



## INFORME TECNICO FINAL

<b>Nombre del proyecto</b>	Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de papa en Chile: <i>Virus mop top</i> (PMTV) y razas necróticas del <i>Virus Y de la papa</i> (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de papa en Chile.
<b>Código del proyecto</b>	PYT-2016-0096
<b>Informe final</b>	Final
<b>Período informado</b> (considerar todo el período de ejecución)	desde el 01 de julio de 2016 hasta el 31 de marzo de 2020
<b>Fecha de entrega</b>	13 de abril de 2020

<b>Nombre coordinador</b>	Inés Marlene Rosales Villavicencio
<b>Firma</b>	

## INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
  - Debe dar cuenta de todas las actividades realizadas en el marco del proyecto, considerando todo el período de ejecución, incluyendo los resultados finales logrados del proyecto; la metodología utilizada y las modificaciones que se le introdujeron; y el uso y situación presente de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.
  - Debe estar basada en la última versión del Plan Operativo aprobada por FIA.
  - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información en exceso, sino solo aquella información que realmente aporte a lo que se solicita informar.
  - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
  - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
  - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
  - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
  - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Sobre la presentación a FIA del informe:
  - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
  - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
  - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.
- El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

## CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES .....	4
2.	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO.....	4
3.	RESUMEN EJECUTIVO .....	5
4.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	7
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE).....	7
6.	RESULTADOS ESPERADOS (RE).....	1
7.	CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO.....	18
8.	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO.....	20
9.	POTENCIAL IMPACTO.....	22
10.	CAMBIOS EN EL ENTORNO.....	22
11.	DIFUSIÓN.....	23
12.	PRODUCTORES PARTICIPANTES .....	24
13.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	26
14.	CONCLUSIONES .....	29
15.	RECOMENDACIONES .....	29
16.	ANEXOS.....	30
17.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	Pontificia Universidad Católica de Chile
Nombre(s) Asociado(s):	Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Remehue Servicio Agrícola y Ganadero – Laboratorio Regional Osorno Consorcio Papa Chile S.A. Semillas SZ Sociedad Anónima Novaseed Ltda. Armando Águila Carrasco Andrés Alejandro Vargas Teuber (El Parque) Semillas Llanquihue Ltda.
Coordinador del Proyecto:	Inés Marlene Rosales Villavicencio
Regiones de ejecución:	Los Lagos
Fecha de inicio iniciativa:	01 de julio de 2016
Fecha término Iniciativa:	31 de enero de 2020

## 2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto			
Aporte total FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total		

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA del proyecto		
1. Total de aportes FIA entregados		
2. Total de aportes FIA gastados		
3. Saldo real disponible (N°1 – N°2) de aportes FIA		
Aportes Contraparte del proyecto		
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario	
	No Pecuniario	
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario	
	No Pecuniario	
3. Saldo real disponible (N°1 – N°2) de aportes Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	

### 3. RESUMEN EJECUTIVO

#### 3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Durante el último semestre se llevaron a cabo las actividades de difusión pendientes del proyecto. Se participó en la reunión europea de *Spongospora subterranea* y se concretó la visita del Dr. Ueli Merz, experto suizo en *Spongospora subterranea*, quien estuvo trabajando en el laboratorio de Fitopatología de INIA Remehue para establecer protocolos en cuanto al manejo del patógeno, técnicas de evaluación de virulencia y patogenicidad, resistencia varietal y control. Durante su estadía se realizó un Seminario internacional donde el Dr. Merz presentó la epidemiología de la enfermedad y las estrategias para evaluación de riesgo y control. Además, se realizó un taller con asesores técnicos para discutir y capacitar sobre identificación y manejo de la sarna polvorienta de la papa.

Estos protocolos fueron establecidos y evaluados en el laboratorio con el uso de aislamientos locales y variedades susceptibles.

Igualmente, se editó 2 informativos técnicos, uno sobre Sarna polvorienta y otro sobre PMTV, donde se describe la enfermedad y se proponen estrategias de manejo integrado. Adicionalmente, se trabajó en la actualización de la plataforma enfermedadespapa.inia.cl. Hoy se puede encontrar información de Sarna Polvorienta y PMTV, con evaluación de riesgo según el manejo del cultivo.

#### 3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Al cierre de proyecto, se ha cumplido satisfactoriamente con todos los objetivos planteados al momento de la postulación. Durante poco más de 3 años de ejecución y con la activa colaboración de los Asociados INIA y SAG; junto a los socios productores: Semillas SZ, Semillas Llanquihue, Semillas El Parque, Novaseed, Armando Águila y Consorcio Papa Chile, lo que permitió avanzar en la implementación de las siguientes innovaciones tecnológicas, para aumentar las herramientas disponibles para un mejor manejo de las enfermedades emergentes, complejo *Spongospora-PMTV* y razas necróticas de PVY, que afectan el cultivo de papas en Chile.

En esta línea, el proyecto estuvo enfocado en la implementación de las siguientes

innovaciones tecnológicas:

- La primera herramienta corresponde a la capacidad de detección de virus en diferentes fuentes como tejido vegetal (foliolos y tubérculos) y vectores (áfidos para PVY y *Spongospora subterranea* para PMTV). Para el caso de tubérculos se logra disminuir el tiempo de certificación de postcosecha realizado actualmente, además se puede obtener una aproximación de los niveles de prevalencia de virus en lotes de tubérculos usados como semillas.

- La segunda característica buscó aumentar la caracterización de las razas de PVY presentes en los semilleros de producción de TSP, de esta forma se encontró que la mayoría de las muestras analizadas presentan infecciones mixtas con la mayor prevalencia de PVY-NTN.

- Con la ayuda de los socios productores, se llevó a cabo un monitoreo de áfidos en diferentes zonas geográficas de la región de Los Lagos, con el fin de definir zonas más aptas para el establecimiento de semilleros. De los predios monitoreados, se encontró que la menor presión de áfidos vectores corresponde a Chonchi, en Chiloé. Por lo que se recomienda evaluar esta localidad para la producción de TSP. En todos los predios, a excepción de Chonchi, la especie de áfido predominante correspondió a *Brevicoryne brassicae*.

- Diferentes variedades de papa fueron evaluadas para Resistencia frente a PVY, en donde se encontró que la variedad Red Sonia presenta la menor susceptibilidad a PVY-NTN, no así cuando se encuentra presente PVY-O.

- Se avanzó en el estudio del complejo *S. subterranea-PMTV*, a través del desarrollo de expresión de inóculo, estudio de susceptibilidad de variedades y estrategias de control químico. Lo que ha permitido actualizar la plataforma enfermedadespapa.inia.cl, donde se puede encontrar información de Sarna Polvorienta y PMTV, con evaluación de riesgo según el manejo del cultivo.

Además, durante la ejecución del proyecto se han realizado diversas actividades de difusión como talleres y seminarios. Junto con la activa participación del equipo técnico en varios Congresos científicos y reuniones técnicas. Finalmente, destacar la edición de 2 informativos técnicos, uno sobre Sarna polvorienta y otro sobre PMTV, donde se describe la enfermedad y se proponen estrategias de manejo integrado.

#### 4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Contribuir al manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de la papa a través de la implementación de un paquete tecnológico que considere la integración de sistemas de detección y seguimiento de los agentes virales y sus vectores, junto a medidas de manejo amigables con el medio ambiente, que permitan reducir la incidencia y diseminación de estas enfermedades, así como el impacto de éstos en el proceso de certificación de tubérculo semilla.

#### 5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

##### 5.1 Porcentaje de Avance

El porcentaje de avance de cada objetivo específico se calcula luego de determinar el grado de avance de los resultados asociados a éstos. El cumplimiento de un 100% de un objetivo específico se logra cuando el 100% de los resultados asociados son alcanzados.

Nº OE	Descripción del OE	% de avance al término del proyecto <sup>1</sup>
1	Desarrollar sistemas de identificación molecular de los agentes fitopatógenos bajo estudio, que permitan realizar detección y cuantificación del inóculo de estos organismos en vectores, suelo, planta y tubérculo, según corresponda.	100%
2	Definir zonas más aptas para la producción de TSP que presenten una menor presión de enfermedad asociada a agentes virales emergentes (PVY, PMTV), basados en la presencia de vectores y determinar el efecto éstos en la incidencia y dispersión de los agentes virales.	100%
3	Conocer la susceptibilidad de variedades comerciales de papa, frente a las enfermedades virales emergentes incluidas en el proyecto ( <i>Virus mop-top</i> y razas necróticas de PVY).	100%
4	Explorar el potencial uso de agentes biocontroladores comerciales y prácticas de manejo de enfermedades amigables con el medio en la reducción de la incidencia y severidad de las enfermedades asociadas a patógenos de suelo ( <i>Virus mop top</i> y sarna polvorienta).	90%
5	Desarrollar e implementar un paquete tecnológico de manejo integrado de enfermedades, que permita reducir el impacto de	100%

<sup>1</sup> Para obtener el porcentaje de avance de cada Objetivo específico (OE) se promedian los porcentajes de avances de los resultados esperados ligados a cada objetivo específico para obtener el porcentaje de avance de éste último.

	estos agentes virales emergentes en los semilleros de tubérculo de papa semilla bajo certificación en Chile, y realizar su transferencia al sector productivo.	
--	--	--

## 6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

### 6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
1	1	Colección de aislados de TSP provenientes de distintas zonas productoras	Viroteca de PVY	Viroteca = N localidades x 40 aislados	0	65 muestras	Abril 2019	Diciembre 2018	100%
1	2	Implementación de protocolos de detección de razas de PVY en tubérculos	Protocolos de detección PVY	Protocolos de detección = N° de zonas diferentes del tejido del tubérculo analizada x protocolo	0	3	Agosto 2017	Agosto 2017	100%

1	3	Caracterización molecular de razas necróticas presentes en zonas productoras de TSP	Caracterización de razas de PVY	Razas caracterizadas= N° de aislados secuenciados	17	24	Abril 2019	Abril 2019	100%
1	4	Implementación de protocolo de detección de patógenos de suelo (Sss y PMTV) en diferentes tejidos y sustratos (tubérculo, hoja y suelo)	Detección de Sss y Mop-top	Protocolo de detección= Tipo de muestra analizada x protocolo utilizado	2	3	Mayo 2018	Mayo 2018	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

Antes de iniciado este proyecto la forma de proceder con el diagnóstico de PVY era procesando muestras de TSP e induciendo brotación para posteriormente realizar identificación de PVY en el foliolo mediante uso de anticuerpos específicos (ELISA), lo que supone un gasto de recursos, espacio y capital humano para el Servicio Agrícola y Ganadero, entidad encargada de realizar estos diagnósticos en cada temporada para el programa de certificación de semillas.

Durante el desarrollo de este proyecto, se probaron diferentes protocolos de extracción de ácidos nucleicos totales desde las diferentes matrices donde es posible encontrar PVY, tubérculo, tejido foliar, áfidos.

En el caso de tubérculos, luego de probar 3 protocolos diferentes, se optó por usar el reactivo RNASolv (OMEGA) según indicaciones del fabricante, las pruebas se realizaron con tubérculos que presentaron sintomatología típica asociada a infección por PVY, anillos necróticos, para la extracción se utilizaron diferentes zonas del tubérculo: estolón, anillo vascular y yemas laterales. La calidad de la extracción fue comprobada por electroforesis en gel de agarosa al 1%, para todos los casos testeados la calidad del ARN fue suficiente para proceder a las siguientes etapas del diagnóstico, síntesis de cDNA y PCR específico.

Luego de la síntesis de cDNA se realizaron PCR específicos para la identificación de PVY utilizando para ello los partidores descritos por Du y cols. (2006) que amplifican un fragmento de 166 pb, luego la caracterización de razas se realizó por RT-PCR dúplex por razas, protocolo adaptado en el laboratorio del protocolo descrito por Lorenzen y cols.(2006), en breve cada muestra fue testeada en 3 reacciones de RT-PCR independientes, luego se analizan los fragmentos amplificados y se tipifica la o las razas presentes en la muestra.

En análisis clasificó 65 muestras positivas a PVY, correspondientes al programa de Certificación de Semillas del SAG, donde 29 corresponden a infecciones simples de las razas PVY-O (3) y PVY-NTN (26), 29 muestras contienen infecciones mixtas de razas hasta ahora descritas, y 7 muestras fueron indeterminadas.

En cuanto a la caracterización molecular de razas se cuenta con 17 aislados secuenciados de razas necróticas de PVY, las que se desglosan como 14 aislados PVY-NTN, tres aislados de PVY-N y un aislado de PVY-NA-N., además de 3 aislados PVY-O, se secuenciaron los fragmentos de mayor tamaño característicos de cada raza y se hicieron análisis filogenéticos con el método del vecino más cercano, los aislados chilenos se asocian con aislados de las mismas razas descritos en otras partes del mundo.

Finalmente, respecto de la detección de patógenos de suelo Sss y PMTV, se logró ajustar protocolos para de detección a partir de suelo y quistosoros, mediante RT-PCR según protocolos descritos por Xu y cols., (2004)

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

**Anexo 1**

Anexo 1.1: Tabla 1: Colección de aislados TPS del programa de certificación de Semillas SAG

Anexo 1.2: Detalle tipificación de razas de PVY

Anexo 1.3: Caracterización molecular de razas de PVY

Anexo 1.4: Implementación de detección de Sss y PMTV

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
2	1	Elaboración de curvas de vuelo de áfidos localidades productoras de TSP de la Región de Los Lagos	Curvas de vuelo	Curva de vuelo = N localidades	0	14	Mayo 2019	Junio 2018	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>Durante dos temporadas, 2016-2017 y 2017-2018, los socios productores realizaron monitoreo de áfidos, para ello se les facilitaron 2 trampas amarillas de agua/detergente (Moericke). Estas trampas corresponden a bandejas plásticas de color amarillo con orificio lateral para rebalse colocadas en una plataforma metálica color negro. En cada predio, 14 en total, se dispusieron de dos trampas por semillero (interna y externa) separadas al menos 5 m entre a 60 cm de altura. La colecta se realizó por los socios productores, capacitados en un taller al inicio del proyecto.</p> <p>La riqueza y abundancia de especies de áfidos, y las curvas de vuelo, fueron variables en las distintas localidades y temporadas evaluadas, lo que sugiere mantener un monitoreo permanente de las poblaciones de los vectores de PVY en las zonas de producción de semillas.</p> <p>La localidad de Chonchi fue una zona de poco vuelo de áfidos en ambas temporadas por lo que se recomienda evaluar su condición para la producción de tubérculos semilla de papa.</p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)</p> <p>Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									

**Anexo 2**  
**Informe objetivo específico 2**

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)				
2	2	Identificación y recuento de las 5 especies de áfidos más frecuentes en semilleros de TSP de 10 localidades	ID de áfidos frecuentes	ID áfidos = Recuento trampa amarilla x N localidad	0 (No se realiza monitoreo de áfidos en estas localidades)	Identificar las 5 especies de áfidos más frecuentes colectadas en las 10 localidades en estudio	Diciembre 2018	Abril de 2018	100%	

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

El pulgón de las crucíferas *Brevicoryne brassicae* presentó la mayor abundancia relativa en los cultivos de papa en las Provincias de Osorno y Llanquihue, Región de Los Lagos, durante ambas temporadas, requiriendo profundizar el estudio de su rol como vector de *Virus Y de la papa*. El segundo pulgón en presentar la mayor abundancia corresponde al pulgón del duraznero, *Myzus persicae*. El detalle de la abundancia relativa de los áfidos colectados en cada predio monitoreado se muestra en el informe del anexo 2.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

**Anexo 2**  
**- Informe objetivo específico 2**

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
2	3	Evaluación presión de inóculo de PVY en áfidos	Presión de inóculo PVY	Presión inóculo= n° muestras positivas / n° total muestras evaluadas.	(no hay evaluaciones)	La presión de inóculo variará entre 0 y 1 <b>(0.53)</b>	Diciembre 2018	Diciembre 2018	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>Asociado a los resultados esperados 2.1 y 2.2, se evaluó la presencia de PVY en áfidos para determinar las especies que estarían dispersando el virus en los sectores evaluados. Para ello, los áfidos para análisis de PVY fueron colectados luego de transcurridas 4, 8 y 12 semanas post-plantación durante las dos temporadas evaluadas, 2016-2017 y 2017-2018. Posterior a su identificación en la Unidad de Entomología de SAG</p> <p>En total se analizaron 747 áfidos de forma individual, realizando extracciones de ARN y posterior RT-PCT específico para determinar la presencia de PVY. Además, se usó un control interno de amplificación del gen de la Citocromo oxidasa I (COI) de áfidos. Del total de áfidos analizados, 395 resultaron positivos a PVY. Las especies de áfidos mayormente analizados durante ambas temporadas evaluadas correspondieron a <i>Brevicoryne brassicae</i> y <i>Myzus persicae</i></p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)</p> <p>Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									
<p><b>Anexo 2</b></p> <p>- <b>Informe objetivo específico 2</b></p>									

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
3	1	Ranking de susceptibilidad varietal de papas frente a PVY	Ranking susceptibilidad a PVY	Susceptibilidad a PVY= N° Variedades Evaluadas (10) – N° variedades no infectadas a PVY	0 variedades evaluadas	11 evaluadas	Marzo 2019	Marzo 2019	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>Durante dos temporadas se evaluaron un total de 11 variedades sujetas a una alta presión de vectores y con un diseño de bloques al azar rodeados de hileras con la variedad Rodeo infectadas con PVY. Las evaluaciones fueron realizadas en folíolos alrededor de los 60 y 90 DDP mediante DAS-ELISA y en tubérculos hijos usando RT-PCR alrededor de los 130 DDP.</p> <p>Los principales resultados fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las 11 variedades estudiadas, mostraron distintos niveles de susceptibilidad al <i>Virus Y de la papa</i> detectándose algunas sin infección durante todo el ensayo, y otras cercanas al 100% de infección.</li> <li>- Las variedades Rodeo y Rosi presentaron la mayor susceptibilidad a PVY, mientras que Red Sonia y Red Ramona el mayor nivel de resistencia al virus.</li> <li>- Red Sonia presentó resistencia extrema a la infección por PVY-NTN y susceptibilidad a infecciones en mezclas con PVY-O y otras razas.</li> </ul> <p>Además, se considera que la evaluación de resistencia varietal debiera considerar las razas (PVY-O y PVY-NTN) como si fuesen virus diferentes, con tolerancias también diferentes.</p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra) Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									
<p><b>Anexo 3</b> <b>- Informe objetivo específico 3</b></p>									

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
3	2	Ranking de susceptibilidad varietal de papas frente al complejo Sss-PMTV	Ranking susceptibilidad a Sss-PMTV	Susceptibilidad a Sss-PMTV= N° Variedades Evaluadas – N° variedades no infectadas	0	6 variedades evaluadas	Marzo 2018	Marzo 2020	90%
<p>Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.</p> <p>Para evaluar resistencia varietal al complejo Sarna polvorienta/PMTV se estableció una parcela experimental con seis cultivares de papa, fue establecida el 26 de octubre de 2017 en INIA Remehue. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental consistió en una parcela de 4 hileras por 6 metros de largo a una distancia de 0.75 cm x 0.3 cm, siendo cada tubérculo semilla de papa inoculado a la plantación con 2 x 10<sup>4</sup> esporos. Las variedades evaluadas corresponden a Patagonia, Asterix, Rodeo, Pukará, Karú y FL2137. Sin embargo, los resultados obtenidos en este experimento no fueron concluyentes respecto a la susceptibilidad de las variedades evaluadas. Por lo que es necesario profundizar en metodologías que permitan una mejor evaluación frente a este complejo.</p> <p>Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra) Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p> <p><b>Anexo 4</b> <b>- Informe objetivo específico 4 (Actividad 2)</b></p>									

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado <sup>2</sup> (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de cumplimiento	
			Nombre del indicador <sup>3</sup>	Fórmula de cálculo <sup>4</sup>	Línea base <sup>5</sup>	Meta del indicador <sup>6</sup> (situación final)	Fecha alcance meta programada <sup>7</sup>		Fecha alcance meta real <sup>8</sup>
4	1	Paquete de manejo de sarna polvorienta	Paquete de manejo de saran polvorienta	% Disminución de la población de Sss= (Nº propágulos del hongo detectados después del uso del paquete tecnológico *100)/Nº propágulos del hongo detectados antes del uso del paquete tecnológico	No se conoce	30-50%	Mayo 2019	Marzo 2020	90%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

<sup>2</sup> Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

<sup>3</sup> Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

<sup>4</sup> Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

<sup>5</sup> Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

<sup>6</sup> Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

<sup>7</sup> Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

<sup>8</sup> Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Durante el proyecto se trabajó en la estandarización para el manejo del patógeno, evaluación de niveles de expresión de la enfermedad en condiciones in vitro, invernadero y campo. Además, se avanzó en la elaboración de un paquete de manejo integrado, considerando el control químico y resistencia varietal. Los resultados de evaluación en campo, invernadero y cámara no fueron concluyentes. Dado los resultados obtenidos en los experimentos en campo, los cuales no fueron concluyentes dado la baja expresión de la enfermedad, se decidió trabajar solo en cámara de crecimiento y en invernadero, realizando algunos cambios metodológicos que favorecieran la expresión. Los resultados muestran desarrollo de la enfermedad al utilizar suelo naturalmente infectado, pero errático en incidencia y severidad a nivel de invernadero y cámara. Al inocular suelo con propágulos conocidos del patógeno, los resultados muestran una alta variabilidad en campo, invernadero y cámara. Dado lo anterior, se trajo a un experto que nos capacitó en metodologías in vitro para manejo de la enfermedad y evaluación de resistencia varietal, patogenicidad, virulencia y control químico. Las metodologías fueron implementadas en el laboratorio de INIA Remehue y están en utilizándose para evaluación de resistencia varietal. La evaluación de resistencia varietal en variedades locales y el control químico está pendiente de realizar. Para definir un paquete de manejo de *Spongospora subterranea* se trabajó con la metodología de evaluación de riesgo y manejo integrado definido por el equipo de trabajo europeo de *Spongospora* y con el apoyo del Dr. Merz. Este paquete se publica en los informativos y plataforma Web de riesgo <http://enfermedadespapa.inia.cl>.

La plataforma web pretende ser una herramienta de apoyo a la toma de decisiones de manejo sanitario. Esta herramienta se basa en una encuesta que el usuario debe llenar para llegar a una recomendación de riesgo, basada en el manejo del cultivo, además, se describe la enfermedad, sus síntomas, epidemiología y control. Con esta información el agricultor puede tomar decisiones de manejo para disminuir el problema.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

**Anexo 4** se puede encontrar:

- **Informe de evaluación de desarrollo de paquete de manejo integrado de la Sarna polvorienta.**
- **Informe de Plataforma de riesgo para el manejo de enfermedades en el cultivo de papa.**

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
5	1	Paquete manejo integrado PVY	Paquete manejo PVY	Paquete manejo PVY = N herramientas disponibles	No se dispone	4	Mayo 2019	Marzo 2020	100%
<p>Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.</p> <p>Las razas recombinantes de PVY, PVYN-Wi y PVY-NTN, tienden a inducir síntomas foliares leves, dificultando el saneamiento. En los últimos años la raza NTN ha sido frecuentemente encontrada en la zona de producción de TSP del país.</p> <p>En esta línea, el proyecto estuvo enfocado en la implementación de las siguientes innovaciones tecnológicas, para aumentar las herramientas disponibles para un mejor manejo del virus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La primera herramienta corresponde a la capacidad de detección el virus en diferentes fuentes como tejido vegetal (folíolos y tubérculos) y vectores, de esta forma se logra disminuir el tiempo de certificación de postcosecha realizado actualmente analizando tubérculos o por el contrario se puede analizar lotes de tubérculos destinados a plantación.</li> <li>- La segunda característica buscó aumentar la caracterización de las razas de PVY presentes en los semilleros de producción de TSP, de esta forma se encontró que la mayoría de las muestras analizadas presentan infecciones mixtas con la mayor prevalencia de PVY-NTN.</li> <li>- Con la ayuda de los socios productores, se llevó a cabo un monitoreo de áfidos en diferentes zonas geográficas de la región de Los Lagos, encontrándose que la menor presión de vectores se encontró en Chonchi, Chiloé. Por lo que se recomienda evaluar esta localidad para la producción de TSP. Además se recomienda el monitoreo constante de vectores en los predios destinados a la producción de TSP.</li> <li>- Finalmente, 11 variedades de papa fueron evaluadas para Resistencia a PVY, arrojando que la variedad Red Sonia presenta menor susceptibilidad a PVY-NTN y menor grado a PVY-O.</li> </ul> <p>Aunque es necesario seguir profundizando en la relación virus-vector-ambiente, las innovaciones aquí implementadas permiten afrontar de mejor manera al <i>Virus Y de la papa</i>.</p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)</p> <p>Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									
<p><b>Anexo 1:</b> Implementación sistemas de detección de PVY en tejido vegetal (folíolos y tubérculos) y vectores.</p> <p><b>Anexo 2:</b> Determinación de curvas de vuelo, abundancia de áfidos, prevalencia de PVY en vectores y tubérculos hijos.</p> <p><b>Anexo 3:</b> Evaluación de Resistencia de cultivares de papa destinadas a la producción de semilla.</p>									

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
5	2	Transferencia, capacitación y difusión de resultados a socios proyecto	Capacitación	Charla técnica/Taller = n° de charlas organizadas	0	1	Diciembre 2016	Octubre de 2016	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p><b>Taller de colecta de áfidos</b>  La actividad se realizó en el auditorio del Laboratorio Regional del SAG, contó con la participación de profesionales SAG a cargo de la capacitación y los socios comprometidos realizar la colecta de áfidos y muestreo de plantas en cada predio seleccionado.</p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)  Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									
<p><b>Anexo 5</b>  - <b>Capacitación de socios</b></p>									

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
5	3	Transferencia, capacitación y difusión de resultados a comunidad científica y/o asesores	Participación en Congreso	1	0	4	Septiembre 2019	Septiembre 2019	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

**Durante la ejecución del proyecto se realizó difusión de resultados en 4 Congresos:**

**XII Encuentro Nacional de la Papa 2017, 23-26 de agosto 2017, Osorno.**

Equipo técnico SAG, Unidad de Fitopatología, presenta Ensayo de Resistencia de variedades frente a PVY para la primera temporada. Además, Marlene Rosales es invitada a dar una charla de "Enfermedades virales que afectan a la papa y su manejo preventivo".

**Congreso Sociedad Chilena de Fitopatología (SOCHIFIT), 2-5 de octubre de 2017.**

Participación del equipo técnico UC con objeto de difundir herramientas de diagnóstico de PVY y PMTV.

**XXIX Congreso Nacional de Entomología 29-30 noviembre, 1 de diciembre de 2017, Santiago.** Presentación a cargo de Almendra Monje y Eladio Rojas de la Unidad de Entomología del SAG.

**Participación en reunión EAPR 2019 y en el Workshop Internacional de Spongospora**

Se participó la reunión de European Association for Potato Research (EAPR) Pathology and Pests Section 2019, la cual se realizó entre los días 2 al 5 de septiembre en Neuchâtel, Suiza. Esta reunión además contempló el Taller internacional sobre *Spongospora*, donde participaron investigadores de varios países. En esta última se dio a conocer la situación del patógeno a nivel mundial y los avances en investigación. Además, se realizó contacto con los especialistas en el tema. En esta reunión se analizó temas de caracterización, regulación génica, epidemiología, y control. Información de gran utilidad para desarrollar y validar un paquete de manejo integrado del patógeno en Chile. También se discutió sobre los énfasis que debería tener el desarrollo del conocimiento a futuro en este patógeno para poder disminuir el aumento que este problema tiene hoy a nivel mundial. Dado que este es un problema difícil de manejar, con soluciones parciales a la fecha, la recomendación es en enfocarse en el rol de suelos supresivos y su relación con control biológico y componentes del suelo, rotaciones y mejoramiento genético.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

**Anexo 5**

**XII Encuentro Nacional de la Papa 2017, 23-26 de agosto 2017, Osorno.** Se adjunta póster y diapositivas presentadas.

**XXIX Congreso Nacional de Entomología 29-30 noviembre, 1 de diciembre de 2017, Santiago.** Se adjunta poster presentado.

**Congreso Sociedad Chilena de Fitopatología (SOCHIFIT), 2-5 de octubre de 2017.** Se adjunta póster presentado

**EAPR 2019 y en el Workshop Internacional de Spongospora:** se presenta el programa de la reunión y la foto de participantes. Más información se puede encontrar en:

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/news/events/eapr-pathology-symposium-2019.html>

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
5	4	Transferencia, capacitación y difusión de resultados a agricultores del rubro	Seminario de Inicio y final	Seminarios difusión = N° de seminarios organizados	0	2	Junio 2019	Enero 2020	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>Se realizaron 2 seminarios, uno de inicio y uno de término de proyecto, los días 12 de enero de 2017 y el 16 de enero de 2020. El primer seminario se enfocó en dar a conocer el proyecto y recomendaciones generales sobre el manejo de enfermedades causadas por virus y patógenos de suelo, participaron 174 personas.</p> <p>El segundo seminario, mostró resultados del proyecto y las recomendaciones de manejo. Además en este último seminario participó el Dr. Ueli Merz como experto internacional en Sarna polvorienta, donde enfatizó en el patógeno, su epidemiología y el manejo integrado basado en la evaluación de riesgo. Participaron 117 personas.</p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)</p> <p>Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									

En el anexo 5. se presentan las invitaciones, programa y asistentes a ambas actividades.

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
5	5	Transferencia, capacitación y difusión de resultados a agricultores del rubro	Días de campo	Día de campo= N° de charlas organizadas	0	2	Febrero 2019	Marzo 2020	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>Se realizaron 2 días de campo, en conjunto con los seminarios. El primero el día 12 de enero del 2017 pm. Donde se dio a conocer el proyecto y sus objetivos.</p> <p>El segundo se realizó como taller el día 16 de enero de 2020, con asesores donde se trabajó en sala, campo e invernadero con el experto Dr. Ueli Merz. Además, se dio a conocer diferentes técnicas de detección rápida del patógeno.</p>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)</p> <p>Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									
<b>Anexo 5:</b> se adjunta programa de las actividades, fotografías y lista de asistencia.									

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
5	6	Divulgación escrita	Publicaciones divulgativas	Nº artículos = Nº de artículos publicados	0	2	Mayo 2019	Marzo 2020	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>Se publicaron 2 informativos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acuña, I. y C. Parra. 2020. La Sarna polvorienta de la papa. Informativo INIA N° ..... 4 pp. Se describe la sintomatología de la enfermedad, su ciclo y manejo.</li> <li>2. Acuña, I. y C. Parra. 2020. Virus Mop Top de la papa (PMTV). Informativo INIA N° .....4 pp. Se describe al patógeno, su asociación con el vector y su manejo.</li> </ol>									
<p>Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra) Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.</p>									
<p><b>Anexo 5.</b> Se adjunta archivo del escrito de los Informativos. Estos están en imprenta. Dado la contingencia, los informativos fueron revisados por el comité editor y enviado a imprenta. La imprenta debió cerrar por cuarentena y no los alcanzó a imprimir. Esto se hará una vez que se reanude las actividades.</p>									

## 6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Sólo los resultados comprometidos en el objetivo 4, el cual buscaba un avance en la obtención de un paquete de manejo integrado del complejo Sss-PMTV no se lograron cumplir al 100%. Sin embargo, se llegó a un 90% y se realizaron importantes avances en la estandarización para el manejo del patógeno, evaluación de niveles de expresión de la enfermedad en condiciones in vitro, invernadero y campo. Además, se avanzó en la elaboración de un paquete de manejo integrado, considerando el control químico y resistencia varietal.

## 7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
Retraso en la firma de convenio interno entre UC e INIA para el traspaso de fondos a INIA	Este problema provocó un retraso en las actividades programadas concernientes al objetivo específico N°4.	Las actividades programadas a partir del segundo semestre del año 2016 están siendo reprogramadas para iniciarse entre enero y febrero del año en curso bajo condiciones de invernadero o cámara de crecimiento.
La obtención de la fuente inóculo de Sss dado que la metodología inicialmente descrita no dio buenos resultados. Por lo tanto, se decidió utilizar tubérculos con síntomas y suelos infestados. Sin embargo, en la temporada anterior en los sectores seleccionados previamente no se presentó condiciones favorables para el ataque del hongo	Se retrasó la actividad relacionada a evaluación de niveles de expresión.	Se buscó otros lugares. Se obtuvo información de un predio con un ataque importante de Sarna polvorienta. Se colectó muestras de tubérculos y suelo para la obtención de inóculo, obteniendo una muy buena calidad y cantidad. Con este inóculo se establecieron los experimentos in vitro, invernadero y campo.
En el experimento <i>in vitro</i> (objetivo 4) para determinación de los niveles de expresión, se presentaron	El objetivo no se afecta.	El experimento se repetirá utilizando minitubérculos.

problemas de muerte de plántulas.		
Los niveles de expresión de la enfermedad (Sss) en los experimentos de campo e invernadero fueron bajos.	Los resultados no son concluyentes dado la baja expresión de la enfermedad.	Es necesario evaluar nuevas metodologías de inoculación de experimentos. Se trabajará principalmente en condiciones de invernadero para detección de umbrales y control de la enfermedad, mediante inoculación con concentraciones más altas del patógeno.
Estallido Social	Aplazamiento del cierre de proyecto	Cambio de fecha de seminario de cierre, inicialmente programado para noviembre de 2019, finalmente realizado en enero de 2020.

## 8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

### 8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

#### OE 1

- Implementación de protocolos de identificación de PVY en TSP y áfidos.
- Muestreo de suelo para detección de complejo Sss-PMTV (en curso)
- Implementación de protocolo de detección de complejo Sss-PMTV en diferentes tejidos de la planta y sustratos (en curso)
- Evaluación de presencia de Sss y PMTV en diferentes tipos de muestra (en curso)
- Tipificación de razas de PVY de muestras derivadas del Programa de Certificación de Semilla de papa (SAG)

#### OE 2

- Revisión y colecta de trampas amarillas en predios productores de TSP seleccionados.
- Identificación de las 5 especies de áfidos más predominantes en predios productores de TSP.
- Detección de PVY mediante RT-PCR en las especies predominantes de áfidos
- Evaluación de transmisión y dispersión de PVY en predios productores de TSP

#### OE 3

- Ensayo de susceptibilidad varietal a PVY

#### OE 4

- Selección de suelos y predios candidatos
- Evaluación de técnicas para el desarrollo del patógeno
- Evaluación de resistencia varietal
- Evaluación de la eficiencia de control químico

#### OE 5

- Capacitación de socios productores en colecta de áfidos (26.10.2016)
- Participación equipo técnico en diversos congresos y reuniones científico-técnicas.
- Seminario de Inicio y Cierre de Proyecto, Taller de *Spongospora*, ambas actividades de difusión se realizaron el 15 de enero de 2020 en dependencias de INIA-Remehue, con la importante participación del Dr. Merz Ueli, experto en Sss.

### 8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

#### OE 4

Evaluación de eficiencia de control de antagonistas  
Evaluación del efecto de abonos verdes

### **8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.**

En general se cumplió a cabalidad con las actividades programadas en el plan operativo del proyecto. Cabe destacar que se aumentó el número de variedades evaluadas para Resistencia a PVY al igual que el número de los predios donde se realizó el monitoreo de áfidos. Además, se participó en gran medida en reuniones y congresos científicos donde se difundieron resultados de principales objetivos del proyecto. Sólo quedaron por evaluar la eficiencia de control de antagonista y abonos verdes en relación al complejo *Spongospora-PMTV*, esto debido a los retrasos en el desarrollo de técnicas de desarrollo del patógeno, por lo que se privilegió el estudio de resistencia varietal y control químico.

## POTENCIAL IMPACTO

### 9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

La ejecución del proyecto generó nuevas capacidades en cuanto a identificación de patógenos en los laboratorios de la UC, INIA y SAG, así como también permitió la adquisición de equipos que automatizaron los procesos, como BeadBeater (robot molidor) adquirido por el Laboratorio de Fitopatología Molecular – UC, este equipo simplifica y disminuye los tiempos en las extracciones de ácidos nucleicos totales, permitiendo aumentar el número de muestras analizadas por día.

