

MANUAL TÉCNICO

MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE ESPECIES DE *PHYTOPHTHORA* QUE AFECTAN AL NOGAL EN CHILE



Editores: Ximena Besoain, Javiera Morales y Rodrigo Muñoz



90
AÑOS
1928 - 2018



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

CHILE *NUT*





MANUAL TÉCNICO

MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE ESPECIES DE *PHYTOPHTHORA* QUE AFECTAN AL NOGAL EN CHILE

La presente publicación fue realizada con apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria en el marco del proyecto FIA PYT-2016-0065 "Manejo integrado para el control de especies de *Phytophthora* que afectan al nogal en Chile" e iniciativa FIA 2015 "Determinación de la incidencia y daño de especies de *Phytophthora* asociadas al decaimiento en árboles de nogal en la zona central de Chile".

Autores y equipo técnico **Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

Dra. Ximena Besoain
Ph.D. Sebastián Súa

Ing. Agr, MSc. Jeannette Guajardo
Ing. Agr, MSc. Javiera Morales
Ing. Agr, MSc. Laureano Alvarado
Ing. Agr, MSc. Rodrigo Muñoz
Ing. Agr, MSc. Alejandra Larach
Ing. Agr. Miguel Carús
Bióloga, MSc. Rocío Camps
Bióloga, MSc. Natalia Riquelme
Bióloga, MSc. Elana Peach-Fine

Colaboradores externos

Ph.D. Graeme Baird

Asistentes técnicos

Ing. Agrícola. Jorge Torres
Ing. Agr. Patricio Nuñez
Ing. Agr. Ricardo Aravena

Ing, Agr. Carolina Fuentes, Fundación para la Innovación Agraria-FIA
Ing, Agrp. Jessica Millar, Asociación gremial de productores de nueces-CHILENUT

Diseño gráfico

Javiera Morales
Rodrigo Muñoz

Registro ISBN 978-956-401-458-6

ÍNDICE

Introducción	8
Módulo 1: Antecedentes del cultivo	14
• Antecedentes económicos del mundo y Chile.....	15
• Superficie y producción mundial de nueces.....	15
• Superficie y producción nacional de nueces.....	16
• Mercado: Exportaciones de Chile.....	17
• Enfoque del mercado chileno.....	18
• Formato de nueces vendidas en el año 2017.....	18
• Antecedentes generales del cultivo.....	19
• Portainjertos y variedades.....	21
• Portainjertos de semilla o franco.....	21
• Portainjertos paradox.....	22
• Portainjertos clonales.....	22
• Variedades.....	23
• Principales variedades.....	24
• Principales plagas y enfermedades.....	26
• Enfermedades causadas por Oomycetes y hongos.....	27
• Enfermedades causadas por bacterias.....	28
• Enfermedades por virus.....	29
• Enfermedades por nemátodos.....	29
• Daños generados por polilla.....	30
• Daños generados por ácaros.....	31
• Daños generados por escamas.....	32
• Análisis de los productores de nueces en Chile.....	33
• Encuestas a productores de nueces.....	34
• Características de los productores identificados.....	35
• Caracterización de los huertos de nogal en las distintas regiones de Chile.....	36
• Manejos productivos aplicados por los productores de nogal.....	38
• Uso de herramientas tecnológicas y relaciones entre grupos de productores.....	40
• Literatura consultada.....	41

Módulo 2: <i>Phytophthora</i> en nogal.....	42
• Especies de <i>Phytophthora</i> que afectan al nogal en Chile.....	43
• Especies de <i>Phytophthora</i> que afectan al nogal en el mundo.....	43
• Especies de <i>Phytophthora</i> que afectan al nogal en Chile.....	44
• <i>Phytophthora cinnamomi</i>	46
• <i>Phytophthora citrophthora</i>	47
• Síntomas y daños ocasionados por <i>Phytophthora</i> en nogal.....	48
• Síntomas asociados.....	49
• Incidencia y severidad de las enfermedades.....	50
• Diagnóstico de <i>Phytophthora</i> en campo.....	51
• Literatura consultada.....	52
Módulo 3: Manejo integrado de <i>Phytophthora</i>	54
• Prácticas convencionales para el control de <i>Phytophthora</i>	55
• Prácticas convencionales para el control de <i>Phytophthora</i> previo a establecer huertos de nogal.....	56
• Prácticas convencionales para el control de <i>Phytophthora</i> en un huerto de nogal establecidos.....	58
• Consideraciones prácticas: ¿Qué es un rizotrófon?.....	59
• Manejo de las horas de saturación.....	60
• Importancia del manejo del riego en nogal.....	60
• Relación entre el riego y <i>Phytophthora</i>	61
• Efecto de la saturación de suelo sobre <i>Phytophthora</i>	62
• Manejo de fertilización nitrogenada.....	64
• Principios básicos de la fertilización.....	64
• Tipos de fertilización.....	65
• Aplicando las “5C de la nutrición” en la fertilización del nogal.....	66
• Interacción entre la fertilización y las enfermedades.....	67
• Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades.....	68
• Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades generadas por <i>Phytophthora</i>	69

- **Uso de fungicida y biocontroladores.....71**
 - Tratamientos preventivos para el control de Phytophthora.....72
 - Tratamientos curativos para el control de Phytophthora.....74
 - Tratamientos para el control de Phytophthora.....76
- **Uso de nuevos portainjertos.....77**
 - Portainjertos clonales.....77
 - Resultados ensayos con portainjertos clonales.....79
 - Conclusiones ensayos con portainjertos clonales.....82
- **Literatura consultada.....83**



PRÓLOGO

Este manual surge a partir de un Convenio Marco entre la Asociación Gremial de Productores y Exportadores de Nueces, ChileNut, y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, PUCV, celebrado el día 20 de noviembre del 2014, cuyo objetivo era maximizar sus fines propios, mediante el intercambio de conocimiento y experiencia. Como resultado de esta vinculación, se desarrolló el estudio financiado por FIA "Determinación de la incidencia y daño de especies de *Phytophthora* asociadas al decaimiento en árboles de nogal (*Juglans regia* L.) en la zona central de Chile" (2015-2016), conducente a determinar la importancia de las especies de *Phytophthora* en Chile, y posteriormente se ejecutó el proyecto FIA PYT-2016-0065 (2016-2020), denominado "Manejo integrado para el control de especies de *Phytophthora* que afectan al nogal en Chile".

El objetivo primordial de este proyecto FIA fue desarrollar un manejo integrado de la pudrición de cuello y raíces causado por especies de *Phytophthora* que afectan al nogal, que incluya el manejo del riego, la fertilización nitrogenada, control con fungicidas específicos y determinar la tolerancia o resistencia de portainjertos clonales a cepas virulentas de especies de *Phytophthora* presentes en Chile, y a partir de esta información desarrollar un programa de transferencia de la tecnología obtenida.

Introducción al Manejo Integrado

Autor: Ximena Besoain



Un aspecto fundamental cuando se requiere controlar adecuadamente una enfermedad es considerar reducir la incidencia de ésta a través de diversos mecanismos de control, y es importante considerar en forma primordial aspectos que se deben prevenir. La frase muy arraigada en nuestras familias que "siempre es mejor prevenir que curar" se aplica plenamente en el caso del manejo integrado de especies del género *Phytophthora*.

Presencia del patógeno en el suelo

Cuando se desea partir la plantación de un nuevo huerto es fundamental contar con un suelo libre de especies de *Phytophthora* que afectan al cultivo del nogal. Una revisión de las posibles especies es posible ver en el Módulo 2 de este manual. Si es posible predecir si estamos frente a una posible presencia de inóculo (parte de estos oomycetos en forma de: micelio o estructuras de resistencia). En caso de comenzar una plantación en un suelo en donde ha habido principalmente especies endémicas o flora nativa, es posible que no existan niveles de inóculo presentes a nivel del suelo, salvo que exista escurrimiento de agua de riego proveniente de un huerto con nogales u otro hospedero susceptible.

La principal especie de *Phytophthora* que afecta a los nogales en nuestro país es *P. cinnamomi*, la misma especie que afecta al palto y arándano, y más de 1000 especies, dentro de las cuales podemos encontrar diferentes especies de eucaliptus, camelias, rododendros y otras ornamentales. Por lo tanto, no se debiese plantar un huerto de nogales inmediatamente después de arrancar un huerto de paltos.

Otra especie que es capaz de causar daño en forma relevante en nogal es la especie *P. citrophthora*. Esta especie está descrita como causante de enfermedad en huertos de cítricos y arándanos. En este caso, especialmente en cítricos, en donde causa además de daño en el árbol deterioro en la fruta, por lo tanto, suelos en donde se ha cultivado un cítrico como naranjos, limoneros o mandarinos los niveles de inóculo, ya sea micelio, y estructuras de resistencia como oosporas y clamidosporas pueden ser importantes. Estrategias para reducir niveles de inóculo hoy en día es básicamente esperar al menos un par de años, y sembrar por ejemplo poáceas para reducir la presencia de *Phytophthora*, al igual que incorporar materia orgánica, lo que mejora la supresividad del suelo, es decir, estimular la presencia de una flora benéfica para evitar que especies de *Phytophthora* proliferen.

Sanidad de las plantas

En general, una de las principales causas del ingreso de un patógeno y, por ende, la expresión de la enfermedad, es a través de la plantación de material de propagación contaminado. Es decir, la planta desde el vivero puede ingresar con una infección en proceso. Este aspecto es muy importante a considerar, y en general, analizar la calidad de la planta antes de comprar es fundamental. En general, este problema será más importante en el caso cuando el portainjerto sea *Juglans regia*. En el caso que se desee partir con un portainjerto resistente o tolerante a *Phytophthora*, igual es importante revisar el estado de las plantas, ya que como se ha señalado anteriormente, los oomycetos no son los únicos patógenos que afectan a los nogales. Tomar un par de plantas al azar antes de plantar y solicitar que sean analizadas, puede ser un aspecto importante de considerar. En todo caso, al realizar una plantación es fundamental realizar tratamientos preventivos con oomycetos.

Introducción al Manejo Integrado



Elección del portainjerto

En general, el manejo integrado de la enfermedad causada por el género *Phytophthora*, la posibilidad de partir una nueva plantación con un portainjerto tolerante y/o resistente es un aspecto a evaluar, sobre todo porque el costo inicial de la plantación será mayor. Esto es importante de considerar si la plantación se realizará en un suelo franco o franco arcilloso, y si existen sospechas de que alguna de las especies de *Phytophthora* que afectan al nogal está presente. La elección diferirá de acuerdo al cultivo que se desee implantar, y los principales atributos de portainjertos para nogal. Todos estos puntos serán profundizados en el Módulo 3 de este manual.

Diseño de la plantación

Es una tendencia en los frutales, el aumento de la densidad de plantación, por lo tanto, es necesario considerar alternativas de riego que permitan evitar zonas saturadas entre plantas. Este aspecto es fundamental si consideramos que en las especies de oomycetos, sus esporas son flageladas y, por lo tanto, si existe continuidad en la saturación de agua presente en el suelo, las zoosporas pasarán de un árbol afectado a otro, posiblemente sano. También en caso de huertos en ladera, un aspecto a considerar es que en las zonas bajas existirá saturación del suelo, por lo tanto, se debe prevenir un adecuado manejo de este para evitar la saturación prolongada.

Adecuado diagnóstico de la enfermedad

Una vez que se realizó la plantación y al cabo de algunos años, es posible que algunas plantas presenten problemas fitosanitarios atribuibles a algún patógeno. Lo primero es un adecuado diagnóstico de la enfermedad. Es así, como no todo decaimiento de plantas de nogal será atribuible al género *Phytophthora*. Un adecuado diagnóstico de enfermedades causadas por este género se aborda en el Módulo 2 de este manual. Existen otras enfermedades que afectan al cultivo de nogal con síntomas similares, como por ejemplo una asfixia a las raíces por falta de oxígeno en el suelo o hipoxia. Este aspecto puede ser descartado mediante una medición del grado de compactación del suelo a nivel de raíces, y puede ser abordado mediante el empleo de un presionómetro. Por lo general, cuando el suelo presenta una resistencia a la presión igual o superior a 1,7 g/ml podemos estar ante un problema de este tipo.

Por otro lado, se puede estar ante la presencia de una pudrición al cuello y raíces causada por el género *Armillaria*. En este sentido, árboles afectados pueden presentar una severa pudrición de color pardo oscura, afectando tanto el cuello como las raíces principales. En este caso la planta presentará un micelio blanco en forma de abanico ubicado en la parte interna de la raíz o del cuello de la planta, es decir, a nivel del cambium, zona ubicada entre la corteza y la madera del árbol. De sospechar que una o más plantas están afectadas por esta enfermedad, es conveniente enviar una muestra a un laboratorio especializado en detección de problemas fitopatológicos.

También un decaimiento puede estar asociado a un problema de nematodos, y es la especie *Pratylenchus vulnus* la que afecta al nogal inglés. En este caso, la planta presentará una severa clorosis y una necrosis a nivel de raicillas. En este caso, si se sospecha de la presencia de nematodos en el predio es conveniente realizar un diagnóstico en un laboratorio. Otro tipo de decaimiento puede ser atribuible al género *Cylindrocarpon*, él que afecta a numerosas plantas cultivadas.



Manejos culturales

Es bien sabido que en el caso de enfermedades causadas por algún oomiceto como *Phytophthora* o *Pythium*, el manejo del riego es un aspecto fundamental. Sin duda que este manejo estará asociado a una adecuada preparación de suelo, pero sobre todo un diseño eficiente. Por lo general, los huertos antiguamente se regaban por surcos, y era frecuente observar que problemas de *Phytophthora* se presentaban al final del surco, es decir, en las partes más bajas del huerto donde se acumula agua, debido a que el suelo permanece saturado por muchas horas. Por otro lado, el empleo de riego tecnificado, desde el punto de vista del manejo se ve muy apropiado, si se cumple con la premisa de mantener barreras secas entre árboles sobre la hilera, caso contrario, cuando el cuartel se riegue, es posible, que si, además se realiza un riego prolongado se pierdan las barreras secas, exista continuidad de agua libre en el suelo y, por lo tanto, las esporas flageladas o zoosporas podrán ir de un árbol enfermo a contaminar a otros árboles sanos.

Otro aspecto que influye en la incidencia de enfermedades causados por patógenos es la nutrición de los árboles. Por lo general, un exceso de fertilizante incrementa la presencia de tejidos más suculentos y, por lo tanto, como las especies de *Phytophthora* ingresan en forma directa a las raíces, especialmente a las raíces alimenticias (*feeder roots*), y si este tejido está creciendo en forma vigorosa, esto facilitará el ingreso de este tipo de patógeno y, por ende, la infección.

Estrategias de control preventivo y curativo

Para el control preventivo de especies del género *Phytophthora* existen productos específicos, algunos con efecto sólo preventivo y otros preventivo/curativo. En este sentido, considerando que la cantidad de productos curativos es más escasa, se requiere contar con productos que ejerzan un efecto inicialmente preventivo, es decir, evitar que se produzcan infecciones, sobre todo cuando en cada cuartel o predio se han dado condiciones favorables para el desarrollo de esporangios, y liberación de zoosporas. Es así como existen productos biológicos, en base a bacterias u hongos benéficos, o extractos en base a quitina, que logran evitar que las zoosporas se enquisten e ingresen a los tejidos, en este caso, a las raíces alimenticias en activo crecimiento. Por otro lado, cuando las plantas o árboles presentan síntomas asociados a un decaimiento atribuible a *Phytophthora*, estamos en una condición propicia para aplicar fungicidas que posean un claro efecto curativo. Este aspecto será abordado extensamente en el Módulo 3 de este manual.

Finalmente, este manual tiene como propósito comunicar a quién lo lee de la importancia de abordar en forma integrada la enfermedad causada por especies del género *Phytophthora*, es decir, implementar una serie de manejos que buscan primordialmente evitarla, disminuir sus efectos o daño, y por otro lado, en caso de ocurrir, emplear estrategias de control curativo eficaces. Sólo así, se logrará evitar su desarrollo, y disminuir sus efectos sobre la producción, incluyendo la conservación del suelo al largo plazo, conservando aspectos relacionado a la vida y supresividad de los suelos presentes en un huerto frutal.

Módulo 1. Antecedentes del cultivo



Antecedentes económicos en Chile y el mundo

Antecedentes generales del cultivo

Portainjertos y variedades

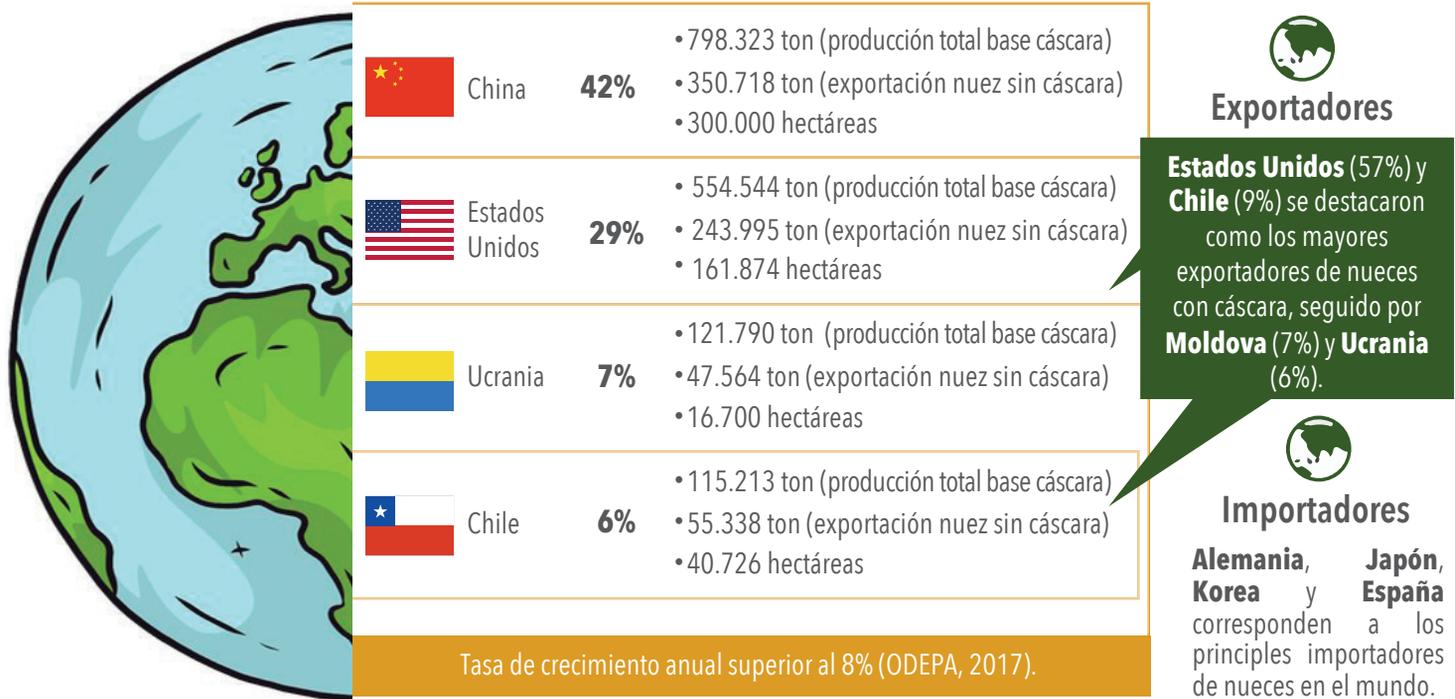
Principales plagas y enfermedades

Análisis de los productores de nueces en Chile

Antecedentes económicos del mundo y Chile

Autores: Javiera Morales, Rodrigo Muñoz y Sebastián Súa

Superficie y producción mundial de nueces



Consideraciones:

La producción 2018 de China se vio gravemente afectada por las heladas y nieve en la zona norte, lo cual generó pérdidas entre un 20-50%.

Consumidores

Los países con mayor consumo per cápita (kg/año) en el año 2016 fue **Nueva Zelanda** (1,46), **Estados Unidos** (1,24), **Israel** (1,20) y **Francia** (1,02).

Superficie y producción nacional de nueces

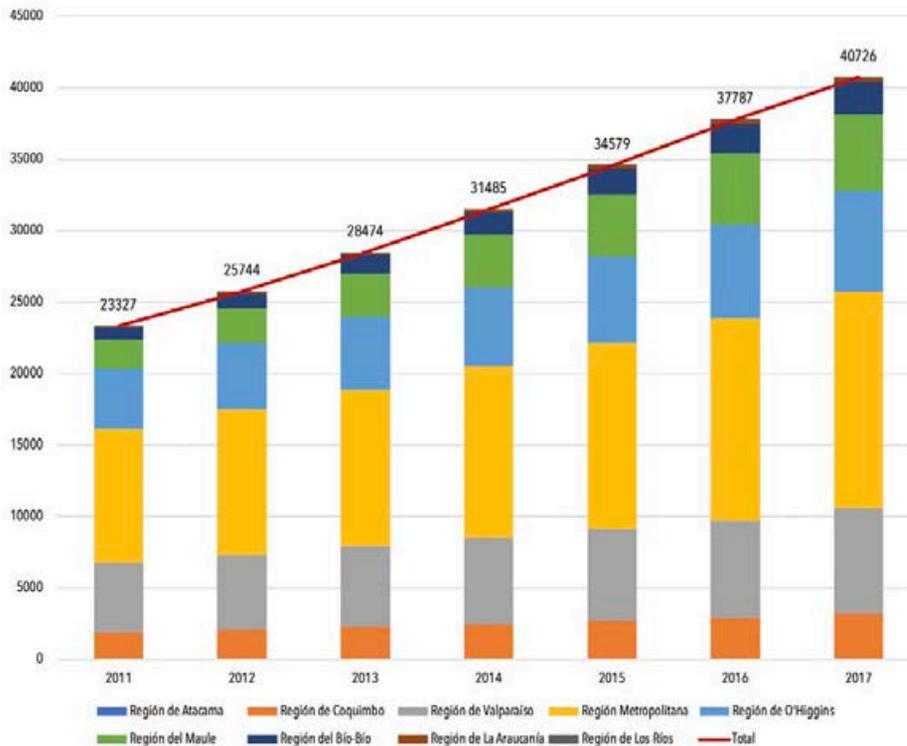


Figura 1. Superficie plantada (hectáreas) de nogal en Chile (ODEPA, 2017).

