; Latorre et al., 2013). Y recientemente el laboratorio de patología frutal de la Universidad de Talca aisló y caracterizó a *N. parvum* causando muerte regresiva en avellano europeo en la Región del Maule (Pávez., 2021). A su vez las especies de Botryosphaeriaceae descritas en Chile se encuentran *Neofusicoccum arbuti*, *N. australe*, *N. parvum*, *N. nonquaesitum*, *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *D. coryli* y *Dothiorella* spp. Entre otros.

En la actualidad es muy recurrente que las especies frutales como vides, arándanos, manzanos y nogales se cultiven en las proximidades y en zonas muy cercanas entre ellas como en California, Sudáfrica, España y Chile (Díaz y Latorre, 2020). En este contexto, se plantea que distintos hospederos frutales pueden ser fuentes de inóculo asociado a muerte regresiva para arándanos. Dicha información será de gran utilidad para la realización de futuros estudios sobre manejos de esta enfermedad, ya que ha sido un factor limitante en la longevidad y producción de este cultivo durante el último tiempo, provocando reducciones en el rendimiento y aumentos en los costos de producción debido a la necesidad de intervención con prácticas agronómicas y medidas preventivas (Wright y Harmon, 2010).

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

1.1 HIPÓTESIS:

Las heridas de poda de ramillas de arándanos son infectadas por Botryosphaeriaceae, desarrollando canchros necróticos en los tejidos, pero la extensión de la lesión varía en virtud de la especie de Botryosphaeriaceae inoculada, en donde los aislados propios del arándano serían más virulentos que el resto de las especies obtenidas desde otro hospedero frutal.

1.2 OBJETIVO GENERAL:

Determinar el grado de la extensión de canchros en ramillas de arándanos inoculadas con Botryosphaeriaceae spp. recolectadas desde manzanos, arándanos, vides y nogales con muerte regresiva.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO:

Determinar lesión necrótica, causada por Botryosphaeriaceae spp. inoculadas sobre heridas de poda de ramillas de arándano cv. Duke en condiciones de invernadero.

Determinar lesión necrótica, causada por Botryosphaeriaceae spp. inoculadas sobre heridas de poda de ramillas de ramillas de arándano cv. Duke en condiciones de campo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del arándano

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) representa una de las especies frutales de más reciente domesticación. Los primeros programas de selección de arbustos y de técnicas de propagación se iniciaron en Norteamérica a finales del siglo XIX, comienzos del siglo XX, actualmente se tienen disponibles gran cantidad de variedades de este frutal, las cuales son el resultado del cruzamiento de varias especies del género *Vaccinium* (Leal, 2012). El arándano un arbusto genéticamente tetraploides ($2n=48$), donde sus frutos poseen un comportamiento climatérico (alza de respiración y producción de etileno), pero a diferencia de otros frutos climatéricos, las características organolépticas del arándano no mejoran si es cosechado sin alcanzar la madurez fisiológica (Defilippi et al., 2017; González, 2016). Es nativo del hemisferio norte y se cultiva desde los 600 hasta 2.500 msnm en diversas partes del mundo (Álvarez et al., 2019), presenta crecimiento arbustivo, su madera es leñosa y por lo general es deciduo (**Figura 2.1**), en general requieren poda anualmente para mantener un buen nivel productivo y producir fruta de buena calidad. En su estado nativo, la especie puede llegar a medir de 1 a 3 m de altura (Muñoz, 2015).

El arándano pertenece a la familia Ericáceas, subfamilia Vacciniaceae, género *Vaccinium*, subgénero *Cynacoccus* y es considerado dentro del grupo de los berries (Pritts y Hancock, 1992). El género *Vaccinium* spp. está constituido por más de treinta especies, pero solo un pequeño grupo tiene relevancia e importancia comercial a nivel mundial, destacándose el “arándano alto o Highbush” (*V. corymbosum* L.), “arándano ojo de conejo o Rabbiteye” (*V. ashei* R) y el “arándano bajo o Lowbush” (*V. angustifolium* A).

La especie *V. corymbosum* es considerada la de mayor importancia comercial en el sector frutícola nacional como a nivel mundial (Barriga et al., 1991; Kalt y McDonald, 1996). Es más, el arándano alto representa el 85% de la superficie cultivada en el mundo (García et al, 2013). A su vez las variedades de arándano alto están separadas en “Northern” y “Southern” dependiendo sus requerimientos de horas frío y su resistencia al invierno. “Southern highbush” está dividida en variedades ideales para zonas de menor requerimiento de frío, mientras que “Northern highbush” requieren mayores requerimientos térmicos en receso invernal. (Morales, 2017). Actualmente en Chile podemos encontrar más de 50 variedades de arándanos, las cuales han sido plantadas en estos más de 40 años de la introducción del cultivo. Sin embargo, los cultivares que predominan en la industria son 'Duke', 'Bluecrop', 'Legacy', 'O'Neal', 'Brigitta', 'Elliot', 'Star', 'Emerald', entre otros (Retamales y Hancock, 2012).

El arándano presenta un sistema radical de tipo ramificado, de raíces finas, fibrosas y de poca extensión, concentrando el 80% de sus raíces a 50 cm de profundidad del suelo (La Rosa et al., 2017), se caracteriza por carecer de pelos radicales y por ser muy sensible al déficit y exceso de agua debido a que sus raíces presentan baja capacidad de absorción y son incapaces de atravesar superficies de suelos muy compactas, en general las raíces jóvenes son las que realizan la principal labor de absorción (Morales, 2017). Posee hojas simples cortamente pediceladas distribuidas en forma alterna en la ramilla y su forma puede ir de ovada a lanceolada, pudiendo presentar margen entero o aserrado, estas presentan un color verde pálido, pero en otoño desarrollan una pigmentación rojiza (**Figura 2.1**), en general las hojas de las especies domesticadas normalmente caen a fines de otoño, sin embargo, las hojas pueden también permanecer adheridas a la planta en climas benignos (Retamales y Hancock, 2012). Las flores son perfectas y nacen en racimos de 6 a 10 (generalmente invertido), su color es blanco y emergen de yemas laterales simples (**Figura 2.2**). El fruto corresponde a una baya casi esférica (**Figura 2.2**), cuya epidermis se encuentra recubiertas de un estrato o capa protectora de pruina, denominada “bloom” que le da un color especial a la fruta, dependiendo del cultivar, puede variar en tamaño, a medida que madura, pasa por distintos grados de coloración desde el verde al azul, debido a la acumulación de antocianinas, además, se caracteriza por presentar un bajo nivel de calorías y un alto número de compuestos beneficiosos para la salud humana (Buzeta, 1997; Undurraga et al., 2013).

Dicho efecto benéfico está asociado en gran medida a la capacidad antioxidante de distintos fotoquímicos presentes en el arándano capaces de prevenir o ralentizar los procesos oxidativos que intervienen en numerosas patologías entre ellas cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer e incluso el envejecimiento (López-Alarcón y Denicola, 2013). Los compuestos fenólicos son los principales responsables de dicha capacidad antioxidante, siendo los frutos del arándano una de las mejores fuentes de fenoles de distinta naturaleza; ácidos fenólicos, flavonoles y antocianinas (Arteaga y Arteaga, 2016; Zapata et al., 2014). Además, estos frutos son ricos en vitamina C, potasio, hierro y calcio, el cual es necesario en la transmisión y generación del impulso nervioso, en la actividad muscular normal e intervienen además en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. Por otro lado, los frutos constituyen una buena fuente de fibra que mejora el tránsito intestinal y contienen taninos, los cuales les confieren propiedades astringentes (Jiménez y Abdelnour, 2013).

Los arándanos crecen bien en suelos con pH entre 4,4 y 5,5, aunque en Chile se ven huertos creciendo bien con pH de 5,8 a 6,0, estos se caracterizan por necesitar suelos sueltos, bien drenados, con abundante estructura de macroporos, livianos, con mucha aireación y con buen contenido de materia orgánica entre 3% a 5%. En general, la planta de arándano durante el otoño en climas fríos presenta un periodo de dormancia debido a la presencia de bajas temperaturas y fotoperiodo corto, por lo que dependiendo de la variedad requiere entre 200 y 1200 horas frío (HF) con un umbral de 7°C para la iniciación floral y crecimiento de hojas en la primavera. La temperatura óptima de crecimiento de raíces va en el rango de 18 - 22°C, de brotes, hojas y frutos entre 20 - 26°C (Álvarez et al., 2019; Undurraga et al., 2013).

Por otro lado, el fruto es muy perecedero, su vida de almacenamiento a 0°C varía entre 14 y 20 días dependiendo de los factores previos a la cosecha (cultivar, etapa de madurez y método de cosecha) (Figuroa et al., 2010), por lo que las condiciones de almacenamiento requieren técnicas avanzadas de postcosecha para mantener su calidad fisiológica y funcional (Dai et al., 2021; Falagán et al., 2020). A su vez, la vida productiva de este arbusto es de alrededor de 20 años con buen manejo, bajo condiciones óptimas de clima y suelo, sin embargo, se ha informado de plantas de más edad que aún presentan un buen nivel de producción (Buzeta, 1997).

Los arándanos son generalmente usados para consumo en fresco y congelados, aunque en el último tiempo ha aumentado su consumo como postre de frutas, rellenos de pasteles, yogurt, barras de cereales, galletas, helado (Barrionuevo et al., 2011), preparación de tortas, deshidratados, jugos y mezclas con cereales para el desayuno. Además, es utilizado en jarabes, productos de belleza, medicinas, mermeladas y conservas, (Olivares y Uriburu, 2015). Lo que explica que la demanda y gasto por estos aumente cada año.



Figura 2.1. Huerto de arándanos en receso, junio. (France, 2013).

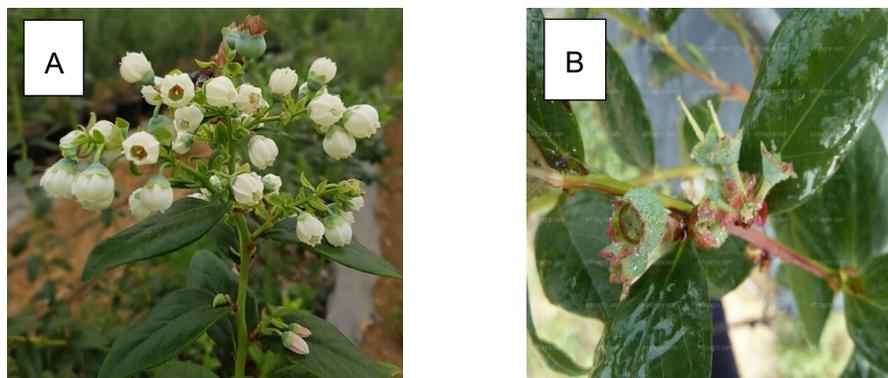


Figura 2.2. Inflorescencia del arándano (A) y cuaja de frutos (B). (France, 2013).

2.2 Situación a nivel mundial

A nivel mundial, el mercado del arándano es una actividad rentable y productiva que ha cobrado relevancia económica, política y social, encontrándose en pleno crecimiento y desarrollo (González et al., 2019). La cada vez más marcada tendencia por el consumo de productos sanos, ricos en antioxidantes, que mejoren y prolonguen la vida, hacen de los arándanos una fruta especial, tanto para su consumo en fresco, como procesado (Seeram, 2013). El arándano está catalogado como una “Súper Fruta” y está siendo demandado por nuevos mercados y consumidores, a los cuales no les importa si es invierno o verano, por lo que, la estacionalidad para esta fruta pasa a ser un tema secundario, esto lo ha posicionado como uno de los productos más apetecidas en el mercado nacional e internacional (González, 2013). En la actualidad, Estados Unidos es el mayor productor y consumidor en el mundo de este arbusto frutal (FAOSTAT, 2021). Por otra parte, en el 2020 la producción mundial de arándanos alcanzó las 1387 toneladas aproximadamente (**Cuadro 2.2**), siendo América el principal continente productor (IBO, 2021).

Por su parte, en el ámbito de las exportaciones, el hemisferio sur sigue con una tendencia al alza, es más la temporada 2020/21 alcanzó un récord de exportación, con más de 311 mil toneladas. A su vez, Perú es el líder en la producción y exportación de arándanos del hemisferio sur, según la International Blueberry Organization (IBO) su crecimiento no muestra signos de detenerse y cada temporada registra nuevos máximos de exportación, el segundo productor y exportador es Chile, que en la temporada 2020/21 alcanzó un récord histórico de 117 mil toneladas lo que significa un 38% de participación en el total de los envíos de la Región, le sigue Sudáfrica con un 5%, mientras que los otros países del hemisferio sur, entre los que se encuentran Uruguay, Nueva Zelanda, Australia y Colombia, aportan en conjunto con el 1% de las exportaciones de la Región (**Cuadro 2.1 y 2.2**) (iQonsulting, 2021).

Cuadro 2.1. Exportación de arándanos frescos en toneladas del hemisferio sur. (iQonsulting, 2021)

Proveedor	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Perú	13	28	49	79	120	163
Chile	91	104	110	111	109	117
Sudáfrica	2	3	5	8	12	16
Argentina	15	20	21	18	15	12
Nueva Zelanda	2	2	2	2	2	2
Uruguay	2	2	1	1	1	989
Australia	260	373	235	204	387	354
Colombia	0	0	0	1	179	346
Total	126	157	188	220	261	311

Cuadro 2.2. Producción mundial de “arándano alto o Highbush” (*Vaccinium corymbosum* L.) por Región, durante la temporada 2018, 2019 y 2020. International Blueberry Organization (IBO), 2021.

Global Highbush	2018			2019			2020		
Productions totals	Fresh	Process	Total	Fresh	Process	Total	Fresh	Process	Total
Americas	455	204	659	549	244	793	567	247	814
South America	235	54	289	282	56	338	320	66	387
North America	171	150	321	208	188	395	184	180	364
Mexico/Central America	48	0.7	48	59	0.5	60	62	0.7	63
Asia/Pacific	97	85	182	137	109	246	173	156	330
Asia	80	84	164	116	108	224	146	155	302
Pacific	17	1	18	20	0.5	21	24	0.7	25
Central Asia	0.3	0.0	0.4	1	0.1	1	2.4	0.2	2
EMEA	159	11	171	222	16	238	221	21	242
Southern Europe	81	4	85	124	8	131	117	12	129
Eastern Europe	40	2	42	49	3	53	55	4	59
Western/Central Europe	25	4	29	32	4	36	27	4	31
Africa	10	2	12	14	1	16	19	0.5	20
Middle East	1	0.2	2	2	0.2	2	2	0.2	2
Global Highbush totals	712	299	1012	908	368	1276	962	425	1387

2.3 Introducción cultivo de arándano en Chile

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la Universidad Austral de Chile, ante la necesidad de diversificar la fruticultura de exportación y expandir la industria de la fruta del país, inició un programa a fines de la década de 1970, que consistió en la introducción y evaluación de esta especie en varias de sus estaciones experimentales, para esto trajeron plantas de arándanos tipo Ojo de conejo o “Rabbiteye” (*Vaccinium ashei*) y de arbusto alto o “Highbush” (*Vaccinium corymbosum* L.) de diferentes variedades desde Estados Unidos y Nueva Zelanda (Lobos, 1988).

A partir de 1985, se plantaron arándanos por primera vez a nivel comercial en el sur de Chile (latitudes 36° a 42° S) y debido a su gran adaptabilidad, se produjo una gran expansión a lo largo de Chile. Su distribución geográfica va, de norte a sur, desde la Región de Atacama hasta la Región de Los Lagos lo que provoca grandes variaciones en las condiciones de clima y suelo, aunque la mayor parte de la expansión se ha producido en las regiones centrales y centro-sur, registrándose un aumento considerable de la superficie cultivada desde su introducción hasta la actualidad, mientras que las regiones productoras tempranas (norte) y tardías (sur) se han expandido a un ritmo relativamente más lento (Retamales et al., 2014).