El equipo UC vio fortalecidas sus capacidades, consolidándose un equipo técnico exitoso, integrado por la Dra. Marlene Rosales (Coordiadora), Dra. Elizabeth Peña (Coordinadora alterna) y Marcela Muñoz (Equipo técnico), quienes refuerzan el compromiso con la región y la producción de papas, adjudicando un nuevo proyecto de innovación FIA (2019-0157), iniciativa que cuenta nuevamente con el importante apoyo del Consorcio Papa Chile y SAG, entre otros importantes productores de semillas del país.

Por otro lado, en el laboratorio Regional SAG Osorno, se desarrolló una tesis de pregrado en el marco del proyecto titulada “**Susceptibilidad de cinco cultivos de *Solanum tuberosum* L. al Virus Y de la papa**”. Y se generó empleo para un técnico agrícola en el laboratorio de Entomología, cargo que desempeñó con éxito la Stra. Almendra Monje durante 22 meses.

## 9. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

Sin cambios

## 10. DIFUSIÓN

Describa las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares.

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes	Documentación Generada
1	26 octubre 2016	SAG – Osorno	Taller Capacitación socios	11	Instructivo socios, Fotografías y lista de asistencia
1	12 enero 2017	INIA Remehue	Seminario-dia de campo	174	Ppt, lista de asistencia, fotos.
2	16 enero 2020	INIA Remehue	Seminario	117	Ppt, lista de asistencia.
4	16 enero 2020	INIA Remehue	Taller	25	Fotos, lista de asistencia
4					
5					
n					
Total participantes				<b>327</b>	

## 11. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

### 12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
Los Ríos	Productores pequeños		1*	N.A.	1
	Productores medianos-grandes				
Los Lagos	Productores pequeños		1	N.A.	1
	Productores medianos-grandes		5	N.A.	5
<b>Totales</b>			<b>6</b>	N.A.	

\*El productor de Los Ríos se repite al año siguiente en Los Lagos

### 12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal*		
Armando Águila	Los Ríos	Mantilhue		> 1 ha	2016
Armando Águila	Los Lagos	Frutillar		> 1 ha	2017
Boris Contreras (Novaseed Ltda)	Los Lagos	Fresia		> 1 ha	2016
Boris Contreras (Novaseed Ltda)	Los Lagos	Fresia (Sector La Isla)		> 1 ha	2017
Andrés Vargas (El Parque)	Los Lagos	Purranque		> 1 ha	2016
Andrés Vargas (El Parque)	Los Lagos	Purranque		> 1 ha	2017
Semillas Llanquihue	Los Lagos	Puerto Octay		> 1 ha	2016

Semillas SZ	Los Lagos	Purranque		> 1 ha	2016
Semillas SZ	Los Lagos	Frutillar (Tegualda, Fundo El Avellano)		> 1 ha	2017
Claudio Pérez	Los Lagos	Chonchi, Chiloé		> 1 ha	2016
Claudio Pérez	Los Lagos	Chonchi, Chiloé		> 1 ha	2017

\* No se dispone de la dirección postal de los predios, por lo que se reemplazó por las coordenadas geográficas de los predios utilizados para el monitoreo de áfidos durante las temporadas 2016-2017 y 2017-2018.

## 12. CONSIDERACIONES GENERALES

### 13.1 ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Si

### 13.2 ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

Durante los 3 años y 8 meses de ejecución del proyecto, el equipo técnico coordinado por el equipo de Laboratorio de Fitopatología Molecular UC, funcionó de manera coordinada sin mayores inconvenientes siempre cumpliendo los plazos y planificando actividades conjuntas.

Destacada la participación de las entidades asociadas SAG- Osorno, Unidad de Fitopatología y Entomología a cargo de la Sra. Mónica Gutiérrez y el Sr. Eladio Rojas respectivamente, quienes estuvieron a cargo de los ensayos relacionados con la construcción de curvas de vuelo, identificación de insectos vectores y evaluación de susceptibilidad de variedades, entregando informes de calidad, siempre en contacto con socios productores, dispuestos a colaborar en cualquier requerimiento que tuviese el resto del equipo.

Así como también, destaca la participación de INIA-Remehue, Laboratorio de Fitopatología, a cargo de la Dra. Ivette Acuña, quienes estuvieron encargados de la exploración y manejo de enfermedades de suelo, montando ensayos y generando datos de resultados relevantes para la Región.

Quisiéramos agradecer y destacar muy especialmente la participación de los socios productores, quienes se comprometieron efectivamente con el desarrollo del proyecto, su apoyo y compromiso fueron claves especialmente en la generación de curvas de vuelo, pues estuvieron a cargo de la colecta semanal de los insectos colectados en cada una de las trampas instaladas en sus predios, sin esta colecta el cumplimiento del objetivo no hubiera sido posible, por lo tanto, su apoyo fue crítico. Además, siempre estuvieron disponibles a colaborar en lo necesario, y participar activamente de todas las actividades de difusión que se desarrollaron durante la ejecución del proyecto.

En general, quisiéramos destacar la participación y el aporte de cada una de las personas que trabajaron en esta iniciativa, donde se desarrollaron nuevos conocimientos, se entregaron nuevas herramientas los usuarios, se consolidaron

equipos de trabajo y relaciones entre la Universidad Católica, Centros de Investigación Regionales como INIA-Remehue y SAG-Osorno, y los Socios productores, congregados por el Consorcio Papa Chile con quienes seguimos en contacto para el desarrollo de nuevas propuestas para el desarrollo de la producción de papa en la región.

**13.3 A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?**

Cuesta definir la innovación más importante en un trabajo de larga duración, sin embargo, optamos por destacar el desarrollo de protocolos de detección de patógenos de suelo, protocolos inexistentes antes de la ejecución de este proyecto y que abre paso a otras iniciativas y despliega un abanico de posibilidades para las mejoras de la producción de papa en la región, entregándole nuevas herramientas a los socios productores, quienes son el objetivo principal de iniciativas como estas.

**13.4 Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).**

La entidad ejecutora y asociados de esta iniciativa consideran oportuno destacar el apoyo recibido de la Fundación durante toda la ejecución del proyecto, los temas administrativos siempre fueron fáciles de solucionar, se contó con apoyo constante de la Ejecutiva Técnica, Sra. Paulina Erdmann así como también de la Asistente Financiera Sra. Carolina Oyarce, los canales de comunicación son expeditos y la atención siempre amable y oportuna, lo cual facilita mucho el manejo técnico, administrativo y contable de la iniciativa.

### 13. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

Una vez finalizado el proyecto se logró implementar de forma exitosa sistemas de detección y diagnóstico para las enfermedades emergentes que afectan la producción de tubérculo semilla de papa. En la actualidad, estos sistemas de detección pueden ser usados desde tejido vegetal (folíolos y tubérculos) y vectores (áfidos y esporas de resistencia de Sss). Lo que en el caso de tubérculos permite hacer estudios preliminares para determinar la presencia de estos virus en TSP previo a la plantación y de esta forma cerciorarse de usar material libre de virus de partida.

El monitoreo de áfidos en las diversas zonas agroclimáticas escogidas por los socios productores permitió establecer que el principal áfido presente en las dos temporadas evaluadas correspondió al pulgón de las brásicas, *Brevicoryne brassicae*. Sin embargo, es necesario estudiar en forma más acuciosa el papel que puede jugar este áfido en la transmisión de PVY.

En relación a la evaluación de Resistencia varietal frente a PVY, se encontró que la variedad Red Sonia presenta una baja susceptibilidad (o fuerte resistencia y/o tolerancia) a PVY-NTN. Sin embargo, la susceptibilidad a PVY aumenta en presencia de PVY-O.

### 14. RECOMENDACIONES

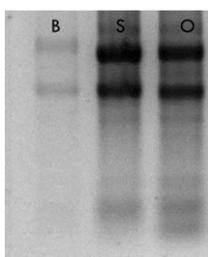
Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

Si bien el monitoreo realizado en las diferentes zonas agroclimáticas de la región de Los Lagos permitió estimar que Chonchi puede convertirse en un lugar apropiado para el establecimiento de semilleros de papa debido a la baja presencia de áfidos alados, es necesario realizar más estudios frente a otros patógenos que puedan estar presentes. Además, se recomienda realizar monitoreo de áfidos de forma frecuente independiente del sector donde se encuentre el semillero.

## 15. ANEXOS

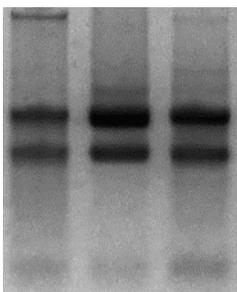
### Anexo 1. Informe Resultados O.E. 1

La prueba de extracción de ácidos nucleicos totales se realizó con 3 protocolos, utilizando tubérculos como material de partida. Los métodos corresponden a los descritos por Bertheau y cols (1998), Singh y cols (2002) basados en captura con sílica y extracción con Sulfito de sodio respectivamente; y un tercer método, utilizando RNA-Solv® Reagent (Omega Biotek Store) de acuerdo a las instrucciones del fabricante. En la figura 1.1 se muestra el resultado de los protocolos probados. Según lo observado en la electroforesis los protocolos resultan exitoso, pues en todas las pruebas es posible ver las 2 bandas típicas de una extracción de ácido nucleico íntegro 25S y 18S, sin embargo, la extracción realizada con Bertheau es de mucho menor concentración, a pesar de que la electroforesis no es un método cuantitativo, con la intensidad de las bandas se puede hacer una estimación de la concentración de ácido nucleico obtenida, y se observa que la intensidad de banda en el caso de Bertheau es mucho menor que la mostrada en los carriles correspondientes a Singh (S) y Omega (O), estos últimos son bastante parecidos, pero el procedimiento mismo del reactivo RNA-Solv es mucho más simple y toma menos tiempo que lo requerido por el protocolo descrito por Singh, por lo que se decide optar por RNA-Solv.

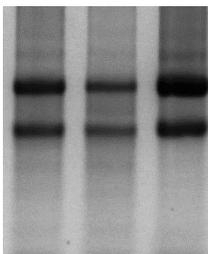


**Figura 1.1:** Prueba protocolos de extracción de ácidos nucleicos totales. **(B)** Protocolo Bertheau; **(S)** Protocolo Singh; **(O)** Protocolo Omega Biotek, RNA Solv.

Una vez definido el protocolo para extracciones de ácidos nucleicos totales en tubérculos, se procedió a la prueba de protocolos en áfidos y tejido vegetal. En el caso de los áfidos la extracción se realizó con individuos independientes, por el tamaño y el consecuente peso inicial de muestra con la que se contaba, se realizaron ajustes al protocolo original, escalándolo proporcionalmente. La integridad de la extracción en áfidos y tejido vegetal se muestra en las figuras 1.2 y 1.3 respectivamente



**Figura 1.2:** Electroforesis en gel de agarosa al 1%, prueba de protocolo RNA-Solv Omega-Biotek escalado para uso en áfidos.

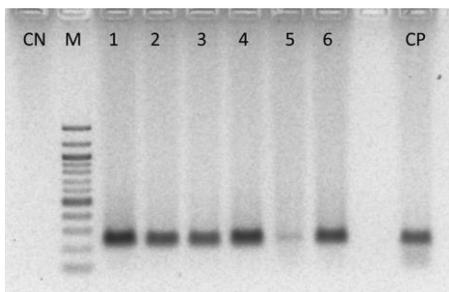


**Figura 1.3:** Electroforesis en gel de agarosa al 1%, prueba de protocolo RNA-Solv Omega-Biotek para tejido vegetal.

Una vez estandarizados los protocolos de extracción en las diferentes matrices, se estandarizaron protocolos para identificación de PVY por RT-PCR con los partidores descritos por Du y cols., (2006), una vez estandarizada la reacción, se procedió a la construcción de un clon del fragmento, para posteriormente utilizar como control positivo de los diagnósticos. La secuencia de los partidores utilizados se muestra en la tabla 1. 1, y en la figura 1.4 se muestra una electroforesis en gel de agarosa al 1.5% con amplicones correspondientes a PVY (166 pb).

**Tabla 1. 1:** Secuencia 5'- 3' partidores para identificación de PVY

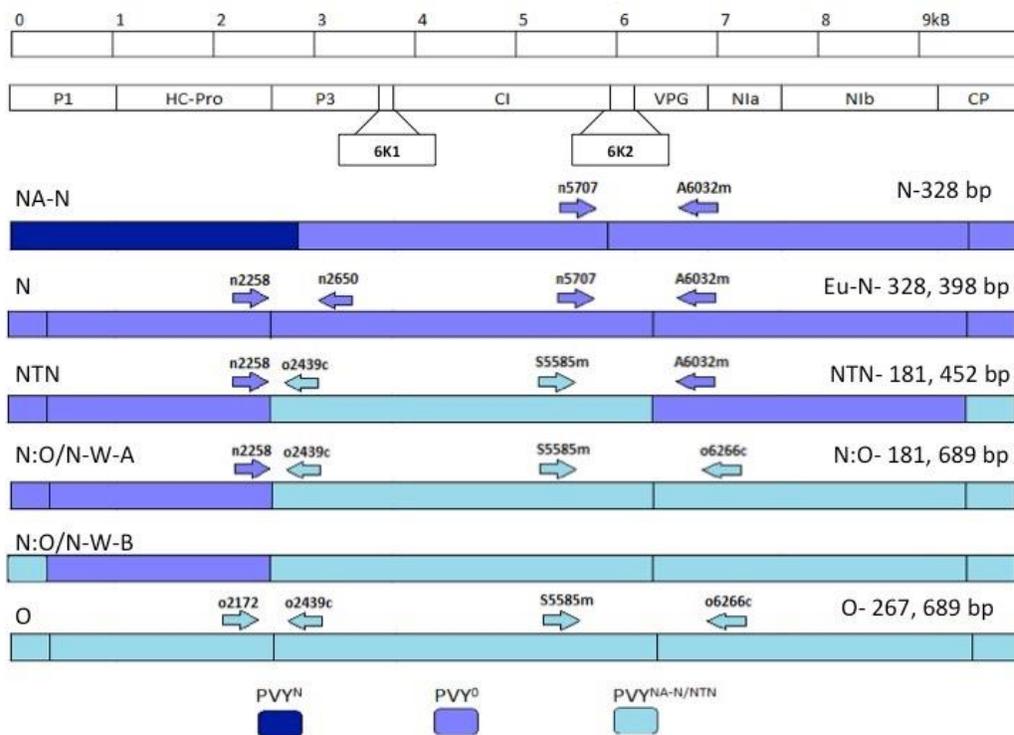
Nombre partidor	Secuencia 5'- 3'	Tamaño de amplicón
PVY-F	ATACTCGRGCAACTCAATCACA	166 pb
PVY-R	CCATCCATCATAACCCAAACTC	



**Figura 1.4:** Gel de Agarosa 1.5%, electroforesis de identificación de PVY con partidores descritos por Du y cols., (2006). **(CN)** Control negativo. **(M)** Marcador de peso molecular 100 pb; **(1 – 6)** Muestras positivas para PVY; **(C+)** Control positivo clon-166-LFM

Para la caracterización de Razas de PVY, se utilizaron partidores descritos por Lorenzen y cols., (2009), según lo descrito en el artículo la identificación de razas del virus se puede realizar en una reacción de RT-PCR múltiple, es decir probar en una única reacción la amplificación de todos los fragmentos posibles para la identificación de razas, sin embargo una reacción de este tipo es compleja, y exige que la calidad del ARN de partida sea de alta calidad, lo que enlentece y encarece los procedimientos, por lo que inicialmente se optó por realizar las reacciones de RT-PCR por separado, esto considera 6 reacciones de PCR por cada muestra para la tipificación de razas, lo cual es también

bastante lento y costoso pero permite que la calidad de ARN de partida no sea tan alto, en estas condiciones, se optó por optimizar reacciones de RT-PCR Dúplex, es decir, amplificar en una reacción los dos fragmentos característicos de cada raza, en la figura 1.3, se muestra un esquema descrito por Lorenzen, para los amplicones correspondientes a cada raza del virus descrita hasta ahora. Y en la tabla 1.2 se describen las secuencias de los diferentes partidores utilizados para este protocolo de tipificación de razas y en la tabla 1.3 se muestran las combinaciones de partidores para la obtención de los diferentes amplicones. En las figuras 1.4 – 1.10 se muestran resultados de RT-PCR tipo múltiple, independiente y Dúplex.



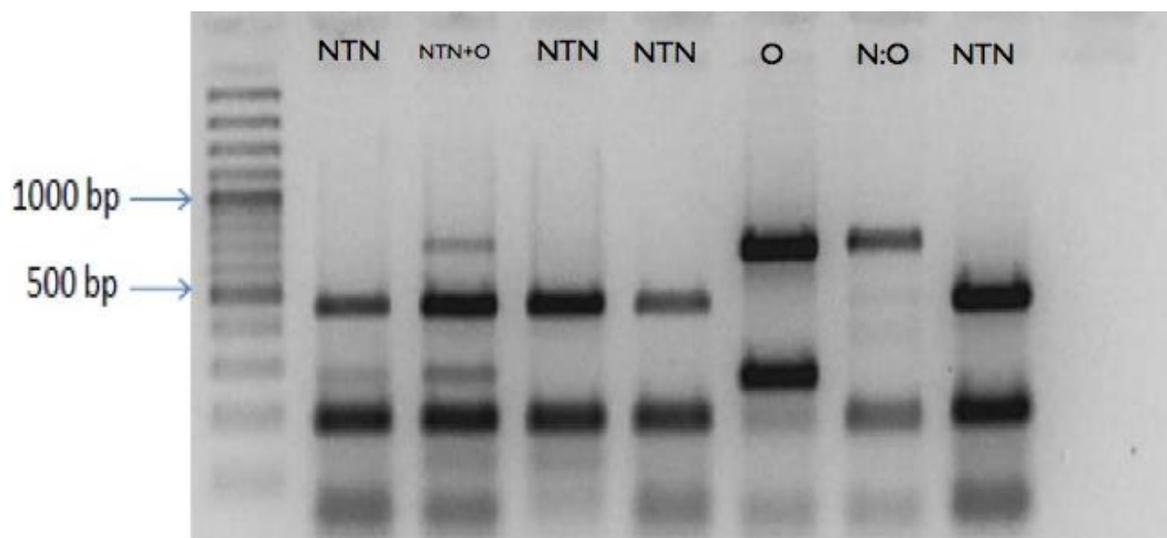
**Figura 1.3:** Esquema de razas descrito por Lorenzen y cols., 2006

**Tabla 1.2:** Secuencia 5'- 3' de partidores utilizados para la tipificación de razas de PVY según Lorenzen.

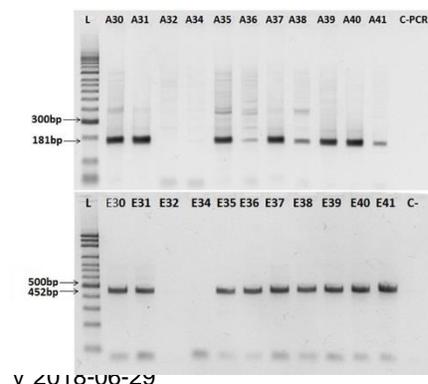
Nombre	Secuencia 5'-3'
n2172	CAACTATGATGGATTTGGCGACC
n2258	GTCGATCACGAAACGCAGACAT
o2439c	CCCAAGTTCAGGGCATGCAT
n2650c	TGATCCACAACCTCACCGCTAACT
n5707	GTGTCTCACCAGGGCAAGAAC
o6266c	CTCCTGTGCTGGTATGTCCT
S5585m	GGATCTCAAGTTGAAGGGGAC
A6032m	CTTGCGGACATCACTAAAGCG

**Tabla 1.3:** Combinación de partidores para la identificación de razas de PVY según Lorenzen.

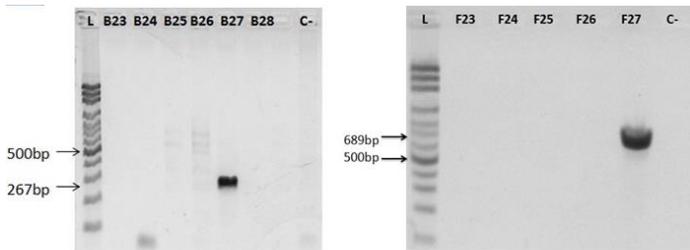
Combinación de Partidor	Tamaño del amplicón (pb)	Razas Blanco
n2258 + o2439c	181	PVY-NTN, PVY-N:O
o2172 + o2439c	267	PVY-O
n2258 + n2650c	398	PVY-N
n5707 + A6032m	328	PVY-N, PVY-Na-N, PVY-NTN
S5585m + A6032m	452	PVY-NTN
S5585m + o6266c	689	PVY-O, PVY-N:O



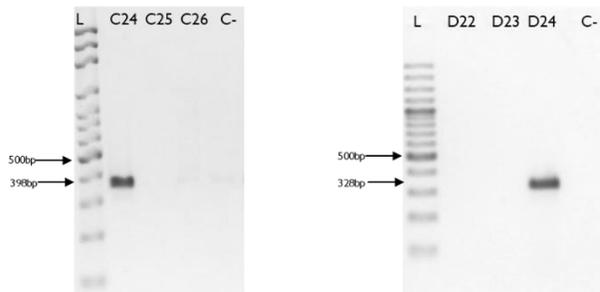
**Figura 1.4:** Gel agarosa 1.5% prueba RT-PCR Múltiplex. Se muestra la identificación de raza correspondiente en cada carril. **(NTN)**: amplicones de 181 y 452 pb; **(O)**: amplicones de 267 y 689 pb. **(N:O)**: amplicones de 181 y 689 pb.



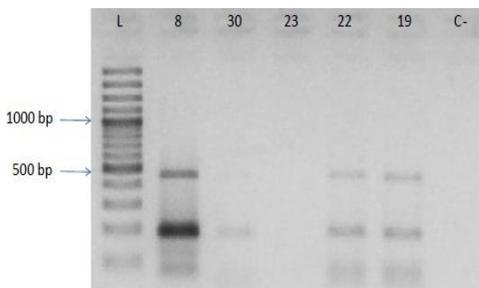
**Figura 1.5:** Gel agarosa 1.5% prueba RT-PCR Individual. Arriba gel amplificación fragmento n2258 + o2439c 181 pb, y abajo amplificación fragmento S5585m + A6032m 452 pb. La combinación de fragmentos determina raza PVY-NTN.



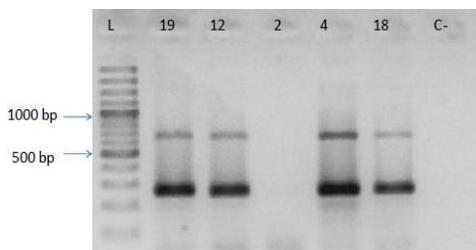
**Figura 1.6:** Gel agarosa 1.5% prueba RT-PCR Individual. Izquierda gel amplificación fragmento o2172 + o2439c 267 pb, y derecha amplificación fragmento S5585m + o6266c 689 pb. La combinación de fragmentos determina raza PVY-O.



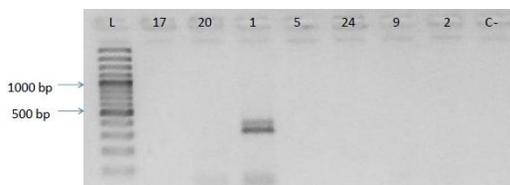
**Figura 1.7:** Gel agarosa 1.5% prueba RT-PCR Individual. Izquierda gel amplificación fragmento n2258 + n2650c 398 pb, y derecha amplificación fragmento n5707 + A6032m 328 pb. La combinación de fragmentos determina raza PVY-N.



**Figura 1.8:** Gel agarosa 1.5% prueba RT-PCR Dúplex-NTN. Amplificación fragmento n2258 + o2439c 181 pb, y fragmento S5585m + A6032m 452 pb.

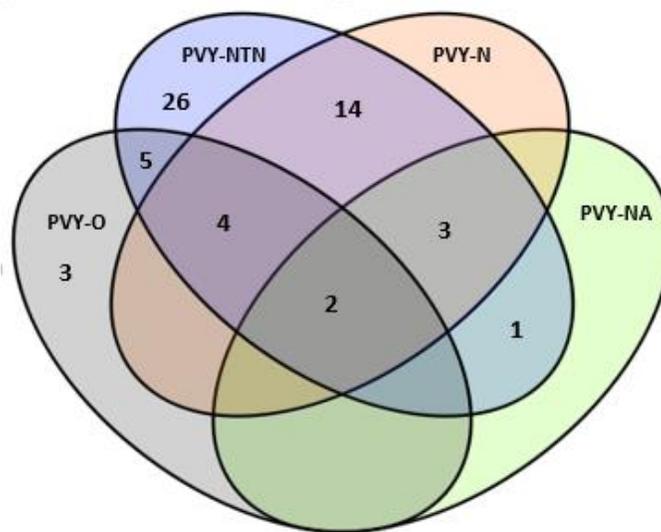


**Figura 1.9:** Gel agarosa 1.5% prueba RT-PCR Dúplex-O. Amplificación fragmento o2172 + o2439c 267 pb, y fragmento S5585m + o6266c 689 pb.



**Figura 1.10:** Gel agarosa 3% prueba RT-PCR Dúplex-N. Amplificación fragmento n2258 + n2650c 398 pb, y fragmento n5707 + A6032m 328 pb.

El análisis de las muestras correspondientes al programa de certificación de semillas mostró que de las 65 muestras analizadas no fue posible determinar la raza presente en 7 de ellas, de las 58 restantes, 55 son positivas para PVY-NTN, en infección única (26) y en infección mixta, es acompañada de otra raza (29); 14 son positivas para PVY-O, en infección única (3) y en infección mixta (11), finalmente la raza N, se encontró en 25 muestras, siempre acompañada de otras razas, ya sea NTN u O, y también variantes de la misma raza N, conocida como Na-N. En la figura 1.11 hay un diagrama de Venn que muestra la distribución de las razas y las combinaciones encontradas, en la tabla 1.4 se entrega el detalle de las muestras correspondientes al programa de certificación de semillas.



**Figura 1.11:** Diagrama de Venn con la distribución de razas en muestras del programa de certificación de semillas.

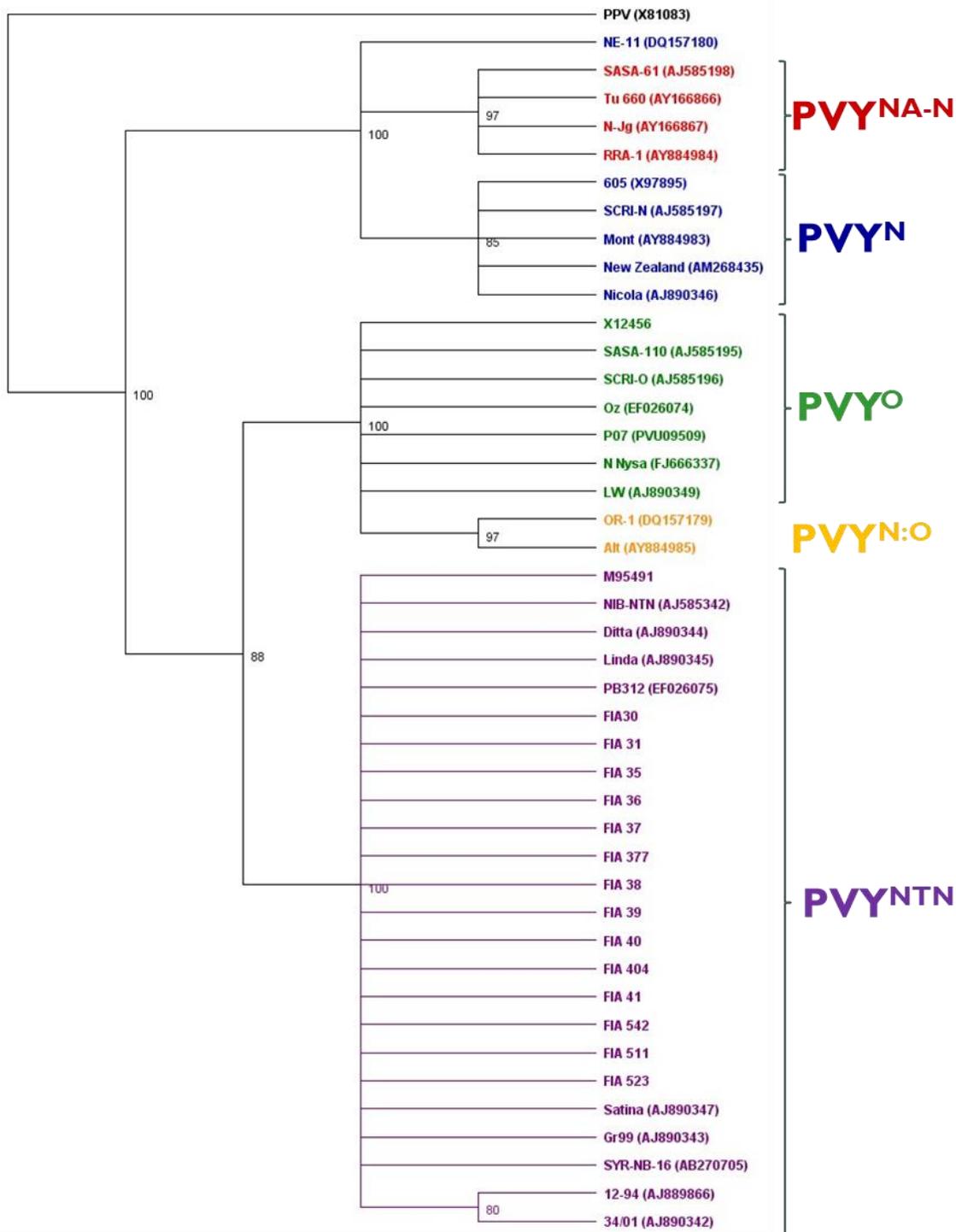
**Tabla 1.4:** Colección de aislados TPS del programa de certificación de Semillas SAG

Muestra	Variedad	Nº planta	Razas
F1	Shepody	113	O
F2	Red Scarlett	128	N.D.
F3	Asterix	79	NTN
F4	Shepody	31	O
F5	Puyehue	116	NTN

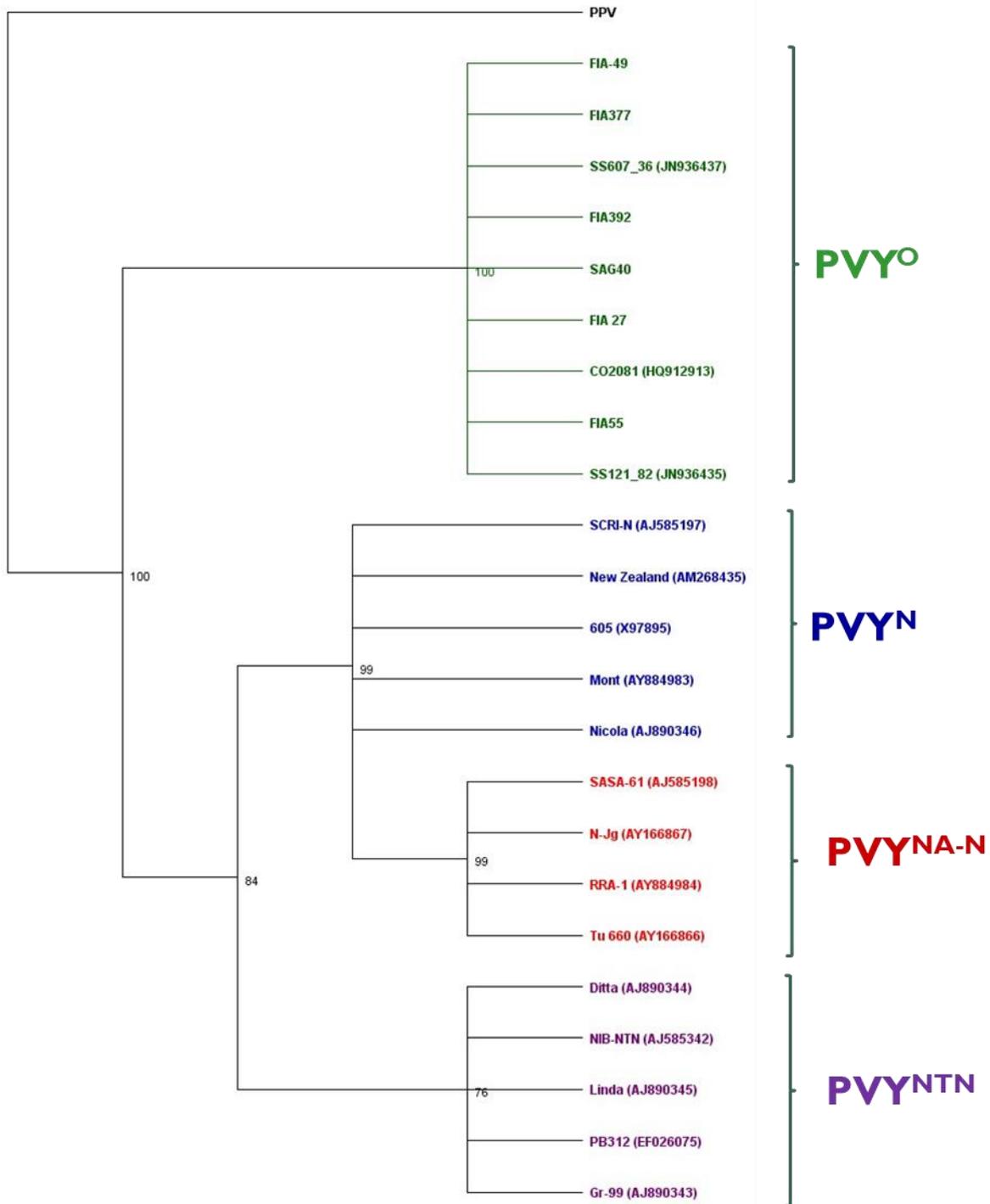
F6	Asterix	63	NTN
F7	Corrado	70	N.D.
F8	Symfonia	405	N.D.
F9	Atlantic	108	N.D.
F10	Puyehue	234	NTN
F11	Desiree	146	NTN
F12	FL-1867	19	N.D.
F13	Atlantic	151	NTN
F14	Atlantic	27	NTN
F15	Atlantic	18	NTN, NA
F16	Desiree	188	N.D.
F17	Atlantic	177	NTN
F18	Cardinal	58	NTN
F19	FL-1867	86	NTN
F20	Rosi	28	NTN
F21	Rosi	100	NTN
F22	Asterix	53	N, NTN
F23	Desiree	66	NTN
F24	Yagana	21	NTN
F25	Desiree	14	NTN
F26	Flamenco	18	NTN
F27	Flamenco	5	NTN
F28	Desiree	36	NTN
F29	Asterix	89	NTN
F30	Yagana	37	NTN, O
F31	Rodeo	16	O
F32	Pukará	56	NTN
F33	Desiree	94	NTN
F34	Pukará	43	NTN
F35	Pukará	28	NTN
F36	Cardinal	69	N, NTN
F37	Atlantic	93	N, NTN
F38	Pukará	20	N, NTN
F39	Pukará	7	N, NTN, NA
F40	Pukará	15	N, NTN
F41	Pukará	30	N, NTN, NA
F42	Atlantic	62	N, NTN
F43	Atlantic	113	N, NTN, NA
F44	Atlantic	18	N.D.
F45	FL 1867	54	N, NTN, O
F46	Verdi	51	NTN, O

F47	Puyehue	44	N, NTN, O
F48	Puyehue	34	NTN, O
F49	FL 1867	2	NTN, O
F50	FL 1867	19	NTN, O
F51	Pukará	45	N, NTN
F52	FL 1867	97	N, NTN, O
F53	FL 1867	104	N, NTN, NA, O
F54	Pukará	5	N, NTN, O
F55	Pukará	72	N, NTN, NA, O
F56	Karú	40	N, NTN
F57	Karú	93	N, NTN
F58	Karú	58	N, NTN
F59	Puyehue	50	N, NTN
F60	Karú	41	NTN
F61	Patagonia	16	N, NTN
F62	Puyehue	70	N, NTN
F63	Puyehue	20	N, NTN
F64	Patagonia	42	NTN
F65	Puyehue	13	NTN

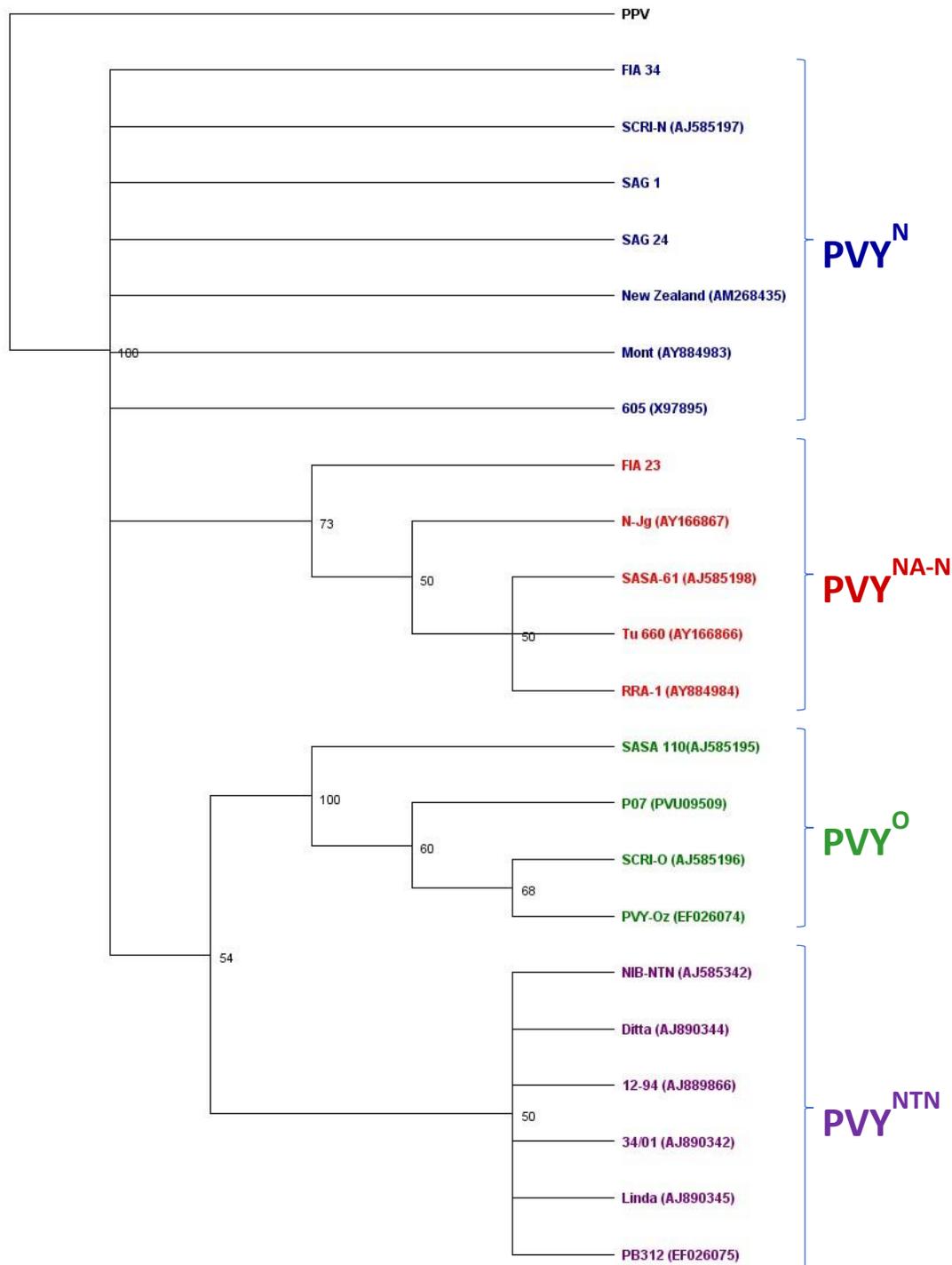
Algunas de los amplicones obtenidos en PCR simple para las diferentes razas, fueron secuenciados tipo Sanger, las secuencias fueron analizadas en Geneious v.8.1.8 (Biomatters), y posteriormente se realizaron árboles filogenéticos utilizando el método del vecino más cercano y secuencias de aislados de las diferentes razas de PVY disponibles en la base de datos pública NCBI, además se utilizó como grupo externo una secuencia de otro potyvirus PPV (*Plum Pox Virus*). En las figuras 1.12 – 1.14 se pueden ver los árboles generados para cada una de las razas.