Consideraciones:

Se estimó para el **2018** una producción de **114.000 ton**, no obstante se llegó al record de las **130.000 ton**. Para el año **2019**, se estima una producción total de **150.000 ton**.



Actualmente Chilenut AG indica que la superficie plantada alcanzó las **49.000 hectáreas**

Consideraciones:

La tasa de crecimiento anual es de 2.000 hectáreas

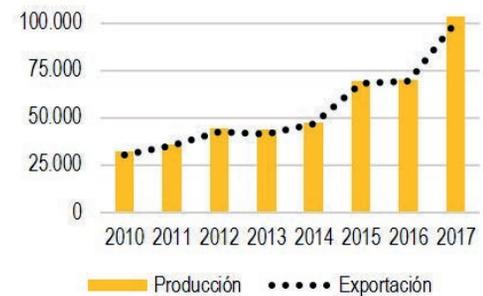
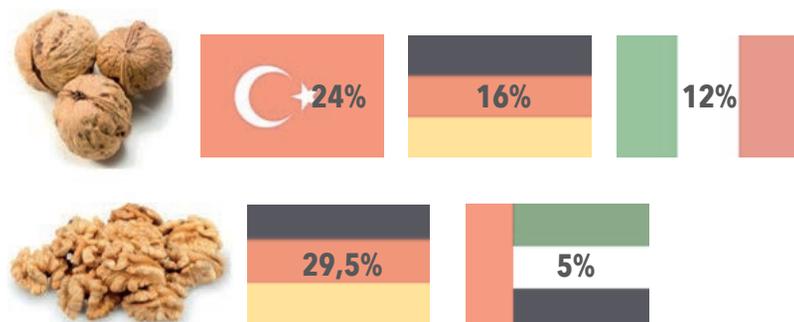


Figura 2. Producción y exportación nacional (ODEPA, 2017)

Mercado: Exportaciones de Chile



Consideraciones:
A diferencia de otros países del mundo en donde la tendencia ha sido vender nueces sin cáscara, en Chile ha aumentado las exportaciones de nueces con cáscara

Respecto a las nueces con cáscara, si se consideraran los 10 principales destinos, el mejor precio se obtuvo en los **Países bajos con USD 5,0 por kilo FOB** y el peor el precio de **Turquía con USD 3,4 por kilo FOB** (año 2017).

En las nueces sin cáscara, al considerar los 10 principales países, el mayor precio fue el de los envíos a los **Emiratos Árabes con USD 11,7 por kilo FOB**.

El precio de la nuez está definido por:

- Mercado 85%
- Negociación 2%
- **Calidad 13%**

Actualmente el precio es considerado bueno (USD 3,8), no obstante no es un valor representativo, es decir, no es la realidad del mercado.

Calibre



Color de la pulpa



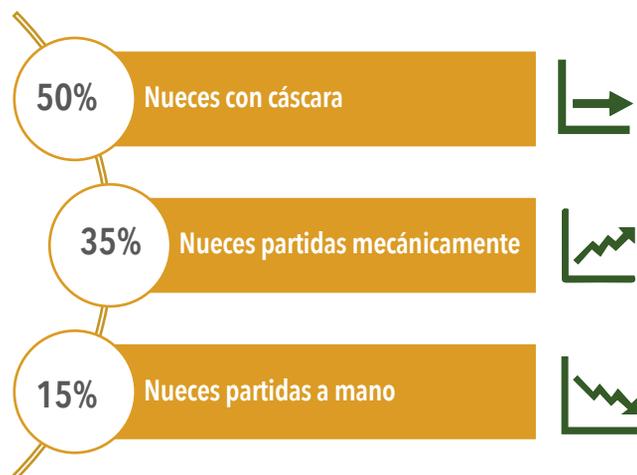
Enfoque del mercado Chileno

Actualmente las exportaciones hacia Asia y Medio Oriente han aumentado, sobre todo en países como **Dubai**, quienes re-exportan sus nueces a países como **Pakistán** e **Irán**, e incluso transformándose en la puerta de entrada a Irán, en donde los aranceles comerciales pasaron de un 30% a un 110%.

Por otro lado, ha disminuido la producción hacia **Turquía** porque las nueces no alcanzan a llegar durante el periodo del Ramadán y también hacia **Korea** debido a que California ofrece un precio más bajo.

En el caso de Europa no ha existido mayor demanda, ya que se han resistido a pagar los precios iniciales solicitados por Chile. En Latinoamérica, específicamente en **Brasil**, si bien somos su proveedor natural, su inestabilidad política ha ralentizado la venta.

Formato de nueces chilenas vendidas en el 2017



Si bien, siempre se ha indicado que Chile es favorecido por la venta de frutas en contraestación, en el caso particular de las nueces depende si estas son con cáscara o sin cáscara.

Las nueces con cáscara si es posible vender en contraestación, ya que Chile vende nueces en los meses de mayor calor en otros países. Por el contrario, las nueces sin cáscara, difícilmente se puede competir con California, ya que ellos optan por la guarda de nueces en frigoríficos, manteniendo la frescura del producto y la venden durante la temporada obteniendo mayores precios.

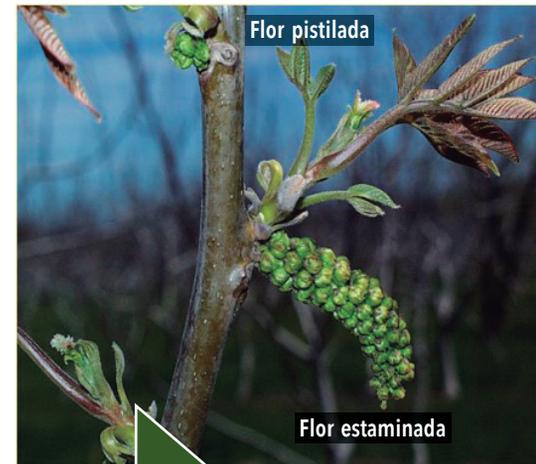
Antecedentes generales del cultivo

Autores: Javiera Morales, Rodrigo Muñoz y Sebastián Súa

El nogal es un cultivo originario del Oriente medio (Persia) trasladándose posteriormente a Grecia y al resto de Europa gracias a los barcos ingleses y luego llega a Estados Unidos. A Chile llegó junto a los españoles durante la colonización. Se dice que es un cultivo milenario, ya que fue utilizado en la época de las cavernas como parte de la alimentación. Este frutal caducifolio pertenece a la familia de las Juglandaceas y al género *Juglans*. En el Cuadro 1, se presentan sus características morfológicas principales, destacándose que es un árbol de gran tamaño, ya sea a nivel de canopia como también de raíces, alcanzando los 30 metros de altura y hasta 2 metros de profundidad, respectivamente.

Cuadro 1. Características morfológicas del nogal

Características	Descripción
Canopia	Árbol vigoroso, hasta los 30 m de altura.
Sistema radicular	Raíz principal pivotante y raíces secundarias superficiales, las que se extienden horizontal y verticalmente.
Hojas	Grandes y compuestas por 7 a 9 folíolos
Flores	Monoica. Compuestas por flores masculinas en amento (inflorescencia) en posición lateral sobre madera de la temporada anterior y flores femeninas agrupadas en posición terminal en madera de la temporada, ambas en el mismo árbol.
Fruto	Drupa



El nogal presenta **dicogamia** del tipo protoandrea y protoginea dependiendo de la variedad. En caso de Serr y Chandler es del tipo protoandrea.



Pericarpio



Mesocarpio



Endocarpio



2 cotiledones (mitades) de semilla



Figura 3. Huerto plantado en 1998 de la variedad Serr de 12 metros de altura ubicado en San Clemente, Región del Maule

Portainjertos y variedades

Autores: Javiera Morales, Rodrigo Muñoz y Sebastián Súa

Portainjertos de semilla o francos

Durante el siglo pasado la técnica de injerto de variedades sobre un patrón de semilla se popularizó, dando paso a lo que se conoce como patrones francos. La principal característica de los portainjertos que provienen de una semilla es que generan crecimientos muy heterogéneos. Entre las distintas especies utilizadas como patrones francos de nogal las más utilizadas a nivel mundial son: Nogal Inglés (*Juglans regia* L.), Nogal Negro del norte de California (*Juglans hindsii* Jeps.), Nogal Negro del este de California (*Juglans nigra* L.), Nogal Negro del sur de California (*Juglans californica* S. Watts) y el Híbrido Paradox (*Juglans hindsii* x *Juglans regia*). De los anteriores portainjertos, el más utilizado en todas las zonas de cultivo excepto en California es *J. regia*. De hecho, en Chile el 95% de los portainjertos plantados corresponden a *J. regia*. En el caso de California, la industria de la nuez emplea dos portainjertos, el Nogal Negro del norte de California (*J. hindsii*) y Paradox. Las estadísticas muestran que en California el 80% de las plantas de nogal están sobre patrón francos. De hecho, los portainjertos más plantados son de semillas Paradox. Por otra parte, países productores como Francia, España y China utilizan a *J. regia* como el principal patrón.

Las principales características que presentan los portainjertos de semilla respecto a su comportamiento a condiciones edáficas se muestran en el Cuadro 2.

¿Qué características se buscan en un portainjerto?

- Correcto anclaje.
- Adaptación a condiciones de suelo marginales.
- Alto vigor.
- Resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades.
- Influencia sobre la calidad de nueces.



Figura 4. Patrones de semilla de nogal

Cuadro 2: Comportamiento a condiciones edáficas de los principales portainjertos de semilla de nogal

	<i>J. regia</i>	<i>J. nigra</i>	<i>J. hindsii</i>	<i>Paradox</i>
Sequía	Intermedia	Sensible	-	-
Salinidad	Intermedia	-	Muy tolerante	Intermedia
Asfixia radicular	Muy sensible	Sensible	Sensible	Intermedia

Portainjerto Paradox

La aparición del híbrido Paradox en la década de los 50 significó un cambio importante en la industria de la nuez. La mayor utilización de Paradox se ha visto sustentada por un vigor superior, mejor adaptabilidad a suelos marginales y mayor tolerancia a *Phytophthora*. Tras años de estudios, la línea investigativa se centró en identificar fuentes de resistencia entre *J. hindsii* y otras especies silvestres de nogal negro del norte, con los cuales desarrollan nuevos portainjertos de Paradox resistentes a enfermedades. Las características de Paradox llevaron a estudiar nuevas combinaciones híbridas. El desarrollo de estos portainjertos fue parte del Programa de Mejoramiento liderado por la Universidad de California Davis (USA), a partir del cual se obtuvieron gran parte de las selecciones clonales existentes en la actualidad.



Figura 5. Portainjertos clonales de nogal

Portainjertos Clonales

Fue en 1999 cuando la Universidad de California Davis liberó comercialmente el primer portainjerto clonal, Vlach. Luego, el 2007 se liberaron comercialmente VX211 y RX1. Es así como se llega a los tres principales portainjertos clonales utilizados en el cultivo de nogal. Los tres portainjertos clonales fueron traídos a Chile, principalmente por los buenos resultados obtenidos en California, sobre todo por la respuesta generada frente a *Phytophthora*.

Consideremos:

- Más adelante en el Módulo 3 profundizaremos sobre la importancia de los portainjertos clonales en el control de *Phytophthora*.

Vlach (*J. hindsii* x *J. regia*)

Es vigoroso, puede ser moderadamente tolerante a agallas de la corona y tiene una respuesta variable frente a *Phytophthora*.

VX211 (*J. hindsii* x *J. regia*)

Es muy vigoroso, tolera nematodos y es parcialmente resistente a *Phytophthora*.

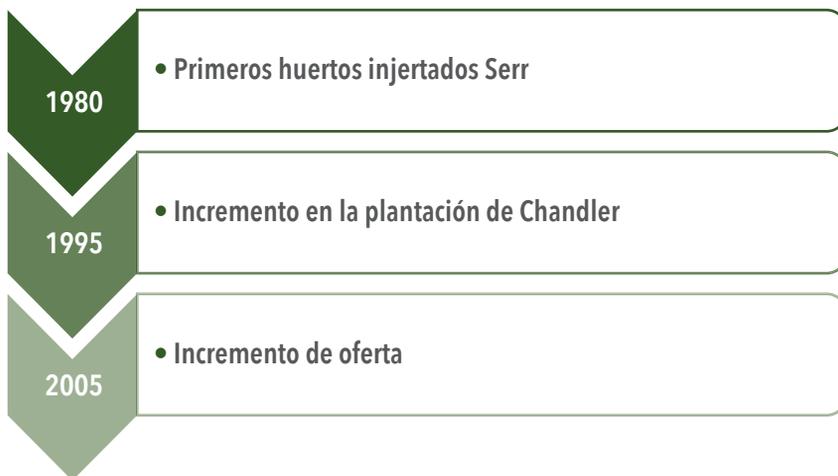
RX1 (*J. macrocarpa* x *J. regia*)

Es menos vigoroso pero ha mostrado una resistencia moderada a *P. citricola* y alta resistencia a *P. cinnamomi*.

Variedades

Una vez obtenido el portainjerto y que este haya alcanzado un diámetro de tallo suficiente para ser injertado con la variedad comercial deseada. Después de una temporada de crecimiento se obtiene una planta terminada de nogal, la cual puede ser establecida en un huerto. Dentro de los tipos de injertos que son utilizados en los viveros se encuentra el de parche, astilla y púa.

La selección de la variedad es un punto de vital importancia, esta debe ser en base a las características edafoclimáticas del sitio en donde se quiera plantar, pero también dependerá de las características agronómicas y comerciales que presente la misma.



El productor siempre debe prestar especial atención al hábito de fructificación, ya que con ello se relaciona la productividad del cultivo. En nogal se distinguen dos tipos: apical y lateral (Figura 6)

¿Qué características se buscan en una variedad?

- Fructificación lateral mayormente.
- Alta producción.
- Vigor.
- Precocidad.
- Tolerancia o resistencia a plagas y enfermedades.

La fructificación lateral permite una rápida entrada en producción, mayor rendimiento y menor vigor de planta. Esto último permite plantar a una mayor densidad.

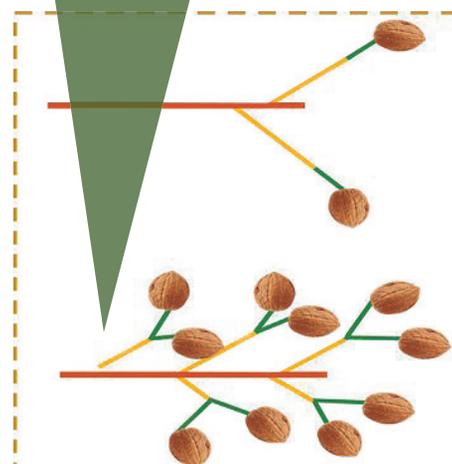


Figura 6. Hábitos de fructificación. Arriba apical y abajo lateral.

Principales variedades

Tanto en nuestro país, como a nivel mundial la variedad más importante es Chandler. De hecho en Chile esta variedad representa el 72% de los nogales que se plantan. Sólo un 24% corresponde a Serr, y el 4% restante a otras variedades, las que suelen ser Howard o Tulare. Una de las principales características que ha llevado a que Chandler sea la más producida, tiene relación con su brotación, la cual es más tardía. Esto se convierte en un factor a considerar, sobre todo en los huertos ubicados desde Santiago al sur. Por otra parte, Chandler es una variedad de fructificación lateral, lo que hace que sea más productiva en comparación con Serr. Estas y otras características de las principales variedades de nogal se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Características de la planta de las principales variedades de nogal

Variedad	Vigor	Hábito de crecimiento	Polinizante	Producción	Precocidad
Chandler	Medio a bajo	Semi erecto	Cisco, Ferrer	Muy Buena (90 % laterales fructíferas)	Precoz
Serr	Alto	Semi abierto	No se recomienda	Muy buena (4 a 6 Ton/ha en Región Metropolitana y Valparaíso, 60% laterales)	Precoz
Howard	Medio	Semi erecto	Cisco	Muy buena (90 % laterales fructíferas)	Muy precoz
Hartley	Moderado	Semi erecto	Amigo y Franquette	Alta (86% laterales fructíferas)	Medianamente precoz
Franquette	Medio o Alto	Erecto	Desconocidos	Media	Precoz
Amigo	Medio	-	-	Alta (65 % flores femeninas en yemas laterales)	Madura de media estación a tarde
Chico	Medio	-	-	Alta (65 % de flores femeninas en yemas laterales)	Madura de media estación a tarde
Tulare	Moderado	Recto	No requiere	Alta (72 % de flores femeninas en yemas laterales)	Precoz
Sunland	Medio	Abierto	Serr, Vina	Alta (80-90% laterales fructíferas)	Precoz
Vina	Medio	Abierto	Hatley, Tehama	Alta (70-75% fructificación lateral)	Muy precoz

Fuente: CIREN, 2016.

Por otra parte, la variedad que se cultive debe producir un fruto de alta calidad, lo cual está relacionado con el calibre, la forma, color de pulpa y la vida post-cosecha que esta posea. Todas estas características se muestran en el Cuadro 4.

Consideremos:

Por lo general, todas las variedades tienen buena vida de post-cosecha y son exportadas sin cáscara. No obstante, dependiendo del país de destino, se pueden exportar con cáscara.



Figura 7. Frutos de variedades de nogal.

Cuadro 4: Características de fruto de las principales variedades de nogal

Variedad	Color	Forma	Calibre	Rendimiento de pulpa
Chandler	90 a 100% categoría extra light	Ovalada y lisa	Grande	6,5 g
Serr	70 a 80% categoría light	Ovalada y lisa	Grande	8,1 g
Howard	90 -95% categoría light	Redonda y lisa	Medio a grande	7,2 g
Hartley	90 -95% categoría light	Ancha y aplastada en la base con punta aguzada	-	-
Franquette	60 a 70% categoría Extra light	Ovalada	Medio a bajo	5,5 g
Amigo	80% categoría light	Redonda	Grande	-
Chico	80% categoría light	Redonda	Grande	7,6 g
Tulare	80% light	-	-	-
Sunland	85% categoría light	Larga y ovalada	Muy grande	10,4 g
Vina	60 a 90% categoría light	Acorazonada	Medio	6,3 g

Fuente: CIREN, 2016.

Principales plagas y enfermedades en Chile

Autores: Javiera Morales, Rodrigo Muñoz y Sebastián Súa

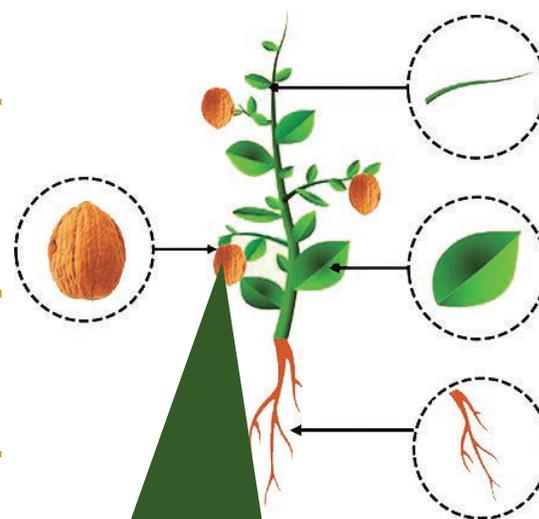
El nogal es un cultivo que a diferencia de otros frutales no se ve afectado por muchas plagas y enfermedades. Dentro de las plagas, la que genera mayor preocupación es la polilla del manzano. Mientras que en el caso de las enfermedades, la pudrición radicular y del cuello ocasionada por *Phytophthora* spp. y la peste negra destacan por su importancia económica y prevalencia.

Cuadro 5: Principales plagas que afectan al nogal

	Nombre común	Nombre científico
Polillas	Polilla de la manzana	<i>Cydia pomonella</i>
	Polilla del algarrobo	<i>Apomyelois ceratoniae</i>
Arañitas	Arañita roja europea	<i>Panonychus ulmi</i>
	Arañita bimaclulada	<i>Tetranychus urticae</i>
Escama	Escama de San José	<i>Diaspidiotus perniciosus</i>

Cuadro 6: Principales enfermedades que afectan al nogal

	Enfermedad	Agente Causal
Oomycetos	Pudrición raíz y cuello	<i>Phytophthora cinnamomi</i>
	Pudrición raíz y cuello	<i>Phytophthora citrophthora</i>
Hongos	Pudrición radicular	<i>Armillaria mellea</i>
	Agalla de la corona	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Bacterias	Peste negra	<i>Xantomonas arboricola</i> pv. <i>juglandis</i>
Virus	Linea negra del nogal	<i>Cherry Leaf Roll Virus</i> (CLRV)
Nemátodos	Nematodo de la lesión de la raíz	<i>Pratylenchus vulnus</i>
	Nematodo del nudo de la raíz	<i>Meloidogyne</i> spp.