2.4 Situación actual del cultivo del arándano en Chile

El sector productivo de frutas en Chile tiene un reconocimiento a nivel mundial, siendo el principal país productor y exportador de frutas del hemisferio sur, actualmente existe una superficie total de 344.281 hectáreas plantadas con frutales. Las principales especies exportadas son cereza, uvas, manzanas y arándanos (ODEPA, 2020). El mercado de arándanos, en particular, ha crecido a una tasa mayor que el promedio mundial, tanto en superficie como en volumen, donde la producción se encuentra enfocada mayoritariamente a la exportación de fruta fresca. Chile en la temporada 2020-2021 produjo alrededor de 160.398 toneladas, de este monto, se exportaron 117.898 toneladas de arándanos frescos y 42.500 toneladas de arándanos congelados. Hasta la temporada 2018/2019, Chile fue el productor y exportador de este frutal más importante del hemisferio sur, siendo actualmente superado por Perú. (ASOEX, 2020; iQconsulting, 2021). Por otro lado, los rendimientos de este cultivo en el país van de 6 a 8 t ha⁻¹ en las variedades tempranas y de 10 a 12 t ha⁻¹ en las tardías (Hetz et al., 2004).

En Chile, las plantaciones de arándanos han aumentado considerablemente en los últimos años, se cultivan en suelos y condiciones climáticas muy diferentes, actualmente es el arbusto frutal más importante, posee la mayor superficie plantada del país, con un total de 18.375 hectáreas aproximadamente siendo las regiones del Maule (5.942 ha) y Ñuble (4.023 ha) las con mayor superficie, reuniendo un 54,2% de la superficie nacional plantada, seguidos por la Región de la Araucanía con 2.157 ha, Bio-Bío con 1.941 ha y O'Higgins con 1.084 ha respectivamente (ODEPA, 2021).

Los principales destinos de la producción de arándanos frescos chilenos durante la temporada 2020/21 fueron: Estados Unidos que recibió el 55% de los volúmenes exportados, Europa con el 34% y el Lejanos Oriente con un 10% de participación (**Figura 2.3**) (ODEPA, 2020; iQconsulting, 2021). Por otro lado, los envíos de siguen altamente concentrados en dos variedades: Legacy y Duke, que en conjunto representan cerca del 40% de los envíos en la temporada 2020/21, estas variedades son liberadas y en general presentan un buen comportamiento, tanto a nivel productivo como en los mercados, por esto sostienen el liderazgo y en general muestran una tendencia al alza (iQconsulting, 2021).

Chile abastece de arándanos en contra estación al hemisferio norte, presentando una serie de ventajas comparativas que le permite acceder a diferentes mercados (Retamales et al., 2013). En general, el país ha desarrollado un rubro competitivo con alta tecnología para la producción, procesamiento y transporte de frutas. Sin embargo, el desarrollo de la competencia no ha pasado desapercibido por lo que se ha vuelto crucial la introducción de variedades nuevas que destaquen por su mejor calidad y condición de postcosecha, aspecto que Chile se ha centrado en fortalecer para poder mantenerse competitivo en esta industria que es cada vez más exigente (Pinto, 2018).

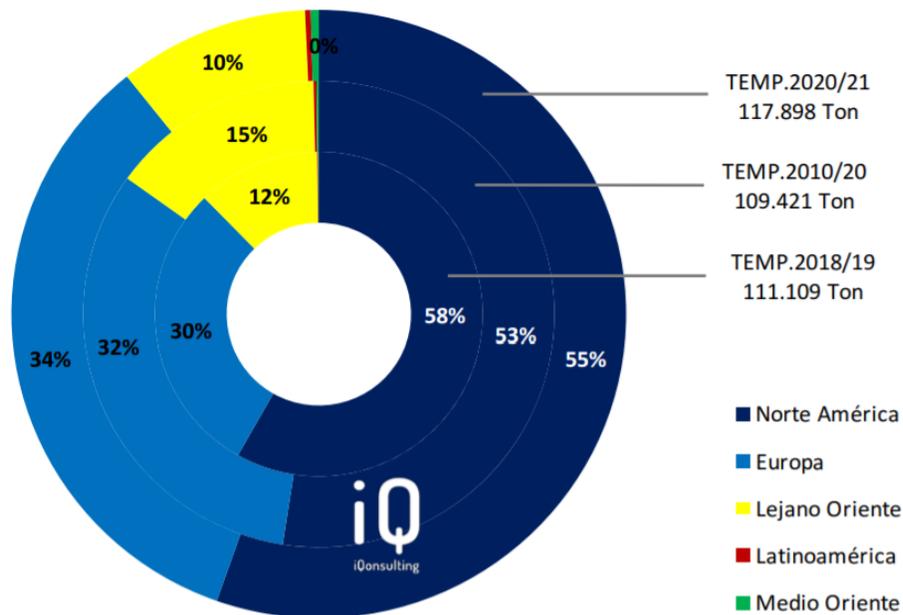


Figura 2.3. Exportación de arándanos frescos (Ton) y su participación en los mercados de destino (%). (iQconsulting, 2021).

2.5 Situación y superficie en la Región del Maule

El nicho bioclimático donde se desarrolla el arándano corresponde a sectores con temperaturas que fluctúan entre los 7°C y los 33°C, siendo su crecimiento óptimo entre los 16°C y 25°C. Estos crecen bien en suelos arenosos, franco arenosos o arcillosos; no muy profundos (Undurraga et al., 2013). Estas condiciones favorables se encuentran presentes en la zona centro sur de Chile, especialmente entre los 35° y 37° de latitud sur, donde se encuentra la Región del Maule (Ormazábal et al., 2020), la cual presenta un clima templado mediterráneo con estación seca prolongada, caracterizado por inviernos suaves, primaveras templadas y veranos secos (Santibáñez, 2017). Estas condiciones han permitido un aumento considerable de su superficie cultivada en los últimos años (**Cuadro 2.3**). La fruticultura regional de este berries, dado su crecimiento, es un sector clave en la economía de la Región, incluso su adaptabilidad a las condiciones geográficas de la zona, lo ha convertido en uno de los productos relevantes de la industria frutícola nacional (Ormazábal et al., 2020). En la Región existe heterogeneidad de agricultores, encontrándose productores que poseen pequeñas superficies que generalmente están vinculados a la agricultura familiar campesina, como también existe presencia de productores de gran tamaño físico y empresarial. Por otro lado, la infraestructura agroindustrial es, en comparación con otras regiones del país, más avanzada (Morales et al., 2020). Las provincias de la Región del Maule poseen diferente importancia en extensión de superficie de huertos, la provincia de Linares es la más relevante con 67% de la superficie regional, mientras que las provincias de Talca y Curicó siguen a distancia (**Figura 2.4**) (Larrañaga et al., 2019).

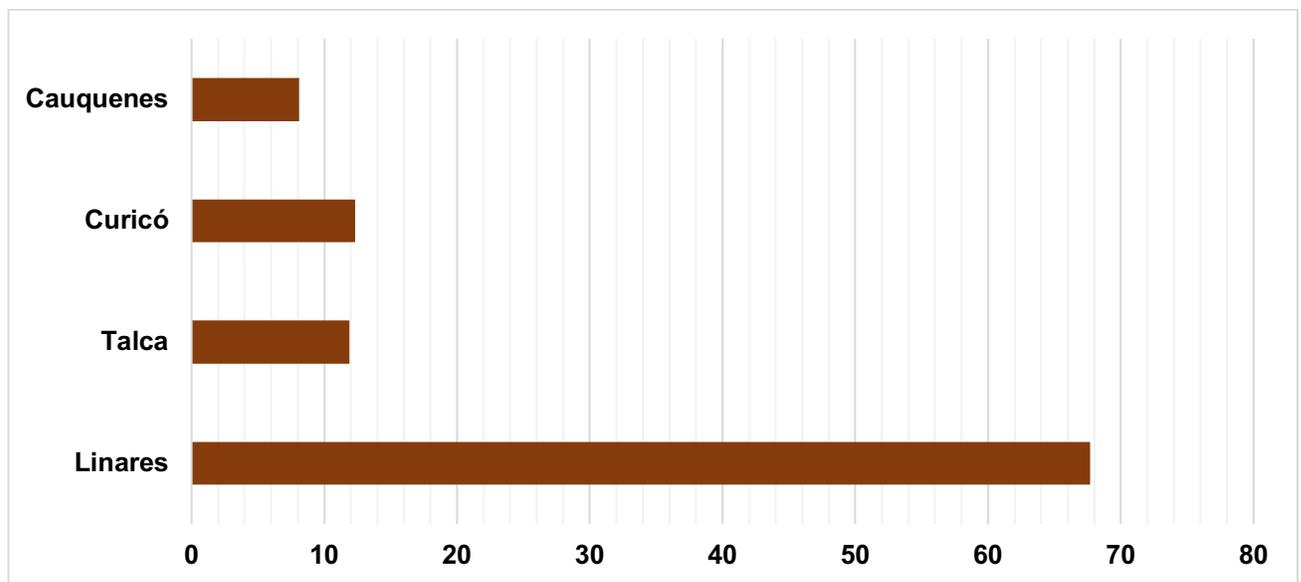


Figura 2.4. Superficie relativa de arándanos por Provincia de la Región de Maule. (Larrañaga et al., 2019).

Cuadro 2.3. Evolución de la superficie de arándano plantada en la Región del Maule desde 1994 hasta el 2016. (Larrañaga et al., 2019).

Año	Superficie plantada (ha)
1994	93
2001	174
2007	2.018
2013	4.365
2016	4.749

En la actualidad la Región del Maule es la principal superficie plantada y zona productiva con 5.942 hectáreas, representando el 32,3% a nivel nacional (ODEPA, 2021), las principales variedades cultivadas son Duke, Legacy, Brightwell y Brigitta, siendo Duke la más plantada, con una superficie de 925 hectáreas aproximadamente, seguida por Legacy con 920 ha, Brigitta 572 ha y Brightwell con 379 ha (**Cuadro 2.4.**) (Larrañaga et al., 2019). En cuanto a la exportación, el Maule durante la temporada 2020/21 exportó 38.250 toneladas de arándanos, ocupando el puesto número uno a nivel nacional (iQconsulting, 2021).

Cuadro 2.4. Superficie de las principales variedades de arándanos en la Región del Maule en los años 2007, 2016 y 2019 (Larrañaga et al., 2019).

Variedad	Años (superficie en hectáreas)		
	2007	2016	2019
Duke	57	862	925
Legacy	20	676	920
Brigitta	76	630	572
O'Neal	85	401	379

2.6 Cultivar Duke

Duke es un cultivar Northern Highbush, introducido en Chile en 1985 y patentado en el año 1986, en la actualidad se encuentra liberada en el mercado nacional (iQonsulting, 2021), es una de las variedades tempranas más plantadas en regiones productivas con inviernos fríos, se caracteriza por ser un arbusto de vigor medio, erecto y muy ramificado desde el suelo (**Figura 2.5**), presenta una cosecha temprana, pero floración tardía lo que minimiza el riesgo de daños por heladas de retorno de primavera, se caracteriza por ser de producción concentrada y muy productiva, de fruta firme, uniforme y de gran calibre, presenta color medio, con una pequeña cicatriz y de sabor débil. Tiene una de las mejores postcosechas de todas las variedades y es apta para todo mercado, los requerimientos de frío superan las 800 h al año, el rendimiento alcanza 4-6 kg, pero con buen cuidado y cumplimiento de la tecnología agrícola puede alcanzar los 7-8 kg por planta. Es apto para la cosecha mecanizada, sin embargo, su vigor disminuye con el tiempo sin un correcto manejo, además requiere un manejo de poda intenso (Retamales y Hancock, 2012; González et al., 2017).

Esta variedad generalmente requiere suelos con un contenido moderado de arcillas y con una profundidad adecuada para expresar potenciales de rendimiento. Requiere especial cuidado en madera productiva, la cual tiende a sobrecargar, por lo que es necesario despuntar las primeras yemas florales, dado que el exceso de estas tiende a producir una sobre cuaja y racimos florales muy apretados (Morales, 2017). Junto con Legacy son los cultivares más plantados en Chile (Larrañaga et al., 2019).

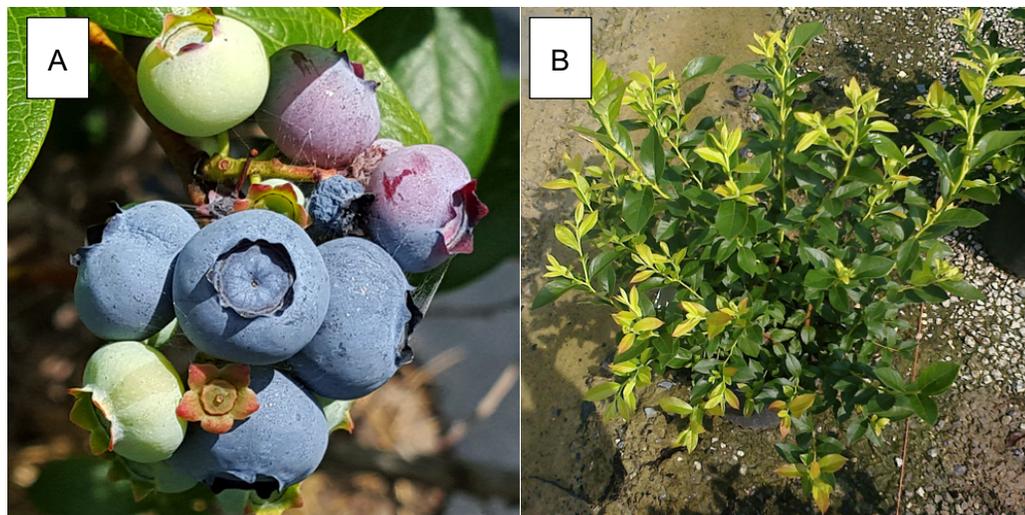


Figura 2.5. Arándano cv. Duke. Frutos **(A)** y estructura vegetativa **(B)**. International Blueberry Organization (IBO), 2020.

2.7. Enfermedades del arándano

Según lo descrito por Volcy. (2007), en fitopatología una enfermedad consiste en las respuestas de las plantas frente a los microorganismos patogénicos o a factores ambientales en un espacio y tiempo determinados, que determinan un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta y puedan conducir a una incapacidad parcial o a la muerte de esta o de sus partes. Las enfermedades del arándano, como todas las enfermedades, requieren tres componentes fundamentales para desarrollarse, estos son: Hospedero susceptible, patógeno virulento y condiciones medioambientales predisponente, las interacciones entre estos tres componentes generan el “triángulo de la enfermedad”. Si uno de estos componentes se encuentra ausente, la enfermedad no se puede desarrollar (**Figura 2.6**) (Díaz y Lolás, 2016).

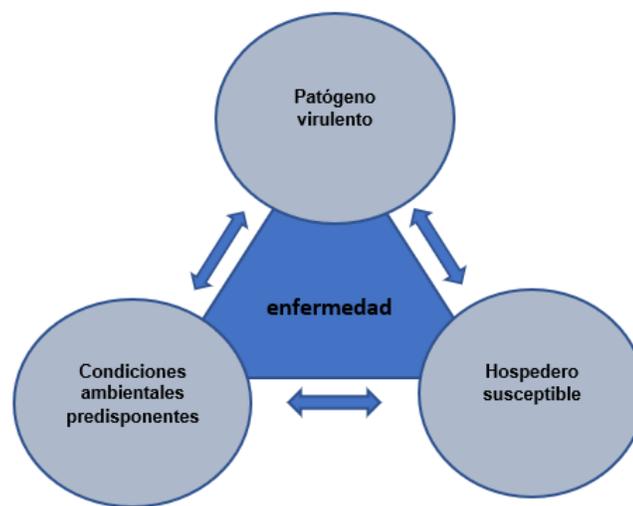


Figura 2.6. Triángulo de la enfermedad compuesto por patógeno virulento, hospedero susceptible y condiciones ambientales predisponente para la infección. (Díaz y Lolás, 2016).

