



# UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE POSTGRADO

**CONTROL DE *Globodera rostochiensis* WOLLENBERG, EN PAPAS  
(*Solanum tuberosum* L.), A TRAVÉS DEL USO DE RIZOBACTERIAS  
NATIVAS**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magister en Ciencias  
Agropecuarias

**DANIEL ISAÍAS AZÓCAR PERALTA**

Director de tesis

ERWIN ORLANDO ABALLAY ESPINOZA

Profesores consejeros

Jaime R. Montealegre Andrade

José Luis Henríquez Sáez

**SANTIAGO – CHILE**

**2020**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE POSTGRADO**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magister en  
Ciencias Agropecuarias

**CONTROL DE *Globodera rostochiensis* WOLLENBERG, EN PAPAS (*Solanum  
tuberosum* L.), A TRAVÉS DEL USO DE RIZOBACTERIAS NATIVAS**

**DANIEL ISAÍAS AZÓCAR PERALTA**

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de Grado)
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>		
Erwin Orlando Aballay Espinoza Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Ph. D.		
<b>PROFESORES CONSEJEROS</b>		
Jaime R. Montealegre Andrade Ingeniero Agrónomo.		
José Luis Henríquez Sáez Ingeniero Agrónomo, MS., PhD.		

SANTIAGO – CHILE

2020

## **DEDICATORIA**

## **AGRADECIMIENTOS**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
HIPOTESIS .....	5
OBJETIVOS .....	5
MATERIALES Y METODOS .....	6
1. Lugar y fechas de estudios .....	6
2. Material vegetal y sustrato utilizado .....	6
3. Preparación del inóculo bacteriano .....	7
4. Inoculación de tubérculos y establecimiento .....	7
5. Evaluaciones .....	10
6. Diseño experimental y análisis estadístico .....	11
RESULTADOS .....	12
1. Ensayo en invernadero .....	12
2. Ensayo en campo .....	14
DISCUSIÓN .....	17
CONCLUSIONES .....	20
LITERATURA CITADA .....	21

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Análisis físico-químico del suelo utilizado en ambos ensayos.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Rizobacterias utilizadas.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos realizados en el ensayo en invernadero.....	8
<b>Cuadro 4.</b> Tratamientos realizados en el ensayo en campo.....	9
<b>Cuadro 5.</b> Efecto de las rizobacterias sobre la población de quistes de <i>Globodera rostochiensis</i> expresado como índice reproductivo (IR), en invernadero.....	12
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de las rizobacterias sobre la población de huevos de <i>Globodera rostochiensis</i> expresado como índice reproductivo (IR), en invernadero.....	13
<b>Cuadro 7.</b> Efecto de la promoción de crecimiento de las rizobacterias sobre parámetros de plantas, en invernadero.....	13
<b>Cuadro 8.</b> Efecto de las rizobacterias sobre la población de quistes de <i>Globodera rostochiensis</i> expresado como índice reproductivo (IR), en campo.....	14
<b>Cuadro 9.</b> Efecto de las rizobacterias sobre la población de huevos de <i>Globodera rostochiensis</i> expresado como índice reproductivo (IR), en campo.....	15
<b>Cuadro 10.</b> Efecto de cepas de rizobacterias sobre peso total de tubérculos, en campo....	16

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Imagen en lupa de muestra de quistes, luego de procesada por el método de embudo de Fenwick **(a)**. Imagen en lupa de quiste cortado, para liberación de huevo/juveniles **(b)**. Papas sumergidas en suspensión bacteriana, pre-siembra en macetas **(c)**.....11

## RESUMEN

El sector de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se ha intensificado por la demanda del mercado. Al propagarse por tubérculos semilla, se hace imprescindible la sanidad del material vegetal. *Globodera rostochiensis* W. es una plaga de importancia mundial, que tiene una alta resistencia y persistencia a pesar del uso de productos químicos. El uso de rizobacterias con un potencial supresivo en este ensayo, apuntan a una nueva técnica de control.

El presente estudio evaluó el efecto de la inoculación de 4 cepas de rizobacterias, *Oerskovia turbata*, *Bacillus cereus* group, *Bacillus pumilus*, *Stenotrophomonas rhizophila*, por sí solas y en mezcla de estas, sobre población de quistes, densidad de huevos y parámetros vegetativos. Se realizó un ensayo en invernadero sobre la variedad 'Desiree', testigo químico; cadusafos (Rugby® granular 10 G) y otro en campo sobre las variedades 'Atlantis' y 'Red Scarlett', testigo químico; etoprofos (Mocap® 6EC).

Los resultados no mostraron diferencias significativas en los parámetros evaluados. Posiblemente la duración del ensayo en invernadero afectó los resultados finales, ya que no se vio el efecto real de las bacterias en la siguiente generación y en el ensayo en campo la concentración efectiva de los inóculos podría seguir investigándose, sumando a la introducción de estas a un ambiente dinámico y nuevo.

**Palabras claves:** control biológico, nemátodo dorado de la papa, nemátodos fitoparásitos.

## ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L.) sector has been intensified by world market demand. It is propagated by seed tubers and is essential the sanitation of plant material. *Globodera rostochiensis* W. is an important world-wide pest, that had high resistance and persistence despite use of chemicals products. The use of rizobacteria with suppressive potential in this assay, points to a new control technique.

The present study evaluated the effect of the inoculation of 4 strains of rhizobacteria, *Oerskovia turbata*, *Bacillus cereus* group, *Bacillus pumilus*, *Stenotrophomonas rhizophila* by themselves and the mixture of these, over the cyst population, egg density and vegetative parameters. A greenhouse assay was carried on cultivar 'Desiree', cadusafos (Rugby® granular 10 G) chemical control and another field assay on cultivars 'Atlantis' and 'Red Scarlett', etoprofos (Mocap® 6EC) chemical control.

The results did not show significant differences in the evaluated parameters. Likely the greenhouse assay duration affected the final results, because the actual effect of bacteria was not shown in the next generation and in the field assay the effective concentration of inoculum could be further investigated, added to the introduction of these to a dynamic and new environment.