Los daños generados por plagas y enfermedades pueden afectar diversas estructuras de la planta. Sin embargo, es importante considerar que en el caso de *Phytophthora*, a pesar de ser un patógeno que ataca las raíces, los síntomas se ven principalmente a nivel aéreo y eso conlleva a confusión por parte de los productores con deficiencias nutricionales o hídricas.

Enfermedades causadas por oomicetes y hongos



Figura 8. Cancro a nivel de cuello en planta de nogal (*J. regia*)

Putridión al cuello y raíces causada por *Phytophthora*

Existen diversas especies que afectan al nogal como *Phytophthora cactorum*, *P. cinnamomi* y *P. citrophthora* que afectan el cuello y raíces de las plantas. Debido al daño ocasionado a nivel radicular y en tejidos conductores (xilema y floema) se puede observar una repercusión a nivel aéreo de la planta (clorosis, necrosis foliar y defoliación), que puede terminar en la muerte del árbol.

{ Esta enfermedad será explicada en profundidad más adelante en el Módulo 2 }

Podredumbre blanca causada por *Armillaria*

Este hongo polífago se puede encontrar en el suelo, en restos de poda y raíces muertas. Una vez que el hongo tiene contacto con la raíz se extiende superficialmente y luego penetra el tejido vivo, generando pudrición de cuello y raíces.

Si bien, esta enfermedad no es muy común, puede causar una podredumbre grave de grandes raíces y portainjertos. Los árboles infectados pueden presentar un micelio blanco en forma de abanico ubicado en la parte interna de la raíz o del cuello de la planta, a nivel del cambium, zona ubicada entre la corteza y la madera del árbol. A partir de lo anterior las plantas pierden vigor, presentan follaje amarillo, marchitez y caída de hojas. El hongo puede llegar a sobrevivir durante muchos años, el cual coloniza troncos cortados o grandes raíces. El hongo crece rápidamente por la raíz en el área del cambium, luego se moviliza al cuello donde anilla y mata el árbol.

Importante !

- ✓ Se suele confundir los síntomas de *Armillaria* con los de *Phytophthora*.
- ✓ Ambos provocan pudrición radicular y los síntomas se detectan en la parte aérea.
- ✓ Lo indicado es enviar muestras de raíces y hacer un análisis fitopatológico.

Enfermedades causadas por bacterias

Peste negra

Esta enfermedad es causada por *Xantomonas arboricola* pv. *juglandis*. Esta bacteria se desarrolla en un amplio rango de temperatura y su severidad dependerá en gran medida de la cantidad de precipitaciones en la temporada. Respecto a los daños, a pesar que puede afectar las hojas, generalmente se observan en los amentos y frutos. La infección de los amentos comienza en flores individuales, las cuales se tornan negras, se marchitan y mueren (Figura 9). A medida que la infección avanza, los amentos ennegrecen y se tuercen. Luego los frutos nuevos desarrollan una lesión oscura (Figura 10), lo que generalmente termina en que estos frutos caigan.



Figura 9. Amento dañado



Figura 10. Fruto dañado

Agalla de la corona

La agalla de la corona es causada por *Agrobacterium tumefaciens*. La enfermedad se manifiesta como crecimientos de gran tamaño, irregulares en la base del árbol, lo que reduce el flujo de agua y nutrientes al árbol. Todos los portainjertos son susceptibles, pero Paradox es más susceptible en comparación con otros portainjertos. Si bien, las agallas a veces son visibles al nivel del suelo, la mayoría de las agallas se encuentran en la corona (la unión entre las raíces principales y el tronco), o dispersas a lo largo de las raíces.

El manejo siempre debe ser enfocado a prevenir las infecciones !!

- Las bacterias entran por heridas en tronco y raíces.
- Las bacterias se dispersan por la remoción de suelo, el agua de riego, la escorrentía y por la maquinaria utilizada.

Enfermedades causadas por virus

Línea negra del nogal (Blackline)

El virus *Cherry leaf roll virus* (CLRV) es el agente causal de esta enfermedad. Este virus es conocido por provocar una incompatibilidad diferenciada cuando cualquier variedad de *J. regia* es injertada sobre un pie que no sea *J. regia*. Esto se convierte en una gran limitante para los portainjertos clonales. En este contexto, ninguno de los portainjertos Paradox son resistentes a la enfermedad. *Blackline* se puede evitar cultivando variedades de vástagos en sus propias raíces. En caso de realizar lo anterior, el tamaño y rendimiento de las plantas serán menor, como la resistencia a otros problemas de las raíces.

Enfermedades causadas por Nematodos

En el mundo, se han encontrado diversas especies de nematodos que parasitan a plantas de nogal. Dentro de estos, *Meloidogyne incognita* y *Pratylenchus vulnus* destacan como los principales. El primero es conocido como nematodo del nudo de la raíz, mientras que el segundo como nematodo de la lesión de la raíz. El daño característico a nivel radicular da paso a plantas disparejas, con crecimientos desuniformes y con bajo vigor. Otro tipo de decaimiento puede ser atribuible al género *Cylindrocarpon*, él que afecta a numerosas plantas cultivadas. En cuanto a los portainjertos, *Juglans regia* no presenta tolerancia a nematodos. La aparición de los clones de Paradox ayudó a solucionar este problema, tal como lo evidenció el clonal VX211, el portainjerto superó a otras plántulas de nogal en presencia de *P. vulnus* y *M. incognita*.



Considerar:

- Comprar plantas de buena calidad en viveros de reconocido prestigio, ya que muchas veces los nematodos vienen desde vivero
- Los patrones vigorosos ayudan a contrarrestar el daño por nematodos gracias a la mayor capacidad para generar raíces.

Daños generados por polillas

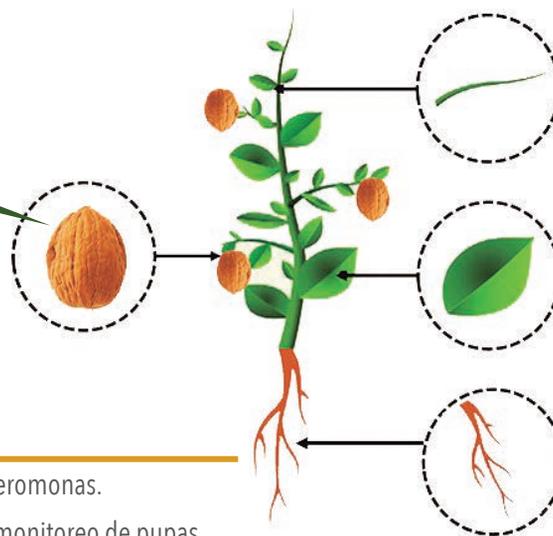
Polilla del manzano (*Cydia pomonella*)

Es la principal plaga que afecta al cultivo en Chile. Se caracteriza porque el adulto pone los huevos en las hojas (primavera) y pasa el invierno como pupa en las grietas del árbol, restos de poda y madera en descomposición. Cabe señalar que la sensibilidad de la plaga es mayor en variedades tempranas de nogal.

Polilla del Algarrobo (*Apomyelois ceratoniae*)

Es una plaga que tiene distintos hospederos, dentro de los cuales se destacan los frutos secos. A diferencia de la polilla del manzano pone huevos más tarde en la temporada. Por otra parte, el estado larval a diferencia de la polilla del manzano posee anillos esclerosados en setas.

Larva penetra fruto y se dirige a la semilla, formando galerías.



Cuadro 7: Manejos de la polilla del manzano y polilla del algarrobo

Monitoreo	Postura de trampas de feromonas. Bandas de cartón corrugado para monitoreo de pupas.
Control Biológico	Virus granulosis.
MIP	Eliminar todos los restos de poda y frutos remanentes.
Control Químico	Azinphos-methyl, Phosmet y Diazinon.

Daños generados por ácaros

Arañita bimaclada (*Tetranychus urticae*)

Esta arañita pasa el invierno en malezas o en el suelo y es en verano cuando se produce el incremento de la población. Cabe señalar que los huevos son esféricos y de color blanco traslúcidos.

Arañita roja europea (*Panonychus ulmi*)

Es una plaga que hiberna como huevo en ramillas y yemas del árbol. Los huevos de color rojo brillante comienzan a eclosionar en primavera (mediados de septiembre). La arañita roja europea a diferencia de la bimaclada no produce tela.



Daño que causan las arañitas



Pérdida de clorofila, puede terminar en defoliación.

La arañita roja europea siempre está en el árbol, justificando la aplicación de aceite en invierno.

Cuadro 8: Manejos de la arañita roja europea y arañita bimaclada

Monitoreo		Se realizan entre octubre y noviembre. Para aplicar algún tratamiento se debiese encontrar en las hojas entre 10 a 15 ácaros. En el endurecimiento de la nuez debe ser menos de 8 ácaros/hoja.
MIP	Control cultural	Controlar el polvo en las hojas. Esto se logra lavando con detergente o aplicando aceite mineral.
	Control biológico	<i>Phytoseidos</i> .
	Control Químico	Acaricidas como Propargite (Omite), Cihexatin, Dicofil o Fenpyroximato (Acaban).

Daños generados por escamas

Escama de San José (*Diaspidiotus perniciosus*)

Respecto a los estados de esta plaga, los más importantes a reconocer a través del uso de lupa son: gorrita negra, que es el estado en que pasa el invierno y las hembras adultas, que es el estado final de desarrollo. Esta hembra se caracteriza por ser de mayor tamaño, presentar forma circular, un escudete de color grisáceo oscuro y en su interior presentar un cuerpo blando y amarillo (Figura 11A). Cabe señalar que en campo para el monitoreo será de gran importancia reconocer el estado macho alado, que debe ser reconocido en las trampas de feromonas, el que se caracteriza por presentar una banda de color negro en la zona media del cuerpo (Figura 11B).



Figura 11. Estadios de la escama. A) Cuerpo de hembra y B) Macho alado.

Análisis de los productores de nueces en Chile

Autores: Javiera Morales, Rodrigo Muñoz y Sebastián Súa

La producción comercial de nueces en Chile se desarrolla desde la Región de Coquimbo hasta la Región de La Araucanía, en esta última se presenta una menor superficie plantada, pero se cree que irá en aumento con el pasar del tiempo debido a las condiciones que impone el cambio climático en el sur del país que son favorables para el desarrollo del cultivo. Como se indicó anteriormente, el país alcanza alrededor de las 49.000 hectáreas de nogales. En base a la superficie se pueden clasificar a los productores en 5 segmentos (0 a 5 hectáreas, 5,1 a 12 hectáreas, 12,1 a 50 hectáreas, 50 a 100 hectáreas y sobre 100 hectáreas plantadas), la mayoría de los agricultores (56%) corresponden a pequeños agricultores con superficies menores a 12 hectáreas, quienes por lo general, manifiestan un uso deficiente de tecnología a diferencia de los grandes productores (sobre 100 hectáreas) que corresponden al 9% de Chile, quienes tienen un buen manejo agronómico y un alto nivel tecnológico.

Dado lo anterior, el rol de las asociaciones y los expertos es clave para disminuir las brechas entre todos los tipos de productores, no en relación a la superficie plantada, si no que más bien respecto a los manejos y los objetivos a cumplir como productores de nueces chilenas. Es por esto que la industria de las nueces se ha propuesto un gran desafío para el año 2025, ser líderes mundiales en el mercado de calidad de nueces. Lo cierto es que más allá de ir creciendo en cuanto a superficie plantada, también se deben superar una serie de limitantes. Sin embargo, ¿Será posible alcanzar esta meta cuando se tiene un escenario tan diverso en cuanto a tipo de productores existentes? Probablemente dependerá de que tan organizada esté la industria, el grado de conocimiento de las problemáticas de los productores y la comunicación entre todos los protagonistas (asociaciones, investigadores, asesores y agricultores). A continuación, se destacan algunas limitantes a enfrentar para alcanzar el objetivo propuesto para el año 2025.

Limitantes destacadas



Gran cantidad de huertos infectados con *Phytophthora*.



Producción acotada en una sola variedad y portainjerto.



Falta de transferencia tecnológica a pequeños y medianos productores.



Falta de asesores especializados en producción de nueces.

Encuestas a productores de nueces



Entre los meses de mayo del año 2016 y diciembre de 2017 se realizaron 96 encuestas a diferentes productores de nueces ubicados entre las regiones de Coquimbo y BioBío. Esta actividad formó parte de la metodología de transferencia **ASISTE** de la Universidad de California en Davis (**A**udiencia-**S**olución-**I**nformación **S**imple-**T**ransferencia-**E**valuación) propuesta por la extensionista Elana Peach-Fine.

Estas encuestas permitieron realizar un diagnóstico transversal de cada zona productiva del nogal a partir de diferentes preguntas enfocadas en sus características socio-económicas, características del huerto, problemas fitosanitarios, manejos productivos y uso de redes de información agrícola. De esta manera, se caracterizaron los tipos de productores existentes en el país, lo cual permite generar un diagnóstico y posibles soluciones para cada público objetivo.

En base al análisis de estas encuestas, se identificaron dos tipos de productores de nogal:

Grupo 1:

- ▶ Más edad.
- ▶ Más años en producción frutícola.
- ▶ Menor tamaño de huertos.
- ▶ Menor uso de tecnología.

Grupo 2:

- ▶ Menos edad.
- ▶ Menos años en producción frutícola (no necesariamente inexpertos).
- ▶ Manejan huertos de tamaño más grande.
- ▶ Mayor uso de tecnología.

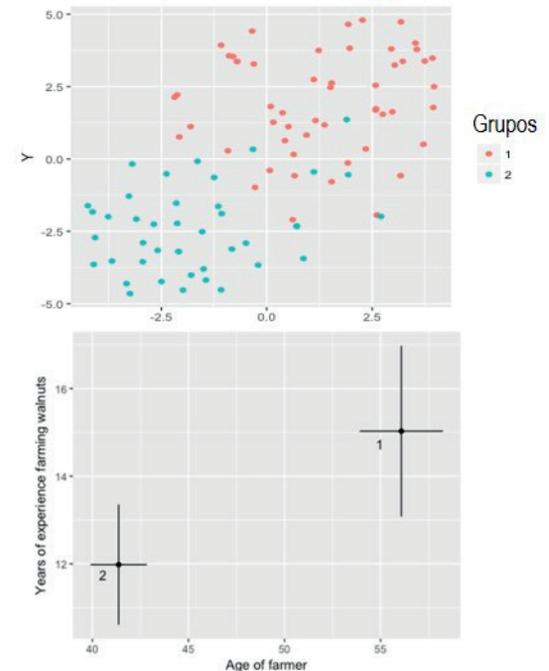


Figura 12. Distribución espacial de los datos.

Características de los productores identificados

Grupo 1



- Edad promedio de 65 años.
- Educación básica incompleta.
- Maneja en promedio 0.6 ha de nogal sobre un total de 2 ha agrícolas.
- No usa tecnología de monitoreo de riego define frecuencia de riego por calendario.
- Riego por tendido.
- No tiene análisis físicos ni químicos de su suelo y tampoco conoce la textura y materia orgánica de su suelo.
- No usa información, solamente charlas técnicas a través de PRODESAL y vendedores de insumos.

Grupo 2



- Edad promedio de 47 años.
- Educación técnica completa.
- Maneja en promedio 70 ha de nogal sobre un total de 80 ha agrícolas.
- Usa calicatas, sensores de humedad y estaciones meteorológicas.
- Riego por goteo.
- Si tiene análisis físicos y químicos de su suelo, conoce la textura y materia orgánica de su suelo.
- Usa información proveniente de asesores independientes, investigadores, universidad, asiste a seminarios y utiliza internet varias veces por semana para buscar en google principalmente a través de su Smartphone.

Caracterización de los huertos de nogal en las distintas regiones de Chile

Región de Coquimbo

- Los marcos de plantación van entre los 8 y 6 m de distancia, tanto en la entrehilera como la sobrehilera.
- Todos utilizan portainjerto franco (J.regia) y la gran mayoría han plantado la variedad Serr (85% aproximadamente).
- El 100% utiliza riego por goteo.
- Cerca del 62% utiliza camellones que van desde los 50 cm hasta los 120 cm.
- El 77% no sabe cual es el pH del suelo, y el 85% no conoce cuál es su porcentaje de materia orgánica.
- La gran mayoría de los huertos se encuentran sobre suelos franco arcilloso.

Región de Valparaíso

- Los marcos de plantación van entre los 7 y 5 m de distancia tanto en la entrehilera como la sobrehilera.
- Todos utilizan portainjerto franco (J.regia) y el 66,7% han plantado la variedad Chandler.
- El 60% utiliza riego por goteo y el resto por microaspersión y por tendido.
- El 80% no utiliza camellones .
- El 60% no sabe cual es el pH del suelo, y el 60% no sabe el % de materia orgánica.
- La gran mayoría de los huertos se encuentran sobre suelos franco arenoso.

Región Metropolitana

- Los marcos de plantación van entre los 8 y 5 m de distancia tanto en la entrehilera como la sobrehilera.
- El 88,5% utiliza portainjerto franco (J.regia) y el 92,3% han plantado la variedad Chandler.
- El 73,1% utiliza riego por goteo, el resto riega a través de microaspersores.
- Cerca del 85% no utiliza camellones.
- El 85% sabe cual es el pH del suelo, de estos, el 64% indica que su pH es Neutro (6,6 a 7,3), y el 81% sabe el % de materia orgánica (que van entre los 0,83 a 5%).
- La gran mayoría de los huertos se encuentran sobre suelos franco-arenosos.

Región de O'Higgins

- Los marcos de plantación van entre los 8 y 5 m de distancia tanto en la entre hilera como la sobre hilera.
- La mayoría (90,1%) utiliza portainjerto franco (J.regia), el 82% posee Chandler.
- El 90,1% utiliza riego por goteo.
- Cerca del 82% no utiliza camellones.
- El 82% sabe cuál es el pH del suelo, de ellos el 56% indica que es ácido (5,6 a 6,5) y 44% indica que es neutro (6,6 a 7,3), y el 64% sabe el % de materia orgánica (valores que van entre los 0,87 y 4%).
- La gran mayoría de los huertos se encuentran sobre suelos franco arcilloso

Región del Maule

- Los marcos de plantación van entre los 7 y 4 m de distancia tanto en la entrehilera como la sobrehilera.
- Todos utilizan portainjerto franco (J.regia) y un 94% la variedad Chandler.
- El 62,5% utiliza riego por microaspersión.
- El 62,5% no utiliza camellones.
- El 62,5% sabe cuál es el pH del suelo, de éstos, el 40% es ácido (5,6 a 6,5), un 40% es neutro (6,6 a 7,3). El 50% sabe el % de materia orgánica (entre 0,5 y 8%).
- Hay una gran variedad de suelos (trumao, franco arcilloso, franco arenosos, arcillosos y arenosos).

Región del Biobío

- Los marcos de plantación van entre los 8 y 5 m de distancia tanto en la entrehilera como la sobrehilera.
- Todos utilizan portainjerto franco (J.regia) y el 97% la variedad Chandler.
- El 63,3% utiliza riego por microaspersión, el resto utiliza riego por goteo, tendido y surcos.
- Cerca del 63% no utiliza camellones.
- El 50% conoce el pH del suelo (la mayoría ácido de 5,6 a 6,5), y el 53,3% sabe el % de materia orgánica (de 0,8 a 11%).
- El 73,3% sabe que tipo de suelo, los cuales son principalmente franco a francos arenosos.

Manejos productivos aplicados por los productores de nogal

Región de Coquimbo

- El 69,2% de los productores no conoce la dosis de nitrógeno (N) que aplicaban en sus huertos. El resto aplica en promedio 215 unidades/hectárea por temporada y utilizaban el fertilizante Ultrasol® (nitrato de amonio).
- Solo el 54% de los productores utiliza instrumentos de evaluación de riego, principalmente calicatas y en casos específicos las estaciones meteorológicas y tensiómetros. El 77% no mide la conductividad eléctrica del agua.
- El 54% de los productores realizó un subsolado pre-plantación, los cuales en su mayoría utilizaron arado subsolador y menor frecuencia la retroexcavadora y buldozer, la profundidad varía entre los 30 cm hasta los 100 cm.
- El 84,6% no realiza análisis químico de suelo y un 92,3% no realiza análisis físico de suelo. El 54% de los productores aplica materia orgánica.

Región de Valparaíso

- El 73,3% de los productores conoce la dosis de N que aplican (entre los 60 y 262 unidades/hectárea), utilizan principalmente el fertilizante Novatec® (sulfato de amonio).
- Solo el 54% de los productores utiliza instrumentos de evaluación de riego, la mayoría utiliza las calicatas y estaciones meteorológicas. El 86,6% no mide la conductividad eléctrica del agua.
- Sólo el 33,3% de los productores realizó un subsolado pre-plantación utilizando principalmente retroexcavadora y secundariamente arado subsolador y rastra buldozer, la profundidad varía entre los 30 cm hasta los 130 cm.
- El 53,3% realiza análisis químico y físico del suelo. El 60% de los productores aplica materia orgánica.