El cultivo del arándano presenta diversos desafíos en la producción, ya sea enfocados a la postcosecha de los frutos, asociados a problemas de maduración homogénea, pardeamiento, ablandamiento (Moggia et al., 2017) y también a la ocurrencia de enfermedades causadas por virus (Saad et al., 2021), bacterias (di Genova et al., 2020), nemátodos (Severns et al., 2020) y hongos (Espinoza et al., 2009; Merlet et al., 2018).

En Chile se ha descrito como las principales enfermedades que afectan a arándanos las causada por hongos, donde *Botrytis cinerea* es el principal patógeno del arándano, provocando enfermedades de pre y postcosecha, al infectar flores, ramillas y frutos, provocando desde tizones a la tan temida pudrición gris de frutos, los estados de plena floración y frutos maduros son los estados más susceptibles a esta infección (**Figura 2.7**) (Rivera et al., 2013). Sin embargo, en los últimos años, se ha observado un aumento en las enfermedades de la madera asociado a hongos como *Diaporthe* spp. (Elfar et al., 2013), *Pestalotiopsis* spp. (Espinoza et al., 2008) y principalmente Botryosphaeriaceae spp (Espinoza et al., 2009) causantes de canchros

en ramas, ramillas y muerte regresiva de éstas. Esta última ha adquirido una gran importancia económica en el último tiempo, producto del cambio climático, el uso excesivo de agroquímicos fertilizantes, al aumento sostenido de la producción, la fruticultura intensiva, el uso de plantas infectadas provenientes de viveros y las más constantes sequías, las plantas están sometidas a un constante estrés y se ha descrito que, estas en condiciones de estrés son más frecuentemente afectadas por patógenos de Botryosphaeriaceae, esta situación puede explicar parcialmente el rápido aumento de estos patógenos en el país (Pérez et al., 2014).



Figura 2.7. Atizonamiento de flores **(A)** y cámara húmeda de frutos mostrando desarrollo de moho gris **(B)** asociados a *Botrytis cinerea*. Oregon State University y G. Díaz.

Es importante mencionar también a *Chondrostereum purpureum*, el hongo causante de plateado, caracterizado por causar pérdida de vigor progresiva, cambio paulatino en el color de las hojas, necrosis de la madera y finalmente muerte de la planta (Rojo et al., 2017), *Phytophthora cinnamomi* causante de la pudrición radical (Shands et al., 2016), *Agrobacterium tumefaciens* causante de las agallas del cuello y a *Armillaria mellea* causante de la armilariosis (Prodorutti et al., 2009) entre otros.

2.8 Familia Botryosphaeriaceae

La familia Botryosphaeriaceae fue introducida por Theissen y Sydow en 1918 (Mondragón et al., 2021). Pertenece al Reino Fungi, división Ascomycota, subfilum Pezizomycotina, clase Dothideomycete, subclase Incertae sedis y orden Botryosphaeriales (Crous et al., 2017), siendo Botryosphaeriaceae la única familia en el Orden de los Botryosphaeriales (Schoch et al., 2006). La familia Botryosphaeriaceae spp. está compuesta con al menos 23 géneros y 187 especies (Díaz y Latorre, 2020). Esta familia se caracteriza por ser muy diversa y cosmopolita, abarcando una gran cantidad de especies de hongos ascomycota morfológicamente diversos (Phillips et al., 2013; Wu et al., 2021), que pueden ser patógenos, endófitos o saprófitos (Denman et al., 2000; Yu et al., 2022). Estos hongos afectan generalmente a plantas en zonas subtropicales y tropicales (Slippers et al., 2017), sin embargo, en los últimos años se ha reportado su presencia en diversos lugares del mundo, ya que debido a su gran capacidad de infectar múltiples hospedantes y migrar entre ellos, facilita la propagación de especies y genotipos de Botryosphaeriaceae en nuevas áreas (Mehl et al., 2017). Además, es frecuente que una misma planta sea afectada por varias especies de esta familia y algunos miembros de esta pueden tener cierta especificidad, que está influenciada por el hospedante y su hábitat (Slippers y Wingfield, 2017). En la actualidad los géneros que afectan a un mayor número de hospedantes son: *Diplodia*, *Dothiorella*, *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*, englobando un 70%, con un aproximado de 300 especies fitopatógenas (Slippers et al., 2017). Existen estudios de estos hongos fitopatógenos atacando un gran número de cultivos (Cunnington et al., 2007), diversos frutales (Auger et al., 2013), plantaciones forestales (Barber et al., 2005), malezas y plantas ornamentales alrededor del mundo (Zlatković et al., 2016).

Las especies de Botryosphaeriaceae son generalmente considerados hongos oportunistas (Nazar et al., 2020), la infección generalmente se produce a través de heridas y una predisposición del hospedero asociado a algún estrés (heladas, estrés hídrico, estrés térmico, humedad relativa alta, altas densidades de siembra, daño por insectos o inadecuada ejecución de poda), favorece la colonización y expresión de síntomas, además el estrés puede aumentar la incidencia que oscila de 20 a 97% en algunos cultivos (Díaz y Latorre, 2020; Mondragón et al., 2021), incluso se ha descrito que cuando estos hongos infectan plantas a temperaturas altas y sequía, pueden convertirse en patógenos muy agresivos y resultar en una amenaza potencial para los agroecosistemas, bosques naturales, plantas nativas e introducidas (Piskur et al., 2011). Sin embargo, basados en los resultados de Brown y Hendrix (1981), estos hongos también pueden infectar directamente a las plantas a través de lenticelas, estomas u otras aberturas naturales. Patógenos de Botryosphaeriaceae se transmiten de manera horizontal de plantas maduras a plantas jóvenes por medio de esporas (Bihon et al., 2011), también son capaces de producir picnidios y peritecios (estructura de origen asexual y sexual, respectivamente) en madera enferma o restos de poda, a partir de los cuales los propágulos (conidias o ascosporas) se liberan durante tiempo húmedo y lluvioso y al mismo tiempo, son diseminados por el viento (Larignon et al., 2009) y/o por las salpicaduras del agua de lluvia (Amponsah et al., 2009; Morales, 2017).

En el último tiempo investigaciones indican que además de su potencial como patógenos, pueden asociarse a hongos de otras familias o incluso ser transmitidos por insectos que actúan como vector en la dispersión (Adawi et al., 2006). Por otro lado, las temperaturas óptimas para la germinación de conidios y el crecimiento micelial de estos hongos varían entre las especies de la familia Botryosphaeriaceae, sin embargo, se ha observado que la temperatura óptima para la germinación de conidios de la mayoría de las especies de Botryosphaeriaceae se encuentra entre los 25°C y 30°C (Latorre et al., 2012).

Los síntomas asociados a estos hongos varían desde cancro en ramas/ramillas y tronco, declinamiento, gomosis, muerte descendente de ramas, necrosis en hojas, pudriciones de semillas, frutos, pedúnculo, raíz y tizón de brotes e inflorescencias (**Figura 2.8 y**

Figura 2.9) (Slippers y Wingfield, 2007). Por otro lado, múltiples especies del mismo género, así como de diferentes géneros, están asociadas con estos síntomas y es difícil diferenciarlos para cada especie (Delgado-Cerrone et al., 2016).

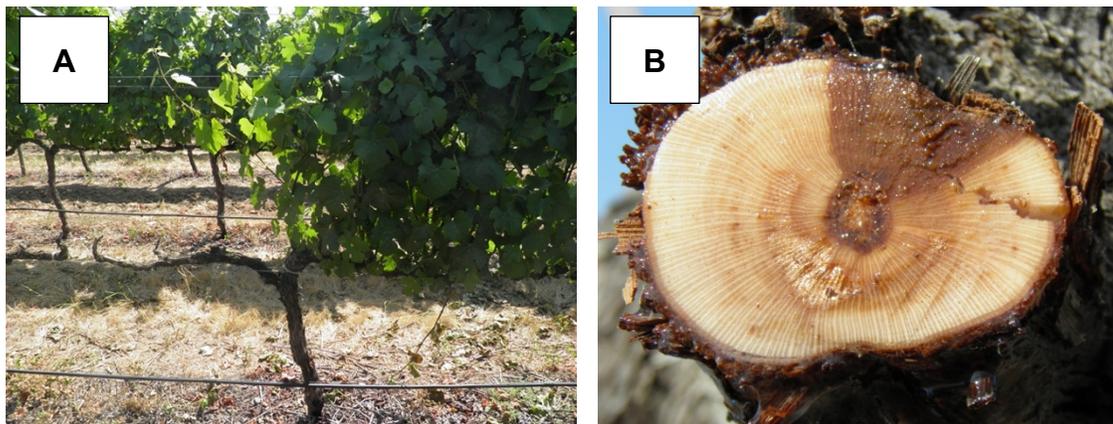


Figura 2.8. Planta de vid cv. Cabernet Sauvignon con síntomas de muerte de brazos. Brazo con cargadores muertos (**A**). Corte transversal de brazos de planta con muerte regresiva que muestra cancro pardo de forma de V (**B**). Gonzalo Díaz.



Figura 2.9. Síntomas de cancosis y muerte regresiva en manzanos comerciales cv. Cripps Pink en la Región del Maule. Cancro alargado en el tronco de árbol adulto de manzano con muerte regresiva de brazos (A). Muerte regresiva del eje central (B). Cancros en tronco y ramillas (C). Gonzalo Díaz.

En el último tiempo, han aumentado las enfermedades en plantas asociadas a Botryosphaeriaceae, principalmente enfermedades regresivas y cancos de numerosos hospederos (Alves et al., 2004; Pelletteret et al., 2017). En Chile se ha observado diversos géneros de Botryosphaeriaceae infectando frutales de importancia comercial, entre ellos destacan *D. mutila* afectando huertos de nogales cv. Chandler, ocasionando muerte de múltiples ramitas y ramas, donde se observaron cancos marrones, duros y en forma de cuña (Díaz et al., 2018). *Diplodia seriata*, se ha observado en manzanos cv. Cripps Pink, Fuji, Granny Smith y Royal Gala, donde los principales síntomas observados fueron entrenudos cortos, ramas muertas y cancos marrones en forma de cuña con una consistencia dura (

Figura 2.9) (Díaz et al., 2019), de igual manera se ha descrito *L. theobromae* y *N. arbuti* siendo esta la primera descripción de *N. arbuti* causando muerte regresiva de la manzana en todo el mundo (Díaz et al.,

2022), también hay estudios que muestran que tanto *D. mutila* como *D. seriata* causan la pudrición del manzano durante precosecha y/o postcosecha (Díaz et al., 2019). En viñedos se ha descrito *Neofusicoccum australe* (Besoain et al., 2013), *D. mutila*, *D. seriata* y *N. parvum* (Díaz et al., 2013). En Kiwis se ha observado *Diplodia seriata* y *N. parvum* causando lesiones marrones internas y síntomas de muerte regresiva en brotes verdes, bastones lignificados y kiwis jóvenes inoculados (Díaz et al., 2021). En el estudio de Valencia et al.(2019) se identificó *L. theobromae*, *N. parvum* y *N. australe* causando daños severos en paltos. Recientemente el laboratorio de patología frutal de la Universidad de Talca aisló y caracterizó a *Neofusicoccum parvum* causando muerte regresiva en avellano europeo en la Región del Maule (Pávez, 2021) entre otros. Es por esta razón que se ha elevado el interés en estos fitopatógenos en el país ocasionado un incremento por estudiar estos hongos debido a su presencia en múltiples hospedantes, nuevas áreas geográficas y a su agresividad bajo condición estrés y gran parte de este interés se ha centrado en la sistemática de especies y géneros (Piskur et al., 2011).

2.9 Cancros de la madera y muerte regresiva en arándanos observadas en el mundo y Chile

A nivel mundial varios estudios han reportado la ocurrencia de diferentes especies de Botryosphaeriaceae asociadas a cancrrosis y muerte regresiva de plantas de arándanos. En Argentina (Wright et al., 2012), en Australia (Scarlett et al. 2019), en los E.E.U.U (Koike et al., 2014; Espinoza et al., 2009; Wright y Harmon, 2010), en España (Avilés et al., 2021; Castillo et al., 2013), en China (Kong et al., 2010; Xu et al., 2015; Zhao et al., 2022), en Portugal (Hilário et al., 2020), en Serbia (Popović et al. 2018), en Nueva Zelanda (Tennakoon et al., 2017; Sammonds et al., 2009), en Italia (Guarnaccia et al., 2020), en Corea (Choi et al., 2012), en México (Boyzo-Marin et al. 2016; Edith, 2016), en República Checa (Pečenka et al., 2021) en Perú (Rodríguez-Gálvez et al., 2020), entre otros.

Nacionalmente, existen estudios de cancrrosis y muerte regresiva en arándano, asociados a Botryosphaeriaceae en regiones de la zona centro y sur. Gracias al trabajo de Espinoza et al. (2009) y Latorre et al., (2013) se han descrito y aislado especies del género *Neofusicoccum* como *N. arbuti*, *N. australe* y *N. parvum* asociadas a distintos cvs. como Brigitta, Bluecrop, Brightwell, Duke, Elliott, Misty y O'Neal. En las regiones de La Araucanía y Los Ríos se ha identificado *N. nonquaesitum* afectando a cvs. Brigitta y Elliott (Pérez et al., 2014). También existen reportes de *B. dothidea* y *B. ribis* en plantaciones de la zona sur (Cuevas y Acuña, 2004; Guerrero, 2003).

2.10. Síntomas de canchrosis y muerte regresiva

La muerte regresiva de ramillas del arándano es una de las enfermedades más frecuentes que afectan a este cultivo en diversas partes del mundo donde se cultiva, en especial de los últimos años (Espinoza et al., 2009; Rodríguez-Gálvez et al., 2020; Pečenka et al., 2021; Zhao et al., 2022).

La muerte regresiva es una enfermedad que consiste en la pérdida progresiva de hojas, ramillas y tallos, causada por una infección que avanza desde el extremo distal al extremo basal o de zonas más jóvenes hacia zonas más viejas de la planta. Internamente se generan heridas que forman necrosis en haces vasculares, síntoma conocido como canchrosis de la madera (Sánchez et al., 2003). La infección comienza generalmente en el extremo de una rama y avanza vascularmente en sentido descendente, matando la rama e incluso la planta entera si se trata de una variedad susceptible (Scarlett et al. 2019; Xu et al. 2015).

Los síntomas más reconocible de arándanos enfermos con muerte regresiva incluyen el crecimiento anormal, reducido y deforme de los brotes o tallos ya que el sistema vascular está parcialmente obstruido y no están llegando nutrientes, fitohormonas ni agua que necesitan los brotes. A su vez las hojas en brotes o tallos pueden verse mal formadas, decoloradas y amarillentas (cloróticas), seguido de una rápida marchitez del follaje (**Figura 2.10**), asociada con extensas lesiones de cancro marrón rojizo en la base de los tallos. Al cortar las ramas enfermas se observa una necrosis parcial la que crece hasta necrosar toda la rama (**Figura 2.11**), mostrando un avance regresivo de la muerte desde el ápice hacia la base de la estructura “dieback”. En general esta enfermedad disminuye la productividad y longevidad del arándano, reduce el rendimiento y aumenta los costos de producción. Las heridas de poda parecen ser la principal vía de infección (Espinoza et al., 2009; France, 2013; Latorre et al., 2013; Pérez et al., 2014).