**Keywords:** biological control, potato cyst nematode, plant-parasitic nematodes.

## INTRODUCCIÓN

La papa es un cultivo de hábito herbáceo y su ciclo dura entre 90 y 140 días (Kramm, 2017) y en Chile ocupa el tercer lugar en cuanto a rendimiento de cultivos anuales y el 5,9% del total de superficie de este mismo grupo con 41 mil hectáreas aproximadamente (INE, 2018). Es uno de los sectores con mayor número de agricultores, sumando alrededor de 60 mil, de los cuales la mayoría son pequeños agricultores (INE, 2018). Este tubérculo es uno de los productos más importantes de consumo directo a nivel mundial (Arcos y Zúñiga; 2016; Istifadah et al., 2018). Considerando estos antecedentes es relevante resguardar la sanidad del cultivo, mediante manejos de plagas adecuados, ya que por su alta heterocigocidad este se propaga vegetativamente, mediante papas semillas, por lo que tener material de siembra de calidad va de la mano con el control de cualquier tipo de plaga en cultivos como este (Contreras-Liza et al., 2017).

*Globodera pallida* Stone y *Globodera rostochiensis* Woll son plagas cuarentenarias en el cultivo de papa (Méndez e Inostroza, 2009), siendo este último nemátodo el más importante en la producción de papa a nivel nacional y mundial (Bélair et al., 2016).

*Globodera rostochiensis*, conocido como el nemátodo dorado de la papa, tuvo su primer hallazgo en nuestro país en el año 1973 (Valenzuela et al., 1979), pero mundialmente hay datos que indican la búsqueda de variedades resistentes para este patógeno hacia los años 50' (Jansen et al., 1991). El diagnóstico de esta plaga es complejo, ya que el signo se encuentra bajo el suelo y la hembra solo se hace visible al momento de floración de la papa, momento en el que expone su cuerpo fuera de la raíz (Zachmann, 1986). La sintomatología es poco característica, provocando una leve amarillez, escaso crecimiento acompañado de un menor vigor, atrofia, proliferación de raíces laterales y senescencia anticipada (Cronin et al., 1997; Méndez e Inostroza, 2009; Magunacelaya y Dagnino, 1999). Esto se traduce en una reducción de la área foliar y de la intercepción de luz, acompañado de problemas con la absorción de agua por el daño directo provocado en las raíces (Moxnes y Hausken, 2007).

El control químico de nemátodos fitoparásitos se basa en fumigantes del suelo, pero muchos de estos han salido del mercado por su efecto perjudicial en los humanos (Cronin et al., 1997; Robles et al., 2003; Dong y Zhang, 2006; Tian et al., 2007; Jara y Elizondo, 2011). Actualmente el control de *G. rostochiensis*, es principalmente mediante el uso de productos químicos, tales como los organofosforados (Badii y Varela, 2008; Piedra, 2008). A pesar de los efectos de productos como estos, la erradicación se hace complicada en este tipo de nemátodos, porque tienen una alta resistencia y persistencia en el suelo, debido a su capacidad de formar quistes (estructura de resistencia), pudiendo quedar latentes durante varios años (Cronin et al., 1997; Valenzuela et al., 1979, Méndez e Inostroza, 2009; Istifadah et al., 2018). Los huevos al interior de los quistes de una misma generación no eclosionan en la misma temporada, a modo de conservación de la especie, asegurando una posible infestación en temporadas futuras (Franco y González-Verástegui, 2011; Marks y Brodie, 1998). A.

El sector papero cada vez se ha especializado e intensificado por la demanda del mercado, lo que se ha traducido en un aumento en las poblaciones y en la dispersión de *G. rostochiensis* (Cronin et al., 1997a). Considerando que la rotación de cultivos y la disposición de cultivos trampa, son efectivas en el control de esta plaga, pero poco utilizadas (Cronin, 1997b; Bélair et al., 2016), muchos autores han ido en búsqueda de alternativas en los controladores biológicos, ya que se ha demostrado que el potencial inhibitorio de parte de las rizobacterias contra este nemátodo es efectivo (Tian et al., 2007).

*Globodera rostochiensis* se encuentra en un ambiente complejo en el suelo, el cual es afectado por agentes bióticos y abióticos, los cuales actúan directamente en su comportamiento (Westphal, 2005). Dentro de los agentes bióticos que lo afectan se encuentran hongos y bacterias que están estrechamente relacionados con la zona rizosférica (Arcos y Zúñiga, 2016). Los hongos han sido ampliamente considerados y estudiados como agentes controladores, pero su baja capacidad de competir con la microbiota residente, hace de las bacterias un agente indispensable en el estudio del control de nemátodos fitoparásitos (Cronin et al., 1997a y 1997b).

Existen reportes del potencial y efectividad de las rizobacterias como controladores de nemátodos, siendo los grupos más estudiados por su actividad, *Pseudomonas spp* y *Bacillus spp*. (Tian, 2007). Ejemplos de otros géneros con esta cualidad son; *Agrobacterium*, *Enterobacter*, *Kocuria*, *Microbacterium*, *Rhizobium*, entre muchos otros (Dong y Zhang, 2006; Andreoglou et al., 2003; Kerry, 2000).

Las rizobacterias son los organismos más abundantes en la zona influenciada por las raíces (Dong y Zhang, 2006; Castro-Sowinski et al., 2007; Tian et al., 2007). Estas tienen una acción directa en el control de plagas, mediante la secreción de reguladores del crecimiento que aumentan el crecimiento radical y aéreo, traducido en un aumento en el rendimiento (Vida et al., 2017) y una acción indirecta que involucra aspectos de control de plagas, mediante la secreción de metabolitos con efecto nematicida como sideróforos, antibióticos, exoenzimas líticas, entre otros compuestos (Hernández-Rodríguez et al., 2006; Castro-Sowinski et al., 2007; Tian et al., 2007; Arcos y Zúñiga, 2016; Contreras-Liza et al., 2017).

Las rizobacterias se han aislado desde suelos supresivos, siendo estos una herramienta interesante en la agricultura, ya que se utilizan regularmente para el estudio del control biológico (Westphal, 2005). Los suelos supresivos corresponden a suelos que no permiten o reducen notoriamente el desarrollo de algún patógeno en particular. Es un fenómeno natural en el cual puede estar presente el patógeno, el hospedero susceptible y las condiciones ambientales favorables, pero aun así la incidencia o severidad del ataque es baja en estos suelos (Robles et al., 2003).