Región Metropolitana

- Todos conocen las dosis de N aplicada (entre 72 y 466 unidades/hectárea) y aplicaban principalmente urea y nitrato de amonio.
- Todos utilizan instrumentos de evaluación de riego, principalmente calicatas, seguido por sensores de humedad, estación meteorológica, bomba de presión y sensores satelitales. El 69,2% mide la conductividad eléctrica del agua (que va entre 0,4 y 1,1 ds/m).
- El 77% de los productores realizó un subsolado pre-plantación utilizando principalmente buldozer y secundariamente arado subsolador y retroexcavadora, la profundidad varía entre los 60 cm hasta los 120 cm.
- El 77% realiza análisis químico de suelo y el 73% análisis físico del suelo. El 61,5% de los productores aplica materia orgánica.

Región de O'Higgins

- Todos tienen conocimiento de la dosis de nitrógeno aplicada (entre 115 y 350 unidades/hectárea) y aplicaban principalmente urea y nitrato de amonio.
- Todos utilizan instrumentos de evaluación de riego, principalmente calcatas, seguido por sensores de humedad, estación meteorológica, caudalímetro y bomba de presión. El 72,7% mide la conductividad eléctrica del agua (que va entre 0,4 y 0,7 ds/m)
- El 54,5% de los productores realizó un subsolado pre-plantación utilizando buldozer y retroexcavadora, la profundidad varía entre los 70 cm hasta los 120 cm.
- El 81,8% realiza análisis químico y físico del suelo. El 54,5% de los productores aplica materia orgánica.

Región del Maule

- El 81,5% sabe la dosis de nitrógeno aplica en campo, la cual ronda entre las 55 y 277,5 unidades/hectárea, principalmente utilizan urea y nitrato de potasio.
- Todos utilizan instrumentos de evaluación de riego, principalmente calcatas, sensores de humedad y estación meteorológica, secundariamente bomba de presión y tensiómetro. El 75% no mide la conductividad eléctrica del agua.
- El 80% de los productores realizó un subsolado pre-plantación utilizando principalmente buldozer y secundariamente arado subsolador y retroexcavadora, la profundidad varía entre los 50 cm hasta los 150 cm.
- El 81,5% realiza análisis químico de suelo y el 75% hizo análisis físico del suelo. El 62,5% de los productores aplica materia orgánica.

Región de Biobío

- Solo el 53,3% sabe la dosis de nitrógeno aplicada en campo, la cual ronda entre las 100 y 152 unidades/hectárea, principalmente utilizan urea y diversos nitratos.
- El 63,3% de los productores utilizan instrumentos de evaluación de riego, principalmente calcatas y secundariamente sensores de humedad y estación meteorológica. El 63,3% no mide la conductividad eléctrica del agua.
- El 70% de los productores realizó un subsolado pre-plantación utilizando variados tipos de maquinaria, la profundidad varía entre los 60 cm hasta los 100 cm.
- El 76,6% realiza análisis químico de suelo y el 60% hizo análisis físico del suelo. El 70% de los productores no aplica materia orgánica.

Uso de herramientas tecnológicas y relaciones entre grupos de productores



Para ambos grupos las **herramientas de información más importantes** fueron las siguientes:

- Google/no paginas web.
- Revistas: RedAgricola y Del Campo (aprox 50% de productores).
- Libro: El Nogal de Gamalier Lemus.

Prácticamente no existe traspaso de comunicación entre productores. **No hay redes de comunicación horizontales.**



A partir de esto, se sugiere el **método de extensión TOT: "Training of Trainers"** (Entrenar a nuestros asesores).

Para ambos grupos las fuentes de información más influyentes fueron los **asesores independientes**, interesantemente, para el **grupo 1** los **extensionistas gubernamentales** (tipo INDAP/INIA) también fueron significativamente importantes.

¿Qué percepción tienen los agricultores frente a las enfermedades provocadas por *Phytophthora*?

El análisis de las encuestas muestra claras diferencias entre los grupos respecto a la percepción de *Phytophthora* y el manejo agrícola.

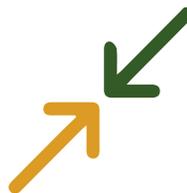


Grupo 1

Se siente muy poco preparado para implementar nuevas tecnologías de manejo de *Phytophthora*. (portainjertos, riego, químicos, biológicos, etc). Están muy preocupados, necesitan ayuda.

Grupo 2

Se siente muy preparado para implementar nuevas tecnologías de manejo de *Phytophthora*. (portainjertos, riego, químicos, biológicos, etc). Se sienten optimistas ante el manejo de *Phytophthora*.

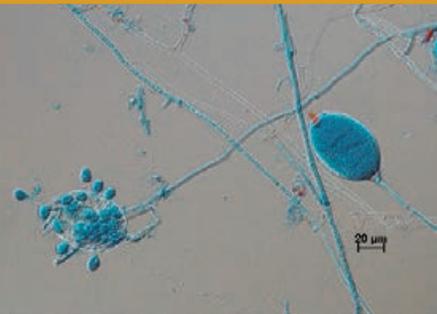




LITERATURA CONSULTADA

- Browne, G.T., Leslie, C.A., Ravindra, G., Schmidt, L.G., Hackett, W., Kluepfel, D., Robinson, R., McGranahan, G. 2015. Resistance to Species of *Phytophthora* Identified among Clones of *Juglans microcarpa* x *J. regia*. Hortscience 50(8):1136-1142.
- Buzo, T., McKenna, J., Kaku, S., Anwar, S., McKenry, M.V. 2009. VX211, A Vigorous New Walnut Hybrid Clone with Nematode Tolerance and a Useful Resistance Mechanism. J Nematol . 41 (3): 211-216.
- Epstein, L., Kaur, S., McKenna, J., Grant, J., Olson, W., Reil, W. 2008. Crown gall can spread between walnut trees in nurseries and reduce future yields. California Agriculture 62(3):111-115.
- CIREN. 2016. Manual técnico productivo y económico Nogal. (Pub. CIREN N°194).
- Hackett, W., Leslie, C., Grant, J., Lampinen, B., McGranahan, G., Anderson, K., Bob, B., Buchner, R., Caprile, J., DeBuse, C., Hasey, J., Manterola, N., Robinson, R., Kluepfel, D., Browne, G., McKenry, M. 2010. Clonal propagation of walnut rootstock genotypes for genetic improvement Walnut Research Reports. California Walnut Board. p. 65-83.
- Muncharaz, M. 2012. El nogal, Técnicas de producción de fruto y madera. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- ODEPA. 2017. Nueces: Chile la mayor tasa de crecimiento productivo medio anual.
- Pegg, K.G., Coates, L.M., Korsten, L., Harding, R.M. 2007: Enfermedades foliares, del fruto y el suelo. En: El palto. Botánica, Producción y Usos (eds. Whaley, A.W., Shaffer, B., Wolstenholme, B.N.):275-281. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile.
- UC DAVID. 2019. Fruit and nut educationWalnut. Rootstock & Scion Selection.

| Módulo 2. *Phytophthora* en nogal



Especies de *Phytophthora* que afectan al nogal
Síntomas y daños ocasionados por *Phytophthora*
Diagnóstico *Phytophthora* en campo

Especies de *Phytophthora* que afectan al nogal

Autores: Jeannette Guajardo, Alejandra Larach y Ximena Besoain

Especies de *Phytophthora* que afectan al nogal en el mundo

El primer reporte sobre una especie de *Phytophthora* que afectara al nogal fue en California el año 1912, cuando se presentó un severo brote de enfermedad en el sur de California. Desde entonces, en el mundo se han descrito a 16 especies de *Phytophthora* capaces de causar pudrición de cuello y raíz en nogal (Cuadro 10).

Cuadro 10: Especies de *Phytophthora* reportadas en nogal

<i>Phytophthora cactorum</i>	<i>Phytophthora hedraiaandra</i>
<i>Phytophthora cambovira</i>	<i>Phytophthora megasperma</i>
<i>Phytophthora drechsleri</i>	<i>Phytophthora nicotianae</i>
<i>Phytophthora citricola</i>	<i>Phytophthora palmivora</i>
<i>Phytophthora citrophthora</i>	<i>Phytophthora parasítica</i>
<i>Phytophthora chlamydospora</i>	<i>Phytophthora taxón walnut</i>
<i>Phytophthora cryptogea</i>	<i>Phytophthora plurivora</i>
<i>Phytophthora gonapodyides</i>	<i>Phytophthora cinnamomi</i>

De todas las especies descritas, *P. cinnamomi* ha sido reconocida como la más agresiva y difícil de controlar. A sí mismo, *P. cinnamomi* corresponde a la especie más descrita afectando al nogal alrededor del mundo.



Figura 13. Esporangios de *P. cinnamomi*, izq. liberando zoosporas



Esporangio: Corresponde a una estructura de reproducción asexual, la cual libera zoosporas.

Zoosporas: son esporas flajeladas, las cuales se mueven por el agua y finalmente se enquistan en las raicillas finas.

Especies de *Phytophthora* que afectan al nogal en Chile

En Chile se ha reportado la presencia de *P. cinnamomi*, *P. cactorum* y *P. citrophthora* afectando a huertos de nogal. El primer reporte fue realizado por investigadores de la Universidad de Chile en conjunto con investigadores de la Universidad de California en el año 1967. Dentro de un programa de colaboración en Patología Vegetal, los investigadores lograron aislar *P. cactorum* desde suelo adyacente a árboles de nogal enfermos en San Felipe, Región de Valparaíso. Esta especie ha sido igualmente reportada afectando nogales en Estados Unidos, Francia, Hungría e Italia.



Figura 14. Esporangios de *P. cactorum*.

En 1975, se publicó un estudio realizado por la Universidad de Chile en 12 huertos de nogal en producción, ubicados en la provincia de Aconcagua, Región de Valparaíso. En este estudio se logró identificar a *P. cinnamomi* y *P. citrophthora* como agentes causales de la pudrición de cuello y raíces del nogal. Los aislamientos realizados fueron obtenidos de tejido dañado por el cancro, en árboles de entre 10 y 20 años de edad.

Además, se realizaron pruebas de patogenicidad, inoculando las dos especies aisladas más aislados de *P. cactorum* en plantas sanas de nogal. Su resultado fue que las tres especies son patogénicas para el nogal, sin embargo *P. cactorum* es menos agresiva que *P. cinnamomi* y *P. citrophthora*. *Phytophthora cinnamomi* ha sido descrita en las principales zonas productivas de este frutal: Estados Unidos, Francia, Italia, Turquía y otros. Por otra parte, *P. citrophthora* ha sido descrita en Estados Unidos, Argentina y Grecia.

Pocos años después, en 1969 se publicó una investigación realizada en huertos de nogal de la provincia de Aconcagua, donde se reportó nuevamente a *P. cactorum* afectando a raíces, cuello y tronco de plantas de nogal. Sin embargo, en ninguno de estos trabajos se comprobó la patogenicidad de *P. cactorum* en plantas de nogal.



Figura 15. Árbol de nogal de 13 años de edad con síntoma de cancro afectando el cuello y tronco del árbol.

Motivados por la expansión geográfica del nogal en Chile y la dispersión de la pudrición de raíces y cuello del nogal a diferentes regiones del país (Figura 16), se realizó un estudio entre los años 2015-2016 con el objetivo de identificar las principales especies de *Phytophthora* involucradas en esta enfermedad.

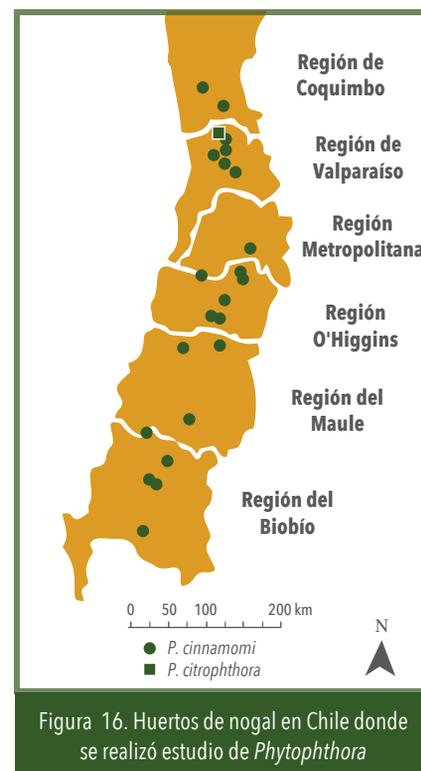
Fue necesario tomar muestras de suelo, raíces con pudrición y tejido de cancro en plantas de nogal sintomáticas de 49 huertos de nogal, ubicados entre las regiones de Coquimbo y Biobío. Como resultado, se logró aislar ***P. cinnamomi*** en 25 de los 49 huertos analizados (Cuadro 11). Además, se encontró una nueva especie, ***P. humicola***, la cual resultó no ser patogénica. No se logró aislar ***P. cactorum***, sin embargo, esto no implica que esta especie no esté presente en nogales en Chile.

Cuadro 11. Especies de *Phytophthora* obtenidas desde huertos de nogal en Chile.

Región/ Especie de <i>Phytophthora</i>	<i>P. cinnamomi</i>	<i>P. citrophthora</i>	<i>P. humicola</i>
Región de Coquimbo	2	0	1
Región de Valparaíso	8	1	0
Región Metropolitana	1	0	0
Región de O'Higgins	6	0	0
Región del Maule	4	0	1
Región del Biobío	4	0	0
Total	25	1	2

En las regiones de Coquimbo y Valparaíso se encontró una especie de Oomycete: ***Pythium ultimum***. Esta especie causa pudrición de raicillas en plantas de nogal, pero con un nivel de daño muy inferior al de *Phytophthora*.

Este estudio indica que *P. cinnamomi* es la especie más prevalente y ampliamente distribuida a nivel nacional. Esta especie ha sido igualmente descrita en Chile afectando a arándanos, paltos y vides. Por esta razón, las estrategias de control deben ser enfocadas en esta especie.



Del total de huertos estudiados:

- El 93,3% presentó síntomas de la enfermedad.
- La presencia de cancro en el cuello solo fue observada en un 37,8% de los huertos.
- La especie más frecuentemente aislada fue *P. cinnamomi*.

Phytophthora cinnamomi

- Esta especie también ha sido reportada en Australia, Nueva Zelanda, España, Portugal, Italia, Francia, Turquía y Chile.
- *Phytophthora cinnamomi* fue descrita por primera vez afectando plantas de nogal en Estados Unidos en el año 1936, asociada a la sintomatología de pudrición de raíces y cuello en árboles de nogal.
- *Phytophthora cinnamomi* (Figura 17) ha sido descrita como la especie más agresiva que afecta al nogal. Es un patógeno primario, ataca las raicillas de nogal y causa cancro a nivel del cuello y exudación negra (Figura 18).
- Esta especie es de zonas templadas, con un intervalo óptimo de crecimiento micelial entre los 24°C y 27°C, con un mínimo aproximado de 10°C y un máximo de 33°C -34°C. Sin embargo, sus estructuras de resistencia, las clamidosporas, pueden permanecer en el suelo largos periodos. *Phytophthora cinnamomi* puede sobrevivir más de 8 años en un suelo húmedo e infestado de forma natural, sin embargo, puede morir en un mes estando en un suelo seco, hasta aproximadamente 2% de humedad.



Figura 17. Esporangios de *P. cinnamomi* obtenidos de plantas enfermas en Chile.



Figura 18. Lesión cancosa ubicada en el cuello causada por *P. cinnamomi* y exudación negra

Phytophthora citrophthora

- Esta especie, *Phytophthora citrophthora* fué descrita por primera vez afectando plantas de nogal en Estados Unidos por Smth y Barrett en 1931. Sin embargo, esta especie ha sido también reportada en Argentina, Chile y Grecia.
- Esta especie se desarrolla en un intervalo óptimo de crecimiento micelial entre los 24 y 28 °C, con un mínimo aproximado de 5°C y un máximo de 35°C. Posee esporangios papilados, y algunos con doble papila (Figura 19). Posee oosporas como estructura de resistencia
- *Phytophthora citrophthora* afecta a cítricos en forma importante y también almendros, arándanos, ciruelo europeo, frambueso, y a numerosas especies ornamentales.
- En nogal es una especie agresiva, aunque en comparación a *P. cinnamomi*, requiere más tiempo para lograr un ataque severo. Además genera una pudrición severa de raíces alimenticias y puede llegar a causar cancro y una exudación negra (Figura 20).

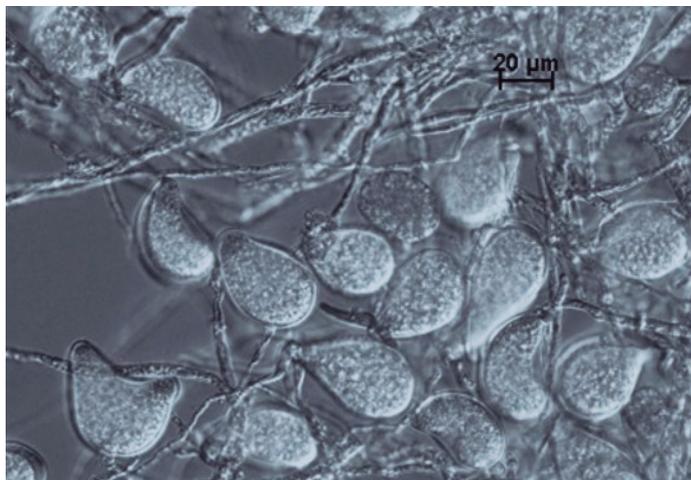


Figura 19. Esporangios de *P. cinnamomi* obtenidos de plantas de nogal enfermas en Chile.



Figura 20. Cancro en cuello con exudación negra en planta inoculada con *P.citrophthora*.

Síntomas y daños ocasionados por *Phytophthora* en nogal

Autores: Jeannette Guajardo, Alejandra Larach y Ximena Besoain

Al inicio de la enfermedad, un árbol de nogal infectado con *Phytophthora* puede ser similar a un árbol sometido a algún estrés ambiental o a un árbol afectado por nematodos de suelo. Los síntomas se pueden observar como una disminución de tamaño y cantidad de hojas, las que además suelen ser cloróticas y caedizas, acompañado de una disminución en la aparición de nuevos brotes. Ocasionalmente se observa simplemente como árboles con un crecimiento inferior al resto del nocal.



Figura 21. Árbol de nogal con clorosis, defoliación y bajo vigor, en huerto de la Región Metropolitana, Chile.

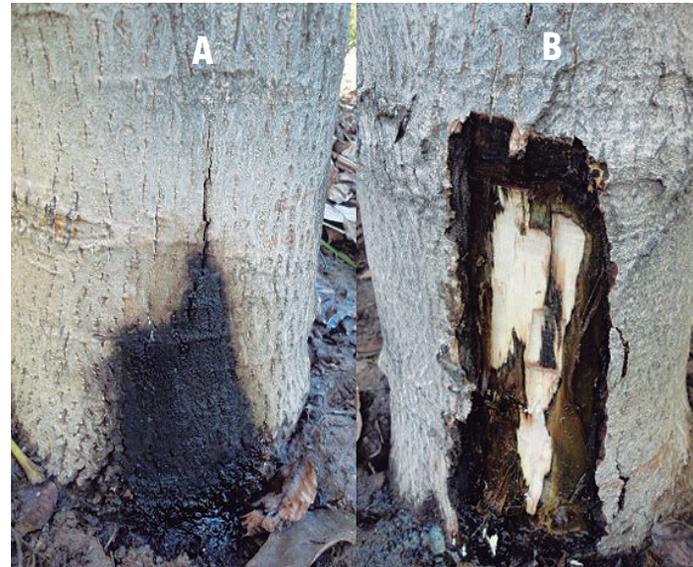


Figura 22. Tronco de árbol de nogal con cancro en la corteza (A). Al remover la corteza, se observa que el daño abarca hasta el cambium (B).

Síntomas asociados

- Los síntomas aéreos que se observan en las plantas afectadas por *Phytophthora* son el resultado del daño que el patógeno provoca en la zona radicular, en la base de la corona, o en ambas. Esto va a depender de la especie de *Phytophthora* involucrada. En el caso de *P. cinnamomi*, su principal método de ingreso a la planta es en forma directa atacando las raíces alimenticias (*feeder roots*).
- La pudrición en la base de la cuello se observa como un daño en la corteza, la cual hemos observado que avanza desde el cambium y mancha incluso la madera (o xilema), causando en la corteza el síntoma conocido como cancro. Es común que la presencia de cancro se vea acompañado de un exudado negro (Figura 22 a y b).
- El daño en el cuello o tronco se puede visualizar inicialmente como uno o varios puntos negros en la corteza exterior, sin embargo bajo la corteza el daño suele ser más extenso, avanzando vertical u horizontalmente a través del cambium. Una vez que el cancro involucra todo el diámetro de la corona o de la base del tronco, el árbol colapsa y muere, producto de la interferencia en el transporte de agua y nutrientes.
- Cuando la enfermedad avanza, el follaje se va haciendo cada vez más escaso. Esta situación puede provocar que en los meses de calor, cuando se están desarrollando los frutos, éstos queden expuestos al sol, sufriendo un deterioro conocido como golpe de sol (Figura 23).
- Los árboles enfermos pueden experimentar un lento avance de la enfermedad o pueden colapsar y morir en la misma temporada en que los síntomas aparecen por primera vez. La velocidad con la cual los árboles de nogal mueren después de la infección, depende de la especie de *Phytophthora* involucrada, del tipo de suelo, de las condiciones climáticas y de la edad del árbol infectado.