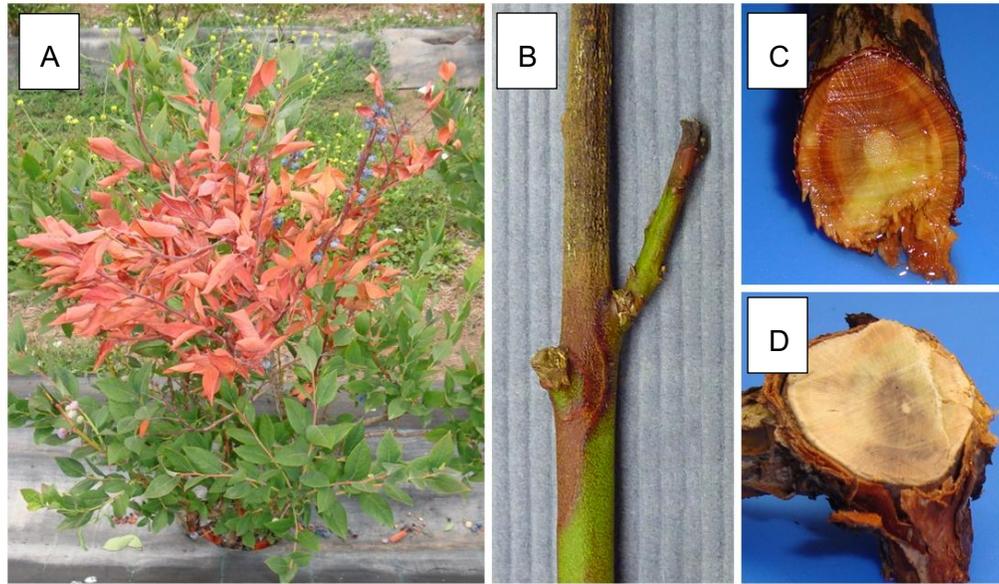


Figura 2.10. Planta de arándano con síntomas de muerte regresiva en ramillas asociadas a Botryosphaeriaceae. Ramillas con muerte regresiva, con brotes rojizos **(A)**. Ramillas mostrando tejido necrótico y cancro externo **(B)**. Corte transversal de ramilla con cancro pardo **(C)**. Corte transversal corona de una planta con necrosis que presenta muerte regresiva de ramillas **(D)**. (Espinoza et al., 2006; Latorre, 2018).



Figura 2.11. Ramilla de arándano cv. Duke mostrando muerte regresiva asociados a Botryosphaeriaceae spp. en un campo comercial de plantación de 10 años de edad, Linares, Región del Maule. Gonzalo Díaz.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

Este estudio se llevó a cabo bajo condiciones de campo e invernadero. La investigación en el campo se desarrolló en el fundo El Arrayán, perteneciente a la empresa Niceblue S.A., ubicado en la Región del Maule, específicamente en el sector La Posada, Linares, coordenadas Lat (S) 35° 49', Long (W) 71° 33'. El estudio de invernadero se llevó a cabo en el Laboratorio de Patología Frutal, ubicado en el Campus Talca de la Universidad de Talca, Avenida Lircay s/n, Talca, Chile, coordenadas Lat (S) 35° 24', Long (W) 71° 37' (**Figura 3.1**).



Figura 3.1. Zona del estudio de campo, Fundo el Arrayan (**A**) y Laboratorio Patología Frutal, Universidad de Talca (**B**). Elaboración propia.

3.2. Aislados de Botryosphaeriaceae

Se utilizaron diez aislados fungosos, representando a cinco especies de la familia Botryosphaeriaceae, estas son *Diplodia seriata*, *D. mutila*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum arbuti* y *N. parvum*, más el tratamiento testigo. Todos los aislados de Botryosphaeriaceae fueron aislados e identificados, morfológica y molecularmente, en estudios realizados previamente en el Laboratorio de Patología Frutal en manzanos, arándanos, vides y nogales con síntomas de muerte regresiva proveniente de diferentes comunas de la Región del Maule (**Cuadro 3.1**). Cada aislado fue activado y mantenido en placas de Petri (88 mm de diámetro) que contienen 2% de agar papa dextrosa (APD) e incubados al menos 7 días a 20 °C con un ciclo de luz / oscuridad de 12 h/12 h.

Cuadro 3.1. Aislados de Botryosphaeriaceae detallando las especies, hospedero y origen. Elaboración propia.

Tratamiento	Especie	Hospedero	Origen de muestra
1	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (LT-Mz)	Manzano	Los Niches
2	<i>Diplodia seriata</i> (DS-Mz)	Manzano	Molina
3	<i>Neofusicoccum arbuti</i> (NA-Mz)	Manzano	Parral
4	<i>Diplodia mutila</i> (DM-Mz)	Manzano	Talca
5	<i>Diplodia seriata</i> (DS-Vid)	Vid	San Clemente
6	<i>Neofusicoccum parvum</i> (NP-Vid)	Vid	Curicó
7	<i>Neofusicoccum parvum</i> (NP-Ara-1)	Arándano	Longaví
8	<i>Neofusicoccum parvum</i> (NP-Ara-2)	arándano	Linares
9	<i>Diplodia mutila</i> (DM-Nog)	Nogal	Parral
10	<i>Neofusicoccum parvum</i> (NP-Nog)	Nogal	San Rafael

3.3 Infección de ramillas de arándanos en condición de invernadero

En la inoculación de ramillas se utilizaron los 10 aislados, más el tratamiento testigo. Para este ensayo se seleccionaron y podaron ramillas en receso con tijeras manuales (con un ángulo de 45°), desde su zona basal, en junio, (n=165) de un año, de aproximadamente 50 cm de longitud, que se recolectaron desde de plantas adultas de arándanos variedad Duke, libre de enfermedades y plagas. Este material en receso se transportó al laboratorio de Patología Frutal de la Universidad de Talca. Las ramillas en receso se desinfectaron superficialmente sumergiéndolas durante 10 segundos en una solución de cloro comercial al 5% (0,05 L de cloro comercial + 10 L de agua), posterior a esto las ramillas fueron sumergidas en agua durante 1 min y se dejaron secar sobre papel absorbente. Una vez secas las ramillas, las ramillas se sumergieron en enraizante comercial (Anasac) y se colocaron en forma vertical al interior de camas de perlita estéril realizadas en cajas de polietileno de dimensiones 60 x 30 cm. Una vez ordenadas las ramillas en cajas, estas se mantuvieron a

una temperatura entre 18-22°C con régimen de luz (14h/10h), y cada 7 días fueron regadas con 1 litro de agua para mantener una humedad de 85%.

Después de 24 h, todas las ramillas se podaron en bisel en su zona distal y cada herida de poda se inoculó con 100 uL de una suspensión de fragmentos de micelio (10^5 fragmentos micelial/mL) con cada aislado de Botryosphaeriaceae. En el caso del tratamiento testigo, se colocó 100 uL de agua destilada estéril (tratamiento negativo). Luego se procedió a proteger con Parafilm cada herida. Después de 4 meses de incubación, se procedió a observar síntomas externos e internos y a medir la lesión necrótica (mm) desde la zona de inoculación (herida de poda), hacia la base (mm) de las ramillas (**Figura 3.2**). La lesión necrótica fue medida con un calibrador digital Vernier (serie 500 Absolute digimatic, Mitutoyo America Corporation). Se realizó un re-aislamiento de cada ramilla en medio APD, para confirmar los postulados de Koch.

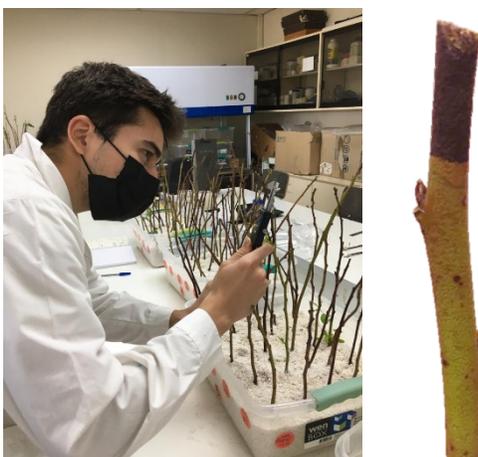


Figura 3.2. Medición de la lesión necrótica de la ramilla cv. Duke, desde la zona de inoculación (herida de poda), hacia la base del aislado. Elaboración propia.

3.4 Infección de ramillas de arándanos en condición de campo

Ramillas sanas de arándanos (30 cm de largo, 1 año), fueron seleccionadas desde plantas adultas de cv. Duke (5 años), distribuidas en un marco de plantación de 0,7x3 m, ubicadas en la Región del Maule, específicamente en el sector La Posada, Linares. Las ramillas en receso se podaron con un ángulo de 45° a mediados del mes de junio con tijeras manuales y después de 24 h, cada herida de poda fue inoculada con 100 uL de una suspensión de fragmentos de micelio (10^5 fragmentos micelial/mL) con cada aislado de Botryosphaeriaceae (**Figura 3.3.**). En el caso del tratamiento testigo, se colocó 100 uL de agua destilada estéril (tratamiento negativo). Luego de 9 meses de incubación en el campo, se midió la lesión necrótica (mm) desde el punto de inoculación hasta la base de la ramilla, utilizando un calibrador digital Vernier y se realizó un re-aislamiento de cada ramilla en medio APD, para confirmar los postulados de Koch.



Figura 3.3. Inoculación de ramillas cv. Duke con 100 uL de suspensión de conidios del aislado de *Neofusicoccum parvum* (NP-Ara-1), sector La Posada, Linares. Elaboración propia.

3.5 Diseño experimental y análisis estadístico

Para analizar las medias de las lesiones necróticas obtenidas a partir del ensayo bajo condiciones de invernadero, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). La unidad experimental correspondió a 10 ramillas y se utilizaron 3 repeticiones. Los promedios de las lesiones necróticas de los 10 aislados y el testigo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA; $P < 0.05$), y en caso de diferencias, se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey para separar los promedios ($P < 0.05$). Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, E.E.U.U).

Para analizar las medias de las lesiones necróticas obtenidas a partir del ensayo bajo condiciones de campo, se utilizó un diseño de bloques al azar (DBA). La unidad experimental correspondió a 15 ramillas y se utilizaron 3 repeticiones. Los promedios de las lesiones necróticas de los 10 aislados y el testigo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA; $P < 0.05$), y en caso de diferencias, se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey para separar los promedios ($P < 0.05$). Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, E.E.U.U).

4. RESULTADOS

4.1 Lesión necrótica en ramillas en condición de invernadero

Las ramillas de arándano cv. Duke inoculadas con los 10 aislados fungosos de Botryosphaeriaceae en condición de invernadero, desarrollaron lesiones necróticas visibles (**Figura 4.1**). El promedio de esta lesión en ramillas de acuerdo con el aislado fue de: *L. theobromae* (LT-Mz) 66.8 mm, *D. seriata* (DS-Mz) 111.2 mm, *N. arbuti* (NA-Mz) 168.9 mm, *D. mutila* (DM-Mz) 119.3 mm, *D. seriata* (DS-Vid) 128.2 mm, *N. parvum* (NP-Vid) 173.3, *N. parvum* (NP-Ara-1) 207.8 mm, *N. parvum* (NP-Ara-2) 223.02, *D. mutila* (DM-Nog) 118.9 y *N. parvum* (NP-Nog) 196.7 mm. Estadísticamente, existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el largo de lesión de los aislados de Botryosphaeriaceae (**Cuadro 4.1**). Las ramillas inoculadas con tratamiento testigo, no presentaron lesiones siendo estadísticamente diferente con el resto de los tratamientos.



Figura 4.1. Lesión necrótica externa e interna en ramillas de arándano cv. Duke inoculadas con suspensión de fragmentos de micelio de *Neofusicoccum parvum* (NP-Ara-2) después de 2 meses de incubación en condición de invernadero. Elaboración propia.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza (ANDEVA) para SQRT(Largo Lesión, mm) por tratamiento correspondiente a Botryosphaeriaceae spp.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre Tratamientos	1505.05	10	150.505	76.60	0.00001
Intra tratamientos	302.574	154	1.96477		
Total	1807.63	164			

*Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de SQRT(Largo Lesión (mm)) entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

En general, los diez aislados de Botryosphaeriaceae causaron lesiones necróticas, siendo los aislados de *N. parvum* provenientes de arándanos (NP-Ara-1, NP-Ara-2) y nogal (NP-Nog) significativamente los más virulentos y el que mostró menor daño fue *L. theobromae* (LT-Mz) (**Cuadro 4.2**). Los diferentes aislados fueron exitosamente re-aislados desde las lesiones de ramillas, sembradas en medio de cultivo APD, donde todos los re-aislamientos dieron positivo a Botryosphaeriaceae (

). Esto confirmó la presencia e identificación de cada especie y aislado, cumpliéndose así los postulados de Koch. En el tratamiento testigo (agua) los re-aislamientos fueron negativos.

Cuadro 4.2. Lesión necrótica en ramillas de arándano (cinco años) de los diferentes aislados de Botryosphaeriaceae, después de 4 meses de incubación. Elaboración propia.

Tratamientos	Promedio	Prueba Tukey
Testigo (agua)	17.0	a
<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (LT-Mz)	66.8	b
<i>Diplodia seriata</i> (DS-Mz)	111.3	c
<i>D. mutila</i> (DM-Nog)	118.9	c
<i>D. mutila</i> (DM-Mz)	119.3	c
<i>D. seriata</i> (DS-Vid)	128.2	c
<i>Neofusicoccum arbuti</i> (NA-Mz)	168.9	d
<i>N. parvum</i> (NP-Vid)	173.3	d
<i>N. parvum</i> (NP-Nog)	196.7	de
<i>N. parvum</i> (NP-Ara-1)	207.8	de
<i>N. parvum</i> (NP-Ara-2)	223.0	e

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

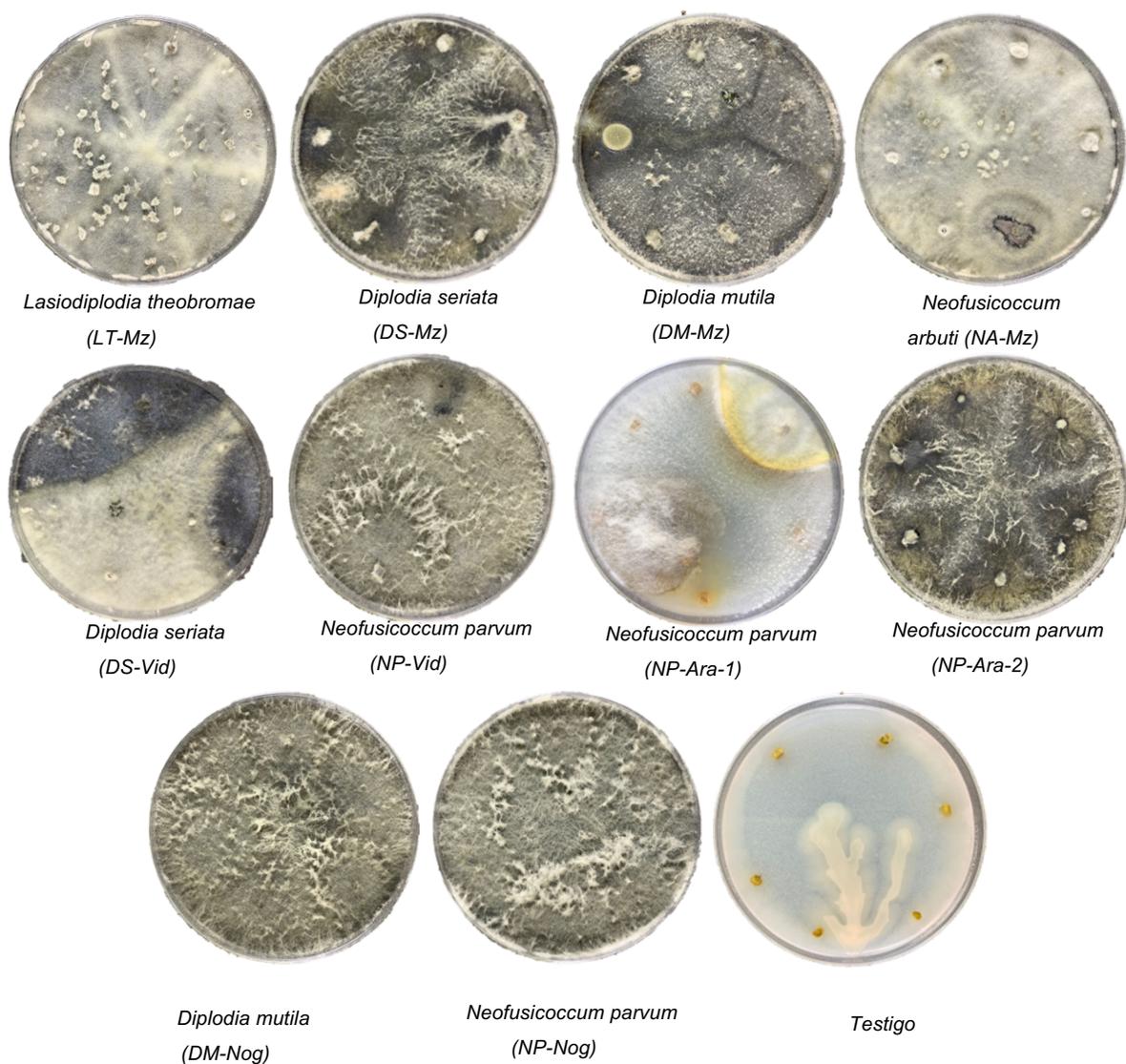


Figura 4.2. Reaislamiento positivos a Botryosphaeriaceae spp en condicion de invernadero. Confirmando la presencia e identificación de cada especie y aislado, cumpliéndose así los postulados de Koch.