Este tipo de control natural de plaga la mayoría de las veces es alterado por procedimientos tales como la esterilización de suelos en la agricultura convencional intensiva, siendo uno de los factores más importantes la pérdida de materia orgánica (Westphal, 2005) provocando una pérdida en la fauna microbiana (Robles et al., 2003), lo cual se traduce en una disminución en la acción de bacterias y hongos que favorecen la supresión, puesto que todo suelo tiene un potencial antipatógeno o supresivo general (Westphal, 2005).

El escaso control de *G. rostochiensis* por parte de productos químicos, la constante demanda hacia la reducción de estos y el cuidado del medio ambiente (Piedra, 2008), hace que el estudio y búsqueda de alternativas biológicas en las rizobacterias tome un rol importante e interesante. Sumado a la promoción del aumento en la salud de nuestros suelos, por parte de los agricultores, tomando en cuenta que los procedimientos llevados a cabo en la agricultura convencional provocan vacíos biológicos (Robles et al., 2003), los cuales no aportan positivamente en el desarrollo de estas nuevas herramientas.

## HIPOTESIS

Existen cepas de rizobacterias nativas que pueden disminuir la población y controlar al nemátodo *Globodera rostochiensis* en el cultivo de papa.

## OBJETIVOS

### 1. Objetivo general

Determinar el efecto del uso de cuatro cepas de rizobacterias nativas, aplicadas por sí solas y en mezcla, en invernadero y en campo, en el control *Globodera rostochiensis* en el cultivo de papas.

### 2. Objetivos específicos

- 2.1. Determinar el efecto de las cepas en evaluación sobre la población de nemátodos.
- 2.2. Determinar el efecto de las cepas en evaluación sobre la densidad de huevos producidos por quistes.
- 2.3. Determinar la influencia de las cepas en evaluación en la producción de masa aérea y de raíces del cultivo de papas.
- 2.4. Determinar el efecto de las cepas en evaluación sobre el rendimiento total de papas.

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Lugar y fechas de los Estudios

Para el desarrollo de la investigación, se realizaron dos estudios, uno en macetas bajo condiciones controladas en invernadero y otro en campo, dentro de una siembra comercial.

El ensayo en invernadero fue realizado en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Comuna de La Pintana, Región Metropolitana, Chile (localización geográfica 33°34' latitud Sur, 70°38' longitud Oeste). Este montaje se realizó el 06 de octubre de 2017 y se extendió hasta el 12 de febrero de 2018

El ensayo de campo se realizó en el Fundo Vista Bella, Localidad de Algarrobito, Región de Coquimbo, Chile (localización geográfica 29°56' latitud Sur, 71°09' longitud Oeste). Este montaje se realizó el 09 de mayo de 2018 y se extendió hasta el 26 de septiembre de 2018.

### 2. Material Vegetal y sustrato utilizado

Se utilizó tubérculos de papa semilla certificada por el SAG, de la variedad Desireé, Atlantis y Red Scarlet, los cuales se obtuvieron en "Semillas S.Z. Sociedad Anónima", ubicado en la Región de Los Lagos, Chile.

Para el ensayo en invernadero el suelo utilizado como sustrato fue obtenido desde el fundo Vista Bella.

En el Cuadro 1 se muestra el análisis Físico-Químico realizado al suelo utilizado en ambos ensayos.

**Cuadro 1.** Análisis físico-químico del suelo utilizado en ambos ensayos

		<b>Valor</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Fertilidad</b>			
pH		6,7	Neutro
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	2,1	Lev. Salino
Materia orgánica	%	2,6	Medio
Nitrógeno disponible	mg Kg <sup>-1</sup>	45	Adecuado
Fosforo disponible	mg Kg <sup>-1</sup>	82	Alto
Potasio disponible	mg Kg <sup>-1</sup>	695	Adecuado
<b>Textura</b>			
Arena	%	27	
Arcilla	%	32	

Limo	%	41	
<b>Clase textural</b>			<b>Arcillosa</b>

### 3. Preparación del inoculo bacteriano

Las cuatro cepas de rizobacterias (Cuadro 4), se obtuvieron de la colección del Laboratorio de Nematología de la Universidad de Chile. Estas fueron aisladas previamente de raíces de vides plantadas en Graneros en la Región de O'Higgins, Chile y conservadas a  $-20^{\circ}\text{C}$  en glicerol.

Su multiplicación se realizó en el medio Tryptic Soy Broth (TSB) por 24-48 horas, para verificar pureza. Luego fueron incubadas en un agitador a 160 rpm por 12 horas en un medio líquido TSB a temperatura ambiente, el cual se ajustó a una concentración de  $1 \times 10^6$  Unidades Formadoras de Colonias (UFC)  $\text{mL}^{-1}$ . Procedimiento utilizado para aplicaciones de bacterias sin formular.

Los tubérculos semilla fue sumergido en la suspensión de rizobacterias previamente descrita, en el momento de la "siembra" (Aballay et al., 2013).

#### Cuadro 2. Rizobacterias utilizadas

Cepa	Especie
FIAPf55	<i>Oerskovia turbata</i>
49	<i>Bacillus cereus</i> group
1105	<i>Bacillus pumilus</i>
166	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>

### 4. Inoculación de tubérculos y establecimiento

#### i. Ensayo en invernadero

Los tubérculos de papa semilla antes de ir al suelo, dispuesto en cada una de las macetas, fueron sumergidos en la suspensión bacteriana con una concentración de  $1 \times 10^6$  UFC, por 15 minutos. Los tuberculos fueron plantados en macetas de 5 L con suelo naturalmente infestado con *Globodera rostochiensis* (nivel intermedio; entre 5 y 15 quistes). Luego de sembrados, cada maceta fue regada con 500 mL de la misma suspensión bacteriana.

Durante los 4 meses y 6 días del ensayo, las plantas se mantuvieron con un riego de 3 veces por semana, sujeto a modificaciones dependiendo de las necesidades hídricas del cultivo, con un riego regular de 150-200 mL de agua los días lunes, miércoles y viernes. No se realizó fertilización alguna en este ensayo.

Se realizaron 7 tratamientos (Cuadro 2), con 5 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental correspondió a una maceta con una papa semilla.