**Figura 1.12:** Árbol filogenético construido con el método del vecino más cercano, con los fragmentos de 452 pb de muestras tipificadas como PVY-NTN. En el clado de color morado se observa los aislados chilenos (FIA) asociados con otros aislados PVY-NTN cuyas secuencias están disponibles en la base de datos pública NCBI, en paréntesis se indican los números de acceso de todas las secuencias utilizadas.



**Figura 1.13:** Árbol filogenético construido con el método del vecino más cercano, con los fragmentos de 689 pb de muestras tipificadas como PVY-O. En el clado de color verde se observa los aislados chilenos (FIA, SAG) asociados con otros aislados PVY-O cuyas secuencias están disponibles en la base de datos pública NCBI, en paréntesis se indican los números de accesoión de todas las secuencias utilizadas.



**Figura 1.14:** Árbol filogenético construido con el método del vecino más cercano, con los fragmentos de 328 pb de muestras tipificadas como PVY-N y PVY-Na-N. En el clado de color azul se observa que los aislados chilenos (FIA, SAG) asociados con otros aislados PVY-N y en el clado rojo se observa un aislado chileno asociado con otros aislados PVY-Na-N, en paréntesis se muestran los número de accesión para las secuencias de otros aislados utilizados en esta construcción.

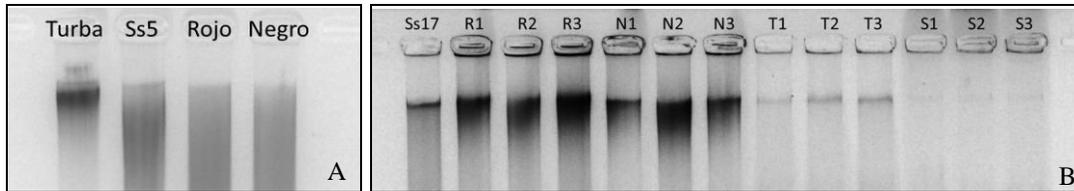
La implementación de la detección de Sss mediante PCR se realizó a partir de quistosoros y muestras de suelo que fueron previamente inoculadas con aislados de Sss, los cuales resultaron previamente positivas al virus del mop-top. El siguiente paso consistió en lograr detectar la presencia de Sss en muestras de suelo, para ello se utilizaron dos enfoques:

- 1) Detección directa desde ADN obtenido desde suelo infectado con Sss.**
- 2) Bioensayo utilizando plantas cebo (tomate), método indirecto.**

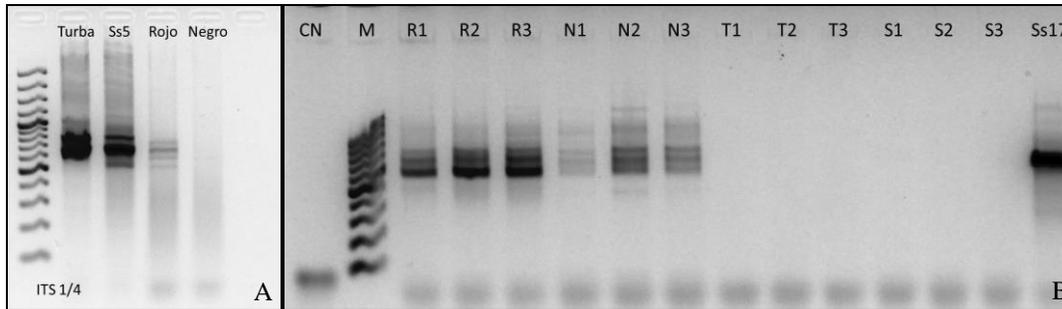
En ambos casos se utilizaron dos muestras sospechosas de la presencia de Sss de la Región de Los Lagos (suelos rojo y negro), junto con una muestra de turba (control negativo) y una muestra de turba inoculada previamente con quistosoros de Sss capaz de transmitir PMTV.

En el primer enfoque, se evaluó dos métodos de extracción, kit EZNA Soil DNA (OMEGA) a partir de 0,2 g de suelo y un método basado en el protocolo descrito por Bell et al. (1999), donde se evaluaron los mismos suelos en triplicado y se adicionó un control positivo de quistosoros de Sss obtenidos de La Serena (Ss17). Entre ambos métodos, el segundo método muestra DNAs de mejor calidad (Figura 1.15) Posteriormente, se realizó un PCR universal para evaluar la presencia de hongos en las muestras, la aparición de varias bandas puede ser indicativo de la presencia de más de una especie de hongo presente en las muestras evaluadas (figura 1.16). Finalmente, PCR específicos para Sss, a partir de DNA obtenido con el segundo métodos de extracción, logrando amplificar banda única en submuestras de suelo rojo (R2 y R3), suelo negro (N3), turba (T2) y turba inoculada con Sss (S1, S2 y S3). Sin embargo, el amplicón obtenido presenta mayor peso molecular que el amplicón observado en el control positivo (Ss17), por lo que en paralelo se evaluó el uso de plantas trampas susceptibles a Sss (Figura 1.17).

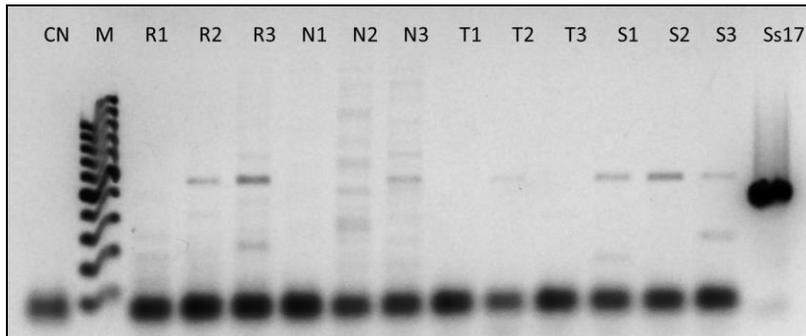
Para el bioensayo con plantas trampa se utilizaron plantines de tomate. Al cabo de 120 dpt no se observó la presencia de quistes en las raíces, por lo tanto se realizó una extracción de DNA de raíces. Utilizando el DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) se obtuvo DNA que fue utilizado para subsiguiente reacción de PCR, dando como positivo la muestra de DNA de raíces proveniente de suelo rojo presenta una banda a la misma altura que los controles positivos que se utilizaron (Ss14 y Ss17), por lo que secuenció de forma directa desde el producto de PCR para determinar su identidad. El amplicón obtenido desde DNA de raíces de tomate trasplantado en suelo rojo fue secuenciado por el método de Sanger (Austral OMICS) en ambos sentidos utilizando los partidores específicos SsF y SsR disponibles en el laboratorio. El ensamble de las secuencias obtenidas utilizando Geneious® v8.1.8 (Biomatters Ltd.) permitieron la formación de una secuencia consenso de alrededor de 430 bases con un valor HQ fue de 94%, esto corresponde al porcentaje de bases de una secuencia de buena calidad. Al comparar la secuencia consenso obtenida con la base de datos disponibles en GenBank (NCBI) se obtuvo que el amplicón tuvo un 100% de identidad nucleotídica con un aislado de *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* (N° accesión: AY604172), validando los partidores utilizados para la detección de Sss.



**Figura 1.15:** DNA obtenido de muestras de suelo mediante dos métodos de extracción. **(A)** usando el EZNA Soil DNA kit OMEGA; **(B)** mediante protocolo descrito por Bell et al, 1999



**Figura 1.16.** PCR universal para hongos (ITS1/ITS4). **(A)** fragmentos amplificados a partir de DNA obtenido con kit comercial (OMEGA); **(B)** amplicones obtenidos a partir de DNA extraído según protocolo descrito por Bell *et al.* (1999).



**Figura 1.17.** PCR específico para *S. subterranea* (SsF/SsR) para muestras extraídas mediante método descrito por Bell *et al.* (1999). **(CN)**, control negativo de PCR; **(M)** Marcador de peso molecular 100 pb; **(R1 a R3)** submuestras de suelo rojo; **(N1 a N3)** submuestras de suelo negro; **(T1 a T3)** submuestras de turba; **(S1 a S3)** submuestras de suelo inoculado con Sss; **(Ss17)** control positivo de Sss derivado de DNA de quistosoros.

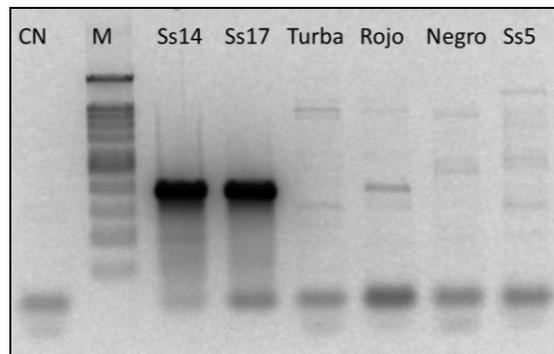
Para el ensayo con plantas trampa se utilizaron plantines de tomate, en la figura 1.18 se aprecian las macetas que corresponden a los tratamientos:

- Turba: control negativo para Sss.
- Rojo y Negro: plantines en suelos a evaluar la presencia de Sss.
- Ss5: mezcla de turba e inóculo de quistosoros de Sss obtenida en un predio de Puerto Montt.

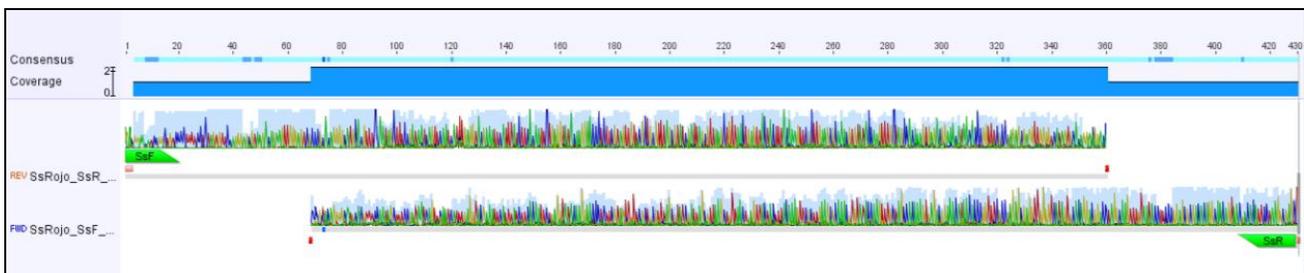
Al cabo de 120 dpt no se observó la presencia de quistes en las raíces, por lo tanto se realizó una extracción de DNA de raíces.



**Figura 1.18.** Montaje de bioensayo de plantas trampa para Sss. De izquierda a derecha turba se utilizó suelo de turba, suelo rojo, suelo negro y suelo inoculado con Ss (Ss5), en todos los tratamientos se utilizaron plántulas de tomate.



**Figura 1.19.** PCR específico para Sss a partir de DNA obtenido de raíces de plantas de tomate. **(CN)** control negativo de PCR; **(M)** marcador de peso molecular 100 pb; Ss14 y Ss17, controles positivos de Sss; Turba, Rojo, Negro y Ss5.



**Figura 1.20.** Ensamble de lecturas de secuencias de Sss obtenidas de DNA de raíces de suelo rojo. En el ensamble se observan secuencias de buena calidad, en verde la ubicación de los partidores específicos SsF y SsR.

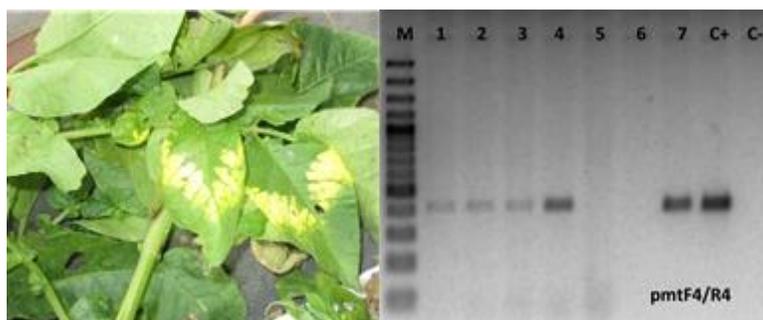
Hit Table	Query Centric View	Distances	Info						
<input checked="" type="checkbox"/>	Bit-Score ▾	E Value	Grade	Name	Description	% Pairwise I...	Sequence Length	% Identical ...	Query coverag
<input checked="" type="checkbox"/>	769.521	0	99.9%	AY604172	Spongospora subterranea f. sp. subterranea type II 18S ribosomal RNA ge...	100.0%	426	100.0%	99.77%
	769.521	0	99.9%	AF102819	Spongospora subterranea 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; inter...	100.0%	426	100.0%	99.77%
	756.898	0	99.6%	EF593112	Spongospora subterranea cultivar Agrida 18S ribosomal RNA gene, partial se...	99.5%	428	99.5%	99.77%
	749.684	0	99.6%	AF104308	Spongospora subterranea 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; inter...	99.4%	426	99.3%	99.77%
	715.42	0	98.4%	Y12829	S. subterranea 5.8S rRNA gene and two internal transcribed spacers	97.0%	431	97.0%	99.77%
	715.42	0	98.4%	AF305697	Spongospora subterranea f. sp. subterranea 18S ribosomal RNA gene, parti...	97.0%	431	97.0%	99.77%
	715.42	0	98.4%	AF102820	Spongospora subterranea 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; inter...	97.0%	431	97.0%	99.77%
	695.583	0	95.5%	KF018360	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 1 internal transcrib...	99.7%	390	99.7%	91.33%
	691.977	0	95.4%	KF018362	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 16 internal transcri...	99.5%	390	99.5%	91.33%
	686.566	0	95.3%	KF018370	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 19 internal transcri...	99.2%	390	99.2%	91.33%
	682.96	0	95.2%	KF018363	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 2 internal transcrib...	99.0%	390	99.0%	91.33%
	668.533	0	94.8%	KF018374	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 13 internal transcri...	98.2%	390	98.2%	91.33%
	664.926	0	94.6%	KF018378	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 18 internal transcri...	97.9%	390	97.9%	91.33%
	664.926	0	94.6%	KF018371	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 10 internal transcri...	97.9%	390	97.9%	91.33%
	659.516	0	94.5%	KF018377	Spongospora subterranea f. sp. subterranea haplotype 17 internal transcri...	97.7%	390	97.7%	91.33%
	621.645	4.14e-174	95.0%	KF208654	Spongospora subterranea f. sp. subterranea 18S ribosomal RNA gene, parti...	93.6%	420	93.6%	96.49%
	556.724	1.45e-154	86.1%	KUJ182465	Spongospora subterranea f. sp. subterranea isolate ZW 38 internal transcri...	100.0%	308	100.0%	72.13%
	556.724	1.45e-154	86.1%	KUJ182462	Spongospora subterranea f. sp. subterranea isolate ZW 30 internal transcri...	100.0%	308	100.0%	72.13%
	556.724	1.45e-154	86.1%	KUJ182456	Spongospora subterranea f. sp. subterranea isolate ZW 32 internal transcri...	100.0%	308	100.0%	72.13%
	554.921	5.05e-154	85.9%	KUJ182467	Spongospora subterranea f. sp. subterranea isolate SA 41 internal transcrib...	100.0%	307	100.0%	71.90%

**Figura 1.21.** Comparación de fragmento secuenciado mediante BLASTn con la base de datos disponible en GenBank usando el software Geneious v.8.1.8 (Biomatters). El fragmento presenta un 100% de identidad nucleotídica con un aislado de *Spongospora subterranea* f.sp. subterranea (Accesión n° AY604172).

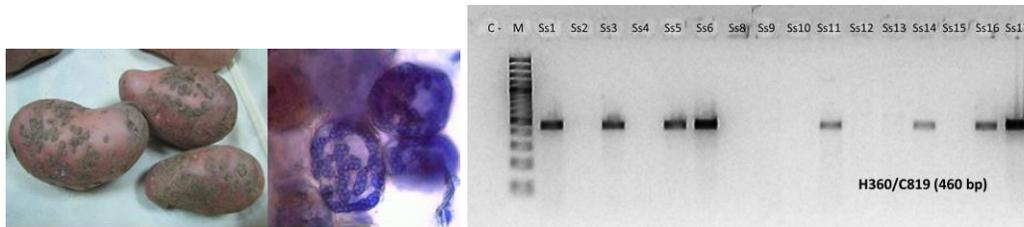
Finalmente la estandarización de protocolos para detección de PMTV se realizó a partir de tejido foliar infectado con partidores pmtF4 y pmtR4, y también se realizaron detecciones a partir de quistosoros con partidores H360 y C819 ambos set de partidores descritos por Xu y cols., (2004) (Ver tabla 1.5) y en las figura 1.22 y 1.23 se muestran resultados de detección según set de partidores y matrices.

**Tabla 1.5** Partidores para identificación de PMTV descritos por Xu y cols.

Nombre	Secuencia 5' - 3'	Tamaño amplicón (pb)
pmtF4	CAGCAACCACAAACAGACAGG	417
pmtR4	AAGCCACTAACAAAACATACTGC	
H360	CATGAAGGCTGCCGTGAGGAAGT	460
C819	CTATGCACCAGCCCAGCGTAACC	



**Figura 1.22:** Identificación de PMTV a partir de tejido foliar. **(Izquierda)** Tejido foliar con sintomatología típicamente asociada a infección por PMTV. **(Derecha)** Gel agarosa 1.5% identificación de PMTV por RT-PCR con partidores pmtF4/pmtR4: **(M)** Marcador de peso molecular 100 pb; **(1-4 y 7)** Muestras positivas a PMTV; **(6)** muestra negativa a PMTV; **(C-)** Control negativo.



**Figura 1.23: (Izquierda)** muestras de papa con síntomas de Sarna polvorienta asociados a *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* (Sss) y Tinción con azul de lactofenol de cortes de quistosoros, donde se observan esporas de Sss (spore ball) vistos al microscopio (40X). **(Derecha)** Gel de agarosa al 1.5% para identificación de PMTV con partidores H360 y C819: **(C-)** Control negativo; **(Ss1, Ss3, Ss5, Ss6, Ss11, Ss14, Ss16, Ss17)** Muestras positivas a PMTV; **(Ss2, Ss4, Ss8, Ss9, Ss10, Ss12, Ss13, Ss15)** Muestras negativas a PMTV .

## Referencias

- Du, Z., Chen, J., and C. Hiruki. 2006. Optimization and application of a multiplex RT-PCR system for simultaneous detection of five potato viruses using 18S rRNA as an internal control. *Plant Disease* 90:185-189.
- Lorenzen, J., Piche, L., Gudmestad, N., Shiel, P. 2006. A Multiplex PCR Assay to Characterize Potato virus Y Isolates and Identify Strain Mixtures. *Plant Disease* 90(7):935-940.
- Xu, H., DeHaan, T.-L., and S.H. De Boer. 2004. Detection and confirmation of Potato mop-top virus in potatoes produced in the United States and Canada. *Plant Disease* 88:363-367.

## Anexo 2: Informe resultados O.E. 2

En conjunto con los socios productores, se procedió a la elección de la ubicación de los predios en que se realizarían la colecta de áfidos para ambas temporadas, incluyendo las variedades de papa que les interesaba evaluar (Tabla 1, figura 2.1). En cada predio se instalaron dos trampas, una entre hileras (Trampa interna) para determinar los áfidos colonizadores y otra fuera del ensayo (Trampa externa) para determinar los áfidos que se mueven en cada sector (figura 2.2). Las colectas de áfidos estuvieron a cargo de los socios y se realizaron 2 veces por semana desde la fecha de plantación, las muestras fueron enviadas a la Unidad de Entomología del SAG (Osorno) para su identificación (figura 2.3).

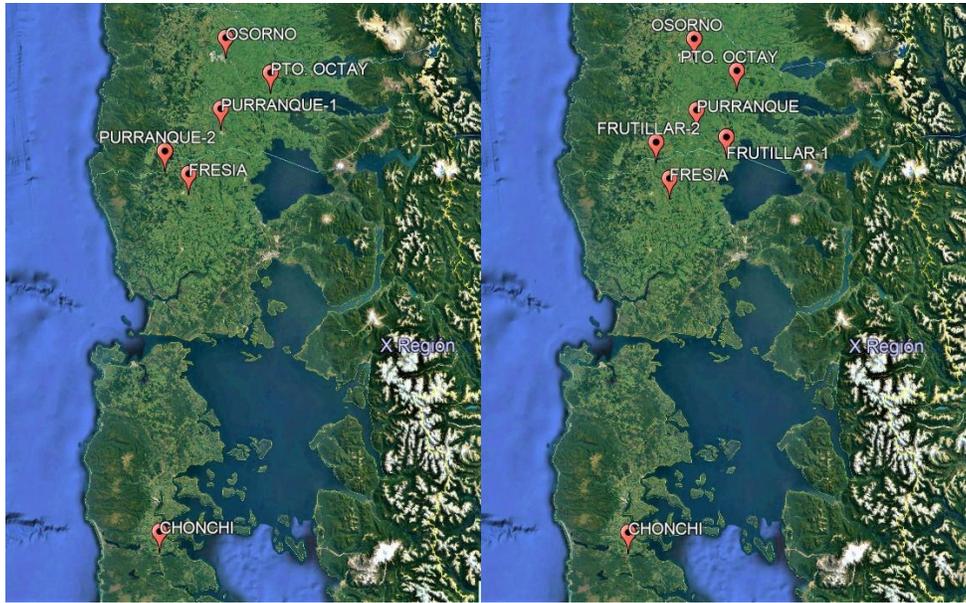
El monitoreo de áfidos es clave para:

- Identificar las especies que están llegando al cultivo se puede
- Determinar el riesgo de dispersión de virus y colonización por vectores.

**Tabla 2.1.** Establecimiento de trampas Moericke para el monitoreo de áfidos en semilleros de papa de la región de Los Lagos.

Temporada 2016-2017		Temporada 2017-2018	
Localidad	Variedad	Localidad	Variedad
Purranque-1	FL-1867	Frutillar-1	Romano
Fresia	VR-808	Purranque	FL-1867
Puerto Octay (Cancura)	Atlantic	Fresia-La Isla	Línea C4
Purranque-2 (La Naranja)	Zina-red	Puerto Octay (Cancura)	Atlantic
Chonchi -Chiloé	Romano	Frutillar-2	Mozart
Osorno	Rodeo	Chonchi -Chiloé	Romano
Mantilhue*	Patagonia	Osorno	Rodeo

\*El predio de Mantilhue está ubicado en la región de Los Ríos.



**Figura 2.2.** Ubicación de trampas Moericke para el monitoreo de áfidos en semilleros de papa de la región de Los Lagos para las temporadas 2016-2017 (izquierda) y 2017-2018 (derecha).



**Figura 2.2.** Montaje de trampas Moericke (trampas amarillas) en predios. Izquierda, trampa interna y a la derecha trampa externa protegida para evitar derrame o ataque de animales.



**Figura 2.3.** Proceso de colecta e identificación de áfidos obtenidos en las trampas amarillas.

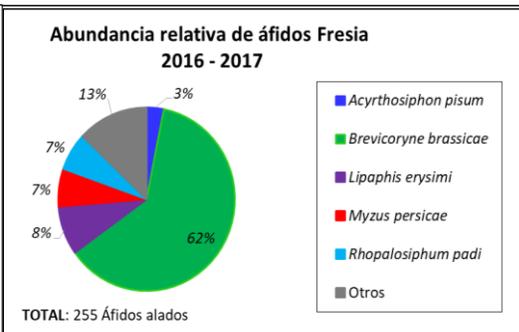
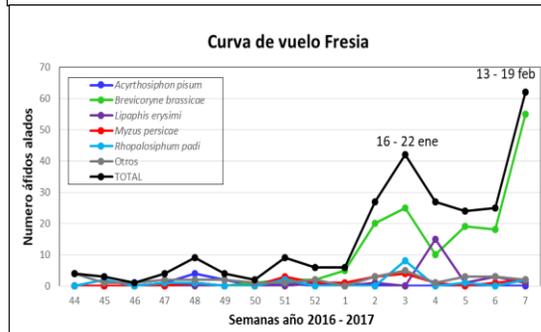
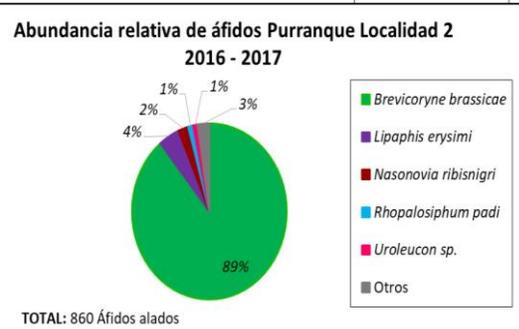
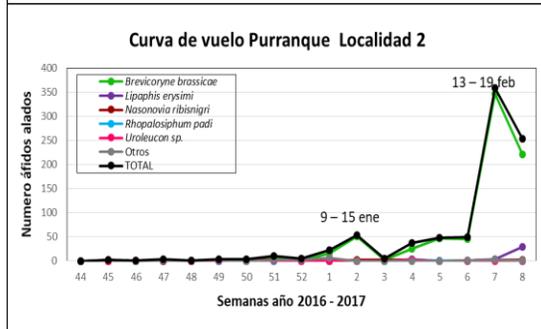
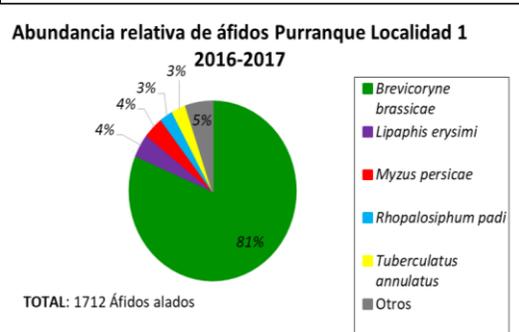
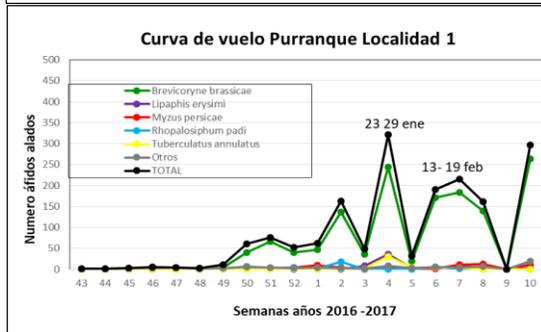
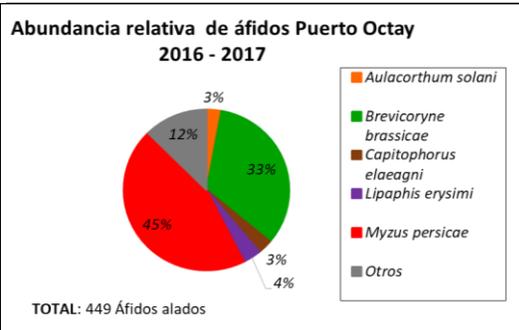
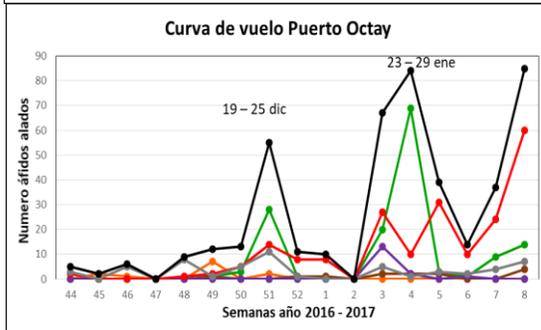
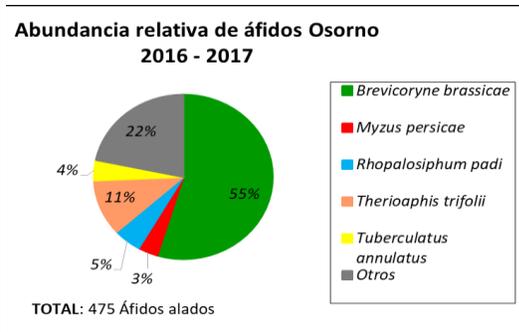
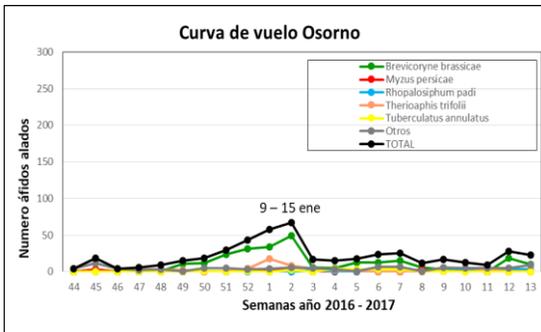
### Curvas de vuelo e ID de áfidos

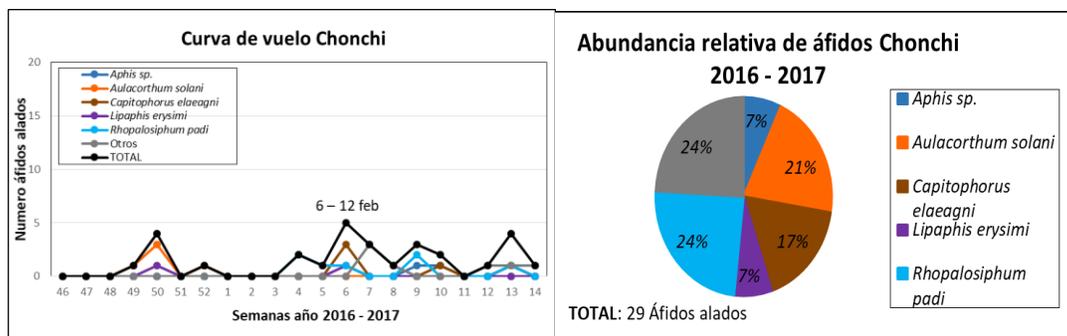
Para la primera temporada, el monitoreo de áfidos y las consecuentes curvas de vuelo se realizaron durante el período comprendido entre la semana 44 del año 2016 y la semana 14 del año 2017, tanto para las trampas internas (T1) como para trampas externas (T2).

El predio con mayor presencia de áfidos corresponde al predio ubicado en Osorno, donde no se realizó manejo agroquímico. Aquí el *peak* de captura de la trampa interna se produjo en la semana 51 (2016) con 253 individuos, mientras que en la trampa externa el *peak* se produjo en la semana 2 (2017) con 67 individuos capturados. En total se colectaron 1433 áfidos en la trampa interna y 475 en la trampa externa, la especie más abundante fue *Brevicoryne brassicae* con un 78% y 55% respectivamente. Otras especies encontradas en estos predios, tanto en trampas internas como externas fueron: *Myzus persicae*, *Lipaphis erysimi*, *Rophalosiphum padi*, *Tuberculatus annulatus*, *Theriphis trifolii*.

Por el contrario, el predio en donde se colectaron la menor cantidad de áfidos fue el ubicado en Chonchi, Chiloé, que tuvo su *peak* de captura en la trampa interna en la semana 14 (2017) con 16 individuos, mientras que trampa externa marcó el *peak* en la semana 6 (2017) con 5 individuos. En este predio se colectó un total de 72 áfidos en la trampa interna y 29 en la trampa externa. La especie más abundante encontrada en la Trampa Interna fue *Capitophorus elaeagni* (22%), además se identificaron las especies *Rophalosiphum padi* (17%), *Brevicoryne brassicae* (12%) y *Myzus persicae* (11%). Mientras que, en la trampa externa, la especie más abundante fue *Rophalosiphum padi* (24%) y también fue posible encontrar *Aulacorthum solani* (21%), *Capitophorus elaeagni* (17%) y *Lipaphis erysimi* (7%).

En el análisis general de los áfidos colectados en todos los predios, tanto en trampas internas como externas, durante la primera temporada de este ensayo, las especies más abundantes fueron: *B. brassicae* y *M. persicae*. La figura 2.5 representa un resumen con las curvas de vuelo para las trampas externas, áfidos que se mueven por el sector evaluado, donde se muestran los *peaks* de captura junto con la identificación de las principales especies capturadas en cada sector o predio.





**Figura 2.4.** Resumen de Curvas de vuelo y abundancia relativa de trampas externas para todos los predios bajo monitoreo de la primera temporada de colecta.

El monitoreo de áfidos de la segunda temporada arrojó como resultados que, para el predio ubicado en Osorno se colectó un total de 1443 (T1) y 1874 áfidos (T2). El peak de la temporada se detectó en la semana 52 (26/12/2017 – 29/12/2017) en ambas trampas (T1 y T2) con un total de 253 y 366 individuos capturados respectivamente. La especie dominante corresponde a *Brevicoryne brassicae*.