4.2 Lesión necrótica de ramillas en condición de campo

Las ramillas de arándano cv. Duke inoculadas con suspensión de fragmentos de micelio de los 10 aislados fungosos de Botryosphaeriaceae (**Cuadro 3.1**) desarrollaron síntomas de muerte regresiva y lesiones necróticas después de 9 meses en condición de campo (**Figura 4.3**).

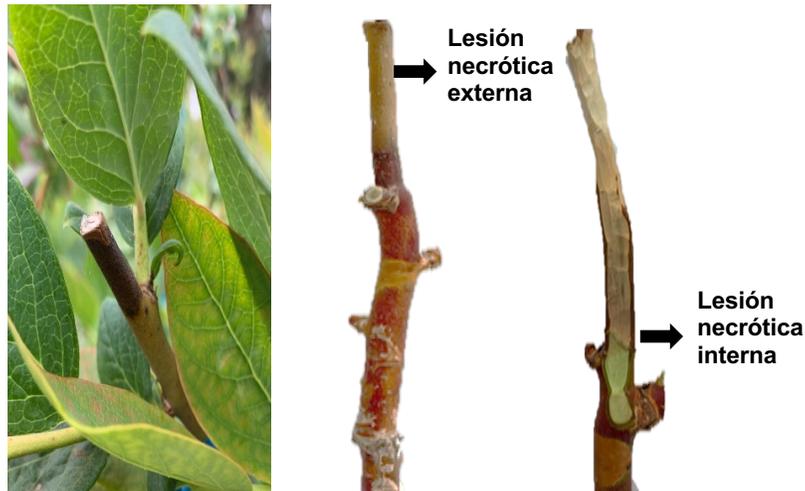


Figura 4.3. Lesiones necróticas externa e interna en ramillas lignificadas de arándano cv. Duke en condición de campo después de nueve meses de inoculadas con 100 uL de suspensión de fragmentos de micelio del aislado NP-Ara-1 de *Neofusicoccum parvum*.

Estadísticamente, existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la media del largo de lesión entre los aislados de Botryosphaeriaceae spp. (**Cuadro 4.3**), demostrando que el largo de la lesión va a depender del aislado de Botryosphaeriaceae inoculado. El promedio de esta lesión en ramillas de acuerdo al aislado fue: *L. theobromae* (LT-Mz) 12.4 mm, *D. seriata* (DS-Mz) 21.7 mm, *N. arbuti* (NA-Mz) 37.8 mm, *D. mutila* (DM-Mz) 17.2 mm, *D. seriata* (DS-Vid) 19.7 mm, *N. parvum* (NP-Vid) 36.4, *N. parvum* (NP-Ara-1) 42.6 mm, *N. parvum* (NP-Ara-2) 31.1, *Diplodia mutila* (DM-Nog) 27.6 y *N. parvum* (NP-Nog) 30.8 mm (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Cuadro 4.3. Análisis de varianza para SQRT(Largo Lesión) - Suma de Cuadrados Tipo III.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A Tratamiento	118.345	10	11.8345	47.48	0.0000
B:Bloque	1.70602	8	0.213253	0.86	0.5574
Residuos	19.942	80	0.249275		
Total (corregido)	139.994	98			

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre SQRT(Largo Lesión) con un 95.0% de nivel de confianza.

En general, los diez aislados causaron lesiones necróticas, siendo los aislados de *N. parvum* obtenidos de arándanos (NP-Ara-1) y vides (NP-Vid) junto con el aislado de *N. arbuti* (NA-Mz) proveniente del manzano significativamente los más virulento en condición de campo. A su vez, el que presentó un menor daño fue el aislado de *L. theobromae* (LT-Mz) (**Cuadro 4.4**). Los diferentes aislados fueron exitosamente re-aislados desde las lesiones de ramillas, sembradas en medio de cultivo APD, donde todos los re-aislamientos dieron positivo por *Botryosphaeria* (**Figura 4.4**). Esto confirmó la presencia e identificación de cada especie y aislado, cumpliéndose así los postulados de Koch. En el tratamiento testigo los re-aislamientos fueron negativos.

Cuadro 4.4. Lesión necrótica en ramillas de arándanos de los diferentes aislados de *Botryosphaeriaceae* spp., después de 9 meses de incubación en el campo. Elaboración propia.

Tratamientos	Promedio	Prueba Tukey
Testigo (agua)	8.8	a
<i>Lasioidiplodia theobromae</i> (LT-Mz)	12.4	ab
<i>Diplodia mutila</i> (DM-Mz)	17.2	bc
<i>D. seriata</i> (DS-Vid)	19.7	c
<i>D. seriata</i> (DS-Mz)	21.7	cd
<i>D. mutila</i> (DM-Nog)	27.5	de
<i>Neofusicoccum parvum</i> (NP-Nog)	30.8	ef
<i>N. parvum</i> (NP-Ara-2)	31.1	ef
<i>N. parvum</i> (NP-Vid)	36.3	efg
<i>N. arbuti</i> (NA-Mz)	37.7	fg
<i>N. parvum</i> (NP-Ara-1)	42.5	g

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

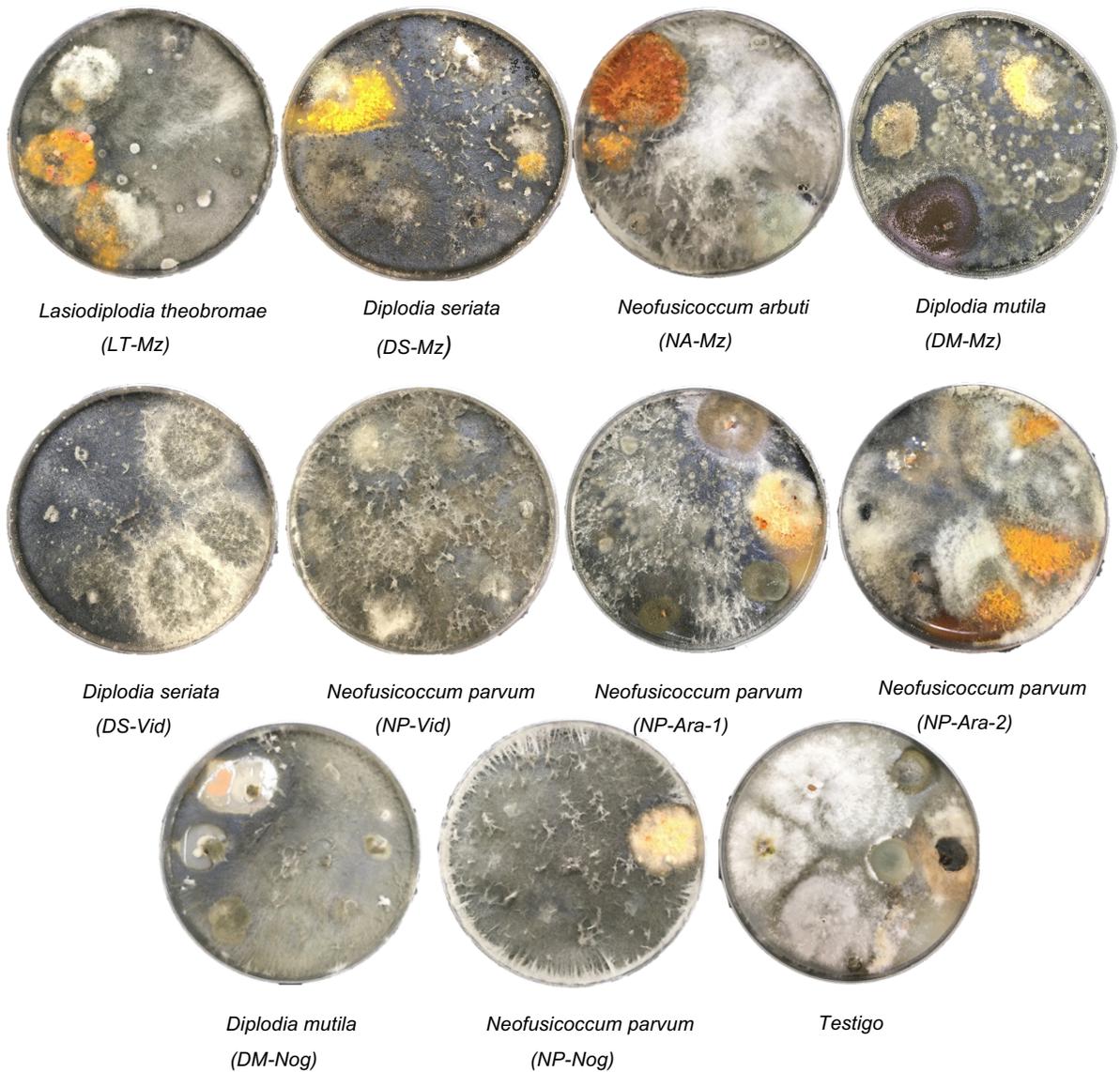


Figura 4.4. Reaislamiento positivos a Botryosphaeriaceae spp en condicion de campo. Confirmando la presencia e identificación de cada especie y aislado, cumpliéndose así los postulados de Koch.

5. DISCUSIÓN

Diversos estudios internacionales han descrito a especies de la familia Botryosphaeriaceae ocasionando canchros, muerte de brazos y muerte de plantas en diferentes cultivos (Cunnington et al., 2007; Moreira et al., 2021), diversos frutales (Auger et al., 2013; Valencia et al., 2019), plantaciones forestales (Barber et al., 2005; Jami et al., 2022), arboles nativos (Zapata y Schafer, 2019), especies urbanas (Aćimović et al., 2018) y plantas ornamentales alrededor del mundo (Zlatković et al., 2016). Por ejemplo, según el estudio de Jami et al. (2020) y de la Mora et al. (2014) se identificó a especies de la familia Botryosphaeriaceae causando enfermedades de la madera en Eucaliptus en Indonesia y México, respectivamente. De forma similar Back et al. (2022) describieron a *Botryosphaeria dothidea* asociado a enfermedades de la madera en ciruelos en Corea. A su vez, en la Región de los Balcanes Occidentales (Serbia, Montenegro, Bosnia y Herzegovina) y California, los estudio de Zlatković et al. (2016), como el de Lawrence et al. (2017), describieron a especies de Botryosphaeriaceae asociadas a canchros y muerte regresiva en distintas plantas ornamentales. Es más, en especies frutales a nivel mundial se han descrito a Botryosphaeriaceae spp, causando canchros y muerte regresiva en arándanos (Hilário et al., 2020; Rodríguez et al., 2020), manzanos (Delgado-Cerrone et al., 2016; Rooney y Soriano, 2016; Martins et al., 2018; Tang et al., 2012), paltos (McDonald y Eskalen, 2011; Valencia et al., 2019) vides (Gramaje et al., 2018), mangos (de Oliveira et al., 2010), kiwis (Zhou et al., 2015), almendro (Inderbitzin et al., 2010), pistacho (Nouri et al., 2019), perales (Shen et al., 2010), olivo (Moral et al., 2019), ciruelos (Back et al., 2022), nogales (Chen et al., 2014; Jiménez et al., 2022), durazno (Li et al., 1995) y avellano europeo (Wiman et al., 2019) entre otros.

Nacionalmente, se han descrito especies fungosas pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae afectando a vides (Díaz et al., 2011; Morales et al., 2012; Díaz et al., 2013), nogales (Díaz et al., 2018; Luna et al., 2022), manzanos (Díaz et al., 2019; Díaz et al., 2022), kiwis (Díaz et al., 2021), paltos (Valencia et al., 2019), limoneros (Guajardo et al., 2018) y avellano europeo (Guerreno y Perez 2013; Pávez, 2021). Todos estos estudios, junto a la actual investigación, muestran la importancia de las especies de Botryosphaeriaceae, como hongos fitopatógenos causando enfermedades de la madera y muerte regresiva de brazos y ramillas en diversas especies de importancia agrícola alrededor del mundo. El interés por estos hongos ha aumentado considerablemente en los últimos años, principalmente debido a que en diversos hospedantes se han descrito especies desconocidas en nuevas regiones geográficas, principalmente debido la capacidad de estos hongos para 'brincar' de sus hospedantes nativos originales a cultivos agrícolas que se establecen en áreas cercanas, pertenecientes a la misma familia botánica o a una familia diferente (Mondragón et al., 2021). Lo anterior indica que estos hongos se están dispersando por todo el mundo como resultado de la globalización comercial, convirtiéndolos en una amenaza potencial para los agroecosistemas, bosques, cultivos, plantas nativas e introducidas (Netto et al., 2017), lo que ha motivado un aumento del estudio de estas especies de hongos en diversas partes del mundo (Phillips et al., 2013).

Por su parte, en arándano varios trabajos han descrito especies de Botryosphaeriaceae causando daños en este arbusto frutal, reportando más de 15 especies de los géneros *Botryosphaeria*, *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum* ocasionando muerte regresiva en arándanos alrededor del mundo (Avilés et al., 2021; Hilário et al., 2020; Rebollar et al. 2013; Wright et al., 2012; Tennakoon et al., 2017; Sammonds et al., 2009; Guarnaccia et al., 2020; Xu et al., 2015). A su vez, en Chile *Neofusicoccum arbuti*, *N. australe*, *N. parvum*, *N. nonquaesitum*, *B. dothidea* y *B. ribis* han sido reportadas y asociadas a canchros y muerte regresivas en ramillas (Cuevas y Acuña, 2004; Espinoza et al., 2009; Guerrero, 2003; Pérez et al., 2014).