Dentro de los tratamientos se incluyó dos tratamientos testigos, uno químico correspondiente al el nematicida cadusafos (Rugby® granular 10 G) a una dosis de 30 Kg ha<sup>-1</sup> y un testigo absoluto, con suelo naturalmente infestado con ningún tipo de intervención para efectos del ensayo.

**Cuadro 3.** Tratamientos realizados en el ensayo en invernadero

1	<i>Oerskovia turbata</i>
2	<i>Bacillus cereus</i> group
3	<i>Bacillus pumilus</i>
4	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>
5	Mezcla de rizobacterias
6	Testigo Químico, Rugby granular 30 Kg ha <sup>-1</sup>
7	Testigo absoluto, Solo agua

## ii. Ensayo en campo

Los tubérculos de papa semilla en el campo, fueron sumergidos en la suspensión bacteriana, dependiendo del tratamiento, por 30 minutos y luego fueron sembrados.

Durante los 4 meses con 17 días del ensayo, los cuidados de las plantas fueron responsabilidad del productor del fundo Vista Bella, ya que el ensayo se situó en un sector productivo en uso, con un nivel de infestación medio (5-15 quistes)

En las hileras del ensayo no se aplicaron productos químicos de ningún tipo, solo al tratamiento que lo requería, en el cual se aplicó etoprofos (Mocap® 6EC ) (200 ppm), mediante riego por cinta, lo cual evita la contaminación de los demás tratamientos. Los manejos agronómicos fueron puestos a disposición a los típicos manejos del campo comercial utilizado.

Para este ensayo se utilizaron tubérculos de papa semilla de la variedad Atlantis y Red Scarlett (Atlantis es indicada como una variedad sensible, en tanto se señala a Red Scarlett como resistente a *G. rostochiensis*). Cada tratamiento tuvo 6 repeticiones, con un total de aproximadamente 25 tubérculos por unidad experimental y esta correspondió a 4 metros lineales en las hileras.

Se utilizaron 10 hileras para distribuir el ensayo, partiendo por la hilera n° 6 paralela al borde del camino. En las hileras n° 6 y n° 8 se distribuyó el tratamiento químico, ya que la aplicación de este fue realizada por el propietario del lugar. Se comenzó la distribución de los demás tratamientos en la hilera n° 11 y se continuó con las demás con una separación de una hilera entre las utilizadas para el ensayo (n° 11, n° 13, n° 15...), terminando en la hilera n° 25. Al comienzo de cada una de estas se dejaron 4 metros libres y la separación entre las repeticiones fue de 8 metros.

Dentro de los tratamientos se realizaron 3 testigos, uno químico al cual se le aplicó el producto Mocap® 6EC (200 ppm), y 2 testigos absolutos, uno de la variedad Atlantis y el otro Red Scarlett. El uso de estos dos cultivares fue para hacer un contraste de la respuesta de estos, respecto a tratamientos iguales.

Para la inoculación de los tubérculos, estos fueron sumergidos en baldes con la suspensión rizobacteriana, en una concentración de  $1 \times 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup>, por 30 minutos, luego de eso fueron sembrados y aporcados manualmente.

**Cuadro 4.** Tratamientos realizados en el ensayo en campo

---

1	Atlantis + <i>Oerskovia turbata</i>
2	Atlantis + <i>Bacillus cereus</i> group
3	Atlantis + <i>Bacillus pumilus</i>
4	Atlantis + <i>Stenotrophomonas rhizophila</i>
5	Atlantis + Mezcla de rizobacterias
6	Atlantis testigo químico Mocap (200 ppm)
7	Atlantis testigo absoluto, solo agua
8	Red Scarlet solo agua
9	Red Scarlet + Mezcla de rizobacterias

---

## 5. Evaluaciones

Luego de terminados los ensayos, se procedió a evaluar los distintos parámetros de interés dependiendo del ensayo, los cuales se detallan a continuación:

### i. Densidad de población de Quistes

Evaluación realizada a partir de una muestra de 250 cm<sup>3</sup> de suelo, por repetición, que previamente se sometió a un secado en invernadero; luego de estar seco se procesó mediante el método de Fenwick (Hooper et al., 2005). Las muestras, contenidas en el papel filtro, se revisaron en lupa para el conteo (Figura 1).

Una vez obtenida la población inicial y final de quistes en cada tratamiento se obtuvo un índice reproductivo (IR) (Franco y González-Verástegui, 2011) de la siguiente forma:

$$IR = \frac{\text{Población final de quistes viables en el suelo}}{\text{Población inicial de quistes viables en el suelo}}$$

Al obtener los índices reproductivos, se calculó el % de control que se produjo en los distintos tratamientos, para los dos ensayos, de la siguiente manera:

$$\%CONTROL = \left(1 - \frac{IR \text{ tratamiento}}{IR \text{ testigo}}\right) * 100$$

### ii. Número de huevos/juveniles por quiste (invernadero y campo)

De cada muestra obtenida anteriormente por repetición, se procedió a extraer 3 quistes para el conteo de los huevos/juveniles que contenían.

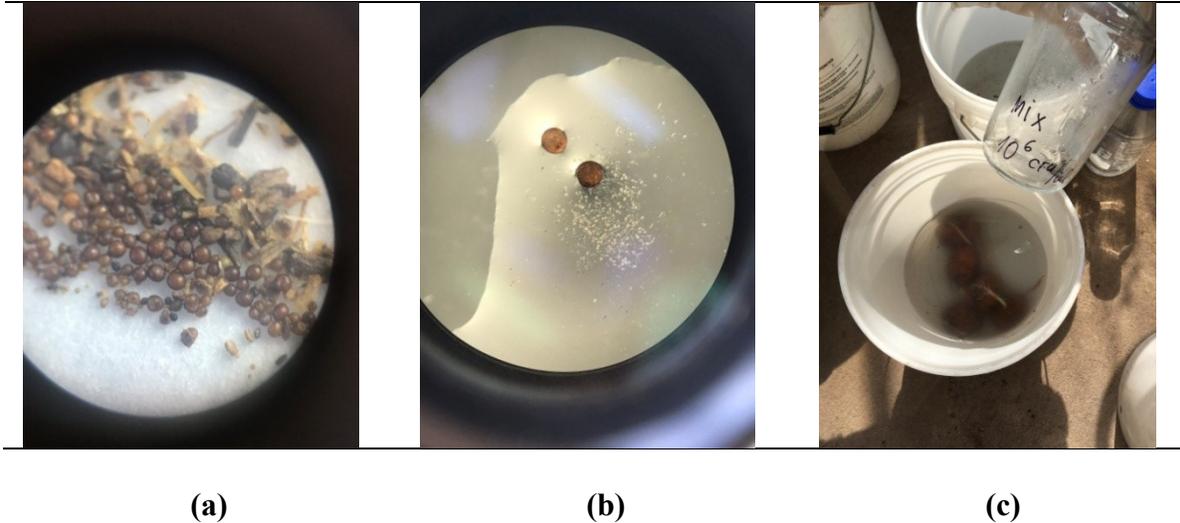
Los quistes obtenidos se remojaron en agua por 5 minutos, para luego cortarlos sobre una placa con una película de agua (Figura 1), para que los huevos y juveniles pudiesen esparcirse, la cual se llevó a lupa y se contaron los huevos y juveniles viables. Del conteo de los tres quistes se obtuvo un promedio el cual se utilizó para los análisis finales.