En el sector de Purranque el total de individuos colectados en T1 fue 115 áfidos, mientras que en la T2 fue de 104 áfidos. El peak de la temporada en T1 se detectó en la semana 08 (19/02/2018 – 23/02/2017) con un total de 43 individuos colectados, mientras que en T2 el pick de detecto en la semana 08 (19/02/2018 – 23/02/2018) con un total de 46 individuos colectados. Las especies dominantes son, *B. brassicae* seguido de lejos por *Aulacorthum solani*.

Para Frutillar-1, hubo un conteo total de individuos alados de 554 áfidos en la T1, mientras que en la T2 fue de 696 áfidos. El peak de la temporada en T1 se detectó en la semana 09 (26/02/2018 – 01/03/2018) con un total de 82 individuos colectados, mientras que en T2 el peak de detecto en la semana 08 (26/02/2018 – 01/03/2018) con un total de 247 individuos colectados. En el otro predio ubicado en Frutillar (2), el total de individuos colectados en T1 fue 409 áfidos, mientras que en la T2 fue de 513 áfidos. El peak de la temporada en T1 se detectó en la semana 50 (13/12/2018 – 15/12/2017) con un total de 123 individuos colectados, mientras que en T2 el peak de detecto en la semana 08 (19/02/2018 – 23/02/2018) con un total de 143 individuos colectados. En ambos predios la especie dominante es *B. brassicae*.

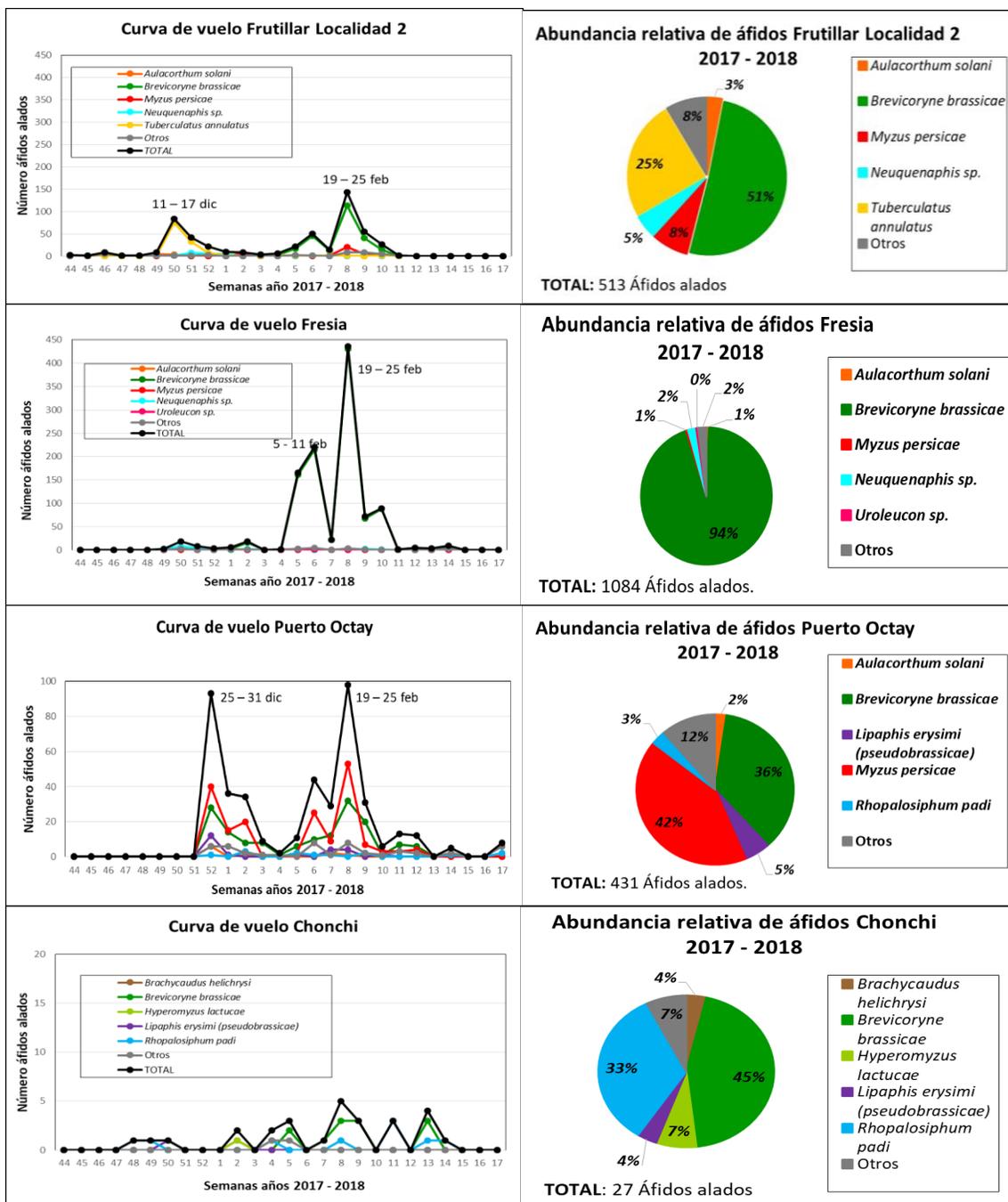
En el sector La Isla en Fresia, el total de individuos colectados en T1 fue 483 áfidos, mientras que en la T2 fue de 1084 áfidos. El peak de la temporada en T1 se detectó en la semana 08 (20/02/2018 – 23/02/2017) con un total de 198 individuos colectados, mientras que en T2 el peak de detecto en la semana 08 (20/02/2018 – 23/02/2018) con un total de 436 individuos colectados. La especie dominante corresponde a *B. brassicae*.

En el predio ubicado en Puerto Octay, el total de individuos colectados en T1 fue 79 áfidos, mientras que en la T2 fue de 431 áfidos. El peak de la temporada en T1 se detectó en la semana 12 (21/03/2018) con un total de 17 individuos colectados, mientras que en T2 el peak de detecto en la semana 08 (20/02/2018 – 23/02/2018) con un total de 98 individuos colectados. Las especies dominantes en T1 son, *Brevicoryne brassicae* (36%), *Myzus persicae* (24%), *Rhopalosiphum padi* (6%), *Neuquenaphis sp.* (8%), *Takecallis arundinariae* (6%), Otros (20%). Las especies dominantes en T2 son *Brevicoryne brassicae* (36%), *Aulacorthum solani* (2%), *Myzus persicae* (42%), *Lipaphis erysimi* (*pseudobrassicae*) (5%), *Rhopalosiphum padi* (3%). Otros (12%).

Finalmente, el último predio ubicado en el sector de Tara en Chonchi (Chiloé), el total de individuos colectados en T1 fue 26 áfidos, mientras que en la T2 fue de 27 áfidos. El peak de la temporada en T1 se detectó en la semana 50 (12/12/2017 – 15/12/2017) con un total de 5 individuos colectados, mientras que en T2 el peak de detecto en la semana 8 (19/02/2018 – 22/02/2018) con un total de 5 individuos colectados. Las especies dominantes en T1 son *Aphis* sp. (7%) *Brevicoryne brassicae* (32%), *Myzus persicae* (4%), *Rhopalosiphum padi* (25%), *Aulacorthum solani* (7%), Otros (25%). Para la T2, las especies dominantes corresponden a *Brachycaudus helichrysi* (4%) *Brevicoryne brassicae* (45%), *Hyperomyzus lactucae* (7%), *Lipaphis erysimi (pseudobrassicae)* (4%), *Rhopalosiphum padi* (33%). Otros (7%).

El resumen de curvas de vuelo y abundancia relativa para todos los predios evaluados se pueden observar en la figura 2.5.

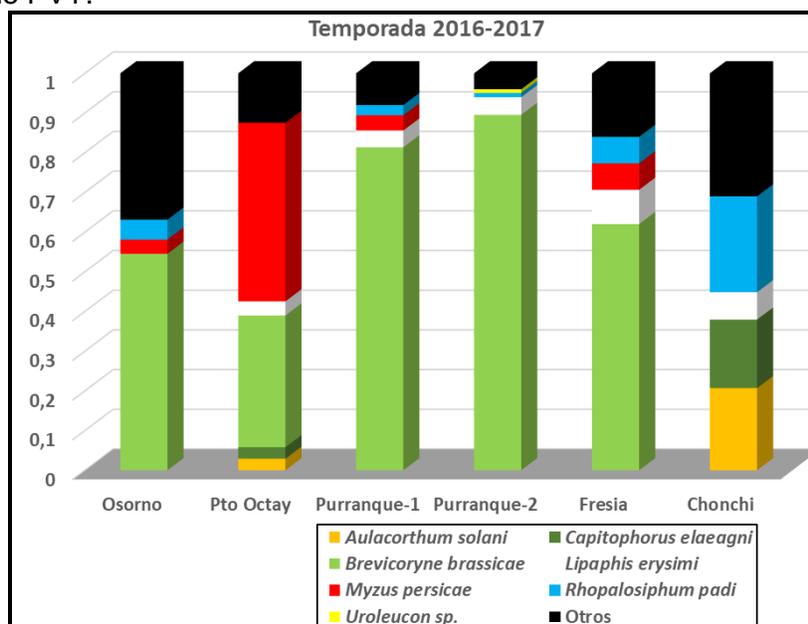




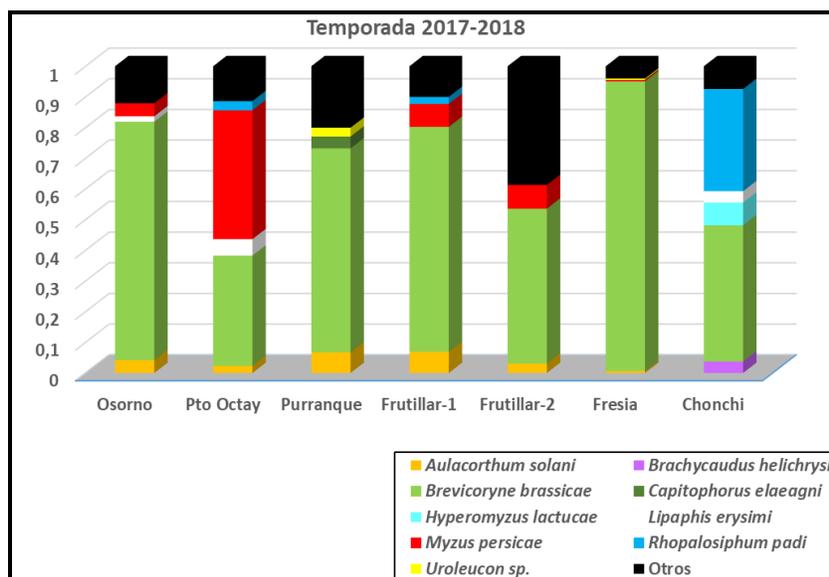
**Figura 2.5.** Resumen de Curvas de vuelo y abundancia relativa de trampas externas para todos los predios bajo monitoreo de la segunda temporada de colecta de áfidos.

Al comparar la abundancia relativa de las principales especies de áfidos identificados (figuras 2.6 y 2.7), vemos que, con excepción de Chonchi, el pulgón de las básicas es el principal áfido alado capturado en los predios evaluados, sólo en Puerto Octay aparece en

mayor medida *M. persicae*, identificado como el vector con mayor eficiencia de transmisión de PVY.

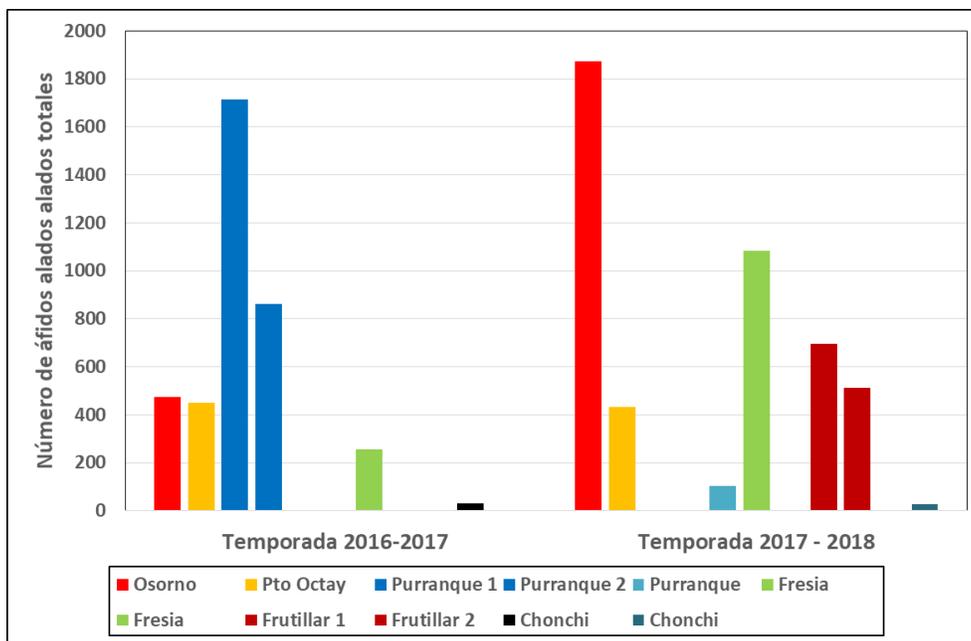


**Figura 2.6.** Abundancia relativa de especies de áfidos alados capturados en trampas Moericke en semilleros de papa de la región de Los Lagos para la temporada 2016-2017.



**Figura 2.7.** Abundancia relativa de especies de áfidos alados capturados en trampas Moericke en semilleros de papa de la región de Los Lagos para la temporada 2017-2018.

En cuanto al número total de áfidos capturados, para ambas temporadas se observa que en Chonchi (Chiloé) presentó el menor número de capturas de áfidos alados (figura 2.8).

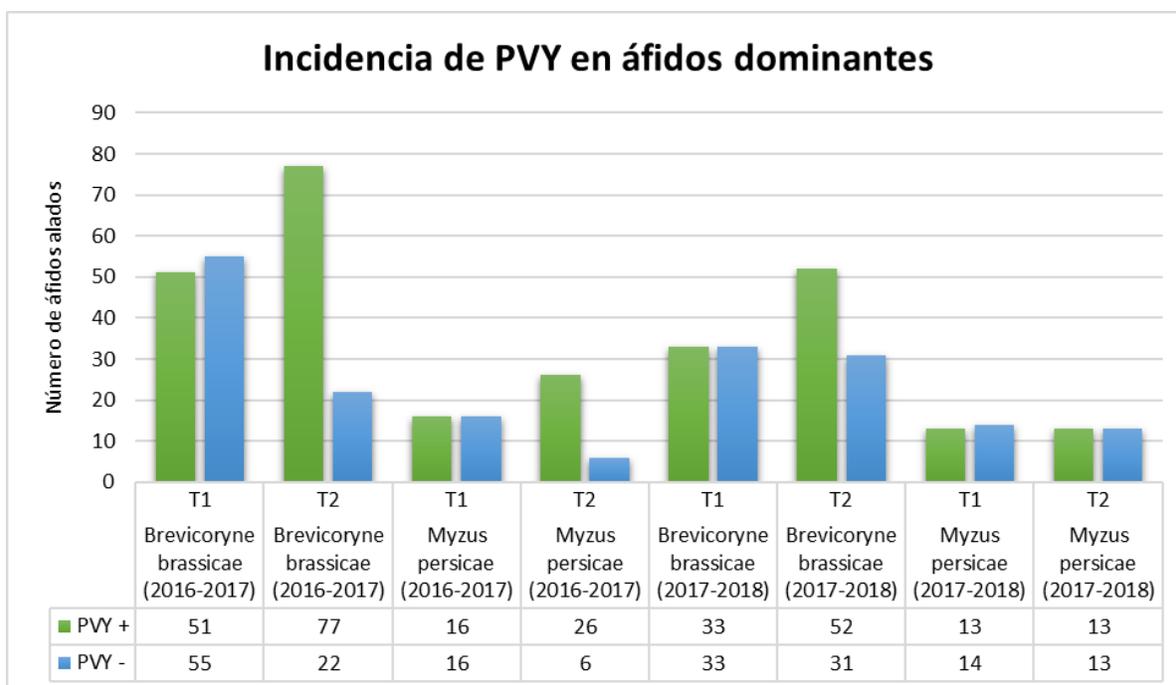


**Figura 2.8.** Áfidos alados totales capturados en trampas Moericke en semilleros de papa Región de Los Lagos durante dos temporadas.

### Presión de inóculo en áfidos y plantas

Asociado a los resultados esperados 2.1 y 2.2, se evaluó la presencia de PVY en áfidos para determinar las especies que estarían dispersando el virus en los sectores evaluados. Para ello, los áfidos para análisis de PVY fueron colectados luego de transcurridas 4, 8 y 12 semanas post-plantación durante las dos temporadas evaluadas, 2016-2017 y 2017-2018. Posterior a su identificación en la Unidad de Entomología de SAG se evaluó la presencia de PVY en un determinado número de áfidos alados.

En total se analizaron 747 áfidos de forma individual, realizando extracciones de ARN y posterior RT-PCT específico para determinar la presencia de PVY. Además, se usó un control interno de amplificación del gen de la Citocromo oxidasa I (COI) de áfidos. Del total de áfidos analizados, 395 resultaron positivos a PVY. Las especies de áfidos mayormente analizados durante ambas temporadas evaluadas correspondieron a *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*, cuyo detalle se ve en la figura 2.9.



**Figura 2.9.** Incidencia de PVY en muestras de áfidos alados de las especies *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae* para las temporadas 2016-2017 y 2017-2018.

Al igual que para el ensayo de presión de inóculo en áfidos, se colectaron para análisis de virus foliolos de plantas transcurridas 4, 8 y 12 semanas post-plantación en cada predio y variedad seleccionada para el ensayo de monitoreo, en cada oportunidad 105 muestras de plantas son analizadas por ELISA. Además, al momento de cosecha de tubérculos se analizaron entre 100 y 120 tubérculos, en pools de 10 muestras, escogidos al azar para determinar la incidencia de PVY en estos. Las tablas 2.2 y 2.3 muestran un resumen con los análisis de detección de PVY de foliolos, áfidos y tubérculos asociados al ensayo de monitoreo.

**Tabla 2.2.** Incidencia de PVY en plantas, áfidos y tubérculos en predios destinados al monitoreo de áfidos durante la temporada 2016-2017.

Localidad	Variedad	30 dpp		60 dpp		90 dpp		Cosecha RT-PCR (pools tubérculos)
		ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	
Purranque-1	FL-1867	0/105	0/10	0/105	15/21	0/105	18/20	0/12
Fresia	VR-808	2/105	0/1	0/105	0/1	1/105	15/18	3/10
Cancura - Puerto Octay	Atlantic	0/105	0/6	0/105	21/33	0/105	9/14	2/12

La Naranja - Purranque-2	Zina-red	0/105	0/0	0/105	8/9	0/105	5/7	0/12
Chonchi - Chiloé	Romano	0/105	0/3	2/105	0/0	1/105	0/2	0/12
Osorno	Rodeo	25/105	0/48	43/105	47/82	66/105	64/84	11/12
Mantilhue*	Patagonia	0/105	9/20	2/105	10/13	1/105	7/9	1/12

\* Mantilhue es el único predio ubicado fuera de la región de Los Lagos.

**Tabla 2.3.** Incidencia de PVY en plantas, áfidos y tubérculos en predios destinados al monitoreo de áfidos durante la temporada 2017-2018.

Localidad	Variedad	30 dpp		60 dpp		90 dpp		Cosecha
		ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	RT-PCR (pooles tubérculos)
Frutillar-1	Romano	1/105	11/12	0/105	17/33	0/105	2/26	0/12
Purranque	FL-1867	0/105	3/3	0/105	9/10	s.a.	s.a.	0/12
Fresia-La Isla	Línea C4	2/105	0/12	2/105	1/3	2/105	0/23	3/10
Cancura – Puerto Octay	Atlantic	5/105	11/12	1/105	8/9	0/101	4/22	1/12
Frutillar-2	Mozart	0/105	3/39	0/105	6/7	s.a.	s.a.	0/12
Chonchi - Chiloé	Romano	0/105	0/2	0/105	3/6	0/105	s.a.	0/12
Osorno	Rodeo	21/105	26/41	44/105	49/70	76/105	14/14	10/12

s.a.: sin analizar, debido a la aplicación temprana de herbicida para quemar follaje.

### ANEXO 3: Informe resultados O.E.3

#### Ranking de susceptibilidad varietal de papas frente a PVY

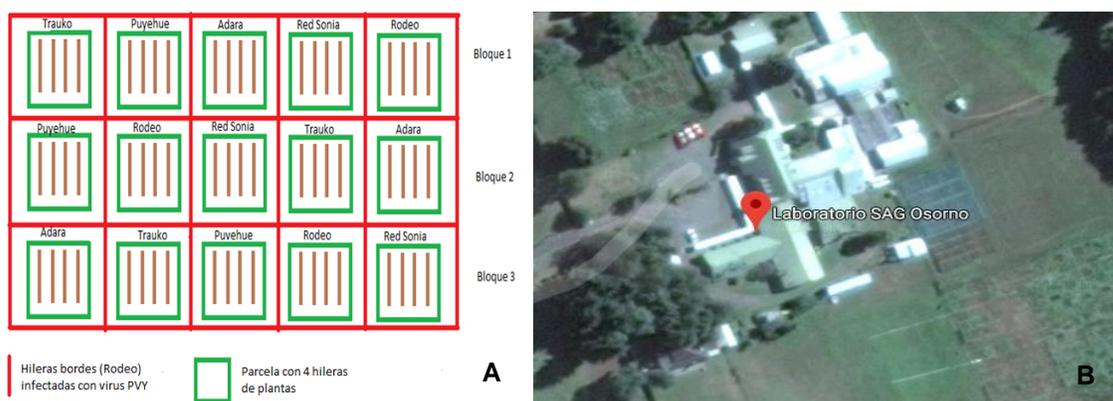
En Chile en muchos casos se desconoce la resistencia a PVY en las variedades comerciales de papa. La ausencia de síntomas no implica resistencia existen infecciones asintomáticas. Con el fin de evaluar Resistencia varietal en variedades de papa usadas en la producción tubérculo semilla de la región de Los Lagos, durante dos temporadas, 2016-2017 y 2017-2018, los socios productores aportaron con tubérculos semilla descritas en la tabla 3.1. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con 3 repeticiones e hileras bordes variedad Rodeo positivas a PVY (figura 3.1), el lugar de ubicación de las evaluaciones fue el campo experimental del Laboratorio Regional del SAG, el que se encuentra en el sector de Chucaya en Osorno (figura 3.1). Transcurridos alrededor de 60 y 90 días después de plantación (ddp) las plantas fueron evaluadas

Informe técnico final  
V 2018-06-29

mediante DAS-ELISA para PVY y tubérculos hijos fueron evaluados en pools por RT-PCR, los pools positivos fueron abiertos para determinar razas de PVY. Junto con el análisis virológico se realizaron análisis entomológicos con colectas semanales de áfidos en trampa Moericke y confección de curvas de vuelo.

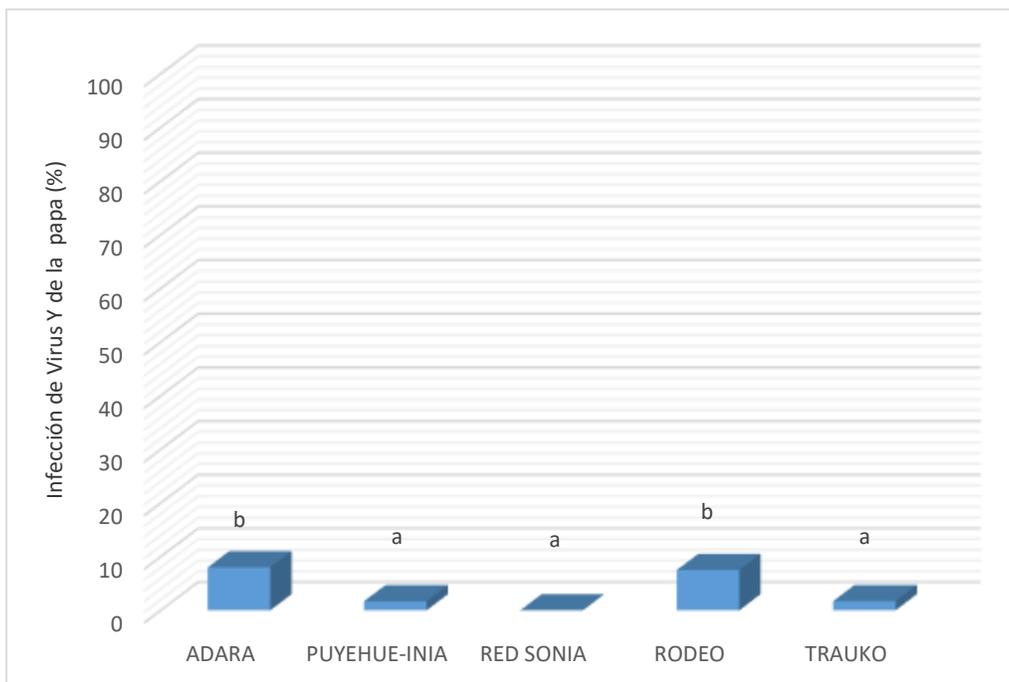
**Tabla 3.1.** Variedades de papa evaluadas por temporada

Temporada 1 (2016-2017)	Temporada 2 (2017-2018)
Red Sonia	Red Sonia
Puyehue-INIA	Infinity
Trauko	Sanibel
Adara	Mozart
Rodeo	Rodeo
	Rosi
	Red Ramona
	Memphis



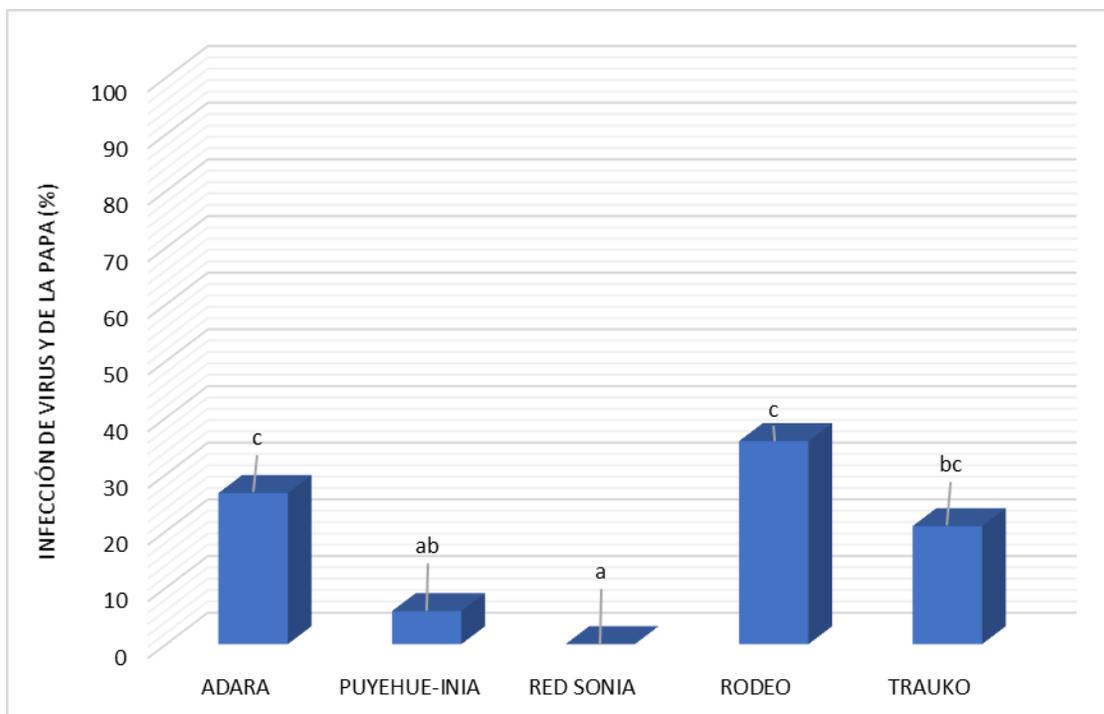
**Figura 3.1.** Diseño experimental (A) y ubicación de ensayos de evaluación de resistencia varietal a PVY (B).

Las evaluaciones de la primera temporada resultaron prometedoras para la variedad Red Sonia (figuras 3.2 y 3.3), la cual se mantuvo negativa a la infección de virus aún habiendo una alta presión de áfidos colectados en el sector durante los muestreos realizados (figura 3.5). Seguimiento de Red-Sonia, la variedad Puyehue-INIA presentó niveles bajos de infección a los 60 DDP, esto en contraste con los cultivares Rodeo y Adara, que presentaron niveles de infección significativamente superiores al resto de los cultivares (figura 3.2).



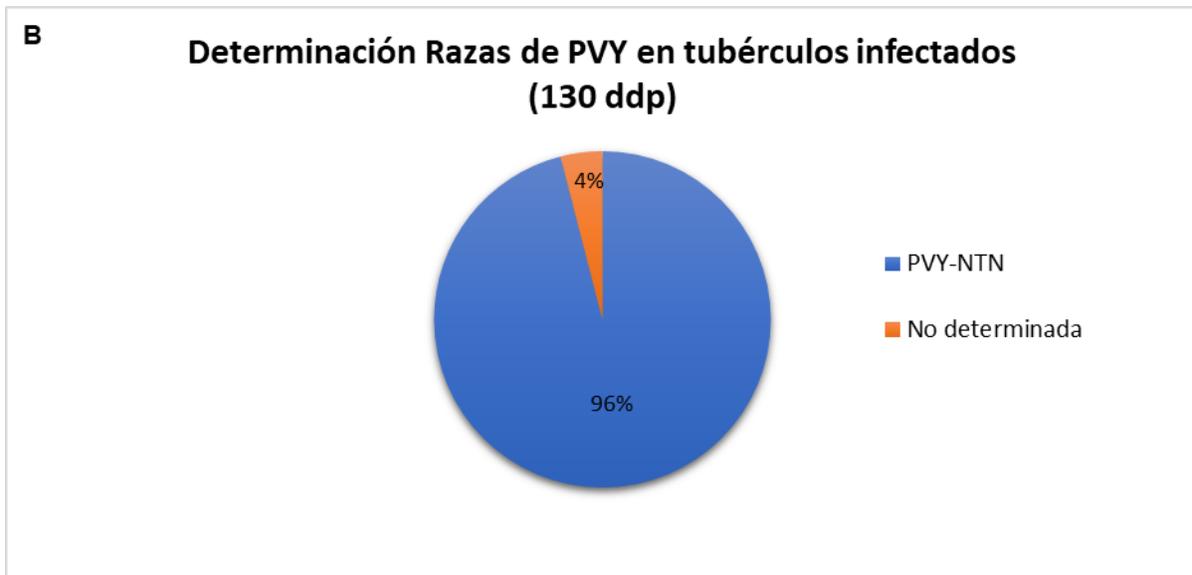
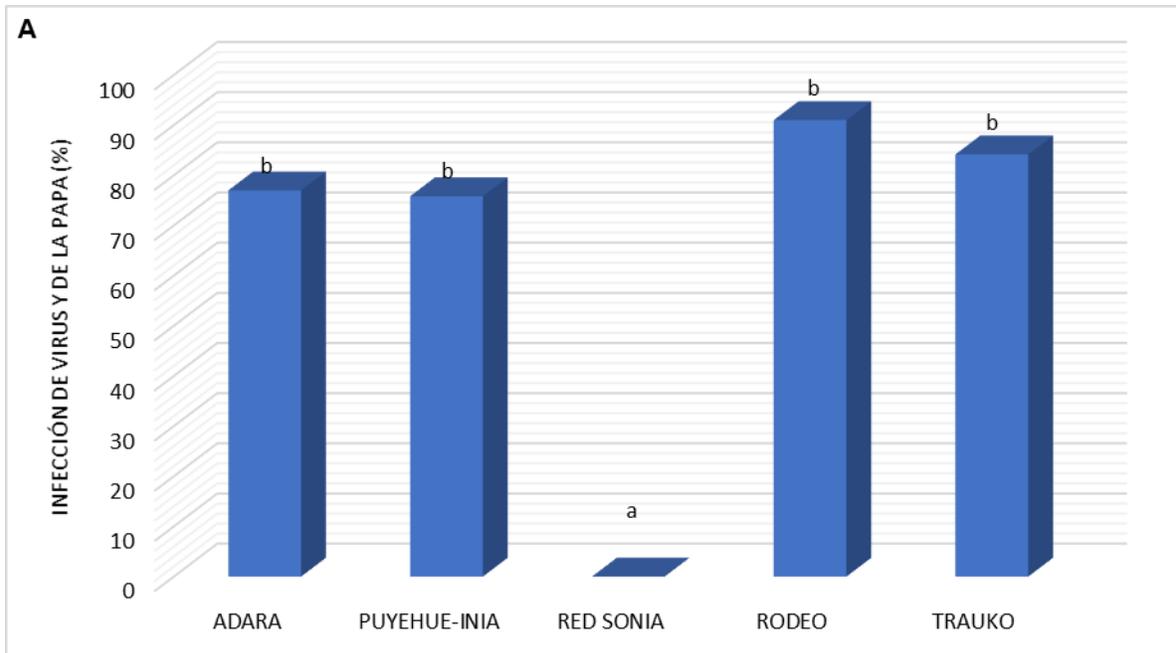
**Figura 3.2.** Evaluación de Resistencia a PVY Temporada 2016-201. Plantas infectadas a los 60 DDP con *Virus Y de la papa*.

A los 90 DDP se encontró un fuerte incremento de infección por el *virus Y de la papa*, observándose claras diferencias en la susceptibilidad de los cultivares, siendo los cultivares Rodeo y Adara, los que presentaron la mayor susceptibilidad, mientras que Puyehue presentó una menor susceptibilidad, con un nivel de infección estadísticamente similar a Red Sonia, que no presentó infección por *Virus Y de la papa* (figura 3.3)

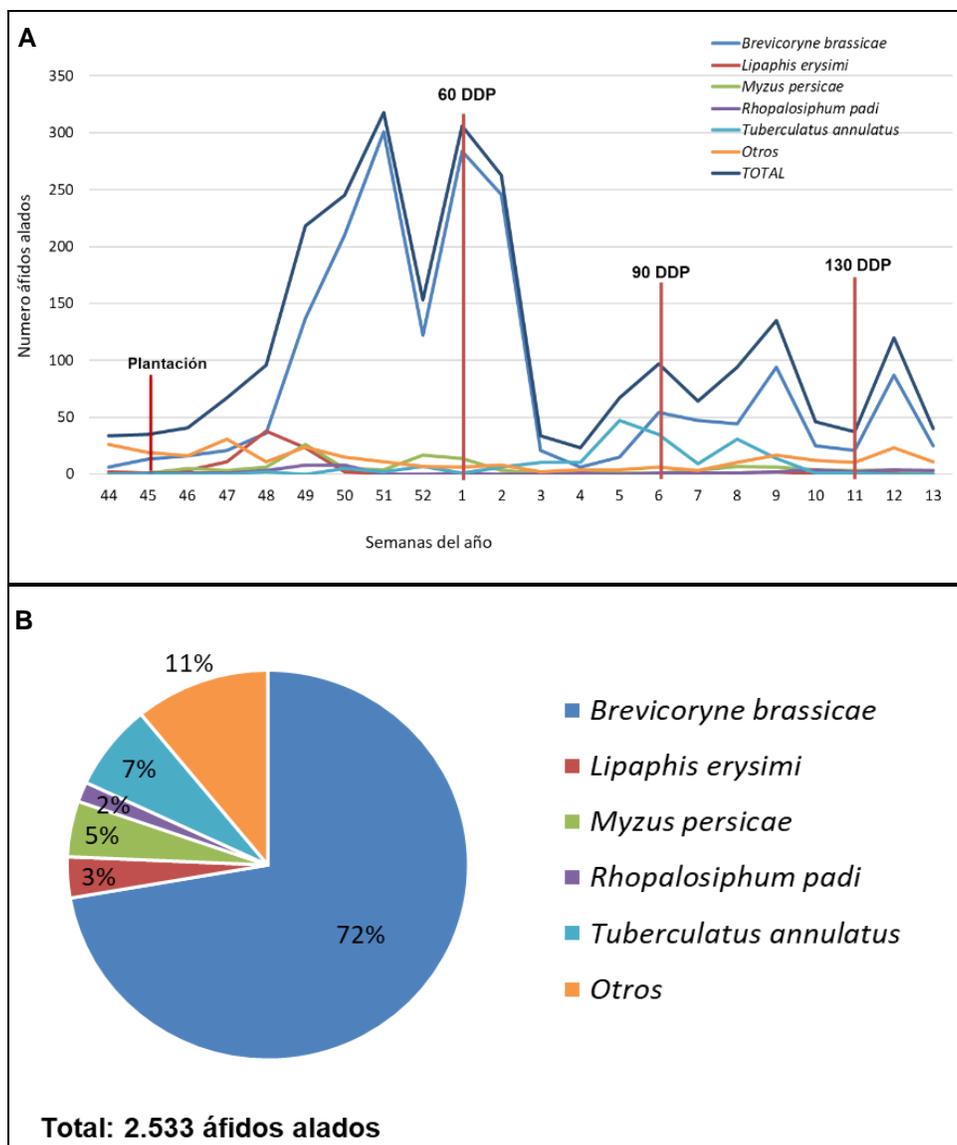


**Figura 3.3.** Evaluación de Resistencia a PVY Temporada 2016-201. Plantas infectadas a los 90 DDP con *Virus Y de la papa*

El análisis de las muestras de tubérculos hijos tomadas a los 130 DDP (figura 3.4), determinó un fuerte incremento de la infección por PVY en los tubérculos progenie de las plantas analizadas, donde la raza predominante es PVY-NTN. En relación con la curva de vuelo de los áfidos (figura 3.5), persiste la presencia de áfidos que no tienen como hospedero a la papa, pero que son vectores del virus Y, como es el caso de *B. brassicae* y *R. padi*, además existe un aumento en la fuente de infección al virus, que causaron que 4 cultivares presenten niveles de infección del *Virus Y de la papa*, superiores al 70%. En cambio, Red Sonia no presentó infección en los tubérculos y fue estadísticamente inferior a los otros cultivares.