Teniendo en cuenta la importancia del arándano para la industria frutícola de Chile, este estudio se realizó para identificar la virulencia en arándanos de cinco especies de la familia Botryosphaeriaceae (*Diplodia seriata*, *D. mutila*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum arbuti* y *N. parvum*) recolectadas desde diferentes hospederos frutales (manzanos, nogal y vides). Basado en los resultados obtenidos, se determinó que en condición de invernadero los aislados de *Neofusicoccum parvum* provenientes de plantas adultas de arándanos (NP-Ara-1 y NP-Ara-2) y nogal (NP-Nog) resultaron ser los más virulentos en cuanto a la extensión de la lesión necrótica. Por su parte, en condición de campo los aislados de *N. parvum* extraídos de arándanos (NP-Ara-1) y de vides (NP-Vid) además de *N. arbuti* obtenidos de manzanos (NA-Mz), presentaron la más alta virulencia, seguidos por *D. mutila* del nogal. En general los aislados de *N. parvum* fueron los más agresivos, concordando con los trabajos de Wright et al. (2012) en Argentina, Tennakoon et al. (2017) en Nueva Zelanda, Hilário et al. (2020) en Portugal, Guarnaccia et al. (2020) en Italia y Avilés et al. (2021) en España, quienes determinaron a la especie *N. parvum* como una de las más comunes, agresivas y muy probablemente el principal agente causal de la muerte regresiva del arándano.

A su vez, este estudio confirma lo descrito por Espinoza et al. (2009) quien identificó por primera vez a especies del género *Neofusicoccum* causando muerte regresiva en arándanos en Chile, como *N. arbuti*, *N. australe* y *N. parvum*, pero la más agresiva fue *N. parvum*, lo cual coincide con lo obtenido en el presente estudio. Por otro lado, la susceptibilidad de los cultivares de arándanos a patógenos de la familia Botryosphaeriaceae ha sido reportado en diversos estudios previos en el mundo (Creswell y Milholland, 1987; Polashock y Kramer, 2006; Milholland, 1995; Smith, 1997; Smith y Miller, 2017; Campbell et al., 2017). Sin embargo, *N. parvum* se posiciona como uno de los patógenos más comunes y virulentos de la familia Botryosphaeriaceae que afectan arándanos alrededor del mundo. Por otro lado, este patógeno tiene una amplia distribución, ha sido reportado en más de 29 países y 6 continentes (Sakadilis et al., 2010; Gusella et al., 2020).

A su vez, tanto en condición de campo como laboratorio, el aislado de *L. theobromae* (LT-Mz) obtenido desde manzano presentó la menor virulencia. En general las especies del género *Lasiodiplodia* han sido frecuentemente reportadas como patógenos sumamente agresivos en una amplia gama de hospederos, incluido el arándano (Xu et al. 2015; Wiseman et al. 2017), como es en el caso de Perú, donde, *L. laeliocattleyae* y *L. theobromae* causa graves daños y muy agresivos. No obstante, la virulencia es variada

entre aislados de las mismas especies, siendo una agresivas y otras poco agresivas, pero *Lasiodiplodia theobromae* presento varios aislados muy agresivos en causar lesiones en ramillas de arándanos (Rodríguez-Gálvez et al., 2020). Nuestros resultados concuerdan con el estudio de Scarlett et al. (2019) en Australia, donde *L. theobromae* no fue tan agresiva en el arándano como otras especies de Botryosphaeriaceae. Es importante mencionar, que la especie *L. theobromae* es un especie de un ambiente sub-tropical a tropical, donde la temperatura juega un rol importante en su fisiología y su agresividad, siendo una especie agresiva en vides de Mexico y E.E.U.U (Gramaje et al., 2018) y arándanos en Perú (Rodríguez-Gálvez et al., 2020).

En el presente estudio los aislados propios del arándano presentaron un alto nivel de patogenicidad, sin embargo, patógenos obtenidos desde otros hospederos frutales como *N. parvum* recolectado desde nogal y vides, además de *N. arbuti* obtenidos de manzanos igualmente presentaron una alta virulencia. Por este motivo los miembros del género *Neofusicoccum*, en particular *N. parvum* parecen ser dominantes en huertos chilenos, es posible que las especies de *Neofusicoccum* han encontrado aquí un nicho ecológico con perfecta condiciones ambientales y hospederos susceptibles, lo que les permite prosperar y tener más éxito que otras especies de Botryosphaeriaceae.

Nuestra realidad de zona agrícola como Región del Maule con un clima mediterráneo cálido y templado Csb (Köppen-Geiger), es muy recurrente que las especies frutales como vides, arándanos, manzanos y nogales se cultiven en las proximidades y situación que se reitera en otras partes del mundo como California, Sudáfrica y España (Díaz y Latorre, 2020). Por lo tanto, el presente trabajo es pionero en demostrar la capacidad de Botryosphaeriaceae spp. obtenidas desde otras especies frutales causando muerte regresiva, y provocar canchales y muerte regresiva en arándanos, donde las especies de *Neofusicoccum* fueron las más agresivas, sin importar su origen. Basados en el trabajo de Van Dyk et al., 2021, con hongos de la madera, Botryosphaeriaceae spp. asociadas a muerte en olivos europeos y silvestres, indicaron que los aislados obtenidos desde olivos europeos fueron más virulentos que los aislados obtenidos desde olivos silvestres. Sin embargo, para el caso del hongo de la madera *Eutypa lata* fue lo contrario, siendo más agresivo el aislado obtenido desde olivos silvestres. De este modo, los datos obtenidos en el presente trabajo nos evidencian que las especies más agresivas fueron los aislados obtenidos en el mismo hospederos como de otros hospederos.

El actual estudio es el primero a nivel nacional y mundial que demuestra infección en arándanos por Botryosphaeriaceae spp. obtenidos desde diferentes hospederos. Esto demuestra parcialmente la ocurrencia de infecciones cruzadas por Botryosphaeriaceae en huertos frutales que se encuentren en las cercanías y ser fuentes de inóculo. Esto concuerda con el trabajo de realizado en Sudáfrica por Mojeremane et al. (2020), quienes determinaron que los aislados de *N. australe* y *N. stellenboschiana* obtenidos desde vides, ciruelos, manzanos, olivos y pimiento boliviano fueron capaces de causar lesiones en vides, ciruelos, manzanos, olivos y pimiento boliviano, variando la virulencia entre los aislados y demuestran la capacidad de infección cruzada de Botryosphaeriaceae en diferentes especies frutales y ornamentales. Sin embargo, en este último trabajo

se estudiaron en brotes de los hospederos, siendo que el problema en la realidad es en la madera de las especies frutales (Mojeremane et al. (2020).

En consecuencia, más estudios deben realizarse y deben ser complementarios para demostrar la infección cruzada de Botryosphaeriaceae spp. en Chile. Además, es fundamental conocer aspectos epidemiológicos de la infección que generan estos hongos, junto con los manejos culturales en los distintos frutales enfocados en disminuir las fuentes de inóculo, la protección de las heridas de poda, a la vez de realizar un manejo holístico de las fuentes como el retiro, quema o incorporación en profundidad de los restos vegetales, en combinación con conocer la sensibilidad de los fungicidas para prevenir el impacto de las enfermedades de la madera, y así poder evitar las pérdidas de fruta y económicas. Varios estudios han demostrado la eficacia de fungicidas frente a miembros de la familia Botryosphaeriaceae (Díaz y Latorre, 2013; Muñoz, 2017; Olmo et al., 2016; Torres et al., 2013). Por su parte en arándanos en Chile gracias al estudio de Latorre et al. (2013) se demostró que las pastas fungicidas formuladas con 0,1% de benomilo, 0,5% de tebuconazol o 0,06% de iprodione otorgan una protección considerable de las heridas de poda contra *N. parvum* en los tallos de cv. Duke. Esta información es de suma importancia para el control y diseño de estrategias de manejo integrado del cultivo para hacer frente y tomar acciones contra infecciones futuras y así poder disminuir las pérdidas causadas por estos hongos.

6. CONCLUSIÓN

Basado en los resultados del presente estudio, se concluye que:

Las ramillas de arándano cv. Duke inoculadas con 10 aislados fungosos de Botryosphaeriaceae en condición de invernadero desarrollaron lesiones necróticas, siendo los aislados de arándanos y nogal de *Neofusicoccum parvum* y de manzano de *N. arbuti* lo más virulentos.

Las ramillas de arándano cv. Duke inoculadas con 10 aislados fungosos de Botryosphaeriaceae en condición de campo desarrollaron lesiones necróticas, siendo los aislados de arándanos, nogal, vid de *Neofusicoccum parvum*, *N. arbuti* de manzano y *D. mutila* del nogal los más virulentos.

Las especies de *Neofusicoccum* fueron las más agresivas, sin importar su origen.

7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aćimović, S., Rooney-Latham, S., Albu, S., Grosman, D.M., and Doccola, J.J. 2018. Characterization and pathogenicity of Botryosphaeriaceae fungi associated with declining urban stands of coast redwood in California. *Plant Disease* 102:1950-1957.
- Al-Adawi, A. O.; Deadman, M. L.; Al-Rawahi, A. K.; Al-Maqbali, Y. M.; Al-Jahwari, A. A.; Al-Saadi, B. A.; Al-Amri, I. S. and Wingfield, M. J. 2006. Etiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. *Eur. J. Plant Pathology* 116(4):247-254.
- Álvarez-Bravo, A., Bugarín-Montoya, R., and Arellano-Figueroa, M. E. 2019. Acumulación de horas frío para la producción de arándano en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 23, 175–185.
- Alves, A., Correia, A., Luque, J., and Phillips, A. 2004. *Botryosphaeria corticola*, sp. nov. On *Quercus* species, with notes and description of *Botryosphaeria stevensii* and its anamorph, *Diplodia mutila*. *Mycologia* 96: 598–613.
- Amponsah, N., Jones, E., Ridgway, H., and Jaspers, M. 2009. Rainwater dispersal of *Botryosphaeria* conidia from infected grapevines. *New Zealand Plant Protection* 62: 228–233.
- Arteaga, A., and Arteaga, H. 2016. Optimization of the antioxidant capacity, anthocyanins, and rehydration in powder of cranberry (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulated with mixtures of hydrocolloids. *Scientia Agropecuaria* 7: 191–200.
- Asociación de exportadores de frutas de Chile (ASOEX). Industria del arándano de Chile Temporada 2020-2021. [En línea] Recuperado en: < <https://www.asoex.cl/>>. Consultado el 4 de octubre del 2021.
- Auger, J., Palma, F., Pérez, I., and Esterio, M. 2013. First Report of *Neofusicoccum australe* (*Botryosphaeria australis*), as a Branch Dieback Pathogen of Avocado Trees in Chile. *Plant Disease* 97: 842.
- Avilés, M., de los Santos, B., and Borrero, C. 2021. Increase of canker disease severity in blueberries caused by *Neofusicoccum parvum* or *Lasiodiplodia theobromae* due to interaction with *Macrophomina phaseolina* root infection. *European Journal of Plant Pathology* 159: 655–663.
- Back, C. G., Dumin, W., Han, Y. K., Bae, Y. S., and Park, J. H. 2022. First Report of *Botryosphaeria dothidea* as a Causal Agent to Stem Rot Disease on Plumcot Trees in Korea. *Plant Disease* 106(1): 334.
- Barber, P., Burgess, T., St. J. Hardy, G. E., Slippers, B., Keane, P., and Wingfield, M. 2005. *Botryosphaeria* species from Eucalyptus in Australia are pleoanamorphic, producing *Dichomera* synanamorphs in culture. *Mycological Research* 109: 1347–1363.

- Barriaga, C., Sudzuki, F., Bruna, G., and Saavedra, M. 1991. Arándano: Situación actual y perspectivas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA El Campesino. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/48386>. Consultado: 21 mayo 2021.
- Barrionuevo, M., Carrasco, J., Cravero, B., and Ramón, A. 2011. Formulación de un helado dietético sabor arándano con características prebióticas. *Diaeta* 29(134), 23-28.
- Besoain, X., Torres, C., Díaz, G. A., and Latorre, B. A. 2013. First Report of *Neofusicoccum australe* Associated with Botryosphaeria Canker of Grapevine in Chile. *Plant Disease* 97(1): 143.
- Bihon, W., Slippers, B., Burgues, T., Wingfield, M. J. and Wingfield, B. D. 2011. Sources of *Diplodia pinea* endophytic infections in *Pinus patula* and *P. radiata* seedlings in South Africa. *Forest Pathology* 41(5):370-375.
- Boyzo-Marin, J., Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., and Ramirez-Maldonado, G. 2016. First report of *Neofusicoccum parvum* causing stem blight and dieback of blueberry in Mexico. *Plant Disease* 100: 2524.
- Brown, E., and Hendrix, F. 1981. Pathogenicity and histopathology of *Botryosphaeria dothidea* on Apple stems. *Phytopathology* 71:375-379.
- Buzeta, A. 1997. Chile: Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile. 133p.
- Campbell, E., Walters, H., Tennakoon, K., Jones, E and Walter, M. 2017. Desarrollo de ensayos de fenotipado para la detección de resistencia de plantas de arándanos contra *Neofusicoccum* spp. *Protección de Plantas de Nueva Zelanda* 70, 215-223.
- Castillo, S., Borrero, C., Castaño, R., Rodríguez, A., and Avilés, M. 2013. First Report of Canker Disease Caused by *Neofusicoccum parvum* and *N. australe* on Blueberry Bushes in Spain. *Plant Disease* 97(8), 1112.
- Chen, S., Morgan, D. P., Hasey, J. K., Anderson, K., and Michailides, T. J. 2014. Phylogeny, Morphology, Distribution, and Pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from English Walnut in California. *Plant Disease* 98: 636–652.
- Choi, I. Y., Sharma, P. K., and Cheong, S. S. 2012. First Report of *Neofusicoccum parvum* associated with Bark Dieback of Blueberry in Korea. *The Plant Pathology Journal* 28(2), 217.
- Creswell, T. C., and Milholland, R. D. 1987. Responses of blueberry genotypes to infection by *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Disease* 71:710-713.
- Crous, P. W., Slippers, B., Groenewald, J. Z., and Wingfield, M. J. 2017. Botryosphaeriaceae: Systematics, pathology, and genetics. *Fungal Biology* 121(4), 305–306.

- Crous, P., Slippers, B., Wingfield, M., Rheeder, J., Marasas, W., Phillips, A., Alves, A., Burgess, T., Barber, P. and Groenewald, J. 2006. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies Mycology* 55: 235– 253.
- Cuevas, G., and R. Acuña. 2004. Detección de enfermedades del follaje en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) en la VIII Región, Chile. Resúmenes XIII Congreso Sociedad Chilena de Fitopatología. *Fitopatología* 39:30.
- Cunnington, J. H., Priest, M. J., Powney, R. A., and Cother, N. J. 2007. Diversity of Botryosphaeria species on horticultural plants in Victoria and New South Wales. *Australasian Plant Pathology* 36: 157.
- Dai, H., Wang, Y., Ji, S., Kong, X., Zhang, F., Zhou, X., and Zhou, Q. 2021. Effect of Intermittent Warming on the Quality and Lipid Metabolism of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L., cv. Duke) Fruit. *Frontiers in Plant Science* 11.
- Figueroa, D., Guerrero, J., and Bensch, J. 2010. Effect of time to harvest and permanence in the orchard on postharvest quality in high blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), cvs. Berkeley, Brigitta Elliott during the season 2005-2006. *Idesia (Arica)* 28 (1): 79-84.
- De la Mora, G., Cibrián, D., and Pérez, A. 2014. *Neofusicoccum eucalyptorum* (=Botryosphaeria eucalyptorum) ANDN. parvum: pathogens in eucalyptus plantations in Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 187–197.
- De Oliveira Costa, V. S., Michereff, S. J., Martins, R. B., Gava, C. A. T., Mizubuti, E. S. G., and Câmara, M. P. S. 2010. Species of Botryosphaeriaceae associated on mango in Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 127(4): 509–519.
- Defilippi, B., Rivera, S. y Arriola, R. 2017. Capítulo 5: Aspectos clave durante postcosecha para la obtención de un arándano de calidad. Adaptación de la Metodología Cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile. Boletín INIA N.º 346 Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Carillanca. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6572>. Consultado: 29 marzo 2022.
- Delgado-Cerrone, L., Mondino-Hintz, P., and Alaniz-Ferro, S. 2016. Botryosphaeriaceae species associated with stem canker, die-back and fruit rot on apple in Uruguay. *European Journal of Plant Pathology* 146(3): 637–655.
- Denman, S., Crous, P., Taylor, J., Kang, J., Pascoe, I., Wingfield, J. 2000. An overview of the taxonomic history of Botryosphaeria, and a re-evaluation of its anamorphs based on morphology and ITS rDNA phylogeny. *Studies in Mycology* 45: 129-140.