### iii. Peso fresco aéreo y de raíces (invernadero)

El peso fresco aéreo, de cada repetición, se obtuvo mediante el corte a ras de las plantas, que luego se pesó en una balanza digital.

El peso fresco de raíces, de cada repetición, se obtuvo mediante la separación de la raíz del sustrato, manualmente, en un recipiente lo suficientemente grande para contener todo el suelo de una maceta

El material se colectó en una bolsa plástica, luego se lavó las raíces con abundante agua para eliminar el suelo restante en la raíz. Luego de secada las muestras con papel absorbente se pesaron en balanza digital.



**Figura 1:** Imagen en lupa de muestra de quistes, luego de procesada por el método de embudo de Fenwick **(a)**. Imagen en lupa de quiste cortado, para liberación de huevo/juveniles **(b)**. Papas sumergidas en suspensión bacteriana, pre-siembra en macetas **(c)**.

## 6. Diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo a un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). Se utilizó el programa Infostat para comprobar el cumplimiento de los 3 supuestos básicos para realizar un análisis, fue necesario utilizar la función  $Lg(x+1)$  en los datos para cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza en algunos casos).

Los análisis estadísticos constaron de una prueba de contraste Dunnet ( $p < 0,05$ ) para analizar diferencias entre los tratamientos y el testigo absoluto, los cuales fueron realizados con el programa MINITAB 19.

## RESULTADOS

1. **Ensayo en invernadero:** efectividad del uso de cuatro cepas de rizobacterias nativas del suelo, por si solas y en mezcla, en distintos tratamientos, en el control del nemátodo *Globodera rostochiensis*

**Cuadro 5.** Efecto de las rizobacterias sobre la población de quistes de *Globodera rostochiensis* expresado como índice reproductivo (IR), en invernadero.

Tratamiento	Población inicial (N° quistes/250 cm <sup>3</sup> de suelo)	Población final (N° quistes/250 cm <sup>3</sup> de suelo)	IR quistes	% Control
<i>Oerskovia turbata</i>	14,6	7,0	0,479	0
<i>Bacillus cereus</i>	12,6	5,4	0,428	0
<i>Bacillus pumilus</i>	13,4	11,4	0,851	0
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	15,0	8,2	0,547	0
Mezcla de rizobacterias	13,2	7,6	0,576	0
Testigo químico	18,4	6,0	0,326	18,5
Testigo absoluto	19,6	6,4	0,327	-

Los valores indicados corresponden al promedio de 5 repeticiones por tratamiento. Resultados según test de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ).

En el cuadro 6, *Oerskovia turbata* y *Stenotrophomonas rhizophila* tuvieron diferencias significativas con el testigo absoluto, siendo el IR de la población de huevos, en estos dos tratamientos, mayor que la del testigo absoluto. Esto demuestra que en dichos tratamientos la población final de huevos fue mayor a lo esperado.

**Cuadro 6.** Efecto de las rizobacterias sobre la población de huevos de *Globodera rostochiensis* expresado como índice reproductivo (IR), en invernadero.

<b>Tratamiento</b>	<b>Población inicial (huevos/quiste)</b>	<b>Población final (huevos/quiste)</b>	<b>IR huevos</b>	<b>% Control</b>
<i>Oerskovia turbata</i>	505,6	223,1	0,441*	0
<i>Bacillus cereus</i>	540	96,4	0,179	0
<i>Bacillus pumilus</i>	472,5	128,4	0,272	0
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	412,8	177,7	0,430*	0
Mezcla de rizobacterias	633,5	147,2	0,232	0
Testigo químico	672,4	155,6	0,231	0
Testigo absoluto	584,3	49,9	0,085	-

Los valores indicados corresponden al promedio de 5 repeticiones por tratamiento. Aquellos valores etiquetados con asteriscos (\*), son significativamente diferentes del testigo, según test de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro 7.** Efecto de la promoción de crecimiento de las rizobacterias sobre parámetros de plantas, en invernadero.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso aéreo (g/planta)</b>	<b>Peso raíz (g/planta)</b>
<i>Oerskovia turbata</i>	79,10	5,04
<i>Bacillus cereus</i>	85,90	4,20
<i>Bacillus pumilus</i>	72,90	4,20
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	62,40	2,23
Mezcla de rizobacterias	81,00	4,19

Testigo químico	80,50	5,28
Testigo absoluto	101,76	4,49

Los indicadores corresponden al promedio de 5 repeticiones por tratamiento. Resultados según test de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ).

- 2. Ensayo en campo:** efectividad del uso de cuatro cepas de rizobacterias nativas del suelo, por si solas y en mezcla, en distintos tratamientos, en el control del nemátodo *Globodera rostochiensis*.

En el cuadro 8, *Bacillus cereus* y en cuadro 9, *Bacillus pumilus* tuvieron diferencias significativas, siendo el IR de la población de quistes y de huevos, en los casos respectivos, mayor a la del testigo absoluto. Demostrando que en estos tratamientos las poblaciones finales aumento al contrario de lo esperado.

**Cuadro 8.** Efecto de las rizobacterias sobre la población de quistes de *Globodera rostochiensis* expresado como índice reproductivo (IR), en campo.