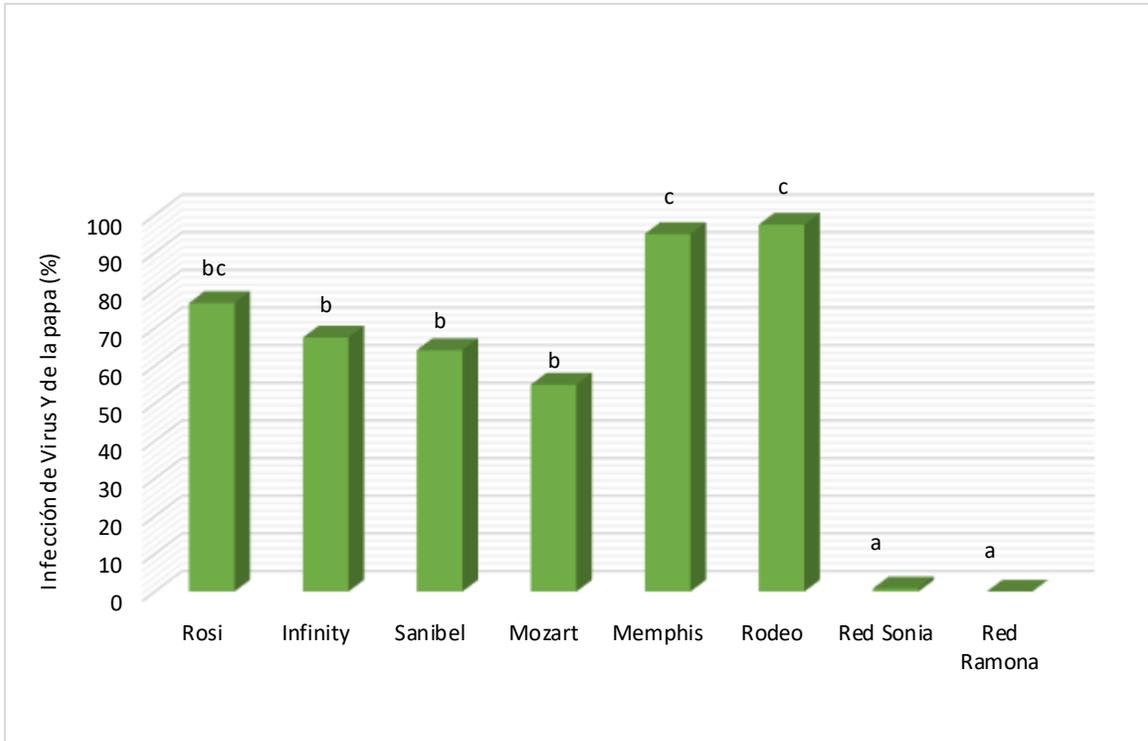
**Figura 3.4.** Evaluación de Resistencia a PVY Temporada 2016-2017. Tubérculos hijos infectados a los 130 DDP con *Virus Y de la papa* (A) y Determinación de Razas de PVY presentes en tubérculos hijos infectados (B).



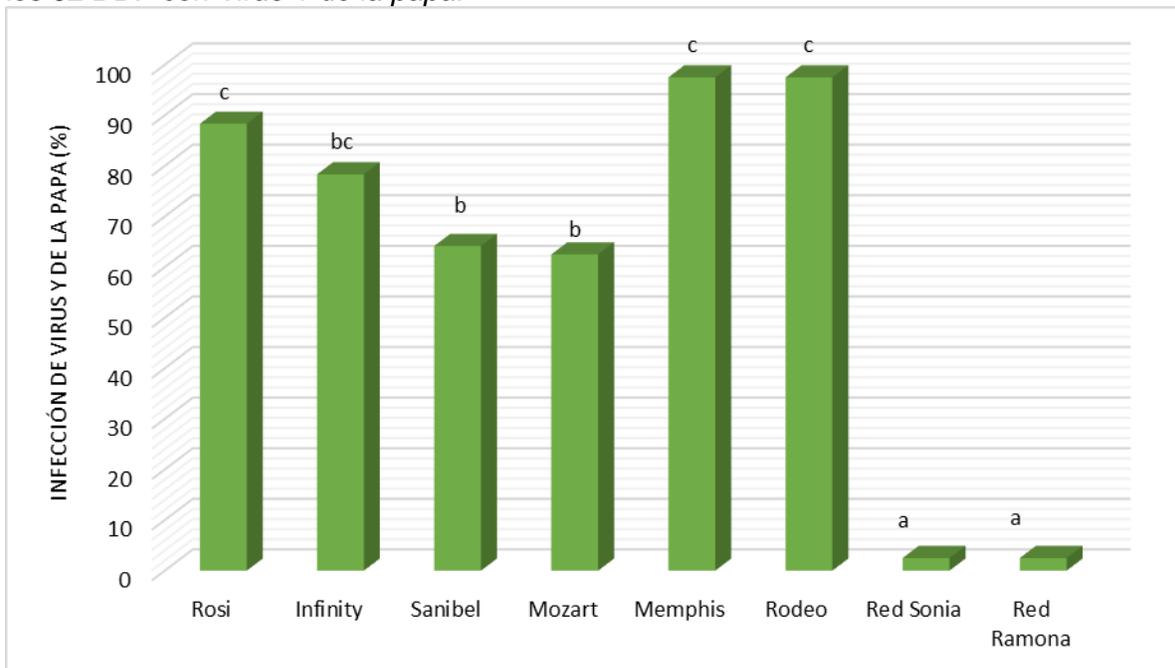
**Figura 3.5.** Curva de vuelo de áfidos en el Ensayo de evaluación de resistencia. Chuyaca-Osorno (A) y Abundancia relativa de áfidos en Ensayo de evaluación de resistencia (B). Chuyaca-Osorno, temporada 2016-2017.

Durante la evaluación de resistencia en la segunda temporada, 2017-2018, se usaron ocho cultivares de papa donados por los socios productores del proyecto. Red Sonia y Rodeo se volvieron a utilizar por su baja y alta susceptibilidad a la infección por PVY determinada en el ensayo anterior.

La evaluación a los 62 DDP arroja que las variedades Red Sonia y Red Ramona se mantienen prácticamente sin infección por PVY (figura 3.6), considerablemente diferente para el caso del resto de los cultivares, los cuales presentan sobre un 50% de infección. A los 82 DDP, se mantienen los bajos niveles de infección de Red Sonia y Red Ramona (figura 3.7).



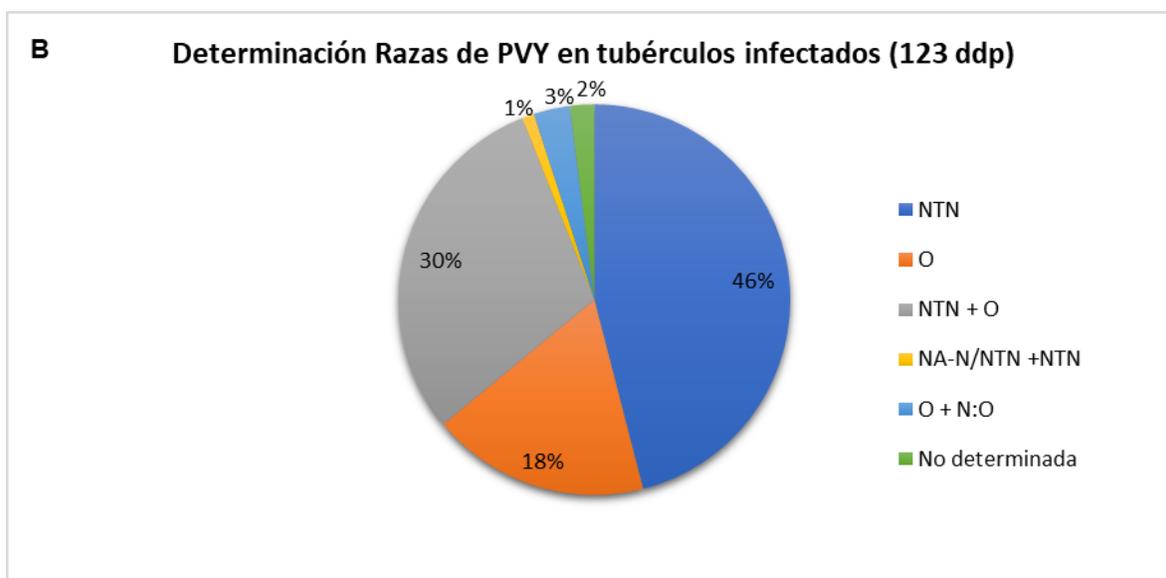
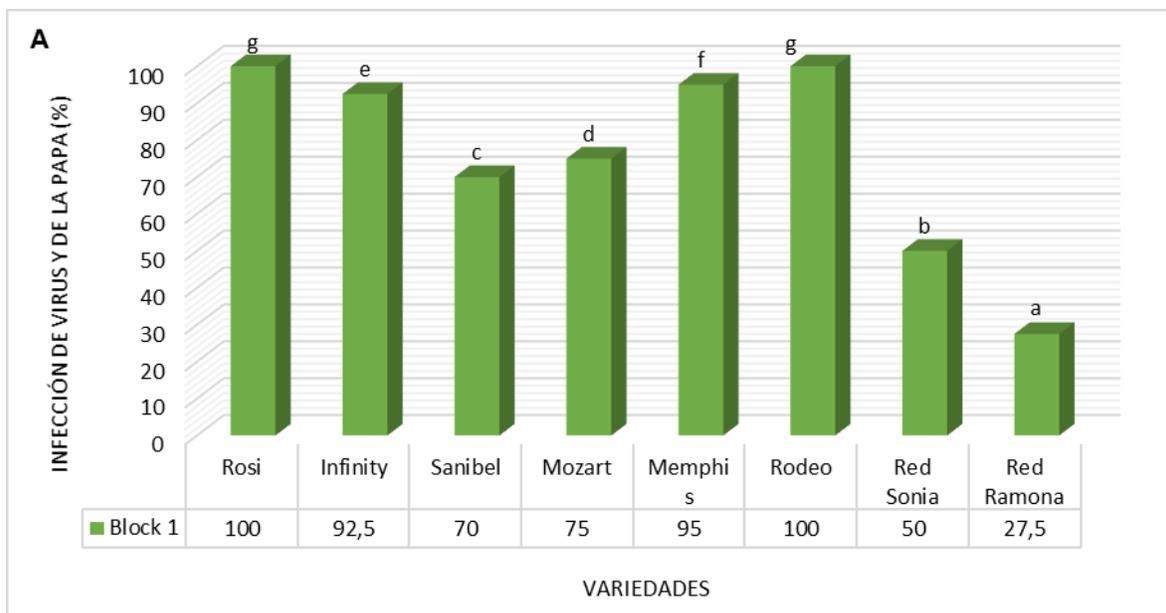
**Figura 3.6.** Evaluación de Resistencia a PVY Temporada 2017-2018. Plantas infectadas a los 62 DDP con *Virus Y de la papa*.



**Figura 3.7.** Evaluación de Resistencia a PVY Temporada 2017-2018. Plantas infectadas a los 82 DDP con *Virus Y de la papa*.

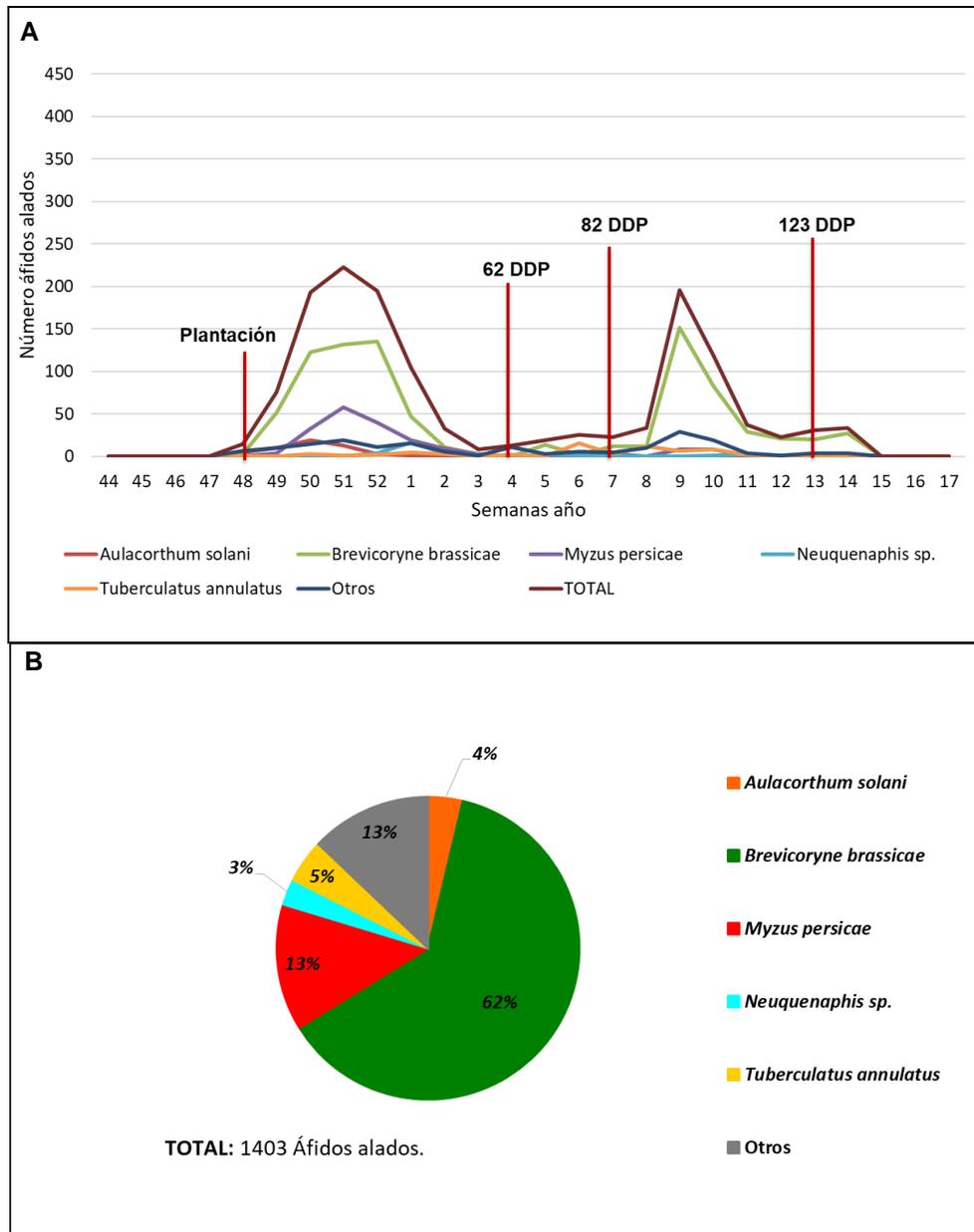
A los 123 DDP, se analizó los tubérculos hijos de los cultivares seleccionados, y los cultivares previamente identificados como menos susceptibles, Red Sonia y Red Ramona, Informe técnico final V 2018-06-29

presentaron niveles de infección de 50 y 27.5% respectivamente (figura 3.8.A). Al determinar la composición de las razas, se ve observa una alta prevalencia de la raza PVY-O, la cual no fue identificada previamente (figura 3.8.B), esto lleva a pensar que estas variedades presentan menor susceptibilidad a las raza necrótica (PVY-NTN), no así a la raza ordinaria (PVY-O).



**Figura 3.8.** Evaluación de Resistencia a PVY Temporada 2017-2018. Tubérculos hijos infectados a los 123 DDP con *Virus Y de la papa* (A) y Determinación de Razas de PVY presentes en tubérculos hijos infectados (B).

Si bien la cantidad de áfidos colectados es menor a la primera temporada, se observa un aumento en los niveles de *Myzus persicae* (figura 3.9), lo que podría explicar el aumento de infecciones.



**Figura 3.9.** Curva de vuelo de áfidos en el Ensayo de evaluación de resistencia. Chuyaca-Osorno (A) y Abundancia relativa de áfidos en Ensayo de evaluación de resistencia (B). Chuyaca-Osorno, temporada 2017-2018.

## ANEXO 4

### RESULTADO 4. 1. Paquete de manejo integrado de la de Sarna Polvorienta

#### Introducción

La sarna polvorienta de la papa es causada por el protozoo plasmodial *Spongospora subterranea* f. *sp. Subterránea*. Sus síntomas característicos son la formación de agallas en raíces y estolones (**Foto 4.1**), las cuales restringen la capacidad de absorción de nutrientes y agua de la planta, provocando enanismo, disminución en el vigor, y la muerte de ésta, como también el desarrollo de pústulas sobre la superficie de los tubérculos (**Foto 4.2**). Principalmente, esta enfermedad frecuente regiones templadas, pero debido a la utilización de sistemas de riego en los cultivos y a los cambios de épocas de siembre hacia períodos húmedo también ocurre en regiones de climas cálidos y secos. En Chile, esta enfermedad se reportó por primera vez en 1936 atacando los papales de Llanquihue y Chiloé, y es una enfermedad que está adquiriendo cada vez mayor importancia debido a las pérdidas económicas devastadoras a causa de la reducción en los rendimientos y a la baja calidad del producto final. Además, *S. subterranea* actúa como vector del virus Mop-top de la papa (PMTV), por lo que en la actualidad la sarna polvorienta es una enfermedad limitante para las principales zonas productora de papa (*Solanum tuberosum* L.), sobre todo en la zona sur de nuestro país, ya que para el desarrollo del patógeno se favorece por períodos de lluvias seguidos de tiempo fresco, húmedo y nublado. El objetivo de este trabajo fue el desarrollar un paquete de manejo integrado para la Sarna polvorienta de la papa.

Para cumplir con este objetivo se planteó las siguientes actividades:

1. Evaluación de técnicas para el desarrollo de inóculo del patógeno.
2. Evaluación de resistencia varietal.
3. Evaluación de eficiencia de control con productos.



**Foto 4.1.** Raíces de planta de papa con agallas como síntomas de *Spongospora subterranea*. Fuente: INIA Remehue



**Foto 4.2.** Pústulas en tubérculos de papa, síntoma causado por *Spongospora subterranea*. Fuente: INIA Remehue.

A continuación se describe la metodología y resultados para cada actividad.

## 1. Actividad de Evaluación de técnicas para el desarrollo de inóculo del patógeno.

### Obtención de inóculo

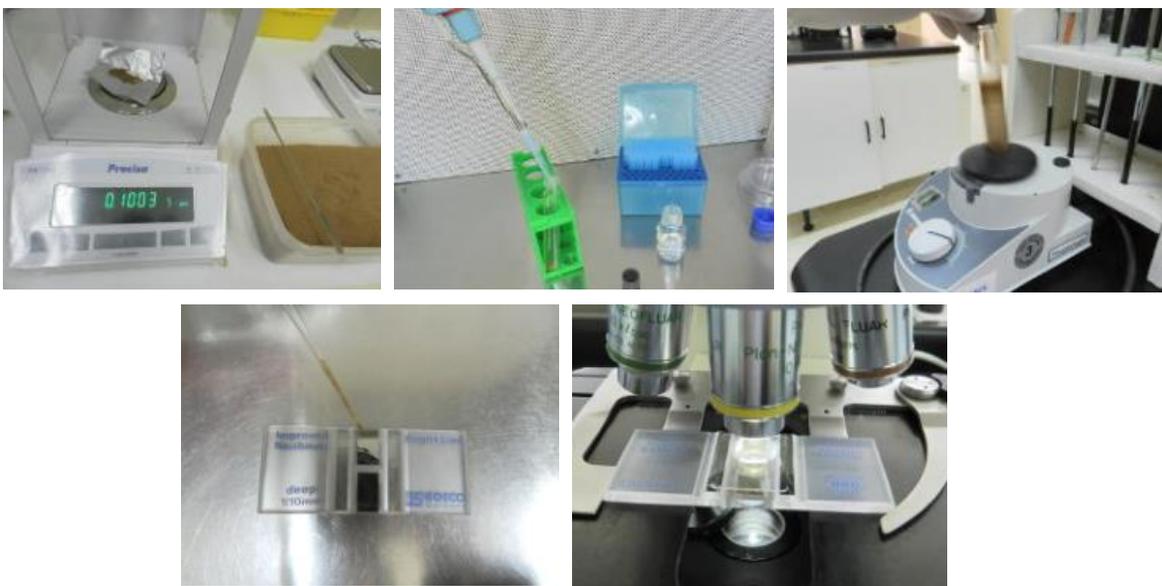
*S. subterranea* es un patógeno que no se ha podido cultivar en medio artificiales, por lo que para desarrollar inóculo se debe obtener de las fuentes del patógeno, tejido vegetal o suelo. Por lo que para este proyecto, para la selección de inóculo se utilizó suelo y tubérculos de una plantación de papa con una alta infección localizada en el sector de Pindahue, comuna de Osorno.

Pústulas de tubérculos con síntomas de la enfermedad se rasparon (**Foto 4.3**) y se comprobó mediante microscopía la presencia de esporos de *S. subterranea* (**Foto 4.4 y 4.5**). El raspado de los tubérculos se maceró obteniendo una harina como inóculo base para el resto de los experimentos.

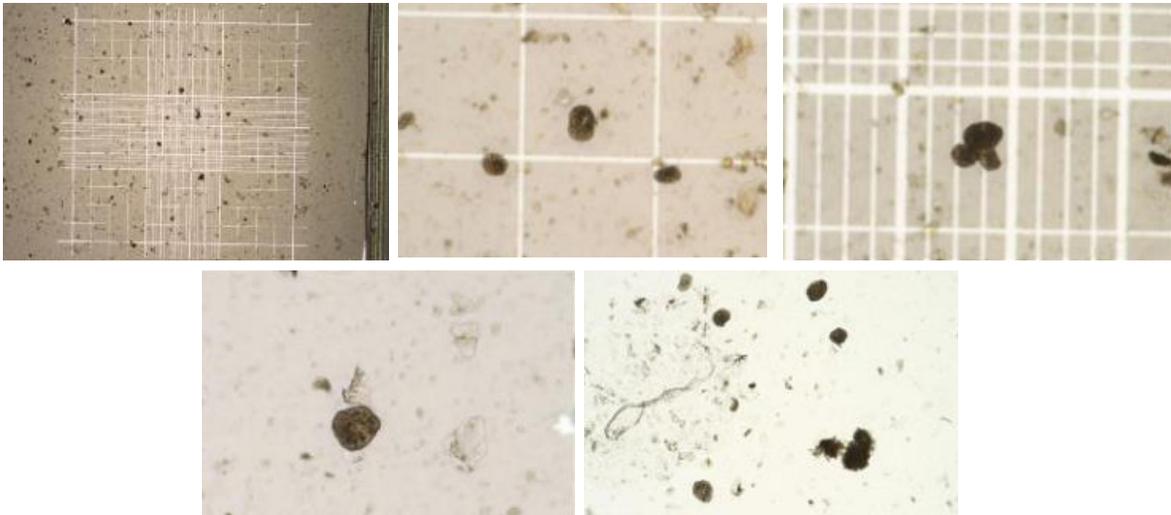
Para facilitar la sobrevivencia y la aplicación del inóculo en los experimentos, se utilizó como carrier el suelo del predio infectado autoclavado. Este suelo fue autoclavado dos veces por 50 min a 121°C cada ciclo. Posteriormente, este suelo se mezcló con la harina de inóculo del hongo, para llegar a la concentración deseada.



**Foto 4.3.** Recolección inóculo mediante raspado de pústulas de tubérculos enfermos con una alta presión de Sarna Polvorienta. INIA Remehue, Región de los Lagos.



**Foto 4.4.** Metodología de cuantificación de la muestra de harina, inóculo de experimentos de *Spongospora subterranea*. INIA Remehue, Región de los Lagos.



**Foto 4.5.** Cuantificación de sporosori en la muestra de harina mediante el uso de Cámara de Neubauer, inóculo de experimentos de *Spongospora subterranea*. INIA Remehue, Región de los Lagos.

#### **Evaluación del nivel de expresión de Sarna polvorienta en relación con la cantidad de inóculo en suelo.**

Con el objetivo de evaluar el nivel de expresión de la enfermedad en relación a la cantidad de inóculo en el suelo, se realizaron experimentos: a) *in vitro* e b) invernadero.

De acuerdo con la literatura, una dosis de  $2,0 \times 10^4$  sporosori por planta podría desarrollar la enfermedad en plantas (Maldonado *et al.* 2013), en base a esto se diseñaron los distintos experimentos.

#### **a) Experimento nivel de expresión de Sarna polvorienta bajo condiciones *in vitro*.**

##### **Metodología**

Se realizó un diseño completamente al azar con 7 tratamientos y 11 repeticiones, donde la unidad experimental corresponde a una plántula por maceta de 250 cc. Se utilizaron plántulas provenientes de multiplicación *in vitro* variedad Pukará y el inóculo se aplicó al suelo cercano a las raíces, manteniendo las plántulas en cámara de crecimiento con 83% HR, 18°C, y fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

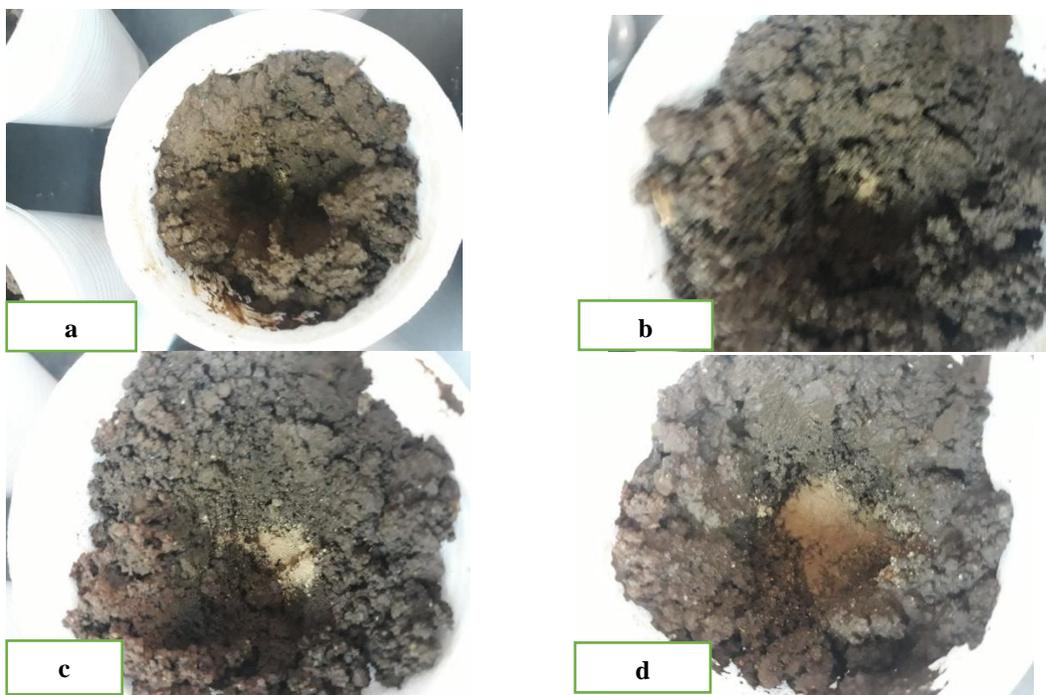
Los tratamientos se describen en el **Cuadro 1**.

**Cuadro 4.1.** Tratamientos considerados en el experimento de nivel de expresión de la enfermedad bajo condiciones *in vitro*.

N° tratamiento	Tratamientos
1	Suelo enfermo Pindahue (testigo enfermo)
2	Suelo Pindahue autoclavado (testigo sano)
3	Suelo Pindahue autoclavado infectado con $2 \times 10^2$ esporosori / planta
4	Suelo Pindahue autoclavado infectado con $2 \times 10^3$ esporosori / planta
5	Suelo Pindahue autoclavado infectado con $2 \times 10^4$ esporosori / planta
6	Suelo Pindahue autoclavado infectado con $2 \times 10^5$ esporosori / planta
7	Suelo Pindahue autoclavado infectado con $2 \times 10^6$ esporosori / planta

Se evaluó la emergencia y vigor de plántulas a los 30 y 60 días. Posteriormente se cosecharon plantas enteras con el objetivo de evaluar agallas presentes en raíces. Además de Severidad e incidencia en tubérculos utilizando escala de superficie dañada con notas: 1 = 0% de daño, 2 = 1% de daño, 3 = 10% de daño, 4 = 25% de daño, 5 = 50% de daño y 6 = >75% de daño, categorizando el daño en nulo, bajo, medio y alto Daño.

La **Foto 4.6** ilustra las diferencias en las concentraciones de inóculo utilizadas.





**Foto 4.6.** Concentraciones de inóculo utilizada para inocular las plántulas para cada tratamiento. a. concentración inóculo  $10^2$  (tratamiento 3), b concentración inóculo  $10^3$  (tratamiento 4), c concentración inóculo  $10^4$  (tratamiento 5), d. concentración inóculo  $10^5$  (tratamiento 6) y e. concentración inóculo  $10^6$  (tratamiento 7).

La **Foto 4.7** se presenta un ejemplo de las plantas en las macetas y su correcta identificación, tratamiento – repetición. También se muestran las plantas en la cámara de incubación. Ambas imágenes del día de inicio del ensayo *in vitro* 17 de enero de 2018.



**Foto 4.7.** Plántulas inoculadas con *S. subterranea* en la cámara de crecimiento.

## Resultados

Este experimento mostró una gran variabilidad en los resultados, dado lo anterior mostró algunas diferencias significativas entre los tratamientos para algunos parámetros evaluados, sin embargo, no se observa consistencia en los resultados. Lo anterior, probablemente dado, ya que una cantidad importante de plántulas mostraron problemas de marchitez y pudrición. Esto puede deberse al inóculo utilizado, el cual además de *Spongospora* tenía restos de tejido de papa dado la forma de obtener el inóculo, lo cual

podría haber llevado *Pectobacterium*. Lo anterior, junto a la condición ambiental en la que se mantuvieron las plantas en la cámara, alta humedad para favorecer la infección y la susceptibilidad de un tejido delicado de las plántulas al transplante. Este experimento se repetirá utilizando minitubérculos (**Cuadro 4.2**).

Adicionalmente, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las categorías Peso, Longitudinal y diámetro ecuatorial de tubérculos (**Cuadro 4.3**).

Con respecto a la severidad e incidencia de daño dado por *Spongospora* en tubérculos, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las distintas categorías de severidad ni en incidencia. Sin embargo, se encontraron diferencias para el índice de daño, siendo el tratamiento Suelo Pindahue autoclavado infectado con  $2 \times 10^5$  quien presentó dichas diferencias con una media de índice de daño de 2,10 (**Cuadro 4.4**). Para el caso de agallas en raíces, tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (**Cuadro 4.5**).

**Cuadro 4.2. Índice de vigor, altura y cantidad de hojas en plántulas inoculadas con *Spongospora subterránea* en diferentes concentraciones. INIA Remehue. 2017-18**

Fecha	Tratamiento	Índice de vigor <sup>1</sup>	Altura (cm)	N° hojas
7 ddt <sup>2</sup>	Testigo suelo infestado	1,0	5,5	5,4**
	Testigo suelo autoclavado	1,0	5,4	4,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^2$ sporosori / planta	1,0	3,9	3,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^3$ sporosori / planta	1,0	4,6	4,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^4$ sporosori / planta	1,0	4,3	4,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^5$ sporosori / planta	1,0	3,9	5,2
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^6$ sporosori / planta	1,0	4,5	4,3
14 ddt	Testigo suelo infestado	1,6	7,3**	5,7
	Testigo suelo autoclavado	1,0	5,3	3,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^2$ sporosori / planta	1,0	4,0	3,4
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^3$ sporosori / planta	1,0	4,8	4,4
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^4$ sporosori / planta	1,2	4,9	5,2
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^5$ sporosori / planta	1,2	5,0	4,6
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^6$ sporosori / planta	1,2	5,0	4,4
21 ddt	Testigo suelo infestado	2,7	7,9**	6,0**
	Testigo suelo autoclavado	1,8	6,3	4,5
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^2$ sporosori / planta	1,5	5,1	4,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^3$ sporosori / planta	1,6	5,3	3,8

	Suelo autoclavado + $2 \times 10^4$ esporosori / planta	1,8	6,3	5,2
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^5$ esporosori / planta	1,8	6,2	5,6
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^6$ esporosori / planta	1,4	5,8	4,2
48 ddt	Testigo suelo infestado	3,7	12,8	10,7
	Testigo suelo autoclavado	3,3	12,5	9,7
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^2$ esporosori / planta	2,5	10,0	8,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^3$ esporosori / planta	2,4	11,8	9,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^4$ esporosori / planta	3,0	13,0	9,6
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^5$ esporosori / planta	2,8	10,0	10,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^6$ esporosori / planta	2,6	12,6	10,6
78 ddt	Testigo suelo infestado	4,4	17,8**	13,2**
	Testigo suelo autoclavado	6,5	44,9	37,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^2$ esporosori / planta	4,5	36,2	19,5
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^3$ esporosori / planta	6,0	39,2	33,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^4$ esporosori / planta	5,4	36,0	30,4
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^5$ esporosori / planta	5,6	33,6	28,2
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^6$ esporosori / planta	4,3	28,9	25,0
106 ddt	Testigo suelo infestado	3,3**	17,7**	23,5**
	Testigo suelo autoclavado	8,5	46,0	60,0
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^2$ esporosori / planta	6,5	38,9	46,3
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^3$ esporosori / planta	7,2	40,3	39,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^4$ esporosori / planta	6,2	27,7	22,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^5$ esporosori / planta	6,6	33,2	41,8
	Suelo autoclavado + $2 \times 10^6$ esporosori / planta	5,3	28,8	36,3

Escala índice de vigor, donde 1= mínimo vigor y 9= máximo vigor relativo. 2. Ddt: Días después de transplante.