- Di Genova, D., Lewis, K. J., and Oliver, J. E. 2020. Natural Infection of Southern Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* Interspecific Hybrids) by *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*. *Plant Disease* 104(10): 2598–2605.
- Díaz, G. A., and Latorre, B. A. 2020. Cancrosis y muerte regresiva en manzanos: Etiología y aspectos epidemiológicos en Chile. *Revista Frutícola* 43(3): 30-36.
- Díaz, G. A., Latorre, B.A., Ferrada, E.E., and Lolas., M. 2019. Identification and characterization of *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Phacidiopycnis washingtonensis* and *Phacidium lacerum* obtained from apple (*Malus x domestica*) fruit rot in Maule Region, Chile. *European Journal of Plant Pathology* 153: 1259-1273.
- Díaz, G. A., Auger, J., Besoain, X., Bordeu, E., and Latorre, B. A. 2013. Prevalence and pathogenicity of fungi associated with grapevine trunk diseases in Chilean vineyards. *Ciencia e investigación agraria* 40: 327–339.
- Díaz, G. A., Mostert, L., Halleen, F., Lolas, M., Gutierrez, M., Ferrada, E., and Latorre, B. A. 2019. *Diplodia seriata* Associated with *Botryosphaeria* Canker and Dieback in Apple Trees in Chile. *Plant Disease* 103(5): 1025.
- Díaz, G. A., Valdez, A., Halleen, F., Ferrada, E., Lolas, M., and Latorre, B. A. 2022. Characterization and Pathogenicity of *Diplodia*, *Lasiodiplodia*, and *Neofusicoccum* Species Causing *Botryosphaeria* Canker and Dieback of Apple Trees in Central Chile. *Plant Disease* 106(3), 925–937.
- Díaz, G. A., Zoffoli, J. P., Ferrada, E. E., and Lolas, M. 2021. Identification and Pathogenicity of *Diplodia*, *Neofusicoccum*, *Cadophora*, and *Diaporthe* Species Associated with Cordon Dieback in Kiwifruit cultivar Hayward in Central Chile. *Plant Disease* 105: 1308-1319.
- Díaz, G.A, y Lolas, M. 2016. Enfermedades de pre y postcosecha en manzanos. Boletín técnico volumen 16 no.5. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca, Chile. Recuperado en: <http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2016/06/enfermedades-pre-y-pos-cosecha.pdf>. Consultado el 10 de octubre de 2021.
- Díaz, G.A., and Latorre, B., 2013. Efficacy of paste and liquid fungicide formulations to protect pruning wounds against pathogens associated with grapevine trunk diseases in Chile. *Crop Protection* 46:106-112.
- Díaz, GA, D. Prehn, X. Besoain, ER Chávez, and BA Latorre. 2011. *Neofusicoccum parvum* asociado a enfermedades del tronco de la vid en Chile. *Plant Disease* 95:1032.
- Díaz. G. A., Latorre, B. A., Ferrada, E., Gutierrez, M., Bravo, F., and Lolas, M. 2018. First report of *Diplodia mutila* causing Branch dieback of English walnut cv. Chandler in the Maule Region. Chile. *Plant Disease* 102:1451-1452.

- Edith, M. 2016. Aislamientos de *Botryosphaeria* asociados al tizón del tallo de arándanos y su patogenicidad. Memoria para optar al título de Maestra en ciencias. Michoacán, México, Facultad de Ciencias Agrícola, Universidad Michoacán 42 p.
- Elfar, K., Torres, R., Díaz, G. A., and Latorre, B. A. 2013. Characterization of *Diaporthe australafricana* and *Diaporthe* spp. Associated with Stem Canker of Blueberry in Chile. *Plant Disease* 97(8), 1042–1050.
- Espinoza, J. G., Briceño, E. X., Chávez, E. R., Úrbez-Torres, J. R., and Latorre, B. A. 2009. *Neofusicoccum* spp. Associated with Stem Canker and Dieback of Blueberry in Chile. *Plant Disease* 93: 1187–1194.
- Espinoza, J. G., Briceño, E. X., Keith, L. M., and Latorre, B. A. 2008. Canker and Twig Dieback of Blueberry Caused by *Pestalotiopsis* spp. and a *Truncatella* sp. in Chile. *Plant Disease* 92(10), 1407–1414.
- Falagán, N., Miclo, T., and Terry, L. 2020. Graduated Controlled Atmosphere: A Novel Approach to Increase “Duke” Blueberry Storage Life. *Frontiers in Plant Science* 11.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2020. Producción agrícola. [En Línea]. Recuperado en: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>>. Consultado el: 20 de mayo de 2021.
- France I., A. 2013. Manejo de enfermedades en arándano. Manual de Arándano. Boletín INIA no. 263 instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Quilamapu. Chillán. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7627>. Consultado: 31 marzo 2022.
- García, R., García, G y Ciordia, M. 2013. Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Servicio regional de investigación y desarrollo agroalimentario (SERIDA). Revista tecnológica agroalimentaria 12:5-1.
- González, A. 2013. Análisis de la Industria del arándano. Boletín INIA no. 277. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Temuco. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7610>. Consultado: 24 mayo 2021.
- González, A., Morales, C. 2017. Variedades de arándanos. Boletín INIA no. 371. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Villa Alegre. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6674>. Consultado: 25 mayo 2021.
- González, C. 2016. Posición de la fruta en la planta y estado de desarrollo del fruto: efecto sobre la producción de etileno y la respiración de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. ‘Duke’ y ‘Brigitta’ en pre y postcosecha. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Talca, Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca 40 p.

- González, F., Rebollar, S., Hernández, J., Morales, J., and Ramírez, O. 2019. Situación actual y perspectivas de la producción de berries en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 44: 260-272.
- Gramaje, D., Úrbez-Torres, J. R., and Sosnowski, M. R. 2018. Managing Grapevine Trunk Diseases with Respect to Etiology and Epidemiology: Current Strategies and Future Prospects. *Plant Disease* 102: 12–39.
- Guajardo, J., Riquelme, N., Tapia, L., Larach, A., Torres, C., Camps, R., and Besoain, X. 2018. First Report of *Lasiodiplodia theobromae* Causing Bot Gummosis in *Citrus limon* in Chile. *Plant Disease* 102(4): 818.
- Guarnaccia, V., Martino, I., Tabone, G., Brondino, B., and Gullino, L. 2020. Fungal pathogens associated with stem blight and dieback of blueberry in northern Italy. *Phytopathologia Mediterranea* 59 (2): 229-245.
- Guerrero, J. 2003. Cancro y tizón de tallo, causado por *Botryosphaeria ribis* y su anamorfo *Fusicoccum* sp. en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) y ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade.) en la IX y X Región. XIII Congreso Sociedad Chilena de Fitopatología, Maitencillo, Chile.
- Guerrero, J.A., and Pérez, S.M. 2013. First report of shoot blight and canker caused by *Diplodia coryli* in hazelnut trees in Chile. *Plant Disease* 97:144-144.
- Gusella, G., Giambra, S., Conigliaro, G., Burrmano, S., and Polizzi, G. 2020. Botryosphaeriaceae species causing canker and dieback of English walnut (*Juglans regia*) in Italy. *Forest Pathology* 51(1): e12661
- Hetz, E., Saavedra, M., Venegas, A., and López, M. 2004. Ventana de aplicación de plaguicidas en huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles, Chile. *Agricultura Técnica* 64(4): 375-387.
- Hilário, S., Lopes, A., Santos, L., and Alves, A. 2020. Botryosphaeriaceae species associated with blueberry stem blight and dieback in the Centre Region of Portugal. *European Journal of Plant Pathology* 156: 31–44.
- Inderbitzin, P., Bostock, R., Trouillas, P., and Michailides, T. J., 2010. A six locus phylogeny reveals high species diversity in Botryosphaeriaceae from California almond. *Mycologia* 102: 1350-1368.
- International Blueberry Organization (IBO). 2020 Perú: superficie de arándanos campaña 2020/2021. [En línea] Recuperado en: <<https://www.internationalblueberry.org/>>. Consultado el 9 de octubre del 2021.
- International Blueberry Organization (IBO). 2021. Informe arándanos 2021. [En línea] Recuperado en: <<https://www.internationalblueberry.org/2021-report/>>. Consultado el 10 de octubre del 2021.

- IQconsulting (Consultora de Mercados de Fruta Fresca). 2021. Anuario arándanos 2020-2021. [En línea]Recuperado:<http://www.iqconsulting.com/files/Anuario_Arandano_iQconsulting_2020_21_b16deffda58fc754137f3ddfc797b6e1.pdf/>. Consultado el 2 de enero del 2022.
- Jami, F., Marincowitz, S., Durán, A., Slippers, B., Abad, J. I. M., Chen, S., and Wingfield, M. J. 2022. *Botryosphaeriaceae* diversity on *Eucalyptus* clones in different climate zones of Indonesia. *Forest Pathology* 52(2).
- Jimenez, I., Besoain, X., Saa, S., Peach, E., Cadiz, F., Riquelme, N., Larach, A., Morales, J., Ezcurra, E., Ashworth, V. E., and Rolshausen, P. E. 2022. Identity and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* and *Diaporthaceae* from *Juglans regia* in Chile. *Phytopathologia Mediterranea* 61(1): 79–94.
- Jiménez, V., and Abdelnour, A. 2013. Identificación y valor nutricional de algunos materiales nativos de arándano (*Vaccinium* spp). *Revista Tecnología en Marcha* 26(2), 3.
- Kalt, W., and McDonald, J. 1996. Chemical Composition of Lowbush Blueberry Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121: 142–146.
- Koike, S. T., Rooney-Latham, S., and Wright, A. F. 2014. First Report of Stem Blight of Blueberry in California Caused by *Neofusicoccum parvum*. *Plant Disease* 98(9):, 1280.
- Kong, C., Qiu, X., Yi, K., Yu, X., Yu, L. 2010. First Report of *Neofusicoccum vitifusiforme* Causing Blueberry Blight of Blueberry in China. *Plant Disease* 94(11): 1373.
- La Rosa, R., Sánchez, M., and Pérez, E. 2017. Internal morphology and histology of blueberry *Vaccinium corymbosum* L. (*Ericaceae*) in Lima, Peru. *Agronomía Colombiana* 35(2): 176–181.
- Larignon, P.; Fulchic, R., and Dubos. B. 2001. Un nouveau dépérissement de la vigne en France: le Black Dead Arm causé par *Botryosphaeria* spp. *Bulletin* 24: 51- 55.
- Larrañaga, P., Osoreo, M. 2019. Catastro frutícola: principales resultados. Región del Maule, Julio 2019. CIREN. [En línea] Recuperado en: < <https://www.ciren.cl/>>. Consultado el 24 de mayo del 2021.
- Latorre, B. A., Díaz, G. A., and Reed, M. P. 2012. Effect water activity on in vitro mycelial growth of *Neofusicoccum* spp. infecting blueberry. *Ciencia e investigación agraria* 39: 221–228.
- Latorre, B. A., 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): 547–557.

- Lawrence, D. P., Peduto Hand, F., Gubler, W. D., and Trouillas, F. P. 2017. Botryosphaeriaceae species associated with dieback and canker disease of bay laurel in northern California with the description of *Dothiorella californica* sp. nov. *Fungal Biology* 121(4): 347–360.
- Leal, D. 2012. El cobre en la nutrición del cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en suelos volcánicos del sur de Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral 97 p.
- Li, H.-Y., R.-B. Cao, and Y.-T. Mu. 1995. In vitro inhibition of *Botryosphaeria dothidea* and *Lasiodiplodia theobromae*, and chemical control of gummosis disease of Japanese apricot and peach trees in Zhejiang Province, China. *Crop Protection* 14:187-191.
- Lobos, W. 1988. El arándano en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA, Estación Experimental Carillanca Temuco. [En línea]. Recuperado en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39102>. Consultado el 20 de mayo 2021.
- López-Alarcón, C., and Denicola, A. 2013. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Analytica Chimica Acta* 763: 1–10.
- Luna, I. J., Besoain, X., Saa, S., Peach, E., Morales, F. C., Riquelme, N., y Rolshausen, P. E. 2022. Identity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from *Juglans regia* in Chile. *Phytopathologia Mediterranea* 61(1): 79-94.
- Martins, M. V. V., Lima, J. S., Hawerth, F. J., Ootani, M. A., Araujo, F. S. A., Cardoso, J. E., Serrano, L. A. L., and Viana, F. M. P. 2018. First Report of *Lasiodiplodia brasiliense* Causing Disease in Apple Trees in Brazil. *Plant Disease* 102(5), 1027.
- McDonald, V., and Eskalen, A. 2011. Botryosphaeriaceae Species Associated with Avocado Branch Cankers in California. *Plant Disease* 95:1465–1473.
- Mehl, J. W. M.; Slippers, B.; Roux, J. and Wingfield, M. J. 2017. Overlap of latent pathogens in the Botryosphaeriaceae on a native and agricultural host. *Fungal Biology* 121(4):405-419.
- Merlet, L., Wiseman, M. S., Serdani, M., and Putnam, M. L. 2018. First Report of Silver Leaf Caused by *Chondrostereum purpureum* on *Vaccinium corymbosum* in Oregon. *Plant Disease* 102(10): 2041.
- Milholland R. D. 1995. Botryosphaeria stem blight, compendium of Blueberry and Cranberry Diseases. F. L Caruso and D. C. Ramsdell. American Phytopathological Society.
- Miller, K., Feucht, W., and Schmid, M. 2019. Bioactive Compounds of Strawberry and Blueberry and Their Potential Health Effects Based on Human Intervention Studies: A Brief Overview. *Nutrients* 11(7), 1510.

- Moggia, C., Graell, J., Lara, I., González, G, and Lobos, G. A. 2017. Firmness at Harvest Impacts Postharvest Fruit Softening and Internal Browning Development in Mechanically Damaged and Non-damaged Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Frontiers in Plant Science* 8: 535. doi: 10.3389/fpls.2017.00535
- Mojeremame, K., Lebenya, P., Du Plessis, I.L., Van der Rijst, M., Mostert, L., Armengol, J., and Halleen, F. 2020. Cross pathogenicity of *Neofusicoccum australe* and *Neofusicoccum stellenboschiana* on grapevine and selected fruit and ornamental trees. *Phytopathologia Mediterranea* 59:581-593.
- Mondragón, A., Rodríguez-Alvarado, G., Gómez, N., Guerra, J., and Fernández-Pavía, S. P. 2021. Botryosphaeriaceae: una familia de hongos, compleja, diversa y cosmopolita. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(4), 643–654.
- 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: 1809–1827.
- Morales, A., Latorre, B. A., Piontelli, E., and Besoain, X. 2012. Botryosphaeriaceae species affecting table grape vineyards in Chile and cultivar susceptibility. *Ciencia e Investigación Agraria* 39: 445–458.
- Morales, C. 2017. Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA N° 06. Instituto de Investigaciones Agropecuaria, INIA Raihuén. [En línea]. Recuperado en: https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual_arandanos.pdf?sfvrsn=0. Consultado el 21 de mayo de 2021.
- Morales, C., Gonzales, J. 2020. Arándanos y frambuesas en la Región del Maule: caracterización sectorial y análisis varietal. INIA Raihuén. [En línea]. Disponible en: https://www.opia.cl/601/articles-115095_archivo_01.pdf. Consultado: 25 marzo 2022.
- Moreira, A., Cedeño, V., Canchignia, F., and Garcés, R. 2021. *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon and Maubl [(syn.) *Botryodiplodia theobromae* Pat] in the cocoa crop: symptoms, biological cycle, and strategies management. *Scientia Agropecuaria* 12(4), 653–662.
- Muñoz, A. 2017. Protección de heridas de poda mediante fungicidas contra *Diaporthe australafricana* y *Neofusicoccum parvum* en kiwis cv. Hayward. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile. 45 p.
- Muñoz, R. 2015. Condiciones de trabajo en las nuevas producciones frutícolas de exportación: el caso del arándano en la provincia argentina de Entre Ríos, 2002-2010. *Trabajo y Sociedad* 25: 371-386.