Tratamiento	Población inicial (N° quistes/250 cm <sup>3</sup> de suelo)	Población final (N° quistes/250 cm <sup>3</sup> de suelo)	IR quistes	% Control
<i>Oerskovia turbata</i>	15,00	181,67	12,111	0
<i>Bacillus cereus</i>	8,17	250,33	30,64*	0
<i>Bacillus pumilus</i>	14,33	307,17	21,435	0
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	21,50	273,33	12,713	0
Mezcla de rizobacterias	10,17	228,67	22,485	0
Testigo químico, Mocap	17,33	206,00	11,887	0
Testigo absoluto, solo agua	22,67	197,17	8,697	-

Testigo Red Scarlet	19,33	188,50	9,762	0
Mezcla de rizobacterias en var. Red Scarlet	16,33	194,83	11,931	0

Los valores indicados corresponden al promedio de 6 repeticiones por tratamiento. Aquellos valores etiquetados con asteriscos (\*), son significativamente diferentes del testigo, según test de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro 9.** Efecto de las rizobacterias sobre la población de huevos de *Globodera rostochiensis* expresado como índice reproductivo (IR), en campo.

Tratamiento	Población inicial (huevos/quiste)	Población final (huevos/quiste)	IR huevos	% Control
<i>Oerskovia turbata</i>	485,4	710,39	1,46	0
<i>Bacillus cereus</i>	489,61	742,5	1,52	0
<i>Bacillus pumilus</i>	474,72	891,72	1,88*	0
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	549,56	800,22	1,46	0
Mezcla de rizobacterias	524,83	670,78	1,28	0
Testigo químico	559,11	870,5	1,56	0
Testigo absoluto, solo agua	621,5	716,17	1,15	-
Testigo Red Scarlet	636,44	688,61	1,08	3,42
Mezcla de rizobacterias en var. Red Scarlet	559,67	786,89	1,41	0

Los valores indicados corresponden al promedio de 6 repeticiones por tratamiento. Aquellos valores etiquetados con asteriscos (\*), son significativamente diferentes del testigo, según test de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ).

En el cuadro 10 se muestran diferencias significativas con los tratamientos de la variedad Red Scarlet, esta variedad es indicada como resistente y obtuvo menor peso total de tubérculos que en los tratamientos de la variedad Atlantis, lo cual podría indicar la alta adaptabilidad de este nemátodo a genes de resistencia.

**Cuadro 10.** Efecto de cepas de rizobacterias sobre peso total de tubérculos, en campo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso total tubérculos (Kg/parcela)</b>
<i>Oerskovia turbata</i>	8,91
<i>Bacillus cereus</i>	9,07
<i>Bacillus pumilus</i>	8,34
<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	9,20
Mezcla de rizobacterias	8,71
Testigo químico	9,24
Testigo absoluto	9,22
Testigo Red Scarlet	7,21*
Mezcla de rizobacterias en var. Red Scarlet	6,76*

Los valores indicados corresponden al promedio de 6 repeticiones por tratamiento. Aquellos valores etiquetados con asteriscos (\*), son significativamente diferentes del testigo, según test de Dunnet ( $P \leq$

## DISCUSIÓN

La existencia de estudios que dan a conocer los beneficios y efectividad de las rizobacterias como controladores biológicos es amplia (Kerry, 2000; Tian and Zhang, 2007; Bird et al., 2003; Molina-Romero et al., 2015; Goswami et al., 2016). Los mecanismos de acción de estas se clasifican en dos grupos, y se conocen como; acción directa, vinculada a la secreción de reguladores de crecimiento y acción indirecta, vinculada a aspectos de control de plagas (Vida et al., 2017; Contreras-Liza et al., 2017). El correcto funcionamiento de estos mecanismos, puede verse alterado por factores externos estresantes, tanto bióticos como abióticos (salinidad, ppm de boro, pH, competencia) (Ibekwe et al., 2010), disminuyéndose así la efectividad de las bacterias, tanto en la promoción del crecimiento de las plantas como en el control de patógenos indeseados.

La salinidad es un factor importante en los análisis para establecer buenas condiciones para los cultivos (Sánchez y Bonilla, 2014), y esta va en aumento debido al riego y el uso histórico de productos químicos (Ibekwe et al., 2010). La salinidad del suelo no solo afecta al cultivo, sino a todo individuo que interacciona en el lugar en cuestión, como son las bacterias benéficas de interés en este ensayo.

La conductividad eléctrica en el suelo utilizado, en ambos ensayos, mostraba una salinidad leve, la cual no afecta ampliamente al desarrollo del cultivo de la papa, pero según estudios esa clasificación es diferente para las bacterias y podría conllevar un cambio en el comportamiento, desempeño y desarrollo de estas (Matsuguchi y Sakai, 1994). Esto quiere decir que dichas bacterias, en vez de destinar toda su energía en asociarse al cultivo, tienen un desgaste energético en otros procesos y esto podría ser un factor limitante de colonización (Ibekwe et al., 2010; Matsuguchi y Sakai, 1994), esto puede ser el porqué no se vieron resultados significativos en ambos ensayos en los tratamientos con bacterias. Se sugiere que el ambiente en el cual se desarrollaron los microorganismos fue influyente, negativamente, en la migración, colonización y en la actividad de biocontrol, ya que es sabido que bajo condiciones salinas se perciben cambios cualitativos en las poblaciones de microorganismos, en cuanto a la asociación con el cultivo (Matsuguchi y Sakai, 1994), sobre todo en la zona rizosférica, lugar de absorción de agua por parte de la planta, sitio en el cual la salinidad sería mayor por esta misma razón (Ibekwe et al., 2010).

Respecto al control de juveniles de estadio 2 (J2) en invernadero, existe la posibilidad de que estos hayan sido afectados por las rizobacterias, pero no se pudo ver dicha influencia ya que el ensayo se terminó y analizó cuando aún, en las raíces, no había presencia de los quistes de la nueva generación. Esto quiere decir que se analizaron los mismos quistes del momento del inicio, sustentado en que existe un porcentaje de quistes que no eclosionan en una misma temporada, quedando disponibles para los análisis del tiempo 2 (T2), esto quiere decir que para T2 la presencia de nuevos individuos era nula por la falta de tiempo de desarrollo, y es por esto que se sugiere un mayor tiempo de ensayo en invernadero. Un ensayo llevado a cabo en el laboratorio de Nematología de la Universidad de Chile, con el fin de probar rizobacterias, de igual forma, contra *G. rostochiensis* tuvo tratamientos con diferencias significativas, pero el ensayo duró un mes más respecto a este ensayo (Flores, 2016).