Figura 23. Árbol de nogal muerto por *Phytophthora*

Los árboles de nogal mueren cuando se destruye la totalidad de su sistema radicular o cuando la corona está totalmente dañada. Generalmente, los árboles afectados con pudrición en la corona mueren más rápido que aquellos que presentan solamente pudrición en sus raíces.

Incidencia y severidad de la enfermedad

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de árboles con síntomas de enfermedad}}{\text{n}^\circ \text{ de árboles totales evaluados}} \times 100$$

$$\text{Severidad (S)} = \frac{\text{Sumatoria del número de árboles x nivel de daño}}{\text{total de árboles x nivel de daño máximo}} \times 100$$

¿Qué es?



Es la frecuencia con que la enfermedad es encontrada en una zona delimitada, como por ejemplo un cuartel en un huerto.



Se refiere al nivel de afectación de los árboles en un cuartel o huerto.

En el estudio realizado en primavera del 2015, se analizaron 45 huertos de nogal ubicados entre la región de Coquimbo a la región del Maule. En cada región se seleccionó 9 huertos de nogal al azar, los cuales fueron analizados respecto a incidencia y severidad de la pudrición a la raíz y cuello del nogal. Los resultados de este estudio se muestran en el Cuadro 12, donde se observa que la mayor incidencia y severidad se presentan en la región de Valparaíso.

Cuadro 12. Incidencia y severidad de pudrición de cuello y raíces del nogal en Chile.

Región	Huertos afectados (%)	Incidencia promedio	Severidad Promedio
Coquimbo	88,9	12,4	6,8
Valparaíso	100,0	28,5	18,1
Metropolitana	88,9	8,4	5,3
O'Higgins	88,9	18,3	13,8
Maule	100,0	7,9	6,8
Media nacional	93,3	15,5	10,3

La incidencia y severidad del daño por *Phytophthora* se afecta por:

- (1) Especie particular de *Phytophthora* involucrada
- (2) Textura de suelo
- (3) Época de infección
- (4) Susceptibilidad o resistencia del portainjerto.

En las zonas productivas de nogal en Chile se reúnen las condiciones para tener una alta incidencia y severidad de la enfermedad:

- La especie más frecuentemente encontrada corresponde a ***P. cinnamomi***, la que está descrita a nivel mundial como la más agresiva que afecta al nogal.
- Con el aumento de producción de nogal en Chile, se incrementó el uso de terrenos no aptos para este cultivo, como suelos de textura más arcillosa.
- En cuanto a la temperatura, la zona productora de nogal en Chile cuenta con clima templado, propicio para el desarrollo de *Phytophthora*.
- La mayoría de los huertos de nogal están injertados sobre patrón *Juglans regia*, portainjerto susceptible a *Phytophthora*.

Diagnóstico de *Phytophthora* en campo

Autores: Jeannette Guajardo, Alejandra Larach y Ximena Besoain

Para realizar un adecuado diagnóstico de la enfermedad, el primer paso es visualizar la presencia de síntomas:

- **Canopia:** hojas pequeñas y cloróticas, defoliación, disminución o ausencia de nuevos brotes en comparación a árboles sanos. En casos severos se puede observar la total defoliación del árbol, reteniendo la fruta.
- **Tronco:** es común observar la presencia de un cancro en la corteza de algunos árboles afectados. Esta se puede observar como puntaduras en la corteza o como una mancha amplia (cancro) subiendo desde la corona. Al remover la corteza se puede observar que el cancro continúa hasta el cambium. Este cancro suele ir acompañado de exudación de un líquido negro.
- **Raíces:** realizar hoyaduras junto a árboles con sintomatología en la canopia, para verificar estado de las raicillas. Se debe realizar hoyos en las cuatro direcciones, puesto que el daño en las raicillas no necesariamente aparecerá en la totalidad del sistema radicular, sino que puede estar delimitado a una zona.

Algunos síntomas de *Phytophthora* pueden ser confundidos con síntomas de otras enfermedades, por ejemplo *Armillaria mellea*. Es por esto que para hacer un diagnóstico acertado, el segundo paso es tomar muestras y enviar a un laboratorio de Fitopatología para una adecuada identificación del agente causal.



Para la correcta identificación en un laboratorio de Fitopatología, se recomienda tomar muestras de suelo obtenidas desde plantas enfermas o sintomáticas, incluyendo raicillas sanas y con síntomas de pudrición. Llevar las muestras contenidas en un recipiente limpio, como una bolsa *ziploc* o bolsa de papel. Se deben llevar a un laboratorio el mismo día en que fueron tomadas, y mantener la muestra a temperatura ambiente durante el traslado. Refrigerar la muestra puede matar el micelio de *Phytophthora*.



LITERATURA CONSULTADA

- Belisario, A., Maccaroni, M., and Vettrano, A.M. 2001. *Phytophthora cinnamomi* agente del marciume basale del noce nell'Italia Settentrionale. *Petria*. 11:149-157.
- Besoain, X., Arenas, C., Salgado, E., and Latorre, B.A. 2005. Efecto del periodo de inundación en el desarrollo de la tristeza del palto (*Persea americana*), causada por *Phytophthora cinnamomi*. *Cien. Inv. Agr.* 32:97-103.
- Browne, G.T, Prichard, T.L., Schmidt, L.S., and Krueger, W.H. 2011. Evaluation of phosphonate treatments for control of *Phytophthora* crown rot of walnut. *Plant Health Prog.* doi: 10.1094/PHP-2011-0601-RS.
- English, H., Moller, W.J., and Nome, S.F. 1967. New records of fungus disease of fruit crops in Chile. *Plant Dis. Rep.* 51:212-213.
- Erwin, D.C., and Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora Diseases Worldwide*. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN.
- Guajardo, J., Saa, S., Camps, R., and Besoain, X. 2017. Outbreak of crown and root rot of walnut caused by *Phytophthora cinnamomi* in Chile. *Plant Dis.* 101:636.
- Guajardo, J., Saá, S., Riquelme, N., Browne, G., Youlton, C., Castro, M., Besoain, X. 2019. Characterization of Oomycete species associated with Root and Crown Rot of English walnut in Chile. *Plant Dis.* 103 (4): 691-696.
- Kurbetli, I. 2013. *Phytophthora cinnamomi* associated with root and crown rot of walnut in Turkey. *J. Phytopathol.* 161:287-289.
- Holevas, C.D., Chitzanidis, A., and Pappas, A.C. 2000. Disease agents of cultivated plants observed in Greece from 1981 to 1990 *Benaki Phytopathol.* 19: 1-96.



- INIA. 1969. Reconocimiento de las enfermedades del nogal en la provincia de Aconcagua. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Agr. Tec. (Chile) 29: 97-98.
- Larach, A., Besoain, X., and Salgado, E. 2009. Crown and root rot of highbush blueberry caused by *Phytophthora cinnamomi* and *P. citrophthora* and cultivar susceptibility. Cien. Inv. Agr. 36:433-442.
- Latorre, B.A., Wilcox, W.F., and Bañados, M.P. 1997. Crown and root rots of table grapes caused by *Phytophthora* spp. in Chile. Vitis 36:195-197.
- Mircetich, S.M., and Matheron, M.E. 1983. *Phytophthora* root and crown rot of walnut trees. Phytopathology. 73:1481-1488.
- Pennycook, S.R., 1989. Plant diseases recorded in New Zealand. 3 Vol. Pl. Dis. Div., D.S.I.R., Auckland.
- Ramos, D. 1997. Walnut production manual. University of California, Division of Agriculture and natural resources. 219 p.
- Rojic, J., and Cancino, L. 1975. *Phytophthora cinnamomi* Rands y *P. citrophthora* (Smith y Smith) Leonian agentes causales de la pudrición del cuello del nogal (*Juglans regia*) en Chile. Inv. Agric. 3:201-204.
- Sampson, P.J., and Walker, J. 1982. An Annotated List of Plant Diseases in Tasmania. Department of Agriculture Tasmania, 121 pp.
- Spaulding, P. 1961. Foreign Diseases of Forest Trees of the World. U.S.D.A. Agric. Handb. 197: -361.
- Zentmyer, G.A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes, Monograph No. 10. St. Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society.

Módulo 3. Manejo integrado de *Phytophthora*



Prácticas convencionales para el control de *Phytophthora*

Manejo de las horas de saturación

Manejo de fertilización nitrogenada

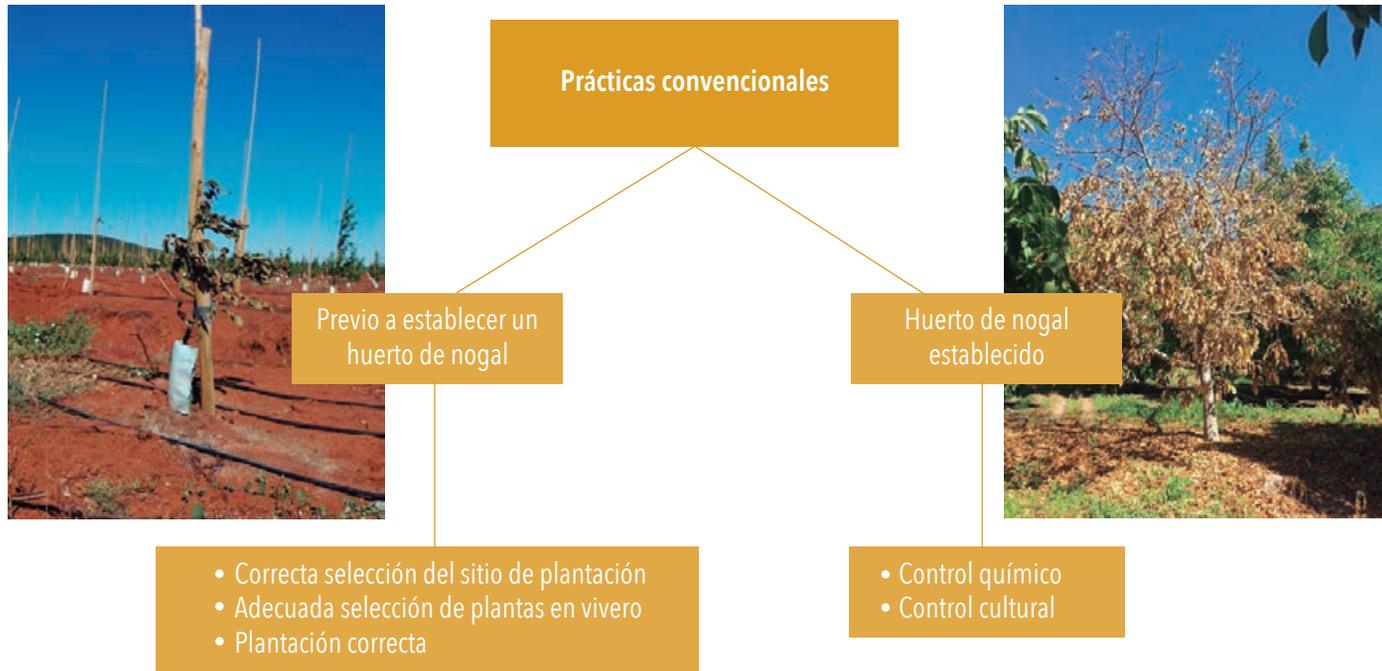
Uso de fungicidas y biocontroladores

Uso de nuevos portainjertos

Prácticas convencionales para el control de *Phytophthora*

Autores: Rodrigo Muñoz, Javiera Morales y Miguel Carús

Tal como hemos visto hasta ahora *Phytophthora* es un patógeno de gran importancia para los productores de nogal. El manejo de la enfermedad ha sido un desafío desde siempre. Lo cierto es que el uso de productos químicos siempre ha sido el protagonista a la hora de realizar un plan de manejo para la enfermedad. A continuación mostraremos cuales son las prácticas o manejos convencionales más utilizados para el control de la enfermedad



✓ Siempre es mejor prevenir *Phytophthora*, todos los manejos realizados previos a la plantación apuntan a esto.

Prácticas convencionales para el control de *Phytophthora* previo a establecer huertos de nogal

Correcta selección de plantas en vivero

La utilización de material sano desde vivero se considera la medida más importante a corto plazo para el control de *Phytophthora*. Cuando las plantas a raíz desnuda son trasladadas desde el vivero al huerto deben ser protegidas de la deshidratación, para lo cual se encarpan. Una vez que las plantas llegan al campo se barbechan, lo que considera que las raíces queden correctamente cubiertas y regadas. En caso de mantener las plantas en barbecho, ya sea en el vivero o en el huerto, es recomendable que esto sea el menor tiempo posible y que el riego de plantas sea través de agua tratada con fungicida.

¿Cómo logro una correcta elección?

- Comprar plantas en viveros certificados por el SAG.
- Una planta terminada considera que el patrón tenga 2 años y 1 año de injerto.
- Visualizar la sanidad de raíces que presenten las plantas.
- Raíces deben presentar crecimientos de al menos a 40 cm (raíz pivotante), sin daños importantes, y una alta población raíces de laterales.



Figura 24. Planta terminada Chandler sobre *J.regia*



Figura 25. Planta terminada Chandler sobre Vlach

Plantación correcta

- Selección de la planta (altura y diámetro, cantidad de raíces, sanidad y tipo de planta)
- Traslado y mantención de plantas
- Desinfección de raíces
- Fecha de plantación, hoyo de plantación y entutorado
- Fertilización, aplicación de nematicida y riego

Correcta selección del sitio a plantar

Al momento de establecer un huerto de nogales, se deben considerar una serie de factores que son clave para el éxito del proyecto, dentro de estos se destaca la selección del sitio, el diseño del huerto, la preparación del terreno y finalmente la plantación. Estos aspectos son clave para en la producción de nueces, ya que actualmente ha existido un aumento de superficie de nogal en Chile que ha generado cambios en la industria productiva de nueces, por ejemplo existe el aumento de la densidad de plantación, lo cual era impensado en el pasado, la mecanización de labores como la cosecha y la poda, el uso de portainjertos clonales y además este aumento en superficie ha significado plantar en lugares que no son totalmente aptos para este cultivo en particular.

Selección del sitio

- Evaluación de las condiciones edafoclimáticas del lugar.
- Evaluación de la disponibilidad y calidad hídrica del lugar.
- Cultivos anteriores: sobre nogal y paltos es inviable con *J.regia*.

Se debe evitar las áreas con mal drenaje o bien considerar el uso de camellones.

Diseño del huerto

- Elección de la variedad y portainjerto.
- Marco de plantación/densidad
- Orientación.
- Uso de polinizantes.
- Sistema de riego.
- Camellones.

Preparación del terreno

- Análisis físico-químico del suelo.
- Consideración de cultivos anteriores (destronque y fumigación).
- Preparar todo el terreno, no solo la hilera.
- Fecha de preparación del terreno.
- Maquinaria a utilizar.
- Tipo de maquinaria a utilizar.

Se propone subsolar mínimo a una profundidad de 80 cm ojalá más de 120 cm.



- ✓ Es fundamental desinfectar herramientas, tractores y zapatos usados en campos contaminados con algún patógeno.
- ✓ Establecer estrictas medidas sanitarias para el uso y manejo de equipo incluyendo desinfección de tractores usados para subsolar.

Prácticas convencionales para el control de *Phytophthora* en huertos de nogal establecidos

Control Cultural

- Los manejos culturales son muy importantes para la prevención de enfermedades. Actualmente, existen diversas técnicas de cultivo para disminuir la severidad de la pudrición de raíces por *Phytophthora* en las plantaciones. La mayoría de las veces los manejos culturales son más bien preventivos y no de control como en el caso del control químico.
- El efecto de estas prácticas es menor cuando se aplican por separado, la idea siempre es complementar las técnicas.

Puntos a considerar para el control cultural

- Evitar heridas en cuellos y raíces.
- Control de malezas, sobre todo desde los primeros meses de cultivo.
- Control de Inundaciones cercanas a la raíz.
- Uso de calicatas o rizotrones para ver el estado de raíces.



Figura 26. Inundaciones en huerto con riego por surco.



Figura 27. calicata para controlar riego y ver raíces.



Figura 28. tratamiento curativo ante el ataque del *Phytophthora* sp.

Control Químico

- El control químico siempre es considerado como la línea primaria para suprimir la enfermedad en huertos que ya están establecidos. Recordar que el daño se agudiza en huertos envejecidos o mal manejados. Los productos químicos más utilizados para el control de *Phytophthora* serán mencionados más adelante en el Módulo 3.
- No se puede desconocer que en huertos jóvenes el control químico es clave, en la actualidad existen productos que son aplicados tanto al suelo, como al follaje. Sin embargo, la mayoría se aplican al suelo
- Lo cierto es que priorizar solo el control químico puede llevar a enfrentar serios problemas a largo plazo. Sobre todo considerando el desafío que enfrenta la agricultura en cuanto a disminuir el uso de productos químicos, así como también los límites de residuos en fruta. Es por esta razón que la aplicación de productos químicos se justifica en mayor medida cuando la planta es joven, porque aún no produce frutos.



Consideraciones prácticas

¿Qué es un rizotrófon?

Consisten en excavaciones que se realizan a un costado de los árboles o bien instalaciones de cajones de maderas con vidrios cuadriculados. El rizotrófon permitirá hacer un seguimiento del crecimiento radicular, la distribución de las raíces y también observar el estado sanitario de las mismas.

¿Cómo se hace un rizotrófon?

- ▶ Es recomendable que para un huerto adulto las dimensiones del rizotrófon sean 100 x 100 x 100 cm y para el vidrio 100 x 100 cm x 8 mm.
- ▶ Es de gran importancia que este rizotrófon sea tapado con una cubierta oscura, ya que las raíces se foto inhiben. Esta cubierta impide el ingreso de luz, pero también la pérdida de humedad.
- ▶ Actualmente también es posible utilizar los "minirizotrones", estos son tubos transparentes instalados en el suelo, en los cuales se introduce un escáner.

Manejo de las horas de saturación

Autores: Javiera Morales, Sebastián Súa y Ximena Besoain

Importancia del manejo del riego en nogal

El riego es imprescindible para mantener rentable un huerto de nogal, no obstante, implica considerar tres principios básicos: el cómo regar (sistema de riego a utilizar), cuándo regar (momento de riego y frecuencia) y cuánto regar (cantidad de agua que se aportará). El manejo adecuado de estos tres principios es primordial para mantener al árbol regado adecuadamente, sin generar estrés ya sea por sequía o por exceso de agua.

El riego está asociado directamente con las condiciones climáticas y también edáficas del sitio donde se encuentre plantado el huerto. En relación al clima, las zonas en donde se plantan nogales en Chile se caracterizan por ser de clima mediterráneo seco, con primaveras y veranos extensos y calurosos que generan periodos críticos de déficit hídrico entre los meses de septiembre a marzo. En el caso del suelo, es importante indicar que el nogal prefiere suelos francos a francos arenosos que presenten pH entre 6,5-8 y un buen drenaje, ya que es extremadamente sensible a la asfixia radicular, como también necesita de una profundidad efectiva de mínima de 90 cm e idealmente de 1,5 a 2 m.

Esta característica deseable de la profundidad efectiva se debe a que las raíces de anclaje del nogal se desarrollan en profundidad alcanzando incluso los 3 m, por lo tanto, es esencial conocer cómo es su distribución en el espacio. Por lo general, en los primeros 90 cm se concentra la mayor cantidad de raíces (70%) y la principal extracción de agua. No obstante este desarrollo también dependerá del tipo de suelo, ya que en un suelo es más bien arenoso la extracción podría ser entre los 30 y 90 cm.

¿Cómo?

Principalmente se recomienda el uso de riego tecnificado, el cual tiene una mayor eficiencia (90%).

¿Cuándo?

Es esencial considerar las etapas fenológicas críticas. Si bien, se comienza a regar en primavera (por el desarrollo de brotes y raíces), el crecimiento del fruto, por sobre todo la etapa 1 y 2 es primordial el riego. El riesgo de *Phytophthora* aumenta con temperaturas de suelo sobre 20°C.

¿Cuánto?

La cantidad depende de variados factores (condiciones climáticas, edad del huerto, número de plantas por hectárea, etc.)

Por lo general es entre 8.000 y 12.000 m³/ha/temporada.

Relación entre el riego y *Phytophthora*

No solamente el déficit hídrico afecta al nogal, si no que también el exceso de agua puede generar efectos negativos en la planta. Cuando los poros presentes en el suelo se encuentran "saturados", es decir, llenos de agua, se comienza a desplazar el oxígeno, reduciéndose la tasa de oxigenación hacia las raíces, alterando su funcionamiento y respiración. Este tipo de condiciones llamadas hipoxia (falta de oxígeno en el suelo) o anoxia (nada de oxígeno en el suelo) se generan ya sea por un mal drenaje del suelo, presencia de napas freáticas, suelos pesados y por sobre todo por un mal manejo de riego, conllevando a la saturación del suelo.