### Cuadro 3. Calibración de tubérculos por Peso, Ecuatorial y Longitudinal

Tratamiento		L. Ecuatorial (cm)		L. Longitudinal (cm)		Peso (gr)	
1	Suelo enfermo Pindahue (testigo enfermo)	1,06	ns	1,80	ns	1,38	ns
2	Suelo Pindahue autoclavado (testigo sano)	1,23		1,79		2,28	
3	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>2</sup> sporosori	1,15		1,66		1,84	
4	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>3</sup> sporosori	1,11		1,68		1,73	
5	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>4</sup> sporosori	1,02		1,55		1,50	
6	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>5</sup> sporosori	1,02		1,48		1,90	
7	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>6</sup> sporosori	0,47		0,90		0,17	
Coef. Var.		45,46		54,88		120,79	
Prueba de F		1,58		0,99		1,08	
Probabilidad		0,330		0,488		0,777	

**Cuadro 4.4. Porcentaje de unidades de tubérculos dentro de las categorías de severidad de daño causado por *Spongospora subterranea*, índice de daño (ID) e Incidencia para cada tratamiento. Unidades de tallos obtenidos por tratamiento, y número de agallas presente en dichos tallos.**

Tratamientos		Spongospora subterranea											
		Severidad						ID	Incidencia				
		Sano (%)		Daño Bajo (%)		Daño Medio (%)				Daño Alto (%)			
1	Suelo enfermo Pindahue (testigo enfermo)	73,77	ns	26	ns	26	ns	0	ns	1,30	a	26	ns
2	Suelo Pindahue autoclavado (testigo sano)	100		0		0		0		1,00	a	0	
3	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>2</sup> sporosori	37,45		53		59		4		2,10	a	63	
4	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>3</sup> sporosori	46,51		29		41		7		2,07	a	49	
5	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>4</sup> sporosori	27,16		43		46		3		2,26	a	49	
6	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>5</sup> sporosori	42,22		44		54		4		2,10	b	58	
Coef. Var.		69,53		78,11		73,66		268,64		39,9		72,5	
Prueba de F		5,84		3,63		3,75		0,83		3,72		3,85	
Probabilidad		0,116		0,168		0,148		0,247		0,039		0,116	

**Cuadro 4.5. Unidades de tallos obtenidos por tratamiento, y número de agallas presente en dichos tallos.**

Tratamiento		Numero de tallos	Número de agallas
1	Suelo enfermo Pindahue (testigo enfermo)	0 ns	1,22 ns
2	Suelo Pindahue autoclavado (testigo sano)	2,5	1,33
3	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>2</sup> sporosori	4,5	1,25
4	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>3</sup> sporosori	2,25	1,2
5	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>4</sup> sporosori	1	1
6	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>5</sup> sporosori	0,2	1
7	Suelo Pindahue autoclavado infectado con 2x1 <sup>6</sup> sporosori	2	2,33
Coef. Var.		216,9	59,44
Prueba de F		1,15	1,23
Probabilidad		0,4600	0,4720

En este segundo experimento in vitro, utilizó tubérculos pequeños del cultivar Shepody, los cuales fueron desinfectados con cloro comercial al 10% por 15 minutos, con enjuagues seriados con agua destilada y secados bajo ventilación.

Como sustrato en las macetas se utilizó suelo del predio Pindahue, el cual fue fertilizado y mezclado con perlita en una proporción 3:1. El experimento se estableció el 21 de enero de 2019, realizando la aplicación de inóculo en dos modalidades: aplicación directa y dirigida al sustrato cercano a las futuras raíces, y, aplicación con previa mezcla con todo el sustrato el cual fue distribuido homogéneamente en toda la maceta. El testigo sano no tuvo inóculo. Las concentraciones de inóculo utilizadas se describen en el **Cuadro 6**.

El diseño experimental consistió en un diseño de bloques completamente al azar con 12 tratamientos de 4 repeticiones cada uno, donde la unidad experimental correspondió a un tubérculo por maceta de 15x15 cm (**Foto 4.8**).

**Cuadro 4.6.** Muestra los tratamientos evaluados durante el ensayo experimental *in vitro*.

Tratamiento	Aplicación
Testigo enfermo (sustrato sin autoclavar)	-
Testigo sano (Sustrato autoclavado)	-
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^3$ esporosori/pl	Aplicación concentrada (I.C)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^4$ esporosori/pl	Aplicación concentrada (I.C)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^5$ esporosori/pl	Aplicación concentrada (I.C)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^6$ esporosori/pl	Aplicación concentrada (I.C)
Sustrato autoclavado infectado con $2 \times 10^4$ esporosori/pl + Shirlan a la semilla*	Aplicación concentrada (I.C)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^3$ esporosori/planta	Aplicación homogénea (I.H)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^4$ esporosori/planta	Aplicación homogénea (I.H)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^5$ esporosori/planta	Aplicación homogénea (I.H)
Sustrato autoclavado e inoculado con $2 \times 10^6$ esporosori/planta	Aplicación homogénea (I.H)
Sustrato autoclavado infectado con $2 \times 10^4$ esporosori/pl + Shirlan a la semilla*	Aplicación homogénea (I.H)

\*aplicación de producto Shirlan (Fluazinam 500gr/L) en dosis de 0,5L/t tubérculos.



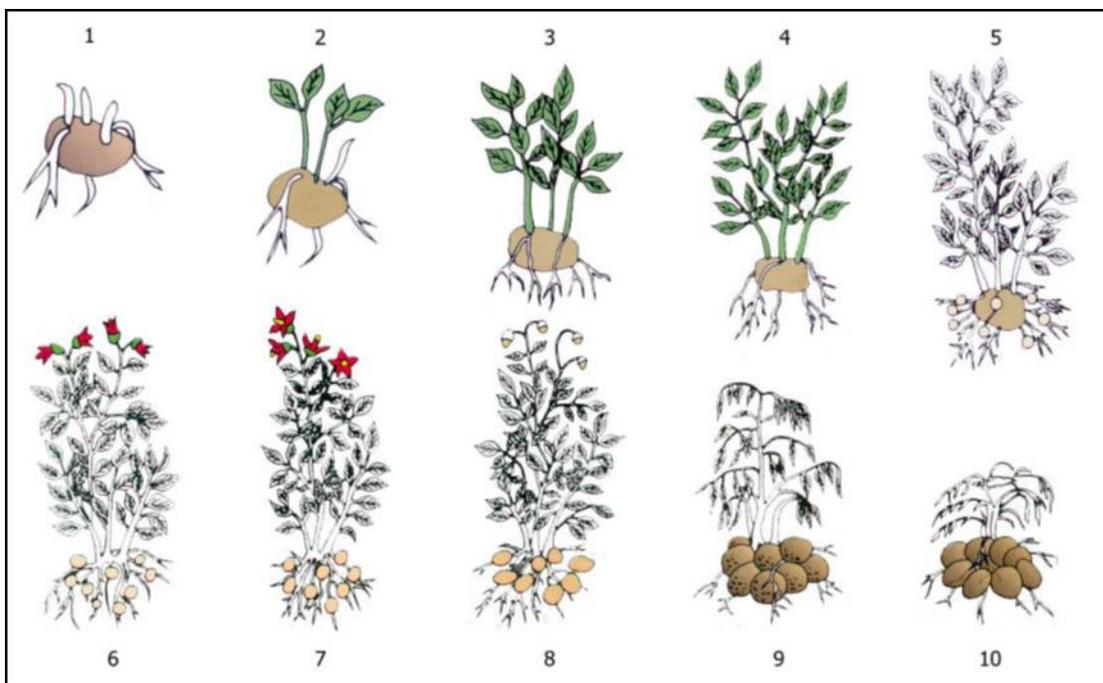
**Foto 4.8.** Ensayo experimental *in vitro* montado en cámara de cultivo.

### Evaluaciones

Durante el desarrollo del experimento se determinó el estado fenológico según escala (**Cuadro 7**) y su desarrollo en el tiempo mediante la determinación del área bajo la curva de progreso (AUDPC). A la cosecha, los tubérculos se evaluaron para el daño de sarna polvorienta y calibre. La severidad e incidencia en tubérculos se evaluó utilizando escala de superficie dañada con notas: 1 = 0% de daño, 2 = 1% de daño, 3 = 10% de daño, 4 = 25% de daño, 5 = 50% de daño y 6 = >75% de daño, categorizando el daño en nulo, bajo, medio y alto Daño.

**Cuadro 4.7.** Escala para evaluar estado fenológico de una planta de papa.

<b>Estado de desarrollo de la planta</b>	<b>Valores de observación</b>
Brotación	1
Emergencia	2
Desarrollo de hojas y tallos	3
Elongación en altura	4
Cerrado de la canopia	5
Botón flora	6
Floración	7
Desarrollo de la semilla	8
Senescencia	9
Maduración de los tubérculos	10



## Resultados

No se detectaron diferencias significativas para los estados de desarrollo de la planta, presentándose una alta variabilidad en los datos (**Figura 4.9 y Cuadro 4.8**).

Al evaluar el largo de tallo y la cantidad de hojas por planta, se observa que el tratamiento control sano obtuvo un menor largo de tallos y menor cantidad de hojas. Este resultado coincide con las evaluaciones previas, donde se observa que el suelo Pindahue autoclavado muestra algún grado de inhibición en el desarrollo de las plantas. Adicionalmente, el tratamiento con aplicación concentrada (I.C) y con un inóculo de concentración  $2 \times 10^4$  sp/pl presentó un mayor número de hojas, con una media de 30,5 unidades, siendo estadísticamente mayor que el mismo tratamiento pero con una concentración de  $2 \times 10^5$  sp/pl,  $2 \times 10^3$  sp/pl + Shirlan, y los tratamientos con aplicación homogénea (I.H) de concentraciones  $2 \times 10^3$  y  $2 \times 10^5$  (**Cuadro 4.9**). No se observan diferencias entre los tratamientos con la misma concentración de inóculo, pero con diferentes formas de aplicación. Para la característica de altura de tallo no se encontraron diferencias significativas.

En cuanto a la evaluación de tubérculos, no se detectaron diferencias significativas para tamaño ni para número de tubérculos ni daño de tubérculos (**Figura 4.10 y Cuadro 4.10 y 4.11**).

Cabe destacar que los datos presentaron una alta variabilidad, por lo que, al igual que los experimentos previos, no son concluyentes. Pensamos que esto se puede deber a que el suelo utilizando es altamente arcilloso, aun cuando se mezcló con perlita para mejorar la estructura, presentó una alta retención de humedad, lo que favoreció problemas de pudriciones de los tubérculos utilizados. Es altamente recomendable, la evaluación de nuevas metodologías de infección de suelo para continuar con estas evaluaciones.

Sin embargo, fue posible detectar síntomas de agallas de Spongospora unas pocas plantas y tubérculos (**Foto 9**).

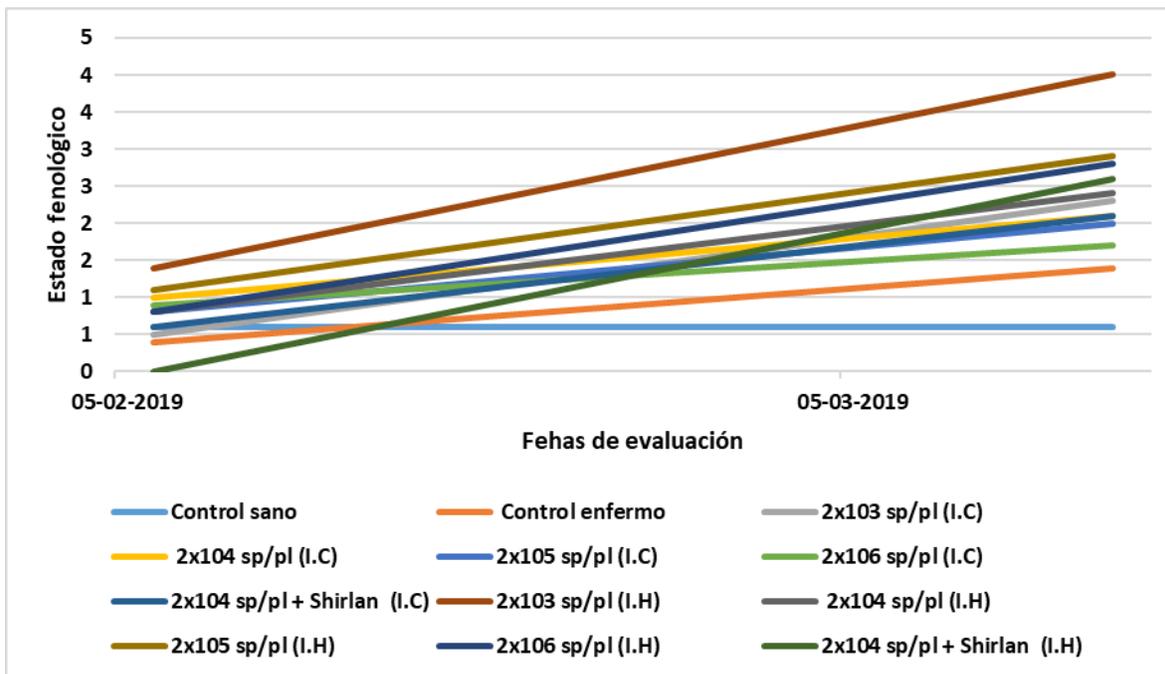


Figura 4.9. Curva de progreso del estado fenológico por tratamiento.

Cuadro 4.8. Area bajo la curva de progreso del estado fenológico por tratamiento

Tratamiento	AUDPC	
Control sano	22	ns
Control enfermo	33	
2x10 <sup>3</sup> sp/pl (I.C)	52	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl (I.C)	57	
2x10 <sup>5</sup> sp/pl (I.C)	52	
2x10 <sup>6</sup> sp/pl (I.C)	48	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl + Shirlan (I.C)	50	
2x10 <sup>3</sup> sp/pl (I.H)	100	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl (I.H)	59	
2x10 <sup>5</sup> sp/pl (I.H)	74	
2x10 <sup>6</sup> sp/pl (I.H)	67	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl + Shirlan (I.H)	48	
Coef. Variación	102,26	
Estadístico F	1,2	
Probabilidad	0,2938	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

Cuadro 4.9. Largo del tallo (cm) y número de hojas promedio por tratamiento

Tratamiento	Largo tallo (cm)	Número de hojas
-------------	------------------	-----------------

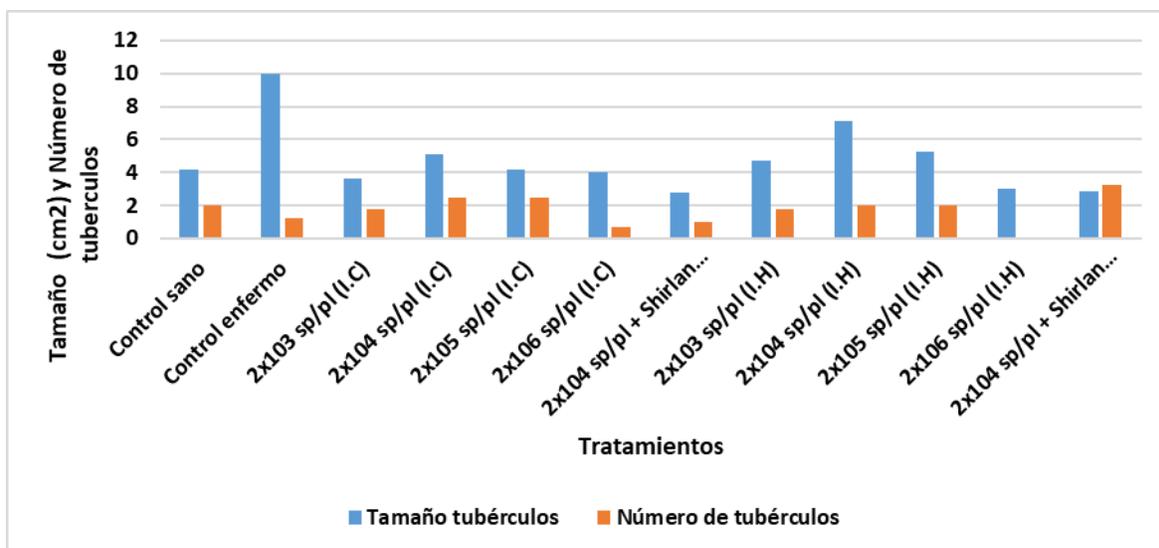
<b>Control sano</b>	5	ns	5	d
<b>Control enfermo</b>	11		21,17	abcd
<b>2x10<sup>3</sup> sp/pl (I.C)</b>	17		25,22	ab
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl (I.C)</b>	11		30,5	a
<b>2x10<sup>5</sup> sp/pl (I.C)</b>	16		12,82	bcd
<b>2x10<sup>6</sup> sp/pl (I.C)</b>	16		22,07	abc
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl + Shirilan (I.C)</b>	14		8	d
<b>2x10<sup>3</sup> sp/pl (I.H)</b>	20		8,25	cd
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl (I.H)</b>	20		25,5	ab
<b>2x10<sup>5</sup> sp/pl (I.H)</b>	17		14,57	bcd
<b>2x10<sup>6</sup> sp/pl (I.H)</b>	15		16,81	abcd
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl + Shirilan (I.H)</b>	20		21,83	abcd
<b>Coef. Variación</b>	58,61		66,6	
<b>Estadístico F</b>	1,06		2,53	
<b>Probabilidad</b>	0,4129		0,0136	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

**Cuadro 4.10.** Tamaño y número de tubérculos hijos obtenido por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Tamaño tubérculos</b>		<b>Número de tubérculos</b>	
<b>Control sano</b>	4	ns	2	ns
<b>Control enfermo</b>	10		1,25	
<b>2x10<sup>3</sup> sp/pl (I.C)</b>	4		1,75	
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl (I.C)</b>	5		2,5	
<b>2x10<sup>5</sup> sp/pl (I.C)</b>	4		2,5	
<b>2x10<sup>6</sup> sp/pl (I.C)</b>	4		0,67	
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl + Shirilan (I.C)</b>	3		1	
<b>2x10<sup>3</sup> sp/pl (I.H)</b>	5		1,75	
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl (I.H)</b>	7		2	
<b>2x10<sup>5</sup> sp/pl (I.H)</b>	5		2	
<b>2x10<sup>6</sup> sp/pl (I.H)</b>	3		0	
<b>2x10<sup>4</sup> sp/pl + Shirilan (I.H)</b>	3		3,25	
<b>Coef. Variación</b>	82,84		101,55	
<b>Estadístico F</b>	0,59		0,89	
<b>Probabilidad</b>	0,7887		0,5599	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.



**Figura 4.10.** Tamaño y número de tubérculos hijos obtenidos por tratamiento

**Cuadro 4.11.** Presenta el índice de daño presente en los tubérculos hijos hojas por tratamiento

Tratamiento	ID	
Control sano	1	ns
Control enfermo	2	
2x10 <sup>3</sup> sp/pl (I.C)	1	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl (I.C)	3	
2x10 <sup>5</sup> sp/pl (I.C)	2	
2x10 <sup>6</sup> sp/pl (I.C)	2	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl + Shirlan (I.C)	1	
2x10 <sup>3</sup> sp/pl (I.H)	1	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl (I.H)	4	
2x10 <sup>5</sup> sp/pl (I.H)	3	
2x10 <sup>6</sup> sp/pl (I.H)	2	
2x10 <sup>4</sup> sp/pl + Shirlan (I.H)	2	
Coef. Variación	67,57	
Estadístico F	1,16	
Probabilidad	0,4268	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05



**Foto 4.11.** Síntomas de agallas y sarna polvorienta en plantulas y tubérculos de palntas inoculadas en laboratorio.

## b) Experimento nivel de expresión de Sarna polvorienta en invernadero.

Este experimento fue establecido el 13 de diciembre de 2017 en INIA Remehue. Se realizó un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, la unidad experimental correspondió a 6 plantas de papa (**Foto 10**). Como semilla se utilizaron tubérculos semilla de papa certificada de la variedad FL2137, plantadas en macetas de 2 Kg de suelo del predio de Pindahue, donde el inóculo del patógeno fue aplicado debajo de cada tubérculo (zona de raíces) (**Foto 11**). Los tratamientos se describen en el **Cuadro 4.12**.

**Cuadro 4.12. Tratamientos realizados en el experimento de nivel de expresión de *Spongospora subterranea* bajo invernadero. INIA Remehue. 2017-18.**

N° tratamiento	Tratamientos
1	Testigo con suelo infectado
2	Testigo con suelo infectado autoclavado
3	Suelo estéril con $2 \times 10^3$ Sporosori de <i>S. subterranea</i>
4	Suelo estéril con $2 \times 10^4$ Sporosori de <i>S. subterranea</i>
5	Suelo estéril con $2 \times 10^5$ Sporosori de <i>S. subterranea</i>

Para suplir la demanda nutricional se aplicó una dosis de 120 unidades de Nitrógeno, 250 unidades de Fósforo y 350 unidades de Potasio equivalentes a 10 gr de Nitromag, 12,23 gr de Superfostato Triple y 13,13 gr de Muriato de Potasio por planta.

Se evaluó emergencia y vigor a los 30, 60 y 80 días (**Foto 4.14**). Posteriormente se cosecharon plantas enteras para evaluar agallas presentes en raíces. Además, se evaluó el rendimiento y calibre de los tubérculos cosechados, analizando la severidad e incidencia de sarna polvorienta en estos, utilizando escala de superficie dañada con notas: 1 = 0% de daño, 2 = 1% de daño, 3 = 10% de daño, 4 = 25% de daño, 5 = 50% de daño y 6 = >75% de daño.



**Foto 4.12.** Experimento de *Spongospora subterranea* en condiciones de invernadero. INIA Remehue, Región de los Lagos.



**Foto 4.13.** Aplicación de inóculo de *Spongospora subterranea* por maceta. INIA Remehue, Región de los Lagos. INIA Remehue.



**Foto 4.14.** Escala de evaluación de vigor, donde 1= mínimo vigor y 9= máximo vigor relativo. Foto: INIA Remehue.

## Resultados

Al realizar las inspecciones visuales durante el desarrollo de este experimento, se observó que el índice de vigor y el estado fenológico de las plantas en el tratamiento con suelo infectado naturalmente, correspondiente al suelo de Pindahue que había presentado una alta infección de *Sarna polvorienta* durante la temporada anterior, presentó un menor índice de vigor y un menor índice fenológico, comparado con los demás tratamientos (**Cuadro 4.12**). Esta diferencia se mantiene desde las primeras evaluaciones, donde las plantas se veían pequeñas y deformes (**Foto 4.15 y 4.16**).

Esta situación podría explicarse por la carga natural de patógeno que el suelo utilizado presenta naturalmente.

En tubérculos, tanto para la categoría Peso como Diámetro, fue el tratamiento Testigo con Suelo Enfermo el cual presentó medias significativamente menores en comparación con el resto de los tratamientos, con 7,24 y 2,04 respectivamente. Entre el resto de los tratamientos no hubo diferencia significativa (**Cuadro 4.13**).

Con respecto a la severidad e incidencia de daño por *S. subterranea* en tubérculos, todos los tratamientos presentaron un mayor porcentaje de tubérculos dentro de la categoría de severidad Daño Medio, y se presentaron diferencias significativas para las categorías Sano y Daño alto, índice de daño e incidencia. El tratamiento Testigo Con Suelo enfermo obtuvo un porcentaje significativamente menor (6%) en comparación con el resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento Testigo Suelo Autoclavado obtuvo el mayor porcentaje de individuos dentro de esta categoría con un 47%. Para la categoría Daño alto, se tuvo que el tratamiento Testigo con Suelo Enfermo fue el tratamiento que presentó un porcentaje significativamente mayor de 48%, ocurriendo lo mismo para la categoría incidencia con un 94%. Con respecto al índice de daño, se obtuvo que el tratamiento Testigo con Suelo enfermo fue el que obtuvo un mayor índice de daño, y fue el

tratamiento Testigo Suelo Autoclavado quien presentó el índice de daño menor con una media de 1,70 y no presentó diferencia con el tratamiento Suelo autoclavado de Pindahue con 2<sup>3</sup> Sporoso. **(Cuadro 4.14).**

Por otro lado, el tratamiento Testigo con Suelo Enfermo presentó un menor número de tallos con una media de 2,3, mientras que entre los otros tratamientos no hubo diferencia significativa. En el caso del número de agallas, el tratamiento Suelo autoclavado de Pindahue con 2<sup>3</sup> Sporoso obtuvo un número de agallas significativamente mayor que al de sus paredes con una media de 36,17 **(Cuadro 4.15).**

Con estos resultados se podría comentar que la utilización de suelo naturalmente contaminado podría ser utilizado para evaluaciones, sin embargo, la estandarización en cuando a expresión de la enfermedad según carga de inóculo no se podría realizar, a menos que se pueda cuantificar el patógeno en el suelo, con técnicas qPCR. ES importante cuantificar la cantidad de inóculo, especialmente si se quiere evaluar eficiencia de control o resistencia varietal.

**Cuadro 4.12. Índice de vigor e índice fenológico de plantas de papa en invernadero, inoculadas con *Spongospora subterránea*. INIA Remehue. 2017-18.**

Fecha	Tratamientos	Índice de vigor <sup>1</sup>	Índice fenológico <sup>2</sup>
36 dpp <sup>3</sup>	Testigo suelo infectado	1,7 **	3,0**
	Testigo suelo autoclavado	3,1	4,0
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>3</sup> Sporosori/planta	2,9	4,0
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>4</sup> Sporosori/planta	3,0	4,0
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>4</sup> Sporosori/planta	2,9	3,8
51 dpp	Testigo suelo infectado	2,0**	3,0**
	Testigo suelo autoclavado	5,2	6,2
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>3</sup> Sporosori/planta	5,4	6,1
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>4</sup> Sporosori/planta	5,5	6,2
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>4</sup> Sporosori/planta	5,4	6,2
83dpp	Testigo suelo infectado	2,0**	3,3**
	Testigo suelo autoclavado	8,4	8,0
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>3</sup> Sporosori/planta	8,8	8,0
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>4</sup> Sporosori/planta	8,5	8,0
	Suelo autoclavado + 2 x10 <sup>4</sup> Sporosori/planta	8,7	8,0
113 dpp	Testigo suelo infectado	2,4**	3,3**
	Testigo suelo autoclavado	8,8	9,2

Suelo autoclavado	+	2	$\times 10^3$	9,0	9,0
Sporosori/planta					
Suelo autoclavado	+	2	$\times 10^4$	9,0	9,7
Sporosori/planta					
Suelo autoclavado	+	2	$\times 10^4$	9,0	9,1
Sporosori/planta					

1. Escala índice de vigor, donde 1= mínimo vigor y 9= máximo vigor relativo.

2. Estado de desarrollo de la planta de escala 1 a 10, donde el valor 1=Brotación, 2=Emergencia, 3=Desarrollo de hojas y tallos, 4=Elongación en altura, 5=Cerrado de Canopia, 6=Botón Floral, 7=Floración, 8=Desarrollo de Semilla, 9=Senescencia, 10=Maduración de Tubérculos.

3. ddp: Días después de plantación.



**Foto 4.15.** Evaluación visual del experimento en invernadero. Cabe destacar bajo crecimiento y desarrollo del T1 (testigo con suelo infectado).



**Foto 4.16. Desarrollo radicular de plantas en condiciones de invernadero bajo 4 tratamientos.** Donde T1: testigo con suelo infectado; T2: testigo con suelo infectado autoclavado; T3: suelo autoclavado inoculado con la menor dosis de *S. subterránea* ( $2 \times 10^3$  Sporosori); T4: suelo inoculado con  $2 \times 10^4$  Sporosori.

**Cuadro 4.13.** Calibración de cada tratamiento, presentando la media de peso (gr) y diámetro (cm).

Tratamiento	Peso (gr)		Diámetro (cm)	
1 Testigo con Suelo Enfermo	7,24	a	2,04	a
2 Testigo Suelo Autoclavado	35,70	b	3,35	b
3 Suelo autoclavado de Pindahue con $2 \times 10^3$ Sporosori	36,07	b	3,29	b
4 Suelo autoclavado de Pindahue con $2 \times 10^4$ Sporosori	35,95	b	3,38	b
5 Suelo autoclavado de Pindahue con $2 \times 10^5$ Sporosori	42,55	b	4,25	b
Coef. Var.	85,10		69,06	
Prueba de F	6,28		4,30	
Probabilidad	0,000		0,005	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo,  $p=0.05$

**Cuadro 4.14. Porcentaje de unidades de tubérculos dentro de las categorías de severidad de daño causado por *Spongospora subterranea*, índice de daño (ID) e Incidencia para cada tratamiento.**

Tratamientos	Spongospora subterranea											
	Severidad								ID		Incidencia	
	Sano (%)		Daño Bajo (%)		Daño Medio (%)		Daño Alto (%)					
1 Testigo con Suelo Enfermo	6	a	29	ns	45	ns	48	b	4,11	c	94	b
2 Testigo Suelo Autoclavado	47	c	49		53		0	a	1,70	a	53	a
3 Suelo autoclavado de Pindahue con 2 <sup>^3</sup> Sporosori	31	bc	58		65		4	a	2,19	ab	69	a
4 Suelo autoclavado de Pindahue con 2 <sup>^4</sup> Sporosori	27	b	40		56		10	a	2,45	b	66	a
5 Suelo autoclavado de Pindahue con 2 <sup>^5</sup> Sporosori	15	ab	46		50		4	a	2,50	b	54	a
CV	85,33		61,94		55,82		194,19		34,01		39,47	
Prueba de F	6,21		1,87		0,81		9,34		13,36		4,77	
Probabilidad	0,001		0,116		0,473		0,000		0,000		0,004	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05

**Cuadro 4.15. Unidades de tallos obtenidos por tratamiento, y número de agallas presente en dichos tallos**

Tratamiento	Numero de tallos	Número de agallas
1 Testigo con Suelo Enfermo	2,3 a	2,95 a
2 Testigo Suelo Autoclavado	5,17 b	10,96 a
3 Suelo autoclavado de Pindahue con 2 <sup>^3</sup> Sporosori	4,7 b	36,17 b
4 Suelo autoclavado de Pindahue con 2 <sup>^4</sup> Sporosori	4,58 b	12,42 a
5 Suelo autoclavado de Pindahue con 2 <sup>^5</sup> Sporosori	4,46 b	4,42 a
Coef. Var.	32,46	197,37
Prueba de F	13,32	5,65
Probabilidad	0,0000	0,0000

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05

## 2. Actividad Evaluación de resistencia varietal.

Para evaluar resistencia varietal a Sarna polvorienta se estableció una parcela experimental con seis cultivares de papa, fue establecida el 26 de octubre de 2017 en INIA Remehue. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental consistió en una parcela de 4 hileras por 6 metros de largo a una distancia de 0.75 cm x 0.3 cm, siendo cada tubérculo semilla de papa inoculado a la plantación con  $2 \times 10^4$  esporosori. Los tratamientos se muestran en el **Cuadro 16**.

**Cuadro 16. Tratamientos utilizados en el ensayo de resistencia varietal a *Spongospora subterranea*. INIA Remehue. 2017-18.**

N° tratamiento	Tratamientos (Cultivares)
1	Patagonia
2	Asterix
3	Rodeo
4	Pukará
5	Karú
6	FL2137

La fertilización de la parcela fue de 120 unidades de Nitrógeno, 250 unidades de Fósforo y 350 unidades de Potasio equivalentes a 200 gr de Nitromag, 244,56 gr de Superfostato Triple y 262,5 gr de Muriato de Potasio por hilera. Se controló Tizón tardío durante todo el desarrollo del experimento.

Se evaluó vigor y emergencia de plantas a los 30, 60 y 80 días. A los 100 días post plantación, se realizó un muestreo de plantas de la segunda hilera, con fin de evaluar la formación de agallas, según las categorías de daño: nulo, bajo, medio y alto daño.

También se evaluó el rendimiento de tubérculos según su peso y calibre de acuerdo a su diámetro ecuatorial en: Semillita (3,5-4,5 cm), Semilla (4,5-5,5 cm), Semillón (5,5-6,5 cm), Consumo (>6,5 cm) y Desecho (fuera de calibre, deformes y otros). Durante el periodo de post cosecha se analizó la severidad e incidencia en tubérculos de sarna polvorienta, utilizando escala de superficie dañada con notas: 1 = 0% de daño, 2 = 1% de daño, 3 = 10% de daño, 4 = 25% de daño, 5 = 50% de daño y 6 = >75% de daño.

## Resultado

El **Cuadro 17** y las **Foto 15 y 16** muestra los índices de vigor promedio para las variedades evaluadas, se observa que las variedades presentan índice de vigor similar para las fechas evaluadas, llegando a índices entre 8 y 9 a los 100 días postplantación. Se puede comentar que no se afectó el vigor de plantas dado la inoculación con *S. subterranea* en las cantidades usadas.

Con respecto al estado fenológico, A la primera fecha de evaluación (30 días post-plantación), no se presentaron características de estados fenológicos en las variedades, y, por ende, tampoco diferencias significativas.

Para la segunda fecha de evaluación ya se observaron estados fenológicos, y la mayoría de las plantas de todas las variedades se encontraban entre las escalas de estado fenológico 4 y 7 (**Figura 3**). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas a nivel de índice fenológico, y en las escalas 6 y 7 de estado de vigor (**Cuadro 18**), siendo la variedad Karú quien presentó dichas diferencias teniendo el menor índice fenológico (6,56) al presentar el mayor porcentaje de plantas dentro de la escala 6 de estado fenológico y el menor porcentaje de plantas dentro de la escala 7, con un 35 y un 61,25 % respectivamente. Dicha diferencia no se mantuvo para la tercera fecha de evaluación (80 días post-plantación), en donde no se obtuvieron diferencias significativas entre variables (**Figura 4 y Cuadro 19**).

Respecto al rendimiento, en el porcentaje de unidades de tubérculos por hectárea logradas por variedad para cada categoría de calibre, se observó que todas las variedades presentaron un mayor porcentaje de tubérculos dentro de la categoría Semillón (**Figura 5**), y se observaron diferencias significativas en las categorías de calibres menos en la categoría Semillón al igual que en los Totales (**Cuadro 20**). La variedad que obtuvo un mayor porcentaje de tubérculos en las categorías Fuera Calibre y Semilla fue la variedad Asterix con un 21 y 20% respectivamente, así como también fue la variedad que obtuvo un mayor porcentaje en el Total de Desecho y por ende un menor porcentaje en el Total Comercial con un 32 y 69%. Por otro lado, la variedad que obtuvo un porcentaje significativamente menor de tubérculos en las categorías Fuera Calibre, Semillita y Semilla fue la variedad FL2138 con un 9, 6 y 9% respectivamente, siendo así a su vez la variedad que presentó un porcentaje significativamente mayor de tubérculos en el Total Consumo y Total Comercial con un 49 y 82%.

Con respecto a las unidades de tubérculos por hectárea logradas por variedad se observaron diferencias significativas para todas las categorías y en los Totales (**Cuadro 21 y Figura 6**). Para la categoría fuera Calibre, las variedades Asterix y Rodeo fueron quienes obtuvieron unidades significativamente mayores de tubérculos dentro de dicha categoría con 136.728 y 121.296 respectivamente, mientras que nuevamente la variedad FL2138 fue quien presentó un menor número de unidades dentro de esta misma categoría (31.481 unidades). Para la categoría Consumo, ocurre la misma tendencia de forma inversa, ya que la variedad Asterix presentó un número significativamente menor de unidades (75.000) en dicha categoría, mientras que la variedad FL2138 obtuvo 169.753 tubérculos dentro de ésta misma. Se observó lo mismo en el Total de Desecho, donde Asterix fue la variedad con más tubérculos dentro de ésta categoría con 203.704 unidades, mientras que FL2138 presentó sólo 63.889 unidades. Sin embargo, para el Total Comercial fue la variedad Rodeo con 442.593 unidades la cual se posiciona en

primer lugar, y la variedad Pukará en el último con 312.037 unidades. Por otro lado, con 624.691 unidades totales obtenidas la variedad Asterix fue la variedad con mayor producción total de tubérculos, y la variedad Karú la variedad que dio el menor total de unidades con 344.753 tubérculos. Para el rendimiento en toneladas se ve nuevamente la misma tendencia que han arrastrado las variedades Asterix y FL2128. Es decir, esta última variedad obtuvo el menor rendimiento en la categoría Total de Desecho con 5 ton/ha pero también lo tuvo en la categoría Total con 54,37 ton/ha, mientras que la variedad Asterix presentó un rendimiento menor en casi todas las categorías y un mayor rendimiento en la categoría Total de Desecho con 11 ton/ha. Cabe rescatar que la variedad con un mayor rendimiento total fue Patagonia con 74,6 ton/ha (**Cuadro 22 y Figura 7**).