En cuanto al tratamiento químico en invernadero, existe la posibilidad de que Rugby granular no haya tenido éxito simplemente por la resistencia que presenta este nemátodo a productos químicos por su alta resistencia en forma de quiste, que también puede ser el caso del porqué no hubo diferencias en el ensayo en campo en este mismo tratamiento (Moxnes and Hausken, 2007).

Las bacterias utilizadas en este ensayo fueron obtenidas de un suelo distinto al cual fueron introducidas, eso conlleva un establecimiento y colonización más complejo, ya que la dinámica del suelo es completamente distinta en sectores alejados y sin formular se hace aún más complejo (Órdenes, 2012). Existen casos en los cuales algunas bacterias necesitan de interacciones con otros microorganismos para ser efectivas como controladoras biológicas (Arcos y Zuñiga, 2016; Cronin et al., 1997a) y siendo bacterias de la zona Sur, llevadas a la zona Norte puede que el establecimiento no haya sido el adecuado o haya sido muy bajo, niveles en los cuales no actúan efectivamente como controladoras biológicas.

La concentración de la suspensión utilizada en ambos ensayos fue de  $10^6$  UFC/mL, concentración en la cual, en trabajos *in vitro*, comienza una leve inhibición de la eclosión de los huevos. Se menciona que entre  $10^2$  y  $10^6$  UFC/mL, *in vitro* para *Globodera*, no existe efecto significativo en el detrimento de la viabilidad de los quistes. Una densidad de  $10^6$  UFC o mayor se necesitaría para inhibir la eclosión (Cronin et al., 1997a). Estos datos fueron descritos *in vitro*, por lo cual se podría postular una nueva concentración para ensayos en campo, ya que los ensayos *in vitro* son mucho más sensibles, al estar controlados y tener menos pérdidas, por agentes externos, de inóculo bacteriano.

Ensayos con inóculos de  $10^8$  UFC/mL en macetas, tuvieron resultados prometedores para *Pantoea deleyi*, *Enterobacter amnigenus* y *Serratia liquefaciens* (Sánchez y Bonilla, 2014) y con inóculos de  $10^7$  UFC/mL en *Bacillus cereus* (Istifadah, 2018), bacteria utilizada en este ensayo. Esto a pesar de que se han realizado ensayos con concentraciones de  $10^6$  UFC, para el control de *Meloidogyne ethiopica* y *Xiphinema index* en vides, y *Globodera rostochiensis* en papa, en los cuales se obtuvo diferencias significativas para tratamientos con rizobacterias utilizadas en este ensayo, tales como *Bacillus pumilus*, *Stenotrophomonas sp.* y *Oeskorvia turbata* (Aballay et al., 2012; Aballay et al., 2013; Flores, 2016).

El estudio y uso de bioantagonistas ha ido en aumento por el creciente interés en la efectividad de estos. Sumado a que los productos químicos, poco a poco van saliendo del mercado por convenciones internacionales y/o por sus efectos perjudiciales (Dong and Zhang, 2006). Estos afectan directamente a los controladores biológicos, al crear vacíos biológicos, en los lugares donde históricamente se han utilizado, destruyendo la supresión natural de los suelos, creando ambientes hostiles para el desarrollo y colonización de especies benéficas (Badii y Varela, 2008). Esto hace que el estudio de nuevas técnicas biológicas sea necesario para el correcto desarrollo de nuevos productos para el control de plagas, en especial para *Globodera* spp. ya que es un género de alta resistencia y persistencia en el suelo a pesar del uso de químicos (Moxnes and Hausken, 2007).



## CONCLUSIÓN

Las cepas de rizobacterias utilizadas y evaluadas en los distintos parámetros, referentes al nemátodo y a la planta, no obtuvieron resultados concluyentes. Dichos biocontroladores no lograron mostrar su potencial, tanto en invernadero como en campo, debido al tiempo de ensayos y factores de variabilidad influyentes en el desempeño de estos.

Los controladores biológicos están en un ambiente dinámico, el cual está en constante cambio debido a las múltiples interacciones y es por esto que la efectividad está sujeta a diferentes factores externos como la salinidad, suelos de origen, concentraciones de las suspensiones, entre otros. Es por esto que al trabajar con este tipo de individuos los resultados son variables, pero su efectividad está comprobada y respaldada por múltiples estudios, haciendo que aún sea interesante seguir en la búsqueda de compatibilidad y efectividad de estos manejos mediante este tipo de ensayos, en los cuales se pueden proponer cambios en los métodos para avanzar hacia resultados concluyentes para ensayos en maceta y campo.

## LITERATURA CITADA

Aballay, E., Prodan, S., Mårtensson, A., & Persson, P. 2012. Assessment of rhizobacteria from grapevine for their suppressive effect on the parasitic nematode *Xiphinema index*. *Crop Protection*, 42, 36-41.

Aballay, E., Ordenes, P., Mårtensson, A., & Persson, P. 2013. Effects of rhizobacteria on parasitism by *Meloidogyne ethiopica* on grapevines. *European Journal of Plant Pathology*, 135(1), 137-145.

Andreoglou, F. I., Vagelas, I. K., Wood, M., Samaliev, H. Y., and Gowen, S. R. 2003. Influence of temperature on the motility of *Pseudomonas oryzae* and control of *Globodera rostochiensis*. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(8), 1095-1101.

Arcos, J., y Zúñiga, D. 2016. Rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas con capacidad para mejorar la productividad en papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 20(1), 18-31.

Badii, M. H., y Varela, S. 2008. Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la salud y el Ambiente. Toxicología de insecticidas. *CULCyT*, (28), 5-17.

Bélair, G., Dauphinais, N., and Mimee, B. 2016. Evaluation of cultural methods for the management of the golden nematode (*Globodera rostochiensis*) in Quebec, Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 38(2), 209-217.

Bird, D. M., Opperman, C. H., and Davies, K. G. 2003. Interactions between bacteria and plant-parasitic nematodes: now and then. *International Journal for Parasitology*, 33(11), 1269-1276.