Si bien, hipoxia producida por la saturación puede generar pudrición de raíces, no se debe confundir con el daño que puede generar *Phytophthora* en las raíces del nogal, ya que son efectos totalmente distintos, no obstante, la saturación podría agravar el daño generado por *Phytophthora*.



Suelo saturado por mal manejo de riego (por ejemplo: alta frecuencia y tiempos de riego en suelos pesados por falta de monitoreo adecuado).

Si consideramos que la **época de riego** comienza en **primavera-verano** en donde las **temperaturas de suelo** son **altas (24°C -28°C)**.

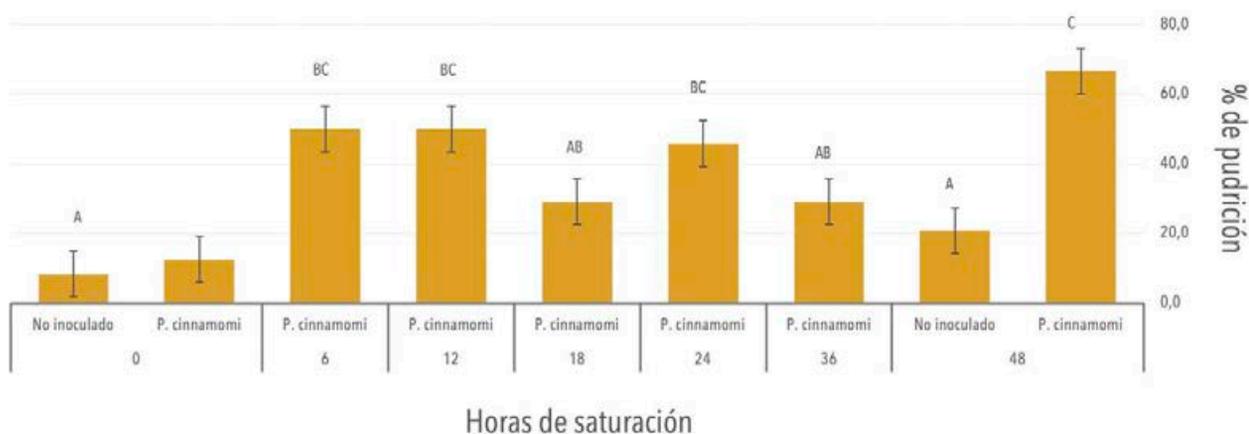
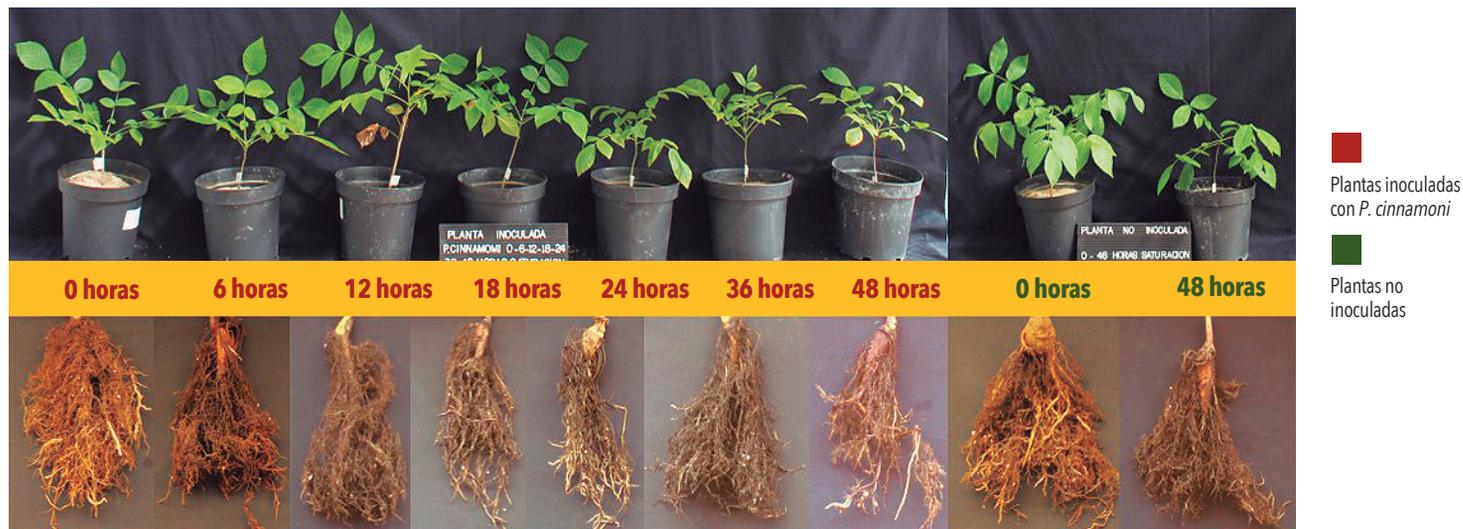
+

Phytophthora

Pudrición de raicillas y cuello de las plantas, lo cual comienza afectando el tejido interno y luego aflora (cancro).

Efecto de la saturación de suelo sobre *Phytophthora cinnamomi*

Es claro que *Phytophthora* se ve favorecido por la saturación de suelo, no obstante, este favorecimiento es cuando el suelo es saturado por horas, y no tanto, por días o semanas de saturación, es donde la condición de anoxia afectaría al patógeno. En relación a ese efecto, se realizó un estudio con plantas de nogal inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* las cuales se saturaron durante 0, 6, 12, 18, 24, 36 y 48 horas y plantas no inoculadas que se saturaron 0 y 48 horas.



Efecto de la saturación de suelo sobre *Phytophthora cinnamomi*



El mayor índice de daño está asociado a las 48 horas de saturación, existen claras diferencias entre la planta no inoculada e inoculada con *P. cinnamomi*, es decir, la saturación favorece su ataque.



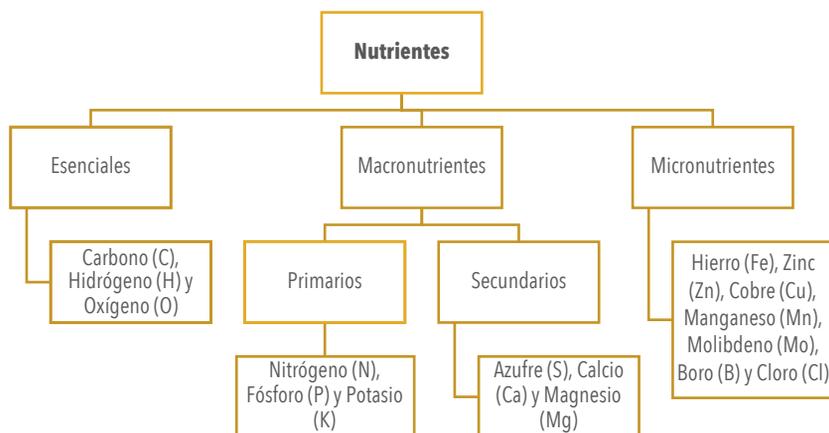
El menor índice de daño está asociado a las 0 horas de saturación, y no existen diferencias significativas entre el tratamiento no inoculado e inoculado con *P. cinnamomi*, es decir, si una planta tiene *Phytophthora* y no es saturada, no se debería afectar por el patógeno, ya que necesita de agua para liberar su zoosporas y colonizar.

- Desde las 6 horas se puede producir un daño significativo.
- La falta de agua desfavorece la infección por *P. cinnamomi*.
- El exceso de agua, sobre todo 36 a 48 horas favorece el desarrollo e inoculación con *P. cinnamomi*

Manejo de fertilización nitrogenada

Autores: Javiera Morales, Sebastián Súa.

Principios básicos de la fertilización



Muchas veces los nutrientes obtenidos y presentes en el suelo no son suficientes para la planta. En ese sentido, es importante considerar el requerimiento nutricional y la necesidad de fertilizar, considerando la fertilidad propia del suelo.

Los **elementos esenciales** como el carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) también se necesitan en altas cantidades, representando entre un 90-92% del peso seco total de un árbol. A diferencia del resto de macroelementos, los carbohidratos compuestos por C-H-O, son obtenidos a partir del CO₂ en el proceso de fotosíntesis.

Los **macronutrientes** son constituyentes de compuestos orgánicos, como las proteínas y los ácidos nucleicos y pueden actuar en la regulación osmótica, por lo general están presentes en concentraciones relativamente altas en las plantas.

Los **micronutrientes** son constituyentes de moléculas de enzimas, por lo tanto, son esenciales pero en pequeñas cantidades. No obstante, algunos de estos elementos (p.e: B, Mn, Cu y Cl) al necesitarse en pequeñas cantidades, pueden generar toxicidades cuando su presencia es superior a un determinado rango, el cual, suele ser bastante bajo.

Tipos de fertilización



Fertilización inorgánica

Práctica ampliamente utilizada en la agricultura que pretende hacer uso apropiado y no abuso de la fertilización a través de fertilizantes sintéticos o químicos.

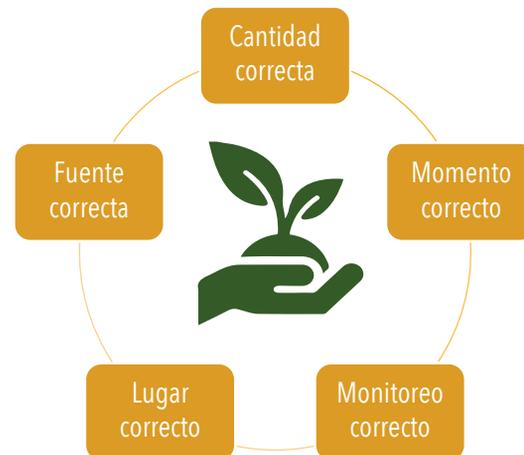


Fertilización orgánica

Nutrición proporcionada por elementos de origen natural (animal o vegetal) como el guano, compost, humus, residuos de cultivos, entre otros.

Optar por una fertilización adecuada y equilibrada

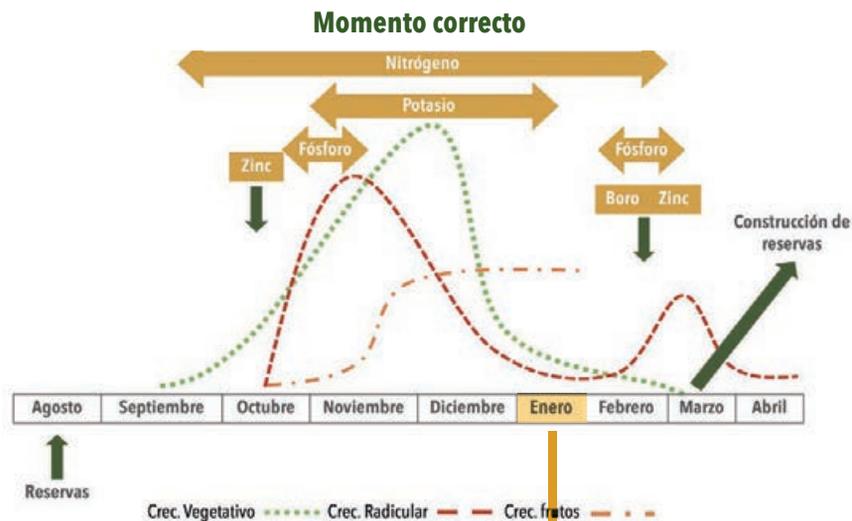
- **Cantidad correcta:** Considera demanda nutricional del frutal en base al requerimiento (extracción del cultivo), toma en cuenta todos los ingresos de nutrientes (suelo, agua de riego, abonos orgánicos). Importante la eficiencia de los fertilizantes, los cuales no son absorbidos en un 100%.
- **Fuente correcta:** Debe permitir que los nutrientes estén disponibles, considerar los sinergismos y antagonismos entre nutrientes y fuentes y la compatibilidad para evitar los precipitados. Aprovechar la tecnología de los fertilizantes de liberación lenta y controlada gracias a los inhibidores de la nitrificación que permiten mantener durante más tiempo el nitrógeno disponible en el suelo.
- **Momento correcto:** La entrega de los nutrientes debe coincidir con la demanda nutricional del cultivo en base a su fenología.
- **Lugar correcto:** Podría ser vía fertirriego (suelo) considerando el área de crecimiento de raíces, que puede variar en base a las condiciones del suelo. En el caso de la vía foliar, solo se pueden aplicar los nutrientes presentes como iones en solución, las cuales entregan dosis pequeñas y localizadas que son efectivas en un tiempo limitado y son utilizadas en forma puntual.
- **Monitoreo correcto:** Uso de análisis foliares, de solución de suelo y sensorial en base a patrones. El análisis de suelo y agua también son necesarios para definir la cantidad adecuada. También el uso de SPAD es un método instantáneo y no destructivo que permite evaluar déficit nutricionales midiendo la intensidad del verdor de las hojas.



Aplicando las "5C de la nutrición" en la fertilización del nogal

Cantidad correcta

Elemento	Kg de nutriente por tonelada de fruta
N	30
P2O5	14
K2O	40
MgO	6



Fuente correcta

La fuente a elegir va depender de las características del suelo (textura, permeabilidad, pH, salinidad), ya que puede cambiar el comportamiento del fertilizante.

En el caso de las aplicaciones por fertirriego, deben ser fertilizantes solubilizables que no precipiten. Considerar además la compatibilidad.

Lugar correcto

Los análisis foliares de nogal se realizan en **verano (Enero)**

Monitoreo correcto



Aplicaciones de S, Zn, Mn, N y B

Gran parte de la fertilización es vía riego

Elemento	Deficiencia	Adecuado	Exceso
Nitrógeno (%)	<2,0	2,2 a 3,2	>3,5
Potasio (%)	<0,8	1,2 a 1,8	>2,5
Fósforo (%)	<0,08	0,1 a 0,2	>0,3
Calcio (%)	<0,8	1,0 a 2,0	>2,5
Magnesio (%)	<0,15	0,3 a 0,6	>0,8
Azufre (S)			
Cloro (Cl)	<0,5	0,1 a 0,2	>0,3
Boro (B)	<20	35 a 150	>200
Manganeso (Mn)	<20	30 a 100	>200
Zinc (Zn)	>15	18 a 60	>150
Cobre (Cu)	<3	4 a 20	<25
Hierro (Fe)	<40	50 a 150	>200

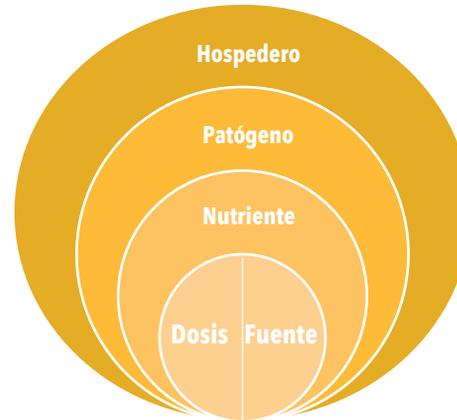
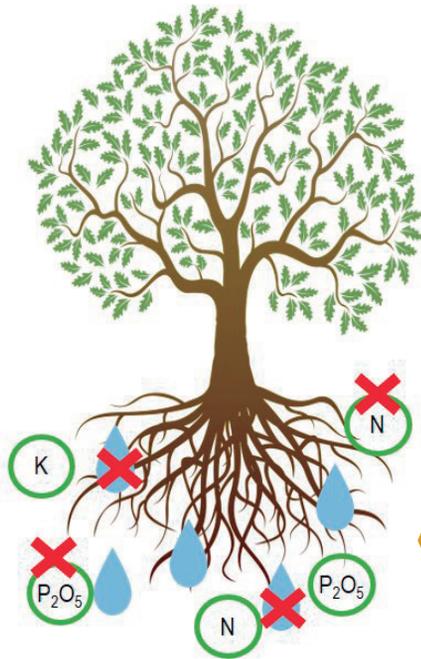
Interacción entre la fertilización y las enfermedades

La fertilización es un componente principal en el manejo integrado de las enfermedades. No existe una regla general, ya que **un nutriente en particular puede disminuir el efecto de un patógeno, pero también incrementar la gravedad de otros.**

Los patógenos pueden:

- Inmovilizar nutrientes en la rizósfera o en los tejidos infectados.
- Traslocar o utilizar nutrientes, causando deficiencia o toxicidad de nutrientes.
- Utilizar nutrientes de las plantas para su propio crecimiento, causando la reducción en la disponibilidad de nutrientes en las plantas y aumentando la susceptibilidad debido a la deficiencia generada.

¿De qué depende el efecto de la nutrición sobre las enfermedades?



En el caso de los patógenos que son transmitidos por el suelo y que por lo general infectan la raíz de las plantas como es el caso de *Phytophthora*, pueden reducir la **capacidad de la raíz para suministrar agua y nutrientes a la planta**, sobre todo cuando los niveles nutricionales son deficientes. Por eso es necesario el **equilibrio nutricional**.

Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades

El nitrógeno es el nutriente más importante para el crecimiento, como también es el que tiene una mayor cantidad de reportes literarios respecto a su efecto sobre las enfermedades (alrededor de 400 reportes en base a un total de 1.200), en donde se indica que puede incrementar o reducir el efecto de una enfermedad dependiendo del tipo de patógeno, la dosis utilizada y la fuente nitrogenada utilizada.

Dosis



Altas (exceso)

Reducen la producción de compuesto fenólicos (fungistáticos) y lignina en las hojas, disminuyéndose la resistencia a los patógenos.



Adecuadas

Provoca el aumento de la concentración de aminoácidos y aminos, compuestos necesarios para la defensa activa de las plantas frente a un patógeno.

Favorece la biosíntesis de compuestos fenólicos (fitolexinas), como también moléculas de defensa estructural como la lignina.



Bajas (deficiencia)

Afecta el desarrollo del patógeno, ya que hay una menor disponibilidad de nutrientes en los tejidos de la planta para que este pueda utilizar.

Las plantas son más susceptibles a patógenos debido a que crecen lentamente y senescen más rápido.

Fuente

NH₄ (Amonio)

{ Aumenta el contenido de azúcar y aminoácidos en las células de la planta, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes. }

NO₃ (Nitrato)

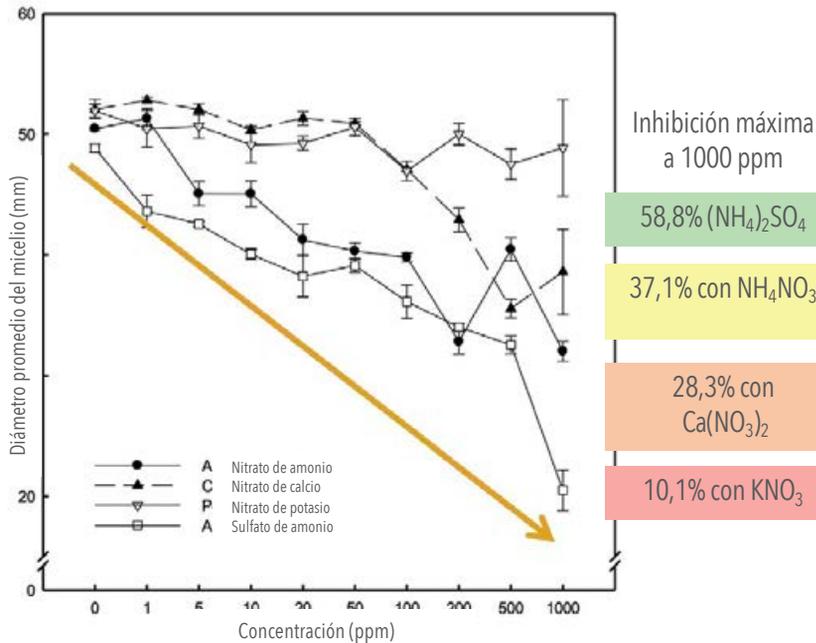
{ Genera una mayor resistencia en las plantas, ya que aumenta los niveles de poliaminas, moléculas asociadas a dicha resistencia. }

Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades generadas por *Phytophthora*

El nitrógeno puede tener efectos beneficiosos y nocivos sobre las enfermedades provocadas por especies del género *Phytophthora*. No obstante, el efecto depende de la especie de *Phytophthora*, el hospedero y la fuente. Por ejemplo:

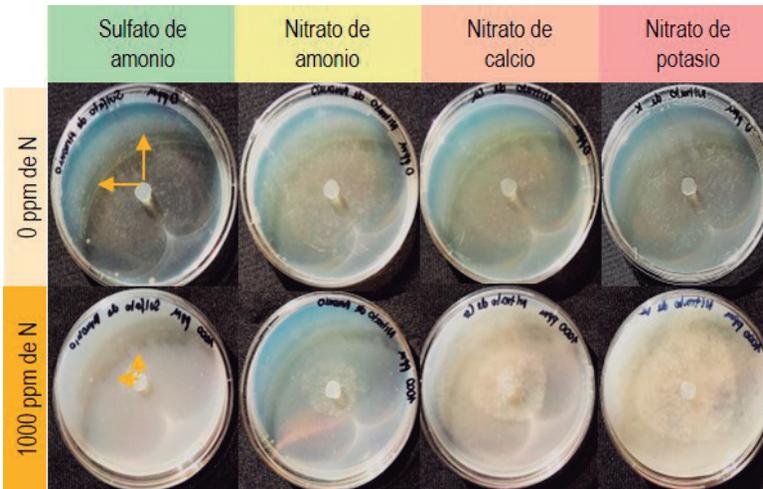
- *P. infestan* que genera el tizón tardío en papa, incrementa su severidad con nitrato.
- *P. parasitica* que produce manchas foliares en Filodendro disminuye su severidad en presencia de nitrato, pero en cítricos la fertilización con amonio incrementa la severidad de la pudrición de raíces.
- *P. cinnamomi* en presencia de nitrato y amonio disminuye su severidad en la pudrición de raíces y cuello en palto.