Con respecto a la severidad e incidencia de daño por *Spongospora subterranea* en tubérculos, todas las variedades presentaron un mayor porcentaje de tubérculos dentro de la categoría de severidad Sano (**Figura 8**), y se presentaron diferencias significativas para índice de daño, en todas las categorías menos Daño alto, e incidencia. La variedad Patagonia obtuvo un porcentaje significativamente mayor dentro de la categoría Sano con un 98%, mientras que la variedad Rodeo presentó el menor porcentaje con un 75%. Esta última variedad obtuvo los porcentajes significativamente mayores en las categorías Daño bajo, Daño alto y también un mayor índice de daño con un 25% para ambas categorías y un índice de daño de 1,29. Por otro lado, las variedades Patagonia, Pukará, Karú y FL2138 obtuvieron los porcentajes significativamente menores en las categorías Daño Medio y Daño alto, como también un menor índice de daño, pero sin mostrar diferencias significativas entre ellas (**Cuadro 23**).

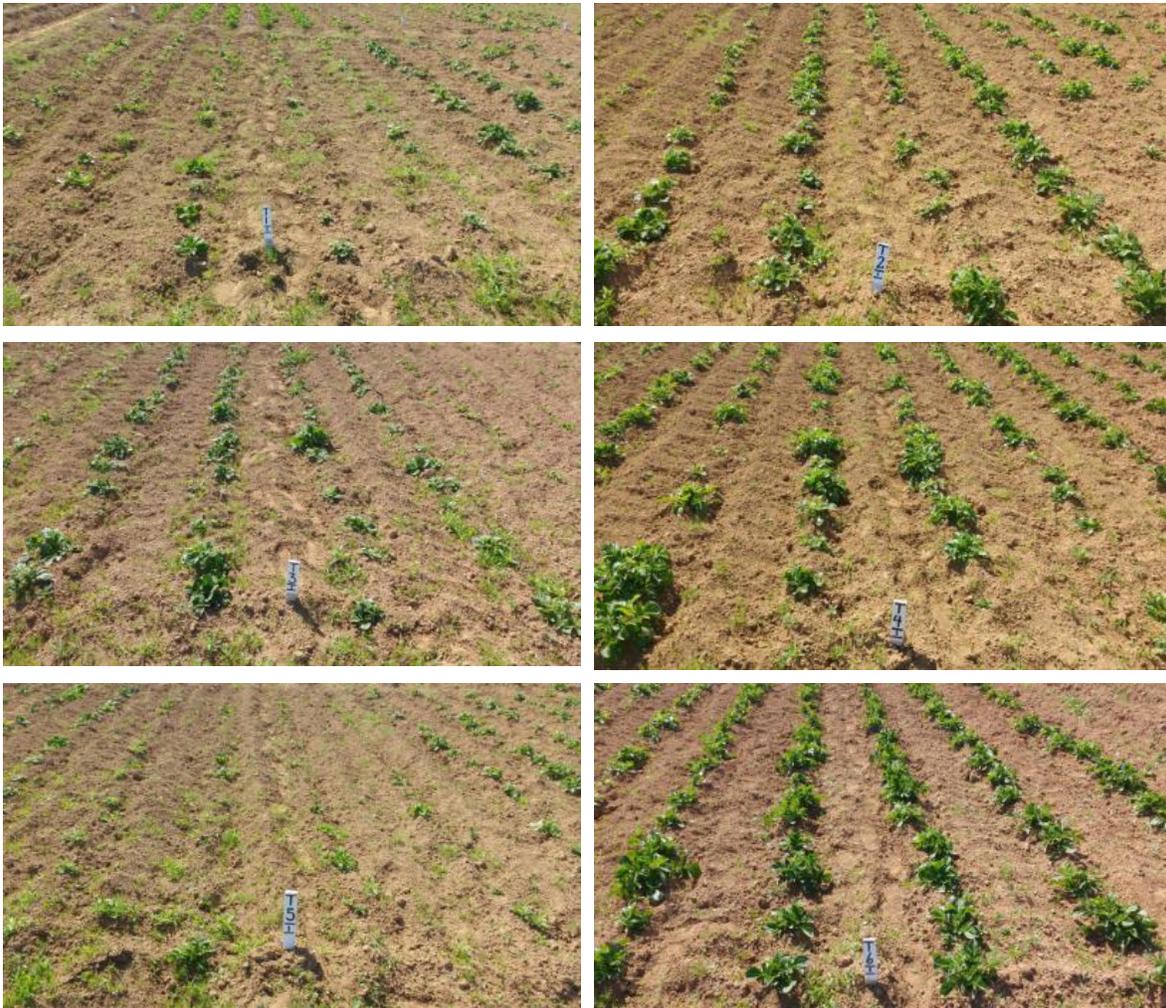
Para el caso de número de tallo y agallas, no se encontraron diferencia significativa en esta última categoría. La variedad con menor número de tallos fue Patagonia con una media de 2,98, y la variedad con mayor número de tallos fue la variedad Pukará sin encontrar diferencias con Rodeo y FL2138, con medias de 4,16, 1,44, 3,93 respectivamente (**Cuadro 24**).

Los resultados obtenidos en este experimento no fueron concluyentes respecto a la susceptibilidad de las variedades evaluadas. Por lo que se debe buscar otra metodología.

**Cuadro 17: Índice de vigor promedio de 6 variedades inoculadas con *Spongospora subterranea*. INIA Remehue. 2017-18.**

Tratamiento	Índice de vigor		
	01-dic	02-ene	05-feb
Patagonia	1,2 ns	6,3 ns	8,9 ns
Asterix	1,9	6,9	8,8
Rodeo	1,6	6,7	8,8
Pukará	2,1	6,0	8,6
Karú	1,2	5,6	8,5
FL2137	2,2	5,4	8,4

Escala índice de vigor, donde 1= mínimo vigor y 9= máximo vigor relativo.



**Foto 15.** Fotografías de los distintos tratamientos realizados en el experimento de resistencia varietal a *S.subterranea* a los 35 Días post plantación. T1=Patagonia, T2=Asterix, T3=Rodeo, T4=Pukará, T5=Karú, T6=FL2137. INIA Remehue.

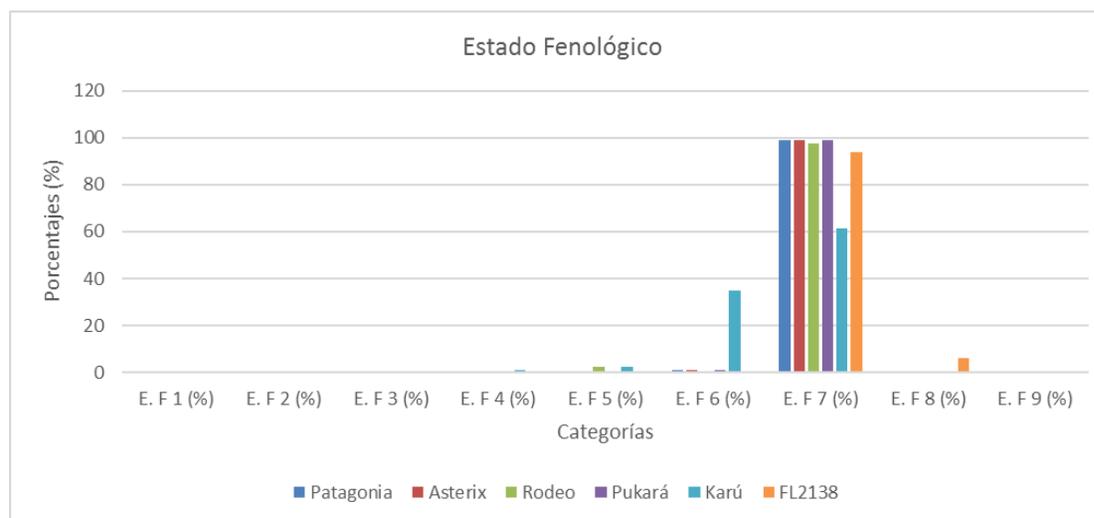


**Foto 16.** Variedades del experimento resistencial varietal *Spongospora subterranea* 67 Días post plantación. T1=Patagonia, T2=Asterix, T3=Rodeo, T4=Pukará, T5=Karú, T6=FL2137. INIA Remehue

**Cuadro 18. Estado Fenológico de plantas de papa bajo los tratamientos evaluados a los 60 días post plantación.**

Seguna Evaluación (60 días post-plantación)																				
Variedades	I. Fenológico	E. F 1 (%)		E. F 2 (%)		E. F 3 (%)		E. F 4 (%)		E. F 5 (%)		E. F 6 (%)		E. F 7 (%)		E. F 8 (%)		E. F 9 (%)		
1 Patagonia	6,99	b	0	ns	0	ns	0	ns	0	ns	0	ns	1,25	a	98,75	b	0	ns	0	ns
2 Asterix	6,99	b	0		0		0		0		0		1,25	a	98,75	b	0		0	
3 Rodeo	6,95	b	0		0		0		0		2,5		0	a	97,5	b	0		0	
4 Pukará	6,99	b	0		0		0		0		0		1,25	a	98,75	b	0		0	
5 Karú	6,56	a	0		0		0		1,25		2,5		35	b	61,25	a	0		0	
6 FL2138	7,06	b	0		0		0		0		0		0	a	93,75	b	6,25		0	
Coef. Var.	2,69		0		0		0		489,9		282,84		216,1		17,89		489,9		0	
Prueba de F	3,75		0		0		0		1		1,2		4,02		3,33		1		0	
Probabilidad	0,028		-		-		-		0,45		0,4		0,01		0,02		0,45		-	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

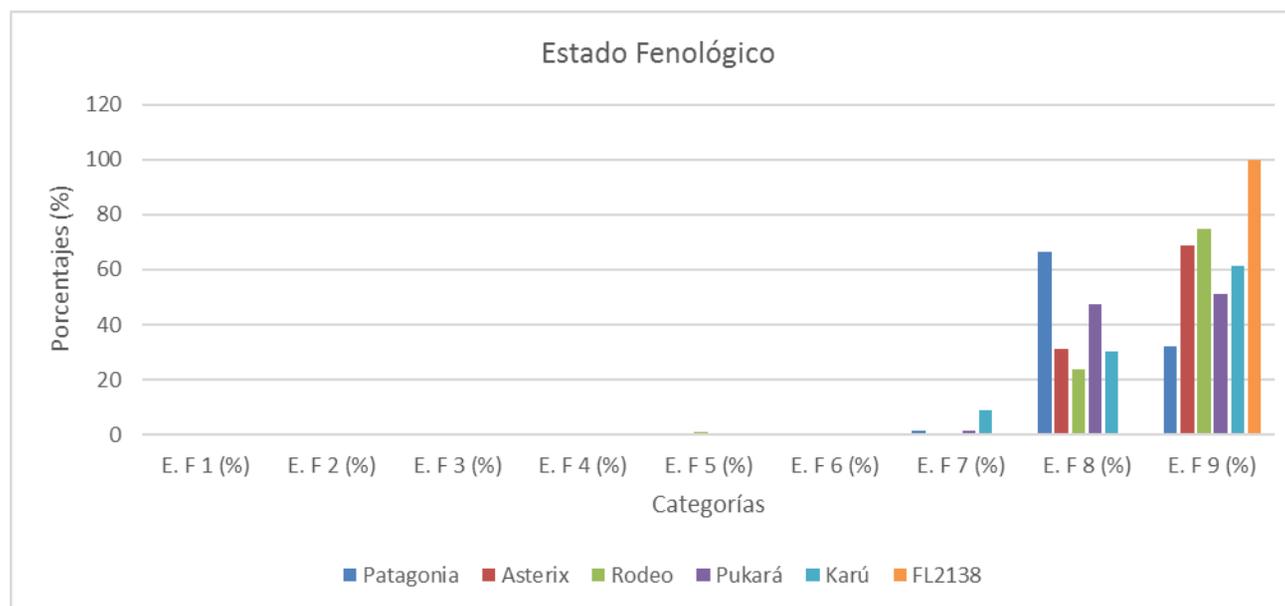


**Figura 3. Estado fenológico de plantas de papa bajo los tratamientos evaluados a los 60 días post plantación.**

**Cuadro 19. Estado Fenológico de plantas de papa bajo los tratamientos evaluados a los 80 días post plantación.**

Tercera Evaluación (80 días post-plantación)																				
Variedades	I. Fenológico	E. F 1 (%)		E. F 2 (%)		E. F 3 (%)		E. F 4 (%)		E. F 5 (%)		E. F 6 (%)		E. F 7 (%)		E. F 8 (%)		E. F 9 (%)		
1 Patagonia	8,31	n	0	ns	0	ns	0	ns	0	ns	0	ns	0	ns	1,32	ns	66,45	ns	32,24	ns
2 Asterix	8,69		0		0		0		0		0		0		0		31,25		68,75	
3 Rodeo	8,71		0		0		0		0		1,25		0		0		23,75		75	
4 Pukará	8,5		0		0		0		0		0		0		1,32		47,63		51,05	
5 Karú	8,53		0		0		0		0		0		0		8,75		30,07		61,19	
6 FL2138	9		0		0		0		0		0		0		0		0		100	
Coef. Var.	4,15		0		0		0		0		489,9		0		385,09		87,41		48,59	
Prueba de F	1,74		0		0		0		0		1		0		0,88		2,39		2,12	
Probabilidad	0,256		-		-		-		-		0,45		-		0,45		0,129		0,18	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

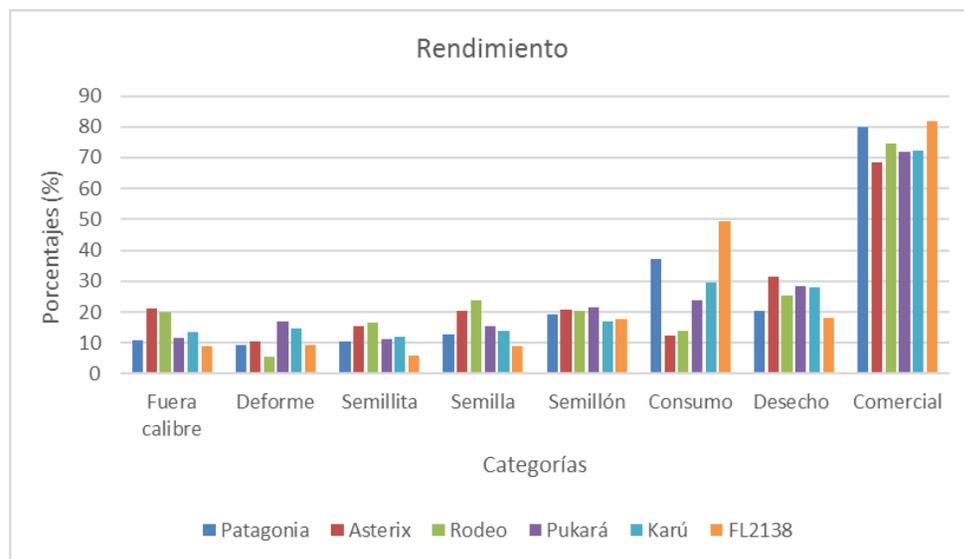


**Figura 4. Estado fenológico de plantas de papa bajo los tratamientos evaluados a los 80 días post plantación**

**Cuadro 20. Cantidad de tubérculos (porcentaje) por calibre en plantas de papa por tratamientos.**

Variedades	Porcentaje de tubérculos por Categoría (%/ha)															
	Categorías Calibración											Totales				
	Fuera calibre		Deforme		Semillita		Semilla		Semillón		Consumo		Desecho		Comercial	
1 Patagonia	11	a	9	ab	11	b	13	b	19	ns	37	c	20	ab	80	bc
2 Asterix	21	b	10	bc	15	cd	20	c	21		12	a	32	c	68	a
3 Rodeo	20	b	5	a	16	d	24	d	20		14	a	25	bc	75	ab
4 Pukará	11	a	17	d	11	b	15	b	21		24	b	28	c	72	a
5 Karú	13	a	15	cd	12	bc	14	b	17		29	b	28	c	72	a
6 FL2138	9	a	9	ab	6	a	9	a	18		49	d	18	a	82	c
<b>CV</b>	44,48		47,61		29,24		27,01		23,4		24,59		33,14		11,18	
<b>Prueba de F</b>	5,1		4,81		9,18		12,83		1,16		34,49		2,99		2,99	
<b>Probabilidad</b>	.001		0		0		0		0,305		0		0,002		0,002	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

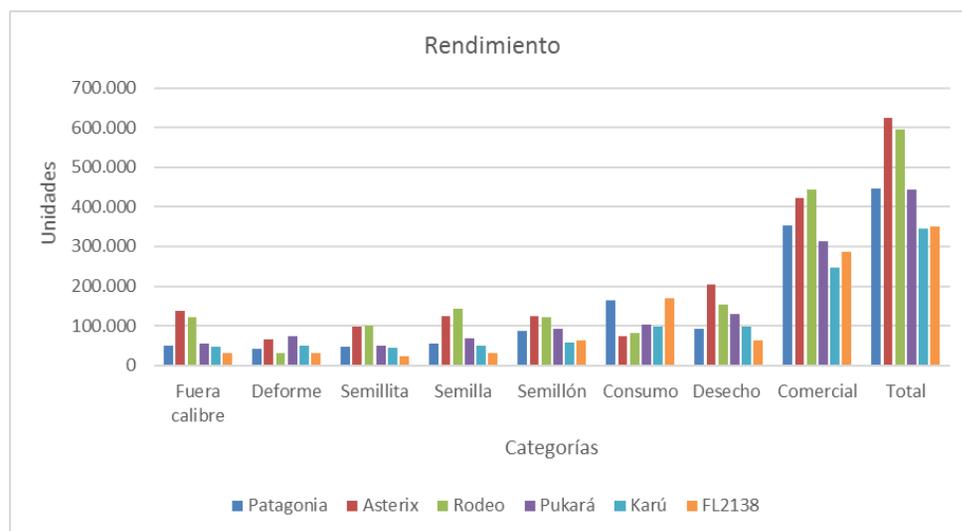


**Figura 5. Cantidad de tubérculos (porcentaje) por calibre en plantas de papa por tratamientos.**

**Cuadro 21. Cantidad de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos expresado como unidades.**

Variedades	Rendimiento Cantidad de tubérculos (unidades/ha)																	
	Categorías Calibración											Totales						
	Fuera calibre		Deforme		Semillita		Semilla		Semillón		Consumo		Desecho		Comercial		Total	
1 Patagonia	49.691	a	41.975	a	48.148	b	56.173	ab	86.111	b	162.963	c	91.667	ab	353.395	c	445061,7	b
2 Asterix	136.728	b	66.975	b	97.531	c	123.457	c	125.000	c	75.000	a	203.704	d	420.988	d	624691,4	c
3 Rodeo	121.296	b	31.481	a	99.074	c	142.593	c	120.370	c	80.556	ab	152.778	cd	442.593	d	595370,4	c
4 Pukará	55.864	a	74.383	b	50.000	b	67.901	b	91.049	b	103.086	b	130.247	bc	312.037	cd	442284	b
5 Karú	46.296	a	50.617	ab	43.210	ab	48.457	ab	58.025	a	98.148	ab	96.914	ab	247.840	a	344753,1	a
6 FL2138	31.481	a	32.407	a	22.222	a	31.481	ab	63.889	a	169.753	c	63.889	a	287.346	ab	351234,6	a
CV	60,81		54,22		38,32		33,35		22,52		19,98		48,18		15,32		17,2	
ba de F	7,73		3,53		14,77		23,1		14,8		25,84		5,73		16,82		17,54	
Probabilidad	0		0,001		0		0		0		0		0		0		0	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05

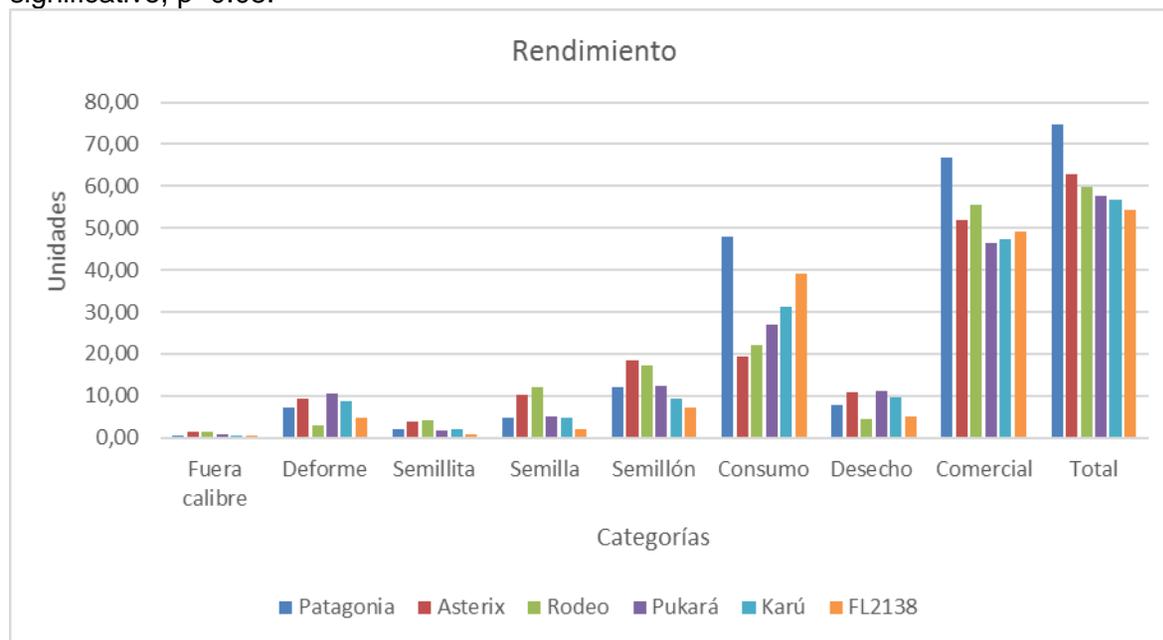


**Figura 6. Cantidad de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos expresado como unidades.**

**Cuadro 22. Rendimiento de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos en Ton/ha.**

Variedades	Rendimiento tubérculos (ton/ha)																	
	Categorías Calibración												Totales					
	Fuera calibre		Deforme		Semillita		Semilla		Semillón		Consumo		Desecho		Comercial		Total	
1 Patagonia	0,62	a	7	bc	2	b	5	b	12	b	48	e	8	bc	67	c	74,6	c
2 Asterix	1,54	b	9	c	4	c	10	c	18	c	19	a	11	c	52	ab	62,75	b
3 Rodeo	1,40	b	3	a	4	c	12	c	17	c	22	ab	4	a	55	b	59,89	ab
4 Pukará	0,73	a	10	c	2	b	5	b	12	b	27	bc	11	c	46	a	57,62	ab
5 Karú	0,66	a	9	c	2	b	5	b	9	ab	31	c	10	c	47	a	56,79	ab
6 FL2138	0,43	a	5	ab	1	a	2	a	7	a	39	d	5	ab	49	ab	54,37	
<b>CV</b>	52,61		53,17		37,43		29,59		22,76		21,17		48,62		13,47		10,11	
<b>Prueba de F</b>	7,56		4,42		14,99		31,86		17,99		21,53		4,19		8,96		11,03	
<b>Probabilidad</b>	0		0		0		0		0		0		0		0		0	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo,  $p=0.05$ .

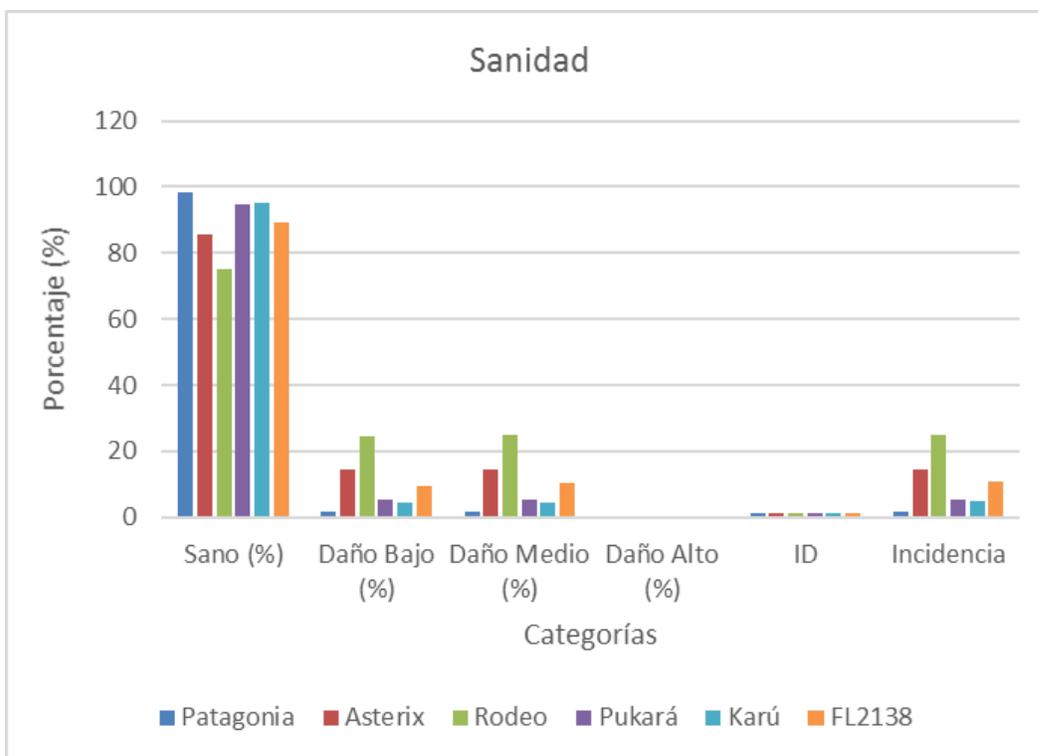


**Figura 7. Rendimiento de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos en Ton/ha.**

**Cuadro 23. Porcentaje de unidades de tubérculos dentro de las categorías de severidad de daño causado por *Spongospora subterranea*, índice de daño (ID) e Incidencia para cada tratamiento.**

Variedades	Spongospora subterranea											
	Severidad								ID		Incidencia	
	Sano (%)		Daño Bajo (%)		Daño Medio (%)		Daño Alto (%)					
1 Patagonia	98	b	2	a	2	a	0	ns	1,02	a	2	a
2 Asterix	85	ab	15	ab	15	ab	0		1,16	ab	15	ab
3 Rodeo	75	a	25	b	25	b	0		1,29	b	25	b
4 Pukará	95	b	5	a	5	a	0		1,06	a	5	a
5 Karú	95	b	5	a	5	a	0		1,07	a	5	a
5 FL2138	89	b	10	a	10	a	0		1,16	ab	11	a
CV	9,41		80,03		80,61		346,41		9,17		80,39	
Prueba de F	4,05		4,3		4,2		0,8		3,6		4,05	
Probabilidad	0,02		0,015		0,017		0,451		0,031		0,02	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.



**Figura 8. Porcentaje de unidades de tubérculos dentro de las categorías de severidad de daño causado por *Spongospora subterranea*, índice de daño (ID) e Incidencia para cada tratamiento.**

**Cuadro 24. Unidades de tallos obtenidos por tratamiento, y número de agallas presente en dichos tallos.**

Variedades	Numero de tallos	Número de agallas
1 Patagonia	2,98 a	0,17 ns
2 Asterix	4,92 c	1,63
3 Rodeo	4,11 b	0,06
4 Pukará	4,16 b	0,07
5 Karú	2,86 a	0,01
6 FL2138	3,93 b	0,66
Coef. Var.	40,94	1127,59
Prueba de F	16,1	1,11
Probabilidad	0,0000	0,3600

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo,  $p=0.05$ .

### 3. Actividad Evaluación de eficiencia de control químico.

El experimento de campo para evaluar la eficiencia de control químico de diferentes fungicidas sobre *S. subterranea* fue establecido el 3 de noviembre de 2017 en INIA Remehue. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con 10 tratamientos y 4 repeticiones cada uno. La unidad experimental es una parcela de 4 hileras de 6 mt de largo, a una distancia de 0.75 cm entre hilera x 0.3 cm sobre hilera. Se utilizaron tubérculos semilla de papa de la variedad FL2137, susceptibles a Sarna polvorienta, los cuales fueron inoculados con  $2 \times 10^4$  esporos por planta a la plantación.

Las aplicaciones de fungicidas a la semilla se realizaron un día previo a plantación con pulverizadora de ultrabajo volumen (**Foto 17**), y al momento de la plantación se aplicaron los tratamientos al surco.

Los tratamientos por experimento son descritos a continuación en el **Cuadro 25**.

**Cuadro 25. Tratamientos experimento Químico *Spongospora subterranea* en campo ubicado en INIA Remehue durante la temporada 2017-18.**

N°	Tratamientos	Ingrediente Activo	Dosis cc pc/ton TSP o ha	Zona de Aplicación
1	Testigo Sin Inóculo	-	-	-
2	Testigo Suelo Infectado	-	-	
3	Shirlan	Fluazinam 500 g/L	0,4 L/ton	Semilla
4	Shirlan	Fluazinam 500 g/L	1,0 L/ha	Surco
5	Priori	Azoxistrobina 250 g/L	3 L/ha	Surco
6	Score	Difenoconazol 250 g/L	500 cc/ha	Surco
7	Manzate	Mancozeb 800 g/Kg	1,5 Kg/ha	Surco
8	Vibrance Gold	Sedaxano 500 g/L	8 cc/Ton	Semilla
		Fludioxonilo 25 g/L	1 L/ton	
		Difenoconazole 250 g/L	50 cc/ha	
9	Vibrance	Sedaxano 500 g/L	80 cc/Ton	Semilla
10	Celest	Fludioxonilo 25 g/L	1 L/ton	Semilla

Las parcelas fueron fertilizadas con una dosis de 120 unidades de Nitrógeno, 250 unidades de Fósforo y 350 unidades de Potasio equivalentes a 200 gr de Nitromag, 244,56 gr de Superfostato Triple y 262,5 gr de Muriato de Potasio por hilera. Se controló Tizón tardío durante toda la temporada del cultivo.

Se evaluó emergencia, vigor y estado fenológico a los 30, 60 y 80 días post plantación. Posteriormente, a los 100 días post-plantación, se sacaron plantas de la segunda hilera de cada tratamiento para evaluar la formación de agallas, categorizando el daño en nulo, bajo, medio y alto daño.

Además, se evaluó rendimiento de tubérculos por peso y el calibre según su diámetro ecuatorial en: Semillita (3,5-4.5 cm), Semilla (4,5-5,5 cm), Semillón (5,5-6,5 cm), Consumo (>6,5 cm) y Desecho (fuera de calibre, deformes y otros), para luego extrapolar los resultados a rendimiento por unidades/hectárea, porcentaje por calibre/hectárea, y toneladas/hectárea. Adicionalmente, se analizará la severidad e incidencia en tubérculos de sarna polvorienta, utilizando escala de superficie dañada con notas: 1 = 0% de daño, 2 = 1% de daño, 3 = 10% de daño, 4 = 25% de daño, 5 = 50% de daño y 6 = >75% de daño.



**Foto 17.** Aplicación de los distintos tratamientos a tubérculos semilla de papa. INIA Remehue.

## Resultados

En el **Cuadro 25** y las **Fotos 18 y 19** muestran el índice de vigor promedio en las plantas para 3 fechas de evaluación, se observa que a los 30, 60 y 90 días postplantación no se detectan diferencias entre los diferentes tratamientos fungicidas para este parámetro, presentándose índices muy similares, los que están cercanos a 80 a los 90 días. Se puede comentar, por lo tanto, que la inoculación de las plantas con el patógeno en las dosis utilizadas, no afectó el vigor de las plantas. Algo similar ocurre al evaluar el estado fenológico de las plantas en estas fechas, no se detecta diferencias entre tratamientos para este parámetro (**Cuadro 26**).

En relación a la producción de tubérculos, el porcentaje de unidades de tubérculos por hectárea logradas por tratamiento para cada categoría de calibre, se observó que todos los tratamientos presentaron un mayor porcentaje de tubérculos dentro de la categoría Consumo, seguido de la categoría Semillón (**Figura 9**), pero no se observaron diferencias significativas en los calibres (**Cuadro 27**).

En las unidades de tubérculos por hectárea logradas por tratamiento se observaron diferencias significativas para la categoría Consumo, siendo el tratamiento Vibrance 80 cc/Ton el cual obtuvo un mayor número de unidades dentro de dicha categoría con 198.148 tubérculos y siendo significativamente mayor a los tratamientos Testigo sin inóculo, Vibrance 8 cc/Ton + Celest 1L/Ton + Score 50cc/ha y Celest 1 L/Ton, quienes obtuvieron 168.519, 169.753 y 164.506 tubérculos respectivamente. Por otro lado, el tratamiento Testigo Suelo Infectado obtuvo un significativo menor número de tubérculos dentro de esta categoría con 157.716 papas (**Figura 10 y Cuadro 28**). Esta misma tendencia se pudo observar en el rendimiento de toneladas por hectárea alcanzado por tratamiento, siendo el tratamiento Vibrance 80 cc/Ton quien también obtuvo el mayor rendimiento a nivel de toneladas en la categoría Consumo, seguido del tratamiento

Mazate 1,5 Kg/ha con 47 y 46 Ton/ha respectivamente, mientras que el tratamiento Testigo Suelo Infectado obtuvo el menor rendimiento en esta categoría con 36 Ton/ha y seguido por los tratamientos Vibrance 8 cc/Ton + Celest 1L/Ton + Score 50cc/ha y Celest 1 L/Ton con 38 Ton/ha cada uno. Para la categoría Total Comercial y Total, nuevamente los tratamientos Vibrance 80cc/Ton y Mazate 1,5 kg/ha presentaron los mayores rendimientos con 56 Ton/ha cada uno para la primera categoría y con 58 y 59 Ton/ha para la categoría Total. Por otro lado, el tratamiento Testigo Suelo Infectado obtuvo el menor rendimiento para ambas categorías con 50 y 52 ton/ha respectivamente, seguido de los tratamientos Testigo sin inóculo y Vibrance 8 cc/Ton + Celest 1L/Ton + Score 50cc/ha (**Figura 11 y Cuadro 29**). Cabe destacar que la diferencias entre testigo sano y enfermo es mínima, por lo que las diferencias detectadas entre tratamientos puede estar dada por el efecto del tratamiento sobre otra patología de suelo, como Rizoctoniasis por ejemplo.

Con respecto a la severidad e incidencia de daño por *Spongospora subterranea* en tubérculos, todos los tratamientos presentaron un mayor porcentaje de tubérculos dentro de la categoría de severidad Sano (**Figura 12**), y se presentaron diferencias significativas para todas las categorías, índice de daño e incidencia. El tratamiento Testigo sin Inóculo presentó un porcentaje significativamente mayor de tubérculos dentro de la categoría sano con un 36% y obtuvo los porcentajes significativamente más bajo dentro de las categorías Daño Medio y Daño alto con un 13 y 0% respectivamente, y sin presentar diferencias significativas para la categoría Daño Medio con los tratamientos Priori 3L/ha y Score 500 cc/ha quienes ambos obtuvieron un 13%. El tratamiento Testigo sin inóculo tampoco presentó diferencias significativas en la categoría Daño Alto con el tratamiento Shirlan 0,4 L/ton. Por otro lado, el tratamiento Manzate 1,5 Kg/ha presentó un significativo menor porcentaje dentro de la categoría Sano con un 23%, también fue el tratamiento con un significativo mayor porcentaje en la categoría Daño Medio con un 22% y sin presentar diferencias significativas con el tratamiento Testigo Suelo Infectado quien también obtuvo un 22% de tubérculos con Daño Medio. Con respecto al Índice de Daño e Incidencia, el tratamiento Testigo sin Inóculo presentó un menor número en contraste con los demás tratamientos, mientras que el tratamiento con mayor índice de daño e incidencia fue el tratamiento Manzate 1,5 kg/ton (**Cuadro 30**).

Por otro lado, el tratamiento testigo sin inóculo obtuvo el menor número de tallos y agallas en éstos con unas medias de 4,19 y 0,08 respectivamente, seguido por el tratamiento Shirlan 1,0 L/ha en menor número de tallos. Mientras que el tratamiento Vibrance 8 cc/Ton + Celest 1L/Ton + Score 50cc/ha presentó un número estadísticamente mayor de tallos con una media de 5,5, y el tratamiento Manzate 1,5 kg/L con el tratamiento Priori 3 L/ha fueron los tratamientos que presentaron un menor número de agallas con media de 2,53 y 2.54 respectivamente (**Cuadro 31**).

**Cuadro 25. Índice de vigor promedio en plantas de papa inoculas con *Spongospora subterranea* y tratadas con fungicidas a la plantación. INIA Remehue. 2017-18**

Tratamiento	Índice de vigor		
	05-dic	02-ene	05-feb
Testigo Sin Inóculo	2,2 ns	5,8 ns	8,8 ns
Testigo Suelo Infectado	2,2	5,8	8,9
Shirlan TSP	2,1	5,6	8,9
Shirlan surco	2,2	5,7	8,9

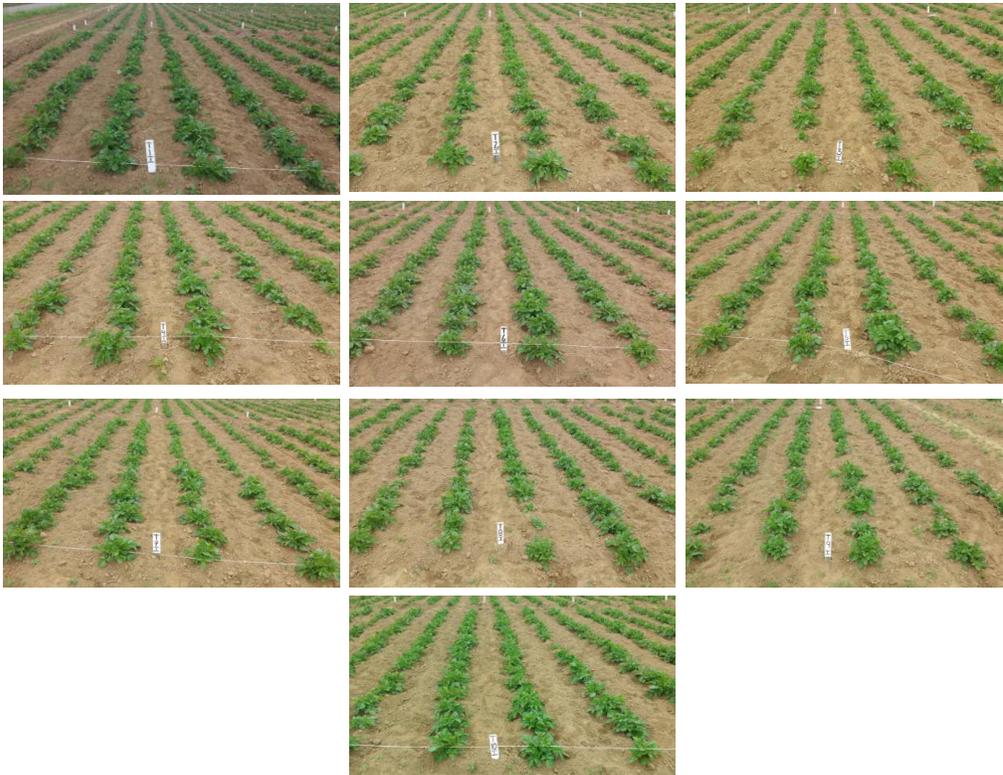
Priori surco	2,3	5,6	8,9
Score surco	2,3	5,6	9,0
Manzate surco	2,3	5,8	8,9
Vibrance Gold TSP	2,2	5,7	8,9
Vibrance TSP	2,3	5,7	9,0
Celest TSP	2,4	5,7	8,8

Escala índice de vigor, donde 1= mínimo vigor y 9= máximo vigor relativo.

**Cuadro 26. Índice fenológico de plantas de papas inoculas con *Spongospora subterranea* y tratadas con fungicidas a la plantación. INIA Remehue. 2017-18.**

Tratamiento	Índice fenológico		
	05-dic	02-ene	05-feb
Testigo Sin Inóculo	2,8 ns	7,0 ns	8,3 ns
Testigo Suelo Infectado	2,9	7,0	8,3
Shirlan TSP	2,8	7,0	8,3
Shirlan surco	2,9	7,0	8,3
Priori surco	2,9	7,0	8,3
Score surco	2,9	7,0	8,3
Manzate surco	3,0	7,0	8,3
Vibrance Gold TSP	3,0	7,0	8,3
Vibrance TSP	2,9	7,0	8,3
Celest TSP	2,9	7,0	8,3

Estado de desarrollo de la planta de escala 1 a 10, donde el valor 1=Brotación, 2=Emergencia, 3=Desarrollo de hojas y tallos, 4=Elongación en altura, 5=Cerrado de Canopia, 6=Botón Floral, 7=Floración, 8=Desarrollo de Semilla, 9=Senescencia, 10=Maduración de Tubérculos.



**Foto 18.** Tratamientos del experimento evaluación química para control de *Spongospora subterranea* en INIA Remehue a los 32 días post plantación. T1=Testigo sin inóculo, T2= Testigo suelo infectado, T3= Shirlan 0,4 L/ton (Fluazinam 500 g/L), T4=Shirlan 1,0 L/ha, T5=Priori 3L/ha (Azoxystrobina 250 g/L), T6=Score 500cc/ha (Difenoconazol 250 g/L), T7= Manzate 1,5 Kg/ha (Mancozeb 800 g/Kg), T8=Vibrance Gold 0,8L/ton (Sedaxano 500 g/L+Fludioxonilo 25g/L+Difenoconazole 250g/L), T9=Vibrance 80 cc/ton(Sedaxano 500 g/L), T10=Celest 1L/ton (Fludioxonilo 25 g/L). INIA Remehue.

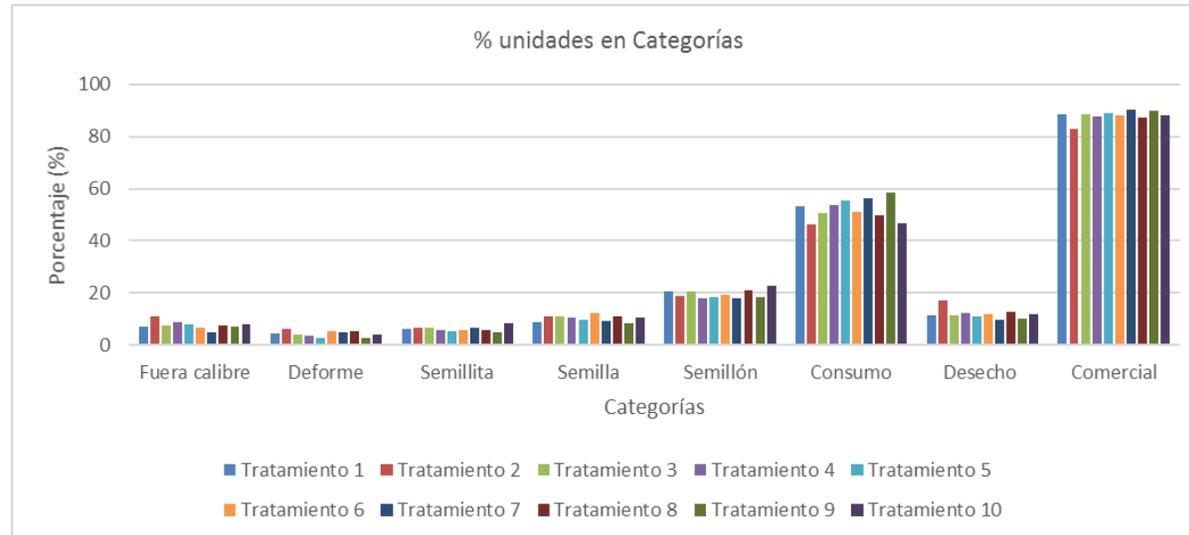


**Foto 19.** Tratamientos del experimento evaluación química en INIA Remehue contra *Spongospora subterranea* 66 días post plantación. T1=Testigo sin inóculo, T2= Testigo suelo infectado, T3= Shirlan 0,4 L/ton (Fluazinam 500 g/L), T4=Shirlan 1,0 L/ha, T5=Priori 3L/ha (Azoxystrobina 250 g/L), T6=Score 500cc/ha (Difenoconazol 250 g/L), T7= Manzate 1,5 Kg/ha (Mancozeb 800 g/Kg), T8=Vibrance Gold 0,8L/ton (Sedaxano 500 g/L+Fludioxonilo 25g/L+Difenoconazole 250g/L), T9=Vibrance 80 cc/ton(Sedaxano 500 g/L), T10=Celest 1L/ton (Fludioxonilo 25 g/L). INIA Remehue.

**Cuadro 27. Cantidad de tubérculos (porcentaje) por calibre en plantas de papa por tratamientos.**

Tratamientos	Zona de aplicación	Porcentaje de tubérculos por Categoría (%/ha)															
		Fuera calibre		Deforme		Semillita		Semilla		Semillón		Consumo		Desecho		Comercial	
1 Testigo sin Inóculo		7	ns	4	ns	6	ns	9	ns	21	ns	53	ns	11	ns	89	ns
2 Testigo Suelo Infectado		11		6		6		11		19		47		17		83	
3 Shirlan (0,4 L/ton)	semilla	7		4		7		11		20		51		11		89	
4 Shirlan (1,0 L/ha)	surco	9		4		6		11		18		54		12		88	
5 Prori (3 L/ha)	surco	8		3		6		10		18		55		11		89	
6 Score (500 cc/ha)	surco	7		5		6		12		19		51		12		88	
7 Mazate (1,5 Kg/ha)	surco	5		5		7		9		18		56		10		90	
8 Vibrance (8 cc/Ton), Celest (1 L/Ton) y Score (50 cc/ha)	semilla	7		5		6		11		21		50		13		87	
9 Vibrance (80 cc/Ton)	semilla	7		3		5		8		18		59		10		90	
10 Celest (1 L/ton)	semilla	8		4		9		10		23		47		12		88	
<b>Coef. Var.</b>		65,65		62,59		41,32		31,11		22,26		15,27		49,45		6,68	
<b>Prueba de F</b>		0,82		1,36		1,28		1,01		1,13		2,05		1,05		1,05	
<b>Probabilidad</b>		0,5500		0,2300		0,2900		0,4100		0,2800		0,1700		0,3700		0,3700	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

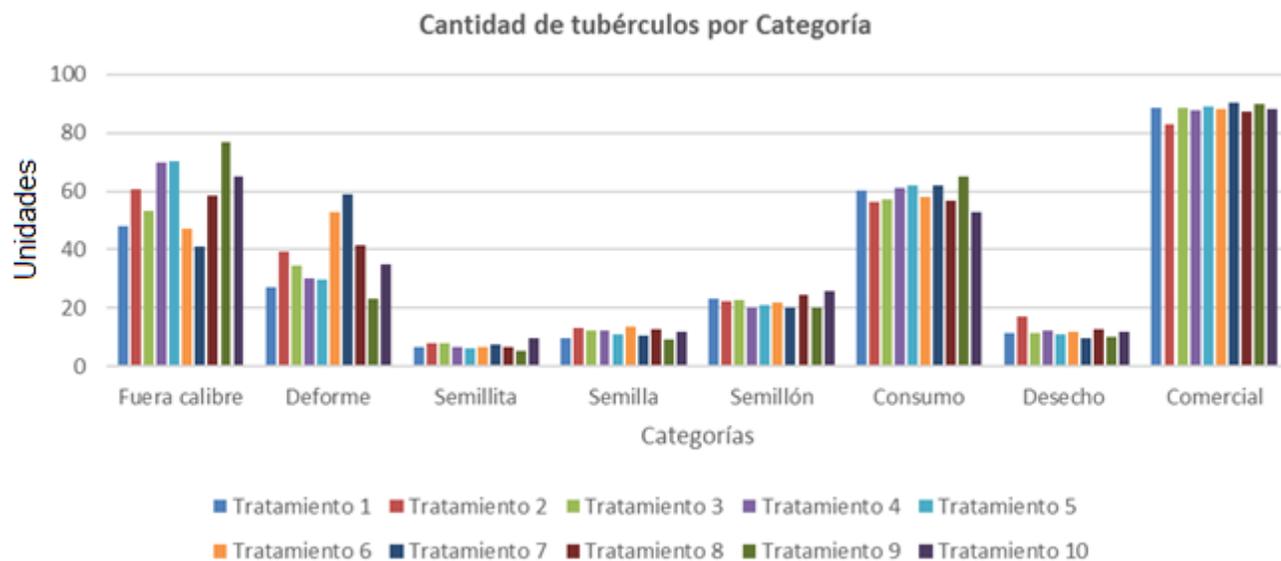


**Figura 9. Cantidad de tubérculos (porcentaje) por calibre en plantas de papa por tratamientos.**

**Cuadro 28. Cantidad de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos expresado como unidades.**

Tratamientos	Zona de aplicación	Rendimiento Cantidad de tubérculos (unidades/ha)															
		Fuera calibre		Deforme		Semillita		Semilla		Semillón		Consumo		Desecho		Comercial	
1 Testigo sin Inóculo		22.222	ns	14.198	ns	19.444	ns	28.086	ns	65.432	ns	168.519	abc	36.420	ns	281.481	ns
2 Testigo Suelo Infectado		38.889		21.605		22.840		37.346		63.889		157.716	a	60.494		281.790	
3 Shirlan (0,4 L/ton)	semilla	25.926		14.506		23.457		38.580		72.531		180.247	abcd	40.432		314.815	
4 Shirlan (1,0 L/ha)	surco	29.938		12.654		19.444		36.420		60.494		182.407	bcd	42.593		298.765	
5 Prori (3 L/ha)	surco	27.160		9.259		18.827		33.951		61.728		183.333	bcd	36.420		297.840	
6 Score (500 cc/ha)	surco	22.222		17.901		19.444		40.123		64.198		168.827	abc	40.123		292.593	
7 Mazate (1,5 Kg/ha)	surco	16.975		16.667		23.148		32.407		60.802		190.123	cd	33.642		306.481	
8 Vibrance (8 cc/Ton), Celest (1 L/Ton) y Score (50 cc/ha)	semilla	26.852		19.136		19.444		37.963		75.617		169.753	abc	45.988		302.778	
9 Vibrance (80 cc/Ton)	semilla	24.383		8.642		15.741		28.395		62.346		198.148	d	33.025		304.630	
10 Celest (1 L/ton)	semilla	28.704		13.889		29.938		37.037		81.790		164.506	ab	42.593		313.272	
<b>Coef. Var.</b>		69,22		64,13		42,45		34,01		27,52		15,75		53,33		12,55	
<b>Prueba de F</b>		0,81		1,50		1,49		0,99		1,24		1,63		1,05		0,75	
<b>Probabilidad</b>		0,5800		0,1500		0,1500		0,3700		0,1100		0,0060		0,3790		0,1210	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

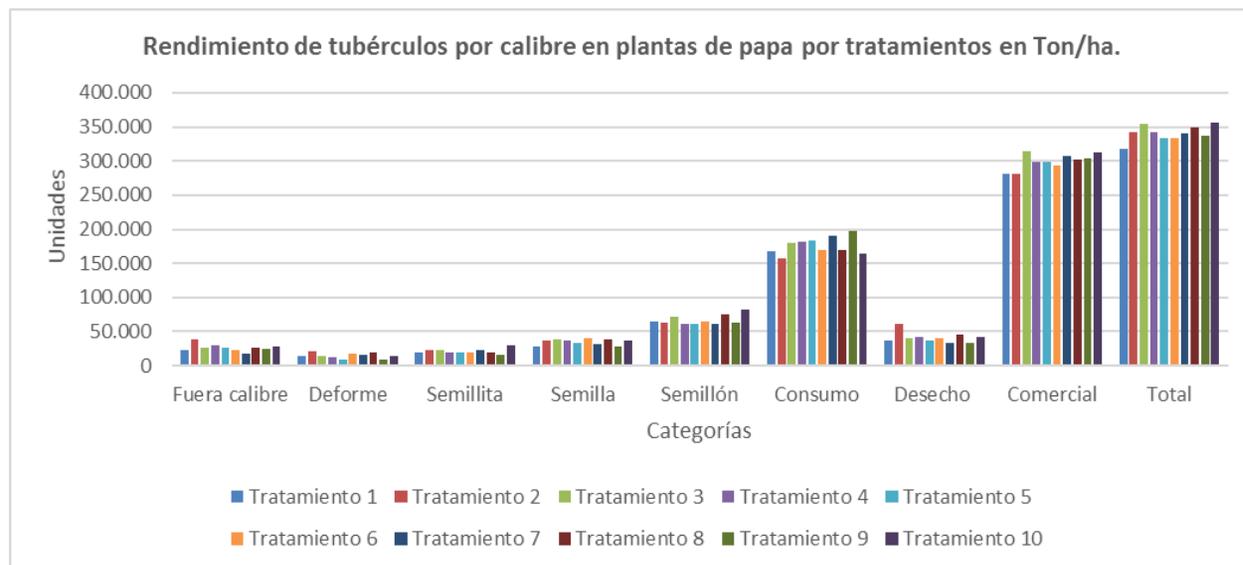


**Figura 10. Cantidad de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos expresado como unidades.**

**Cuadro 29. Rendimiento de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos en Ton/ha.**

Tratamientos	Zona de aplicación	Rendimiento Tubérculos (ton/ha)															
		Fuera calibre		Deforme		Semillita		Semilla		Semillón		Consumo		Desecho		Comercial	
1 Testigo sin Inóculo		0,28	ns	1,73	ns	0,69	ns	1,91	ns	7,56	ns	39,72	ab	2,01	ns	49,89	ab
2 Testigo Suelo Infectado		0,48		2,78		0,76		2,44		7,25		36,48	a	3,26		46,93	a
3 Shirlan (0,4 L/ton)	semilla	0,31		1,60		0,83		2,59		8,30		40,56	abc	1,91		52,28	bc
4 Shirlan (1,0 L/ha)	surco	0,43		1,54		0,76		2,56		6,93		41,56	abcd	1,98		51,81	abc
5 Prori (3 L/ha)	surco	0,34		1,44		0,73		2,25		6,96		44,34	bcd	1,77		54,27	bc
6 Score (500 cc/ha)	surco	0,28		2,39		0,68		2,73		7,45		40,05	abc	2,67		50,91	abc
7 Mazate (1,5 Kg/ha)	surco	0,23		2,47		0,80		2,30		6,96		45,85	cd	2,70		55,91	c
8 Vibrance (8 cc/Ton), Celest (1 L/Ton) y Score (50 cc/ha)	semilla	0,31		2,33		0,63		2,59		8,67		37,87	a	2,64		49,77	ab
9 Vibrance (80 cc/Ton)	semilla	0,34		1,68		0,56		1,85		6,91		46,57	d	2,02		55,90	c
10 Celest (1 L/ton)	semilla	0,94		1,79		1,13		2,55		9,15		37,93	a	2,73		50,76	abc
<b>Coef. Var.</b>		143,26		70,11		45,59		35,35		27,48		15,75		61,77		11,88	
<b>Prueba de F</b>		1,07		0,92		1,58		1,00		1,20		2,30		0,90		1,72	
<b>Probabilidad</b>		0,37		0,49		0,14		0,37		0,15		0,00		0,51		0,00	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

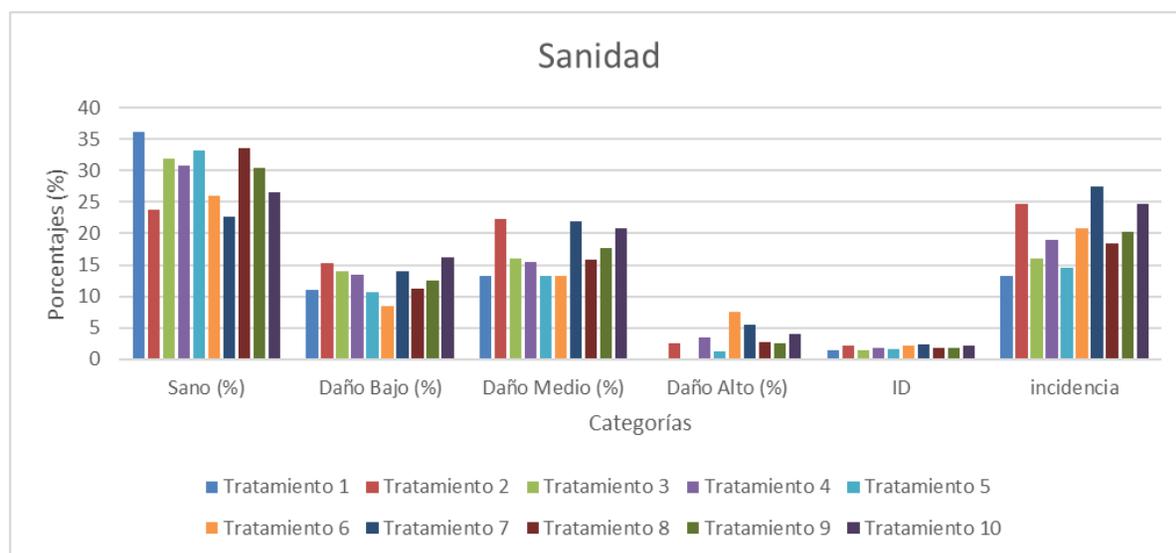


**Figura 11. Rendimiento de tubérculos por calibre en plantas de papa por tratamientos en Ton/ha.**

**Cuadro 30. Porcentaje de unidades de tubérculos dentro de las categorías de severidad de daño causado por *Spongospora subterranea*, índice de daño (ID) e Incidencia para cada tratamiento.**

Tratamientos		Zona de aplicación		<i>Spongospora subterranea</i>								ID		Incidencia	
				Severidad											
				Sano (%)		Daño Bajo (%)		Daño Medio (%)		Daño Alto (%)					
1	Testigo sin Inóculo			36,25	a	11,00	ab	13,25	a	0,00	a	1,42	a	13,25	a
2	Testigo Suelo Infectado			23,75	cd	15,25	cd	22,25	c	2,50	bc	2,09	de	24,75	cd
3	Shirlan (0,4 L/ton)	semilla		32,00	ab	14,00	bcd	16,00	ab	0,00	a	1,48	ab	16,00	ab
4	Shirlan (1,0 L/ha)	surco		30,75	abc	13,50	bcd	15,50	ab	3,50	bcd	1,81	cd	19,00	abc
5	Prori (3 L/ha)	surco		33,25	ab	10,75	ab	13,25	a	1,25	ab	1,59	abc	14,50	ab
6	Score (500 cc/ha)	surco		26,00	bc	8,50	a	13,25	a	7,50	de	2,24	e	20,75	bc
7	Mazate (1,5 Kg/ha)	surco		22,75	d	14,00	bcd	22,00	c	5,50	de	2,35	e	27,50	d
8	Víbrance (8 cc/Ton), Celest (1 L/Ton) y Score (50 cc/ha)	semilla		33,50	abc	11,25	abc	15,75	ab	2,75	bc	1,78	bcd	18,50	abc
9	Víbrance (80 cc/Ton)	semilla		30,50	bc	12,50	abcc	17,75	abc	2,50	bc	1,87	cd	20,25	bc
10	Celest (1 L/ton)	semilla		26,50	cd	16,25	d	20,75	bc	4,00	cd	2,08	de	24,75	de
Coef. Var.				14,30		21,13		21,14		50,47		11,12		20,79	
Prueba de F				4,60		3,06		3,94		9,89		9,35		5,10	
Probabilidad				0,00		0,01		0,00		0,00		0,00		0,00	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.



**Figura 12. Porcentaje de unidades de tubérculos dentro de las categorías de severidad de daño causado por *Spongospora subterranea*, índice de daño (ID) e Incidencia para cada tratamiento.**

**Cuadro 31. Unidades de tallos obtenidos por tratamiento, y número de agallas presente en dichos tallos.**

Tratamientos		Zona de aplicación	Numero de tallos		Número de agallas	
1	Testigo sin Inóculo		4,19	a	0,08	a
2	Testigo Suelo Infectado		4,49	ab	1,29	bc
3	Shirlan (0,4 L/ton)	semilla	4,72	abc	1,72	bcd
4	Shirlan (1,0 L/ha)	surco	4,42	a	1	ab
5	Prori (3 L/ha)	surco	4,58	abc	2,54	d
6	Score (500 cc/ha)	surco	4,71	abc	1,06	ab
7	Mazate (1,5 Kg/ha)	surco	5,19	cd	2,53	d
8	Vibrance (8 cc/Ton), Celest (1 L/Ton) y Score (50 cc/ha)	semilla	5,5	d	0,57	ab
9	Vibrance (80 cc/Ton)	semilla	4,49	ab	1,31	bc
10	Celest (1 L/ton)	semilla	5,07	bcd	2,33	cd
<b>Coef. Var.</b>			35,8		218,87	
<b>Prueba de F</b>			4,04		5,02	
<b>Probabilidad</b>			0,000		0,000	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes al 5% LSD. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

### Ensayo en invernadero para control químico

El objetivo de este ensayo fue evaluar el nivel de expresión de la sarna polvorienta de la papa bajo diferentes agentes de control químico, considerando que en experimentos de invernadero se puede tener un mayor control de los factores involucrados.

El diseño experimental de este ensayo consistió en un diseño de bloques completamente al azar de 7 tratamientos (**Cuadro 32**), y de 15 repeticiones cada uno. Mientras que la unidad experimental correspondió a minitubérculos del cultivar Shepody en macetas plástica de 20 x 20 cm.

El sustrato utilizado provenía del suelo del predio Pindahue, el cual fue fertilizado y mezclado con perlita en una proporción 3:1, y posteriormente autoclavado según el tratamiento a seguir, e inoculado de forma homogénea con 0,003 g de inóculo a una concentración de  $2 \times 10^4$  esporos/planta.

Antes de la siembra, los minitubérculos del cultivar Shepody fueron desinfectados superficialmente con lavados de cloro comercial al 10% durante 15 minutos, seguido de dos enjuagues seriados con agua destilada.

**Cuadro 32.** Muestra los tratamientos evaluados durante el ensayo experimental en invernadero.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis cc pc/ton TSP o ha	Zona de aplicación	Dosis por 15 plantas
Testigo Sano (Suelo autoclavado)	-	-	-	-

Testigo enfermo (Suelo sin autoclavar)	-	-	-	-
Suelo infectado con 2x10 <sup>4</sup> sporosori/planta	-	-	-	-
Shirlan 1	Fluazinam 500 g/L	0,4 L/ton	Semilla	0,1 mL
Shirlan 2	Fluazinam 500 g/L	1,0 L/ha	Surco	0,34 mL
Priori	Azoxistrobina 250 g/L	3,0 L/ha	Surco	1cc
Vibrance	Sedaxano 500 g/L	80 cc/ton	Semilla	0,02 cc

### Evaluaciones

Se realizó dos evaluaciones del estado fenológicos de las plantas el 06 y 28 de febrero del 2019. La cosecha se realizó el 26 de junio del 2019, y también se evaluó el índice daño presente en los tubérculos hijos, por medio de una escala que mide el porcentaje de la superficie total del tubérculo que se encontraba cubierta por pústulas (**Cuadro 33**), y finalmente se evaluó el peso y el tamaño de estos tubérculos a modo de calibración.

**Cuadro 13.** Escala de evaluación de daño por *S. subterranea* en tubérculos de papa.

Superficie con pústulas (%)	Daño
0%	Sano (%)
1%	Daño bajo (%)
10%	
25%	Daño medio (%)
50%	Daño alto (%)
75-100%	

### Análisis Estadístico:

El análisis fue realizado con el software INFOSTAT Statistics para Windows (versión 5.13) los datos registrados por tratamiento/repetición no se basan en los supuestos de la distribución normal, y fueron analizados mediante un Análisis de Varianza. Como prueba de comparación múltiple se utilizó con LSD Fisher con significancia de  $p=0.05$ .

### Resultados

En relación al estado fenológico, el tratamiento testigo sano alcanzó un mayor estado fenológico presentando un área bajo de la curva de 47,67, mientras que el tratamiento Priori fue el tratamiento que alcanzó un menor estado fenológico con un área bajo la curva de 27,5. No obstante, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (**Cuadro 34**).

Con respecto al índice de daño por sarna polvorienta en los tubérculos, el tratamiento que presentó estadísticamente un mayor índice de daño fue el tratamiento Priori con un índice de daño en tubérculos de 1,79, siendo estadísticamente mayor que el resto de los tratamientos. El tratamiento con Vibrance obtuvo el menor índice de daño con un índice de 1,03, pero sin

presentar diferencias significativas en contraste con los demás tratamientos incluyendo el testigo sano y enfermo, los cuales obtuvieron un índice de daño promedio de 1,06 y 1,07, respectivamente (**Cuadro 35**). Adicionalmente, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguna de las variables evaluadas en relación al calibre de los tubérculos (**Cuadro 36, Figura 13**).

En general se puede concluir que los resultados de este experimento no son concluyentes.

**Cuadro 34.** Presenta el área bajo la curva de progreso del estado fenológico de cada tratamiento del ensayo en invernadero.

Tratamiento	06-02-2019		28-02-2019		AUDPC	
Testigo Sano	1,9	a	2,56	ab	47,67	ns
Testigo enfermo	1,1	bc	3	a	45,22	
Suelo infectado con 2x10E4	0,6	bc	2	b	33	
Shirlan 1	0,8	bc	1,67	b	28,6	
Shirlan 2	0,3	c	2,17	ab	28,11	
Priori	0,6	bc	3,13	a	27,5	
Vibrance	1,3	ab	2,44	ab	41,25	
Coef. Variación	90,31		42,74		48,83	
Estadístico F	2,75		2,61		1,82	
Probabilidad	0,0229		0,0291		0,1222	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo,  $p=0.05$ .

**Cuadro 35.** Presenta el índice de daño presente en los tubérculos hijos hojas de cada tratamiento del ensayo en invernadero.

Tratamiento	Sanos (%)		Daño bajo (%)		Daño medio (%)		Daño alto (%)		Total de enfermos (%)		ID	
Testigo Sano	93,75	ab	6,25	bc	0	ns	0	ns	6,25	bc	1,06	b
Testigo enfermo	93,06	ab	6,94	bc	0		0		6,94	bc	1,07	b
Suelo infectado con 2x10E4	96,43	a	3,57	c	0		0		3,57	c	1,04	b
Shirlan 1	66,67	bc	33,33	ab	0		0		33,33	ab	1,33	b
Shirlan 2	100	a	0	c	0		0		0	c	1	b
Priori	60,71	c	39,29	ab	0		0		39,29	a	1,79	a
Vibrance	97,22	a	2,78	c	0		0		2,78	c	1,03	b
Coef. Variación	30,1		198,93		-		-		198,93		30,58	
Estadístico F	2,59		2,59		-		-		2,59		4,03	
Probabilidad	0,0354		0,0354		-		-		0,0354		0,0039	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

**Cuadro 36.** Tamaño y número de tubérculos hijos obtenido en cada tratamiento del ensayo en invernadero.

Tratamiento	Número tubérculos		Tamaño tubérculo		Peso	
Testigo Sano	3,5	ns	2,16	ns	41,49	ns
Testigo enfermo	3,58		2,51		52,66	
Suelo infectado con 2x10E4	5		2,03		56,34	
Shirlan 1	2,57		2,52		38,21	
Shirlan 2	3,4		2,18		39,44	
Priori	2,57		2,48		37,13	
Vibrance	3,67		2,37		45,62	
Coef. Variación	55,06		30,68		46,03	
Estadístico F	1,28		0,58		1	
Probabilidad	0,2947		0,747		0,4414	

Cifras seguidas por igual letra en cada columna no son significativamente diferentes. ns: Estadísticamente no significativo, p=0.05.

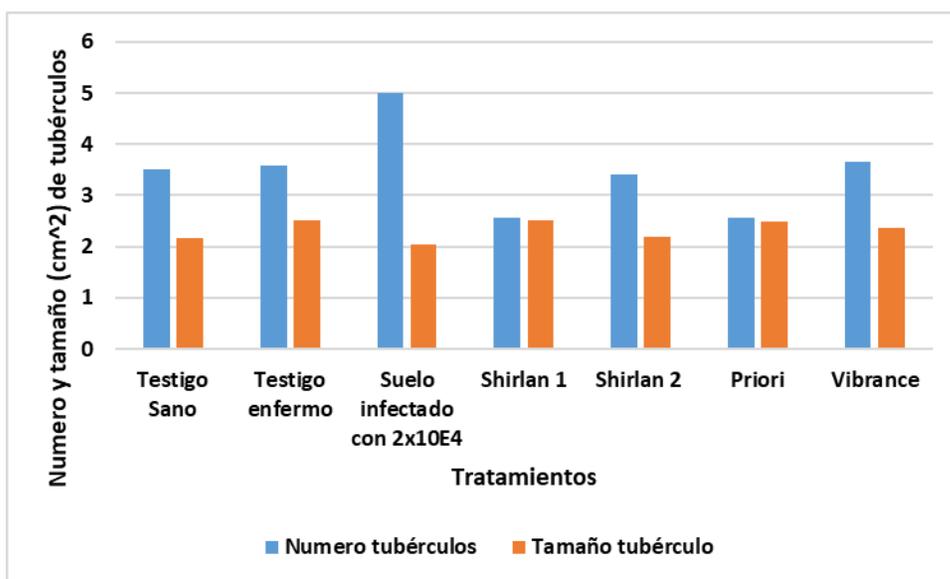


Figura 13. Tamaño y número de tubérculos hijos obtenido en cada tratamiento del ensayo invernadero.

## COMENTARIOS GENERALES

Los resultados de los experimentos realizados muestran variabilidad, demostrando que para trabajar con este patógeno se debe trabajar en condiciones muy controladas, o con un aumento importante en la cantidad de repeticiones. Al parecer evaluaciones usando suelo naturalmente infectado podrían ser utilizadas, pero es necesario realizar una cuantificación del inóculo presente para obtener datos confiables. Por otro lado, la implementación de protocolos más específicos in vitro, pudieran ser una solución. Durante la visita del Dr. Ueli Merz al laboratorio de Fitopatología de INIA Remehue, se implementó alguno de estos protocolos, con el fin de continuar estudios en este importante patógeno para la producción de papas del sur de Chile.

## Plataforma informativa y de análisis de riesgo en enfermedades del cultivo de papa.

### Plataforma informativa y de análisis de riesgo en enfermedades del cultivo de papa.

Ivette Acuña  
Camila Sandoval  
Constanza Parra  
Enrique Vallejos

El desarrollo de la plataforma informativa y de análisis de riesgo a enfermedades se inició durante el proyecto FIA PYT-2014-0015 en donde se aplicó una encuesta a agricultores del rubro papa para identificar los principales factores de riesgo asociados al manejo del cultivo. En esta iniciativa, solo se consideraron 4 enfermedades: pie negro y pudriciones blandas, rizoctoniasis, sarna plateada y marchitez bacteriana. Sin embargo, no se consideraron problemas relevantes de hoy en día, como es la Sarna polvorienta y el Virus Mop top de la papa (PMTV). Por esta razón, durante este proyecto FIA PYT 2016-0096 se trabajó en actualizar, rediseñar y complementar la información ya existente en la plataforma, además de desarrollar el área que comprende a Sarna polvorienta e infección viral por PMTV. Adicionalmente, esta plataforma se continuará actualizando con el proyecto FIA PYT-2017-0204.

#### Metodología

La plataforma informativa y de análisis de riesgo posee 6 subdivisiones principales que incluye: información sobre las enfermedades, evaluación de riesgo, búsqueda por síntomas, recomendaciones para su cultivo, glosario y sitios de interés.

Para poder desarrollar cada sección se utilizó la información generada durante el proyecto, además de un levantamiento de información científica relacionada a estas enfermedades. Con estos datos, se identificaron los principales factores de riesgo asociados al manejo del cultivo, los cuales fueron valorados y ponderados, derivando es un cuestionario de 18 preguntas disponible en la sección "Evaluación de riesgo", donde cualquier usuario (a) podrá responder de forma anónima ingresando a la página [enfermedadespapa.inia.cl](http://enfermedadespapa.inia.cl), recibiendo una evaluación de riesgo sanitario con sus recomendaciones para reducir al mínimo el ataque potencial de cada enfermedad.

Los resultados de la evaluación de riesgo se generaron mediante la valoración de los factores involucrados en cada pregunta del cuestionario. Cada una de ellas fue valorada entre 1 y 4, según la importancia de la pregunta, donde 1 representa menor grado de importancia y 4 el máximo. A su vez, cada respuesta fue valorada entre 1 y 10, siendo 1 el valor de menor riesgo y 10 el de mayor riesgo. Finalmente, al sumar los puntajes mínimos y máximos de las 18 preguntas