- Nazar Pour, F., Ferreira, V., Félix, C., Serôdio, J., Alves, A., Duarte, A. S., and Esteves, A. C. 2020. Effect of temperature on the phytotoxicity and cytotoxicity of Botryosphaeriaceae fungi. *Fungal Biology* 124(6): 571–578.
- Nouri M.T, Lawrence D.P., Holland L.A., Doll D.A., Kallsen C.E., Culumber C.M., and Trouillas F.P. 2019. Identification and pathogenicity of fungal species associated with canker diseases of pistachio in California. *Plant Disease* 103:2397-2411.
- Sakalidis, M. L., Slippers, B., Wingfield, B. D., Hardy, G. E. S. J., and Burgess, T. I. 2013. The challenge of understanding the origin, pathways and extent of fungal invasions: global populations of the *Neofusicoccum parvum*-*N. ribis* species complex. *Diversity and Distributions* 19(8), 873–883.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2020. Boletín de fruta enero de 2020. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <<http://www.odepa.gob.cl>>. Consultado el 24 de mayo del 2021.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2021. Catastro frutícola 2019. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <<http://www.odepa.gob.cl>>. Consultado el 20 de mayo del 2021.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2021. Ficha nacional 2021. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <<http://www.odepa.gob.cl>>. Consultado el 10 de abril del 2021.
- Olivares, Ana and Uriburu, María. 2015. Formulación de mermeladas dietéticas de arándano (*Vaccinium Corymbosum* L) y mango (*Mangífera Indica* L) / Formulation of dietetic Blueberry (*Vaccinium Corymbosum* L.) and mango (*Mangífera Indica* L.) jam. *Ciencias de nutrición* 33(152).
- Olmo D., Armengol J., León M., and Gramaje D. 2016. Characterization and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species isolated from almond trees on the Island of Mallorca (Spain). *Plant Disease* 100:2483-2491.
- Ormazábal, Y., Mena, C., Cantillana, J., and Lobos, G. 2020. Caracterización de predios productores de arándanos (*Vaccinium corymbosum*), según nivel tecnológico. El caso de la Región del Maule-Chile. *Información tecnológica* 31: 41–52.
- Pávez, F. 2021. Eficacia de fungicidas comerciales en la protección de heridas de poda en avellano contra infecciones asociadas a *Neofusicoccum parvum*. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile. 39p.

- Pečenka, J., Tekielska, D., Kocanová, M., Peňázová, E., Berraf-Tebbal, A., and Eichmeier, A. 2021. First Report of *Lasiodiplodia theobromae* Causing Decline of Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in the Czech Republic. *Plant Disease* 105(1).
- Pelleteret, P., Crovadore, J., Cochard, B., Pasche, S., Bovigny, P., Chablais, R., and Lefort, F. 2017. Urban London plane tree dieback linked to fungi in the Botryosphaeriaceae. *Urban Forestry and Urban Greening* 22: 74–83.
- Pérez, F., Meriño-Gergichevich, C., and Guerrero, C. 2014. Detection of *Neofusicoccum nonquaesitum* causing dieback and canker in highbush blueberry from Southern Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 14: 581-588.
- Phillips, A., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M., Groenewald, J., and Crous, P. 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology* 76, 51–167.
- Pinto, J. 2018. Evolución de la Calidad del Arándano de Chile y Sus Desafíos. Oportunidades y desafíos para Chile. Ciclo “Arándano en debate”, parte de Ciclos Regionales Frutícolas, ASOEX.
- Piškur, B., Pavlic, D., Slippers, B., Ogris, N., Maresi, G., Wingfield, M. J., and Jurc, D. 2010. Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae on declining *Ostrya carpinifolia* in Slovenia and Italy following extreme weather conditions. *European Journal of Forest Research* 130(2), 235–249.
- Polashock, J. J., and Kramer, M. 2006. Resistance of Blueberry Cultivars to Botryosphaeria Stem Blight and Phomopsis Twig Blight. *HortScience* 41(6), 1457–1461.
- Popović, T., Blagojević, J., Aleksić, G., Jelušić, A., Krnjajić, S., and Milovanović, P. 2018. A blight disease on highbush blueberry associated with *Macrophomina phaseolina* in Serbia. *Canadian Journal of Plant Pathology* 40, 121–127
- Pritts, M., Hancock, J. 1992. Highbush Blueberry Production Guide. New York, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 200p.
- Prodorutti, D., Vanblaere, T., Gobbin, D., Pellegrini, A., Gessler, C., and Pertot, I. 2009. Genetic Diversity of *Armillaria* spp. Infecting Highbush Blueberry in Northern Italy (Trentino Region). *Phytopathology* 99(6), 651–658.
- Rebollar, A., Boyzo-Marin, J., Silva, H. V., and Ramírez, G. 2013. Fungi and oomycete pathogens causing stem blight and root rots on blueberry in Central Mexico. *Phytopathology* 103, 119–120.

- Retamales J. and Hancock J. 2012. Blueberries. Crop production science in horticulture series, 21. CABI. Cambridge. Chapter 2: Blueberry taxonomy and breeding p 39-40 and Chapter 3: Growth and development. p 58-62.
- Retamales J. B., Moggia C., Lobos G. 2013. Maximización de la productividad de arándanos frescos en la Región del Maule: manejo e integración de factores de precosecha, cosecha y postcosecha. En Investigación de la Universidad de Talca. Mayo 2014. Nuevos paradigmas para un nuevo escenario del arándano. Red Agrícola. p 30-32.
- Retamales, J., Palma, M., Morales, Y., Lobos, G., Moggia, C., and Mena, C. 2014. Blueberry production in Chile: current status and future developments. Revista Brasileira de Fruticultura 36: 58-67.
- Rivera, S. A., Zoffoli, J. P., and Latorre, B. A. 2013. Infection Risk and Critical Period for the Postharvest Control of Gray Mold (*Botrytis cinerea*) on Blueberry in Chile. Plant Disease 97(8): 1069–1074.
- Rodríguez-Gálvez, E., Hilário, S., López, A., and Alves, A. 2020. Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. European Journal of Plant Pathology 157(1): 89–102.
- Rojo, C., Becerra, V., France, A., Paredes, M., Buddie, A., and Balzarini, M. 2017. Genetic diversity of *Chondrostereum purpureum* Pouzar causing silverleaf disease on blueberries in Chile. Gayana Botánica 74(1), 176-188.
- Rooney, S., and Soriano, C. 2016. First Report of *Neofusicoccum nonquaesitum* Causing Branch Dieback of Apple in California. Plant Disease 100(5), 1012.
- Rossi, M. 2019. Identificación y caracterización de especies de Botryosphaeriaceae asociadas a muerte regresiva de manzanos. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Saad, N., Olmstead, J. W., Jones, J. B., Varsani, A., and Harmon, P. F. 2021. Known and New Emerging Viruses Infecting Blueberry. Plants 10(10), 2172.
- Sammonds, J., Billones, R., Ridgway, H., Walter, M., and Jaspers, M. 2009. Survey of blueberry farms for *Botryosphaeria* dieback and crown rot pathogens. New Zealand Plant Protection, 62, 238–242.
- Sánchez, E. 2006. Diagnóstico y proyección de la producción de arándanos en la zona sur de Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral. 93 p.

- Sánchez, M., Venegas J., Romero, M., Phillips A. and Trapero, A. 2003. Botryosphaeria and related taxa causing oak canker in southwestern Spain. *Plant Disease* 87:1515-1521.
- Santibáñez., F. 2017 Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo III: Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule. Santiago [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62376>. Consultado: 21 abril 2022.
- Scarlett, K. A., Shuttleworth, L. A., Collins, D., Rothwell, C. T., Guest, D. I., and Daniel, R. 2019. Botryosphaeriales associated with stem blight and dieback of blueberry (*Vaccinium* spp.) in New South Wales and Western Australia. *Australasian Plant Pathology* 48: 45–57.
- Schoch, C., Shoemaker, R., Seifert, K., Hambleton, S., Spatafora, J. and Crous, P. 2006. A multigene phylogeny of the Dothideomycetes using four nuclear loci. *Mycologia* 98: 1041- 1052.
- Seeram, N. 2013. Berries and Human Health: Research Highlights from the Fifth Biennial Berry Health Benefits Symposium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 3839–3841.
- Severns, P. M., Jagdale, G. B., Holladay, T., Brannen, P. M., Noe, J. P., and Cline, W. O. 2020. Potential for the Pathogenicity of Plant-Parasitic Nematodes Associated with Blueberries in Georgia and North Carolina. *Plant Health Progress* 21(1), 9–12.
- Shands, A. C., Yamagata, J. S., Wright, A. F., and Miles, T. D. 2016. First Report of *Phytophthora cinnamomi* Causing Root Rot of Southern Highbush Blueberry in California. *Plant Disease* 100(2): 537.
- Shen, Y. M., Chao, C. H., and Liu, H. L. 2010. First Report of *Neofusicoccum parvum* Associated with Stem Canker and Dieback of Asian Pear Trees in Taiwan. *Plant Disease* 94(8): 1062.
- Slippers, B. and Wingfield, M. J. 2007. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and their impact. *Fungal Biology Review* 21(2-3):90-106.
- Slippers, B.; Crous, P. W.; Jami F.; Groenewald, J. Z. and Wingfield, M. J. 2017. Diversity in the Botryosphaeriales: looking back, looking forward. *Fungal Biology* 121(4):307-321.
- Smith, B. J. 1997. Detached stem assay to evaluate the severity of stem blight of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*). *Acta Horticulturae* 446:457-464.
- Smith, B. J. 2004. Susceptibility of Southern Highbush Blueberry Cultivars to Botryosphaeria Stem Blight. *Small Fruits Review* 3 (2): 193–201.
- Smith, B., and Miller, M. 2017. Botryosphaeria stem blight on blueberries: effect of *Vaccinium* cultivar, Botryosphaeriaceae species and temperature. *Acta Horticulturae* 1180: 23–30.

- Tang, W., Ding, Z., Zhou, Z. Q., Wang, Y. Z., and Guo, L. Y. 2012. Phylogenetic and pathogenic analyses show that the causal agent of apple ring rot in China is *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Disease* 96: 486–496.
- Tennakoon, K. M. S., Ridgway, H. J., Jaspers, M. V., and Eirian Jones, E. 2017. Botryosphaeriaceae species associated with blueberry dieback and sources of primary inoculum in propagation nurseries in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology* 150: 363–374.
- Torres, C., Latorre, B.A., Undurraga, P., and Besoain, X. 2013. Evaluation of DMI fungicides against species of *Diplodia* and *Neofusicoccum* associated with Botryosphaeria canker of grapevine. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(1): 131-138.
- Undurraga D. P., y Vargas S. S. 2013. Manual del arándano. Boletín no. 263. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Chillan. [en línea]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7627>. Consultado: 23 mayo 2021.
- Valencia, A. L., Gil, P. M., Latorre, B. A., and Rosales, I. M. 2019. Characterization and Pathogenicity of Botryosphaeriaceae Species Obtained from Avocado Trees with Branch Canker and Dieback and from Avocado Fruit with Stem End Rot in Chile. *Plant Disease* 103(5): 996–1005.
- Valenzuela, Y. 2020. Eficacia de protección de fungicidas comerciales formulados en pasta y líquido sobre heridas de poda en nogales var. Chandler contra *Diplodia mutila* causante de la muerte regresiva. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile. 50 p.
- Van Dyk, M., Spies, C.F., Mostert, L., van der Rijst, M., du Plessis, I. L., Moyo, P., and Halleen, F. 2021. Pathogenicity testing of fungal isolates associated with olive trunk diseases in South Africa. *Plant Disease*, 105:4060-4073.
- Volcy, C. 2007. Historia de los conceptos de causa y enfermedad: paralelismo entre la Medicina y la Fitopatología. *Iatreia* 20 (4): 407-421.
- Wiman, N. G., Webber, J. B., Wiseman, M., and Merlet, L. 2019. Identity and pathogenicity of some fungi associated with hazelnut (*Corylus avellana* L.) trunk cankers in Oregon. *Plos One* 14 (10): e0223500. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223500>.
- Wiseman, M. S., Serdani, M., and Putnam, M. L. 2017. A New Cane Dieback Disease of Northern Highbush Blueberry in the United States Caused by *Lasiodiplodia mediterranea*. *Plant Disease* 101(7), 1317.
- Wood, E., Hein, S., Hess, C., Williams, C., and Rodriguez-Mateos, A. 2019. Blueberries and cardiovascular disease prevention. *Food and Function* 10: 7621–7633.

- Wright, A., and Harmon, P. 2010. Identification of Species in the Botryosphaeriaceae Family Causing Stem Blight on Southern Highbush Blueberry in Florida. *Plant Disease* 94: 966–971.
- Wright, E., Mandolesi, A., Rivera, M., and Pérez, B. 2012. *Neofusicoccum parvum*, blueberry pathogen in Argentina. *Acta Horticulturae* 926: 619–623.
- Xu, C., Zhang, H., Zhou, Z., Hu, T., Wang, S., Wang, Y., and Cao, K. 2015. Identification and distribution of Botryosphaeriaceae species associated with blueberry stem blight in China. *European Journal of Plant Pathology* 143: 737–752.
- Yu, C., Diao, Y., Lu, Q., Zhao, J., Cui, S., Xiong, X., Lu, A., Zhang, X., and Liu, H. 2022. Comparative Genomics Reveals Evolutionary Traits, Mating Strategies, and Pathogenicity-Related Genes Variation of Botryosphaeriaceae. *Frontiers in Microbiology* 13:800981.
- Zapata, L M., Heredia, A, M., Quinteros, C, F., Malleret, A, D., Clemente, G., and Cárcel, J, A. 2014. Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 25: 166-192.
- Zapata, M., and Schafer, M. 2019. *Diplodia africana* causing twig death on *Araucaria araucana*, a new host and first record for Chile. *New Disease Reports* 40(1), 2.
- Zhao, L., Sun, W., Zhao, L., Zhang, L., Yin, Y., and Zhang, Y. 2022. *Neofusicoccum vaccinii*: A Novel Species Causing Stem Blight and Dieback of Blueberries in China. *Plant Disease*. First look: <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-2068-RE>.
- Zhou, Y., Gong, G., Cui, Y., Zhang, D., Chang, X., Hu, R., Liu, N and Sun, X. 2015 Identification of Botryosphaeriaceae Species Causing Kiwifruit Rot in Sichuan Province, China. *Plant Disease* 99: 699-708.
- Zlatković, M., Keča, N., Wingfield, M. J., Jami, F., and Slippers, B. 2016. Botryosphaeriaceae associated with the die-back of ornamental trees in the Western Balkans. *Antonie van Leeuwenhoek* 109(4): 543–564.