Efecto del nitrógeno sobre las enfermedades generadas por *Phytophthora*



Efecto *in vitro* de la dosis y fuente

En una investigación realizada en laboratorio se probaron el efecto de **4 fuentes de nitrógeno** (sulfato de amonio, nitrato de amonio, nitrato de calcio y nitrato de potasio) a **diferentes dosis** 0, 1, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 y 1000 ppm de N sobre el crecimiento del micelio de *Phytophthora*. Las fuentes nitrogenadas NH_4NO_3 y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ generaron mayor control del micelio de *P. cinnamomi* en comparación a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y KNO_3 .



Entonces:

- Utilizar 500 ppm como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ es igual que utilizar 200 ppm como NH_4NO_3 o 20 ppm de N como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ es relación a la inhibición del micelio.
- Preferentemente optar por la fuente que me permita utilizar una menor dosis, evitando la toxicidad de las plantas.
- A nivel de campo probablemente sería preferible fertilizar con la fuente nitrogenada y dosis que eviten el mayor daño ocasionado por *P. cinnamomi*.

Efecto del nitrógeno sobre la enfermedad generada por *Phytophthora*

Efecto *in vivo* de la dosis y fuente

Una investigación realizada bajo invernadero con plantas francas de nogal de 5 meses permitió observar el efecto que tienen distintas dosis de nitrógeno (0, 35, 70, 140, 210 y 1050 ppm) sobre *Phytophthora cinnamomi*.



Efecto de la inoculación:

- Presentaron menor cantidad y crecimiento de hojas y raíces, clorosis y necrosis de hojas, pudrición de raíces y cancro a nivel de cuello en el caso de la inoculadas, estas eran más susceptibles a patógenos. Presentaron bajo niveles de nitrógeno (2,1% de N).



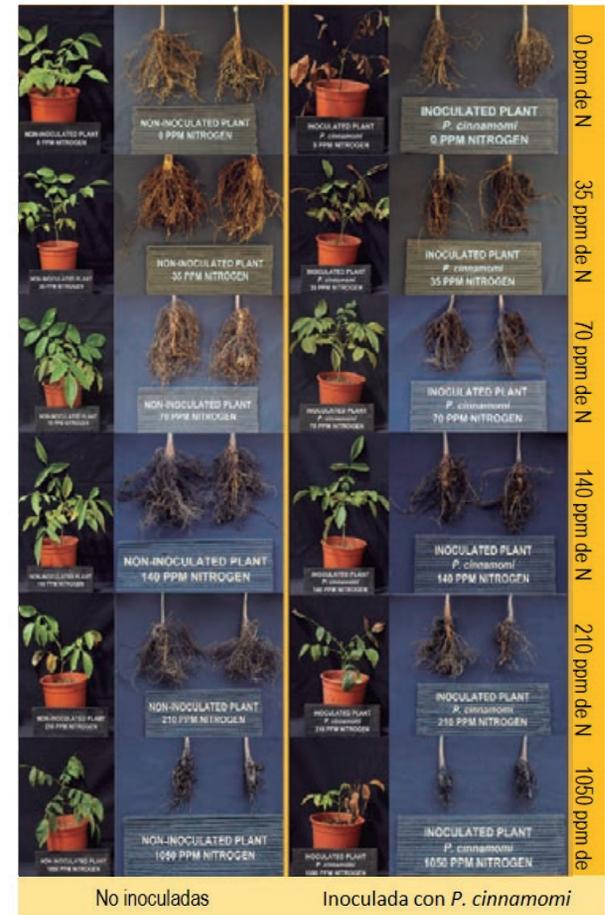
Mayor crecimiento y menor daño:

- Nivel adecuado de fertilización (70 a 140 ppm de N con 2,5 a 3% de N foliar), el grado de daño generado es menor, ya que eventualmente el N actuó como inhibidor en el desarrollo de *P. cinnamomi*, afectando la formación de esporangios y zoosporas, como también se maximizó los efectos positivos del N sobre el crecimiento y desarrollo de la planta (mayor biomasa seca de canopia y raíces).



Efecto del nitrógeno:

- El exceso de N contribuyó a la resistencia de la planta frente al patógeno afectando la colonización por *P. cinnamomi*, pero a su vez generó toxicidad (3,4% de N foliar, tóxico en plantas de nogal), generando limitado desarrollo y crecimiento de la canopia y raíces demostrado en la reducida biomasa seca.



Uso de fungicidas y biocontroladores

Autores: Alejandra Larach y Ximena Besoain

Los productos químicos más usados en el control de *Phytophthora* son fungicidas muy activos y específicos, que son utilizados hace décadas en Chile. Sin embargo, su uso reiterado puede provocar disminución de la sensibilidad o desarrollo de resistencia por parte del patógeno. En relación a los productos biológicos, la identificación de agentes de control biológico para *P. cinnamomi* ha sido limitada hasta ahora. *Trichoderma*, es uno de los microorganismos más estudiados, y también *Bacillus*. Tanto para fungicidas químicos como biológicos, es importante conocer el **momento adecuado** de su aplicación para obtener los mejores resultados en el control de la pudrición de raíces y cuello del nogal. En el siguiente apartado (Cuadro 15) se muestran resultados de aplicaciones preventivas y curativas de distintos productos para el control de esta enfermedad.

Cuadro 15. Tipo de fungicidas e ingredientes activos empleados en el control de *Phytophthora cinnamomi*

Tipo de fungicida	Ingrediente activo	Modo de acción
Químico	Fosetil-Al (Fosfonato)	• Inhibe la germinación de zoosporas y/o micelio
	Fosfito de potasio (Fosfonato)	• Aumenta las defensas las plantas
	Metalaxilo (Acilalanida)	• Inhibe la síntesis de proteína en los hongos
Biológico	<i>Trichoderma</i> spp.	• Competencia, antibiosis o parasitismo
	<i>Bacillus</i> spp.	• Inhibe la germinación zoosporas y/o micelio, antibiosis, aumento defensa plantas



Las enfermedades causadas por *Phytophthora* son multicíclicas, por lo que en un ciclo estacional de crecimiento del hospedero, *Phytophthora* es capaz de producir varios ciclos. Esto se traduce en que el inóculo puede aumentar rápidamente cuando hay condiciones ambientales favorables, aumentando la dispersión y posibilidad de infección.

Tratamientos preventivos para el control de *Phytophthora*

En un ensayo realizado bajo invernadero se evaluaron ocho productos comerciales, cinco de éstos de origen químico y tres de origen biológico indicados en el Cuadro 16. Cada producto fue aplicado dos veces con una frecuencia de 15 días, a inicios del crecimiento radical. Posteriormente, las plantas de nogal de 1 año fueron inoculadas con *P. cinnamomi*, a una concentración estándar capaz de causar enfermedad. Luego de la inoculación, las plantas fueron sometidas a 48 horas de saturación de suelo, a modo de generar condiciones favorables para la infección. Finalmente, se evaluó el daño (Figura 29).

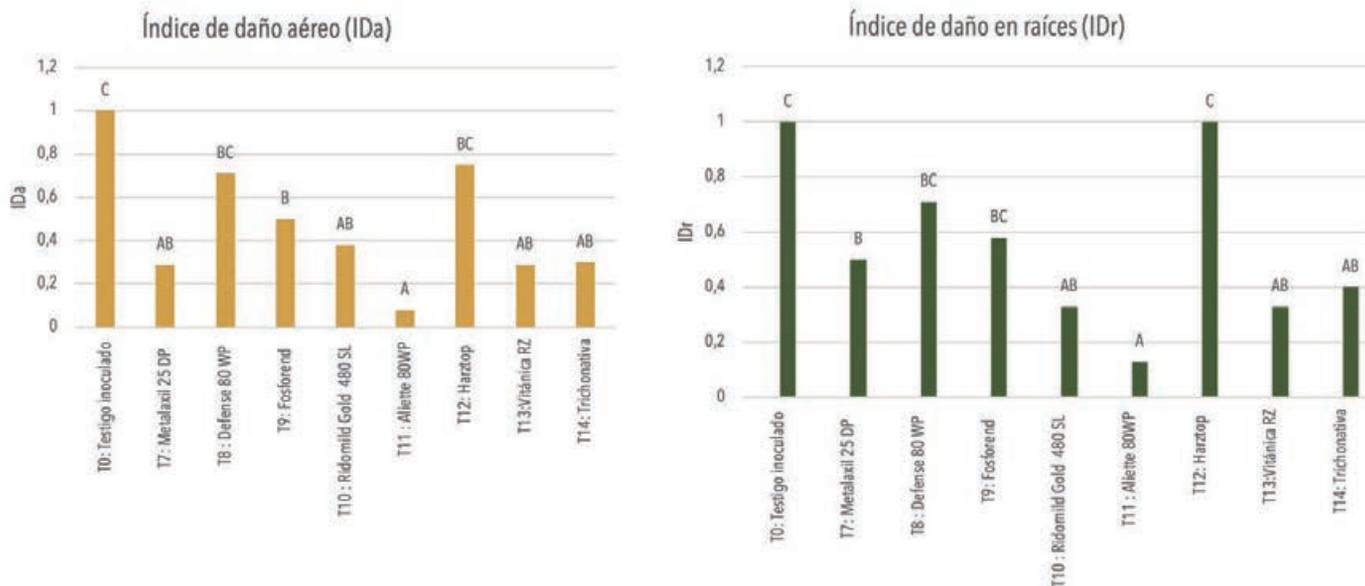
Cuadro 16. Tratamientos preventivos aplicados en plantas de nogal para evaluar control de *P. cinnamomi*.

Tratamiento	Ingrediente activo	Forma de aplicación	Dosis	Inoculación		
T00	Testigo absoluto	-	-	No	Productos químicos	
T0	Testigo inoculado	-	-	Si		
T7	Metalaxil 25 DP	Metalaxil	Al suelo	10 g/m ²		Si
T8	Defense 80 WP	Fosetil-Al	Al follaje	300 g/100 L		Si
T9	Fosforend	Quitosano y ácido fosforoso	Al suelo	2 L/ha		Si
T10	Ridomild Gold 480 SL	Metalaxilo	Al suelo	1,5 ml /m ²		Si
T11	Aliette 80WP	Fosetil-Al	A follaje	300 g/100		Si
T12	Harztop	<i>Trichoderma harzianum</i>	Al suelo	20-30 L/ha	Si	Productos biológicos
T13	Vitanica RZ	NK + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Al suelo	15 L/ha	Si	
T14	Trichonativa	<i>Trichoderma</i> spp.	Al suelo	5 ml/L	Si	



Figura 29. Escala de daño representativa del índice de daño aéreo (IDa) y de raíces (IDr)

Los resultados obtenidos para las variables cualitativas evaluadas, índice de daño aéreo (IDa) e índice de daño en raíces (IDr) se presentan en la Figura 30.



Tratamientos curativos para el control de *Phytophthora*

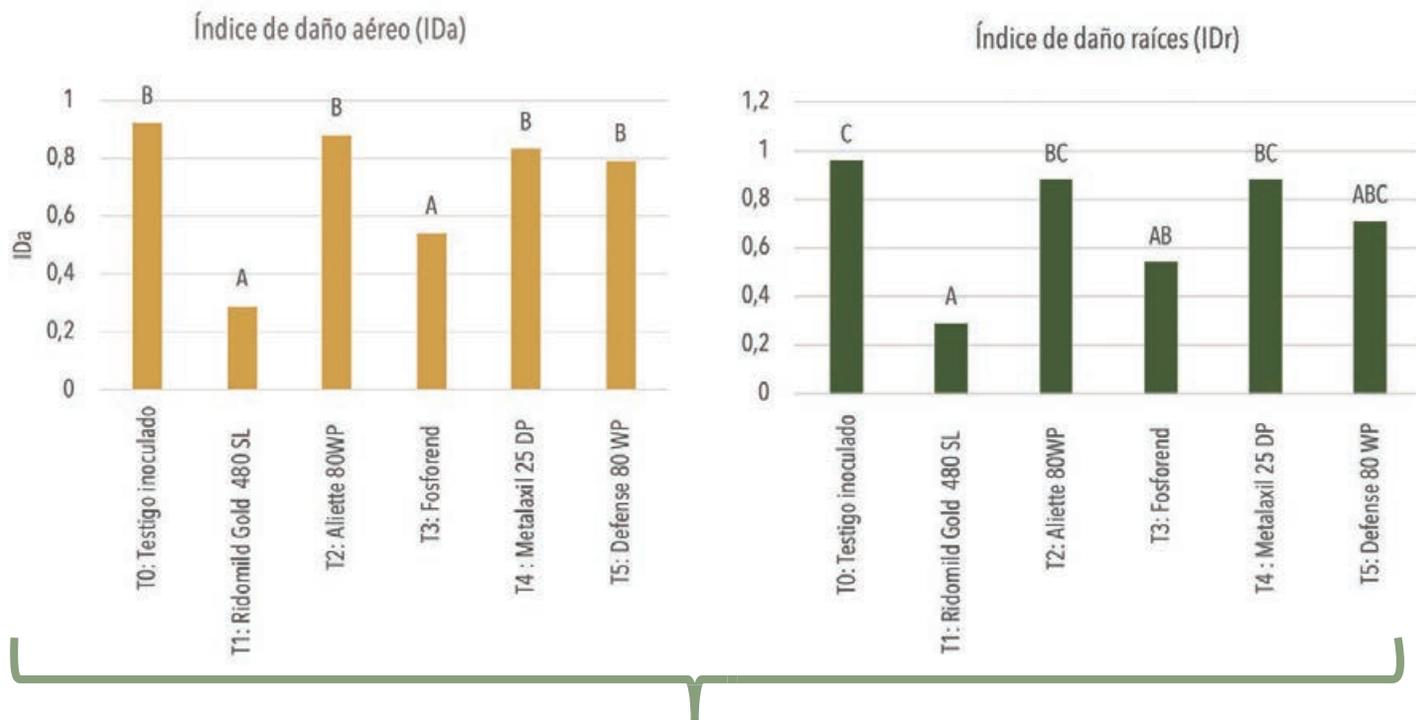
Se evaluaron cinco productos comerciales, todos de origen químico. No se consideraron productos biológicos, dado que, en ensayos previos, éstos productos mostraron una baja efectividad para su uso como herramienta de control curativo. Los productos aplicados se indican en el Cuadro 17. A inicios de la actividad radical, las plantas se inocularon con *P. cinnamomi* (concentración estándar capaz de causar enfermedad), y luego sometidas a saturación de suelo por 48 horas. Luego de tres días de la inoculación, se realizó la primera aplicación de los productos, y 15 días después se realizó una segunda aplicación. Las plantas fueron mantenidas bajo las mismas condiciones descritas en el ensayo de tratamientos preventivos. El daño evaluado en parte aérea es visible en Figura 31.

Cuadro 17. Tratamientos curativos aplicados en plantas de nogal para evaluar control de *P. cinnamomi*.

Tratamiento	Tratamiento	Ingrediente activo	Forma de aplicación	Dosis	Inoculación
T00	Testigo absoluto	-	-	-	No
T0	Testigo inoculado	-	-	-	Si
T1	Ridomild Gold 480 SL	Metalaxilo	Al suelo	1,5 ml /m ²	Si
T2	Aliette 80WP	Fosetil-Al	Al follaje	300 g/100	Si
T3	Fosforend	Fósforo (P ₂ O ₅)Poli-(2-desoxi-2-aminoD-glucosa)	Al suelo	20-30 L/ha	Si
T4	Metalaxil 25 DP	Metalaxilo	Al suelo	10 g/m ²	Si
T5	Defense 80 WP	Fosetil-Al	Al follaje	300 g/100 L	Si



Los resultados obtenidos para las variables cualitativas evaluadas, índice de daño aéreo (IDa) e índice de daño en raíces (IDr) se presentan en las siguientes gráficas.



Los índices de daños tanto a nivel aéreo como radicular demuestran que los productos más efectivos para lograr un efecto curativo serían **Ridomil** y **Aliette**.

Tratamientos para el control de *Phytophthora*

La efectividad de cada producto utilizado dependerá del objetivo y momento de aplicación (preventivo o curativo).



Frente a condiciones altamente favorables para el desarrollo de pudrición al cuello y raíces, se recomienda realizar aplicaciones preventivas, siendo los productos con mayor efectividad.

¿Qué aplicar preventivamente?

- Metalaxil
- Fosforend
- Ridomil
- Aliette
- Vitánica RZ
- Trichonativa

¿Qué aplicar curativamente?

- Ridomil
- Aliette

- ✓ En caso de presentar síntomas de la enfermedad se pueden realizarse **aplicaciones curativas**.
- ✓ La utilización de estos productos son una real alternativa para enfrentar las enfermedades causadas por *Phytophthora*, sobre todo considerando que es un patógeno capaz de producir múltiples ciclos.



Uso de nuevos portainjertos

Autores: Laureano Alvarado, Rodrigo Muñoz y Ximena Besoain

Los portainjertos son responsables de la absorción, transporte de agua y nutrientes del suelo hacia la parte aérea, además de transmitir determinadas propiedades a la variedad injertada. Dentro de estas propiedades se encuentra la tolerancia y/o resistencia a enfermedades, como se muestra en la Cuadro 18.

Cuadro 18: Comportamiento de portainjertos clonales de nogal frente a las principales enfermedades

Portainjerto	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	<i>P. cinnamomi</i> <i>P. citricola</i>	<i>Meloidogyne incognita</i>
RX1	Resistencia moderada	Resistencia moderada	-
Vlach	Resistencia moderada	Susceptible	Susceptible
VX211	Resistencia moderada	Resistencia moderada	Susceptible



Portainjertos clonales

- Tal como nos muestra el cuadro anterior, entre las nuevas alternativas para el control del daño ocasionado por especies de *Phytophthora* en nogal se encuentra la utilización de portainjertos clonales seleccionados por su tolerancia y/o resistencia.
- En la década de los 80 ya se proponían a los portainjertos clonales como una importante alternativa a ser consideradas en manejos integrados para el control de la pudrición radicular provocada por *Phytophthora*. El surgimiento de Paradox significó obtener un portainjerto más vigoroso y más tolerante a algunas especies de *Phytophthora* en comparación con *J. regia*. Las características de Paradox llevaron a estudiar nuevas combinaciones híbridas. El desarrollo de estos portainjertos fue parte del Programa de Mejoramiento liderado por la Universidad de California Davis (USA), a partir del cual se obtuvieron gran parte de las selecciones clonales existentes en la actualidad.

¿A qué se debe esta tolerancia y/o resistencia en portainjertos clonales?

- La tolerancia y/o resistencia de los portainjertos clonales de nogal se basa en diversos y complejos mecanismos de defensa que son propios de estos portainjertos y específicos a cada patógeno. Conocer estos mecanismos y su forma de actuar permite discernir bajo qué condiciones de cultivo es eficiente la respuesta de los portainjertos y las consecuencias que se pueden tener en la producción y productividad en campo debido a su utilización.
- Los principales efectos generados en las plantas tras la infección de *Phytophthora* sobre las reacciones fisiológicas, bioquímicas y moleculares de plantas susceptibles se muestran en las Figuras 32, 33, 34.



Línea de investigación PUCV

Evaluar los portainjertos clonales propagados actualmente en Chile, con los aislados más virulentos de las especies de *Phytophthora* que afectan al nogal en nuestro país. A partir de estos ensayos determinar los mecanismos que presentan dichos portainjertos para presentar tolerancia y/o resistencia frente a la enfermedad.

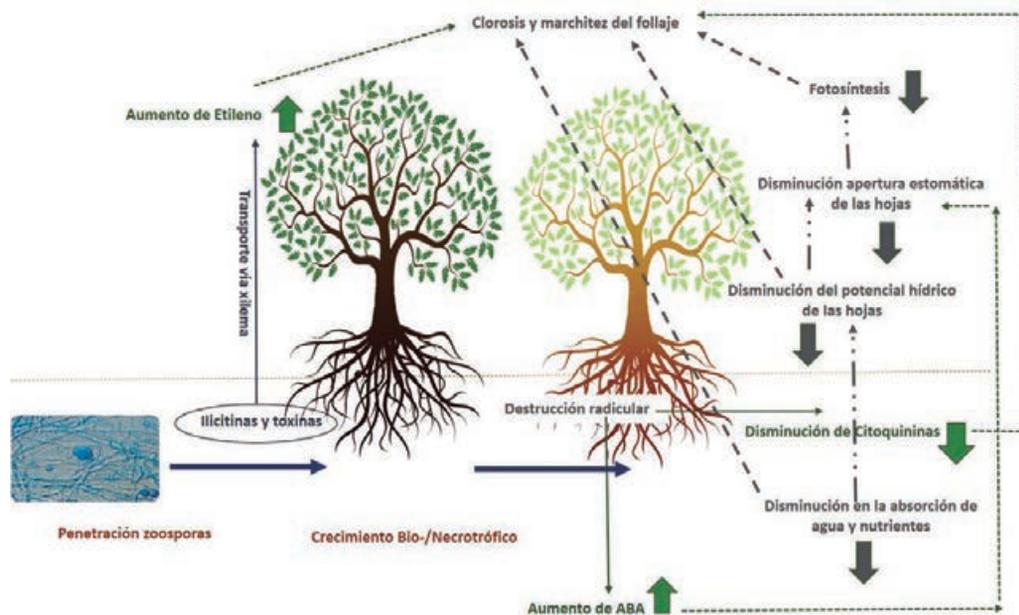


Figura 32. Principales efectos generados en las plantas tras la infección de *Phytophthora*.