Castro-Sowinski, S., Herschkovitz, Y., Okon, Y., and Jurkevitch, E. 2007. Effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on resident rhizosphere microorganisms. *FEMS microbiology Letters*, 276(1), 1-11.

Contreras-Liza, S. E., Luyo, S., and Zúñiga, D. 2017. Agronomical performance of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv.'Unica' under inoculation with native rhizobacteria and application of acetyl salicylic acid. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16(4), 456-462.

Cronin, D., Moëne-Loccoz, Y., Dunne, C., and O'gara, F. 1997a. Inhibition of egg hatch of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* by chitinase-producing bacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 103(5), 433-440.

Cronin, D., Moëne-Loccoz, Y., Fenton, A., Dunne, C., Dowling, D. N., and O'Gara, F. 1997b. Role of 2, 4-diacetylphloroglucinol in the interactions of the biocontrol pseudomonad strain F113 with the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(4), 1357-1361.

Dong, L. Q., and Zhang, K. Q., 2006. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. *Plant and Soil*, 288(1-2), 31-45.

Flores, C. B. 2016. Control biológico del nemátodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975 a través del uso de rizobacterias . 32 pág. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile.

Franco, J., González-Verástegui A. 2011. Nematodos del quiste de la papa: *Globodera* spp. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa. Fundación PROINPA, 16 (2), 233-249.

Goswami, D., Thakker, J. N., and Dhandhukia, P. C. 2016. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1127500.

Hernández-Rodríguez, A., Heydrich-Pérez, M., Velázquez-del Valle, M. G., y Hernández-Lauzardo, A. N. 2006. Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(1).

Hooper, D.; Hallmann, J. and Subbotín, S. 2005. Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. (cap. 3, pp. 53-86). In: Luc, M., Sikora, R. and Bridge, J. (Eds.). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. 2nd Edition. Wallingford, UK: CABI Publishing. 917p.

Ibekwe, A. M., Poss, J. A, Grattan, S. R., Grieve, C. M., Suarez, D. 2010. Bacterial diversity in cucumber (*Cucumis sativus*) rhizosphere in response to salinity, soil pH, and boron. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(4), 567-575.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2018. Encuestas intercensales agropecuarias 2017-2018: Síntesis de resultados. [en línea]. Santiago, Chile: INE. Recuperado en: <<https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/estad%C3%ADsticas-agropecuarias>>. Consultado el: 26 de Agosto de 2019.

Istifadah, N., Pratama, N., Taqvim, S., and Sunarto, T. 2018. Effects of bacterial endophytes from potato roots and tubers on potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(1), 47-51.

Janssen, R., Bakker, J., and Gommers, F. J. 1991. Mendelian proof for a gene-for-gene relationship between virulence of *Globodera rostochiensis* and the H1 resistance gene in *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* CPC 1673. *Revue Nematol.*, 14, 213-219.

Jara, H. A. D., y Elizondo, E. A. M. 2011. Suelos supresivos a enfermedades radicales: "Declinación del mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) en trigo", un estudio de caso. *Agro Sur*, 39(2), 67-78.

Kerry, B. R., 2000. Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 38(1), 423-441.

Kramm V., 2017. Manual del cultivo de la papa en Chile. Boletín INIA N°10. INIA Quilamapu, Región del Bío Bío, Chile. 144 p.

Magunacelaya, R., Dagnin, E. 1999. Nematología agrícola en Chile. Santiago, Chile: Serie Ciencias Agrónomicas, Universidad de Chile. Fac. de Ciencias Agrónomicas. Santiago, Chile. 289p.

Marks, R. J., and Brodie, B. B. 1998. *Potato cyst nematodes: biology, distribution and control*: Department of Agriculture, University of Belfast. Applied Plant Science Division. Belfast, Irlanda. 424p. (No. 635.21 M3).

Matsuguchi, T., and Sakai, M. 1995. Influence of soil salinity on the populations and composition of fluorescent pseudomonads in plant rhizosphere. *Soil Science and Plant Nutrition*, 41(3), 497-504.

Mendez P., Inostroza J., 2009. Manual de papa para la Araucanía: manejo de cultivo, enfermedades y almacenaje. Boletín INIA N° 194. 115 pág. Temuco, Chile.

Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, M. D. R., Rodríguez-Andrade, O., Morales-García, Y. E., Santiago-Saenz, Y., Castañeda-Lucio, M., & Muñoz-Rojas, J. 2015. Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *DES Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 17(2), 24-34.

Moxnes, J. F., and Hausken, K. 2007. The population dynamics of potato cyst nematodes. *Ecological Modelling*, 207(2), 339-348.

Ordenes, P. 2012. Evaluación de rizobacterias en el control de *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, en *Vitis vinífera* L. cv Chardonnay. Facultad de Ciencias Agrónomicas. Universidad de Chile.

Piedra Naranjo, R. 2008. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Revista Tecnología en Marcha*. DOCINADE. Costa Rica. Pág. 123-132.

Robles, J. L., Vadillo, B. D. A., y Carcedo, S. G. 2003. Efecto de la biofumigación sobre la actividad deshidrogenásica y las poblaciones del nematodo fitoparásito *Globodera*. Su repercusión en la mejora del suelo. *Edafología*, 10(2), 255-260.

Sánchez, D. B., y Bonilla, R. R. 2014. Respuesta vegetal de *Acacia decurrens* a la inoculación con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal bajo estrés salino. CORPOICA, *Temas Agrarios*. Vol 19:(2), 159-172)

Tian, B., Yang, J., and Zhang, K. Q. 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*, 61(2), 197-213.

Valenzuela, A., Dagnino, E., Hoefter, T. 1979. El nematodo dorado de la papa. Servicio Agrícola y Ganadero, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 17 páginas.

Vida, C., Cazorla-Lopez, F. M., y De-Vicente-Moreno, A. 2017. Análisis de la comunidad microbiana de un suelo supresivo en el cultivo del aguacate. Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea, Departamento de Microbiología, Universidad de Málaga. Málaga, España. 1p.

Westphal, A. 2005. Detection and description of soils with specific nematode suppressiveness. *Journal of Nematology*, 37(1), 121.

Zachmann, R., 1986, Septiembre. Nematodos del quiste de la papa, *Globodera* spp. (Bol. Tec. N°9). Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. Departamento de Capacitación y Comunicación del CIP. 18p.