Resultados de ensayos con portainjertos clonales

Ensayo 1

- **Peso fresco/seco y volumen de raíz:**
Vlach y VX211 aumentaron
- **Evolución del crecimiento: diámetro del tallo y altura de planta:**
Vlach y VX211 aumentaron
RX1 no presentó variación
J. Regia disminuyeron
- **Índices de daño en follaje:**
Vlach, VX211 y RX1 inoculados = Vlach, VX211 y RX1 no inoculados
- **Largo del cancro:**
Vlach, VX211 y RX1 inoculados = Vlach, VX211 y RX1 no inoculados



Figura 33. Daño aéreo (A) y daño radicular (B) ocasionado por la inoculación de *P. cinnamomi* y *P. citrophthora* en portainjertos Vlach (1), VX211 (2), RX1 (3) y *J. regia* (4).

Las plantas inoculadas de *J. regia*, con ambas especies de *Phytophthora*, presentaron daño radicular y aéreo considerablemente mayor que portainjertos clonales, asociado a muerte total de las plantas y 100 % de pudrición de raíces.

Resultados de ensayos con portainjertos clonales

Ensayo 2

- Tasa de crecimiento de raíces, crecimiento total y cantidad de raíces

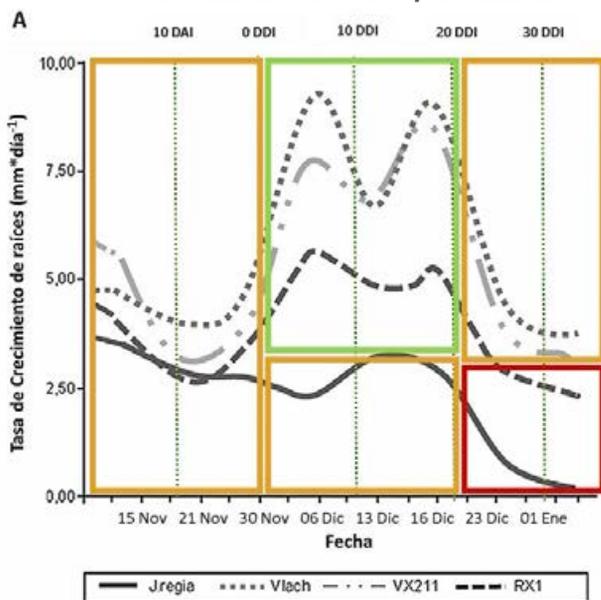
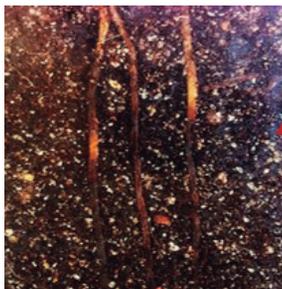


Figura 32. Tasa de crecimiento de raíces antes y después de inocular con *P. cinnamomi* (30 de noviembre).

*DAI: Días antes de inoculación; DAI: Días después de inoculación.



Después de la inoculación con *P. cinnamomi* solo *J. regia* presentó muerte de raíces, por lo que la tasa de crecimiento llegó a 0. Las raíces de *J. regia* presentan necrosis severa de raíces producto de la pudrición y muerte de las mismas.

En amarillo vemos que la tasa de crecimiento radicular de los portainjertos fue más baja 10 - 20 días antes de la inoculación. Sin embargo, después de inocular con *Phytophthora* los portainjertos clonales aumentaron la tasa de crecimiento radicular.

Los portainjertos clonales mostraron mayor tasa de crecimiento radicular y raíces sanas luego de la inoculación

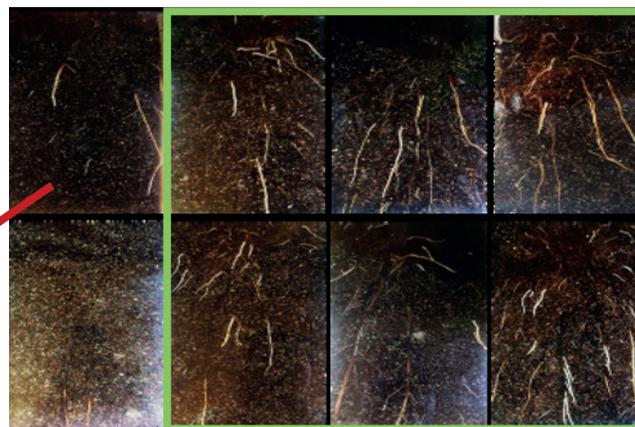
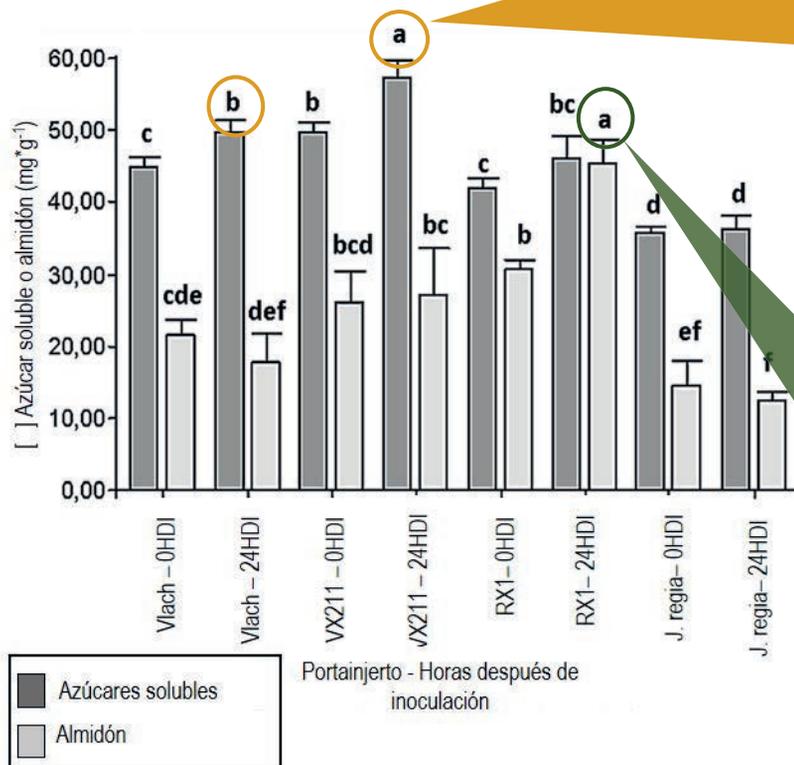


Figura 34. Crecimiento de raíces en rizotrones antes y después de la inoculación con *P. cinnamomi*.

Ensayo 3

• Redistribución de azúcares solubles y almidón



Luego de 10 días de la inoculación con *P. cinnamomi*:

- Los portainjertos **Vlach** y **VX211** muestran contenidos de **azúcares solubles mayores** a los presentados antes de la inoculación.
- El portainjerto **RX1** muestra **mayores contenidos de almidón**.
- **J. regia** presenta **igual contenido** tanto de **azúcares solubles como almidón**. Ambos contenidos **menores en comparación a los otros portainjertos**.

Mayor contenido de azúcares solubles asociado al mayor crecimiento foliar y radicular luego de la inoculación. Estos **azúcares son requeridos como fuente energética** de procesos fisiológicos en la planta. Si no se presenta aumento en el crecimiento, el almidón no es degradado en azúcares solubles y es almacenado en las raíces.

Conclusiones ensayos con portainjertos clonales

Los portainjertos clonales de nogal no presentaron daño asociado a pudrición de raíces y cuello, ocasionado por especies del género *Phytophthora*. Esto se debe a variadas y exitosas modificaciones fisiológicas que evitan este daño como el aumento en el crecimiento vegetativo y de raíces, además del aumento en la producción de azúcares solubles. A partir de esto, se demuestra que estos portainjertos presentan tolerancia y/o resistencia a *P. cinnamomi* y *P. citrophthora*. Son estos mecanismos los que permiten evitar el daño ocasionado por *Phytophthora* en los portainjertos clonales, en comparación con *J. regia*.

VLACH y VX211

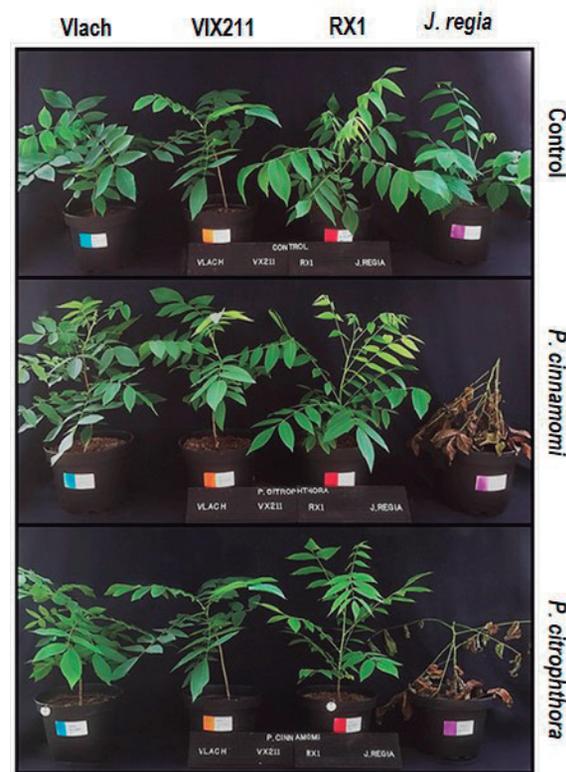
- ✓ Crecimiento vegetativo y de raíces aumenta tras la inoculación o ante plantas control.
- ✓ Plantas no presentan daño considerable o significativo tras la inoculación.
- ✓ Aumento de azúcares solubles que sustentan los crecimientos.

RX1

- ✓ Crecimiento vegetativo se mantiene.
- ✓ Alza moderada en el crecimiento de raíces inmediatamente luego de inocular.
- ✓ No se presenta daño tras la inoculación.
- ✓ Presenta aumento en contenido de almidón.

J. regia

- ✓ Crecimiento vegetativo y de raíces disminuye tras la inoculación o ante plantas control.
- ✓ Plantas presentan daños máximos tras la inoculación.
- ✓ El contenido de azúcares solubles o almidón no se ve afectado.



El uso de portainjertos clonales es un componente vital del manejo integrado de *Phytophthora*, sobre todo frente a problemas de replante o plantaciones nuevas con condiciones muy favorables para el desarrollo de este tipo de enfermedades.



LITERATURA CONSULTADA

- Agrios, G. 1986. Fitopatología. 2ª. ed. Edit. Limusa. D. F., México. 756 pp. Capítulo 5: pp. 93 – 115. Baumgartner, K., Fujiyoshi, P., Browne, G., Chuck, L., Kluepfel, D. 2013. Evaluating Paradox Walnut Rootstocks for Resistance to Armillaria Root Disease. Hortscience 48(1):68-72. 2013.
- Bousadia, O., Steppe, K., Zgallai, H., El Hadj, S.B., Braham, M., Lemeur, R., Van Labeke, M.C. 2010. Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. Scientia Horticulturae 123, 336-342.
- Browne, G.T., Leslie, C.A., Ravindra, G., Schmidt, L.G., Hackett, W., Kluepfel, D., Robinson, R., McGranahan, G. 2015. Resistance to Species of *Phytophthora* Identified among Clones of *Juglans microcarpa* x *J. regia*. Hortscience 50(8):1136-1142.
- Browne, G.T., Schmidt, L. S., Bhat, R., Leslie, C.A., Hackett, W., Beede, B., Hasey, J. 2010. Etiology and management of crown and root rots of walnut Walnut Research Reports. California Walnut Board. p. 225-236.
- Buzo, T., McKenna, J., Kaku, S., Anwar, S., McKenry, MV. 2009. VX211, A Vigorous New Walnut Hybrid Clone with Nematode Tolerance and a Useful Resistance Mechanism. J Nematol . 41 (3): 211-216.
- Erwin, D.C., Ribeiro, O.K. 1996. Chapter 15A. *Phytophthora cinnamomic* Rands (1922) var. *cinnamomic*. In Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K. (Eds). *Phytophthora* Diseases Worldwide. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Gamalier, L. 2002. El Nogal en Chile. Instituto de investigaciones agropecuarias.
- Goodman, R.C., Oliet, J.A., Pardillo, G., Jacobs, D.F. 2013. Nitrogen fertilization of Black Walnut (*Juglans nigra* L.) during plantation establishment. Morphology and production efficiency. Forest Science 59 (4).



- Gupta, K.J., Y. Brotman, S. Segu, T. Zeier, J. Zeir, S.T. Persijn, S.M. Cristescu, F.K.M. Harren, H. Bauwe, A.R. Fernie, W.M. Kaiser, L.A.J. Mur. 2012. The form of nitrogen nutrition affects resistance against *Pseudomonas syringae* pv. phaseolicola in tobacco. *Journal of Experimental Botany* (64): 553-568.
- Huber, D. M. 2002. Relationship between mineral nutrition of plants and disease incidence. In *Workshop-Relação entre nutrição de plantas e incidência de doenças*. Piracicaba, Potafos, Anais e Vídeo, vídeo (Vol. 1).
- Huber, D.D., Watson, R.D. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review Phytopathology* (12): 139-165.
- Huber, D.M., Thompson, I.A. 2007. Nitrogen and plant diseases. In Datnoff, W.H, W.H. Elmer, D.M. Huber (Eds). *Mineral nutrition and plant diseases*. APS Press, St. Paul, MN.
- Muncharaz, M. 2012. *El nogal, Técnicas de producción de fruto y madera*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Mur, L.A.J., C. Simpson, A. Kumari, A.K. Gupta, K.J. Gupta. 2016. Moving nitrogen to the center of plant defense against pathogens. *Annals of Botany* 119: 703-709.
- Oßwald, W, Fleischmann, F, Rigling, D et al., 2014. Strategies of attack and defence in woody plant-*Phytophthora* interactions. *Forest Pathology* 44, 169- 90.
- Romheld, V. 2012. Diagnosis of deficiency and toxicity of nutrients, in: Marschner, P. (Ed), *Marschner nutrition of higher plants*, Third edition. Elsevier. 299-312.
- Scarlett, K., D. Guest, R. Daniel. 2013. Elevated soil nitrogen increases the severity of dieback due to *Phytophthora cinnamomi*. *Australasian Plant Pathology*. 42: 155-162.



- Simorte, V., G. Bertoni, C. Dupraz, P. Masson. 2001. Assessment of nitrogen nutrition of walnut trees using foliar analysis and chlorophyll measurements. *Journal of Plant Nutrition* 24 (10): 1654-1660.
- Utkhede, R.S. 1984. Effects of nitrogen fertilizer and wood composts on the incidence of apple crown rot in British Columbia. *Canadian Journal of Plant Pathology* 6: 329-332.
- Utkhede, R.S., Smith, E.M. 1995. Effect of nitrogen and application method on incidence and severity *Phytophthora* crown and root rot of apples trees. *European Journal of Plant Pathology*. 101: 283-289.
- Walawage, S.L., Britton, M.T., Leslie, C.A., Uratsu, S.L., Li, Y., Dandekar, A.M. 2013. Stacking resistance to crown gall and nematodes in walnut rootstocks. *BMC Genomics*. 1; 14:668.

AGRADECIMIENTOS

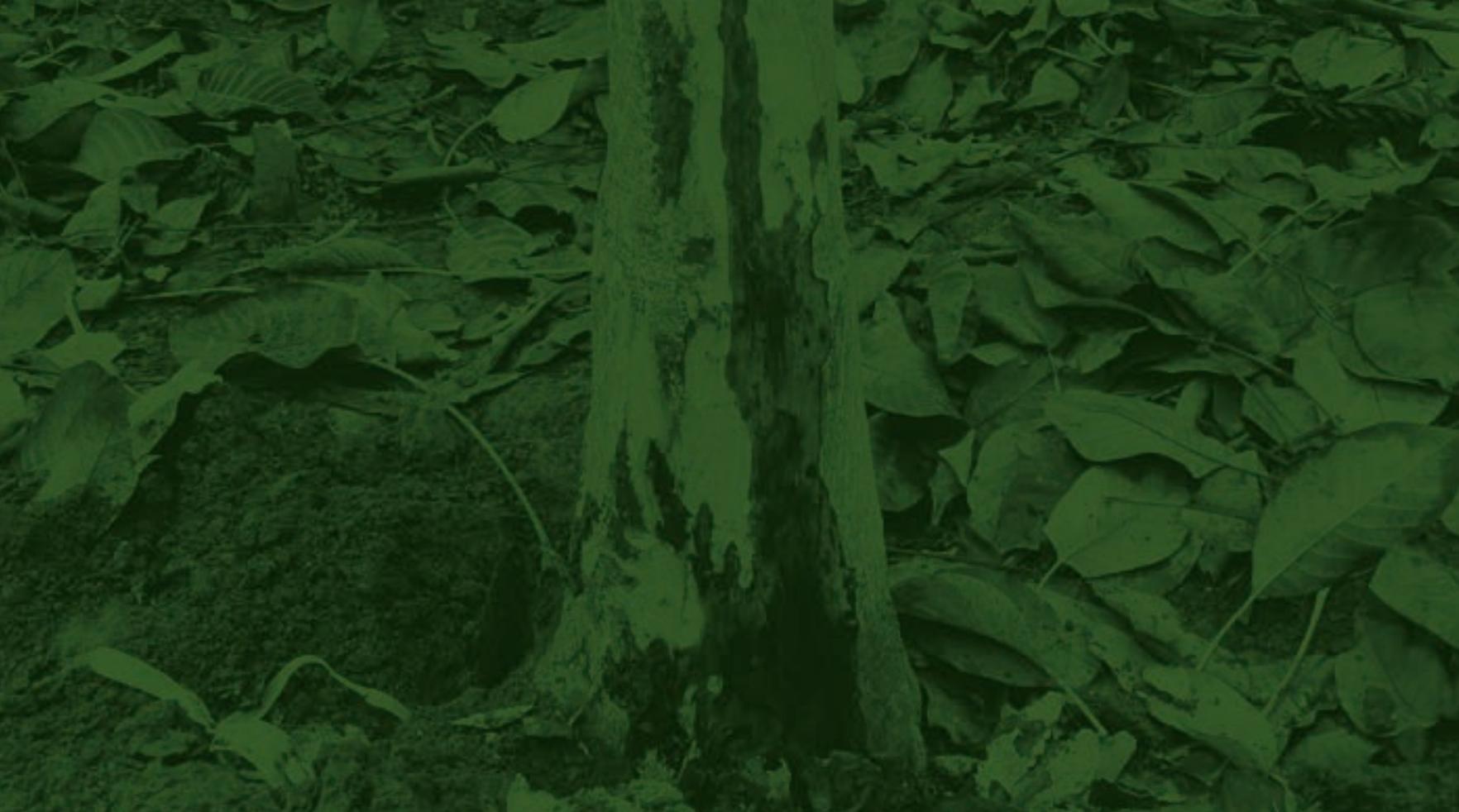
Los autores desean agradecer a la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, por el apoyo otorgado a través del financiamiento de las iniciativas: proyecto FIA PYT-2016-0065 "Manejo integrado para el control de especies de *Phytophthora* que afectan al nogal en Chile" e iniciativa FIA 2015 "Determinación de la incidencia y daño de especies de *Phytophthora* asociadas al decaimiento en árboles de nogal en la zona central de Chile". En especial, a la ejecutiva Ing. Agr. Carolina Fuentes, por todo el apoyo y análisis crítico brindado a lo largo del proyecto. A la Asociación de Productores y Exportadores de Nueces de Chile, ChileNut por el financiamiento y respaldo institucional a los dos proyectos FIA antes mencionados. En forma particular, a Jessica Millar, Directora Proyecto FIA PYT-2016-0065, por su importante gestión en el desarrollo del proyecto, y apoyo a la transferencia tecnológica. Fruto de este trabajo nace este Manual para ayudar a mejorar el cultivo del nogal en Chile.

Un especial agradecimiento a todos los productores y asesores del cultivo del nogal, quienes facilitaron sus campos y nos aportaron con su experiencia, sin este apoyo no hubiese sido posible la elaboración de este manual.

Finalmente, a la Escuela de Agronomía y Laboratorio de Fitopatología, de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, a los profesionales y profesores involucrados en las investigaciones efectuadas a través de tres tesis de magister. Gracias a este apoyo y análisis crítico han sido aceptadas 4 publicaciones científicas, las que han sido un importante soporte para la elaboración de este manual. También es importante mencionar al personal técnico del Laboratorio de Fitopatología, Iván Cortés (2015 hasta la fecha) y Marjorie Pérez (2015-2016), quienes participaron en el diagnóstico, pruebas de patogenicidad y ensayos en invernadero y campo.







90
AÑOS
1928 - 2018



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

CHILE *NUT*

AÑO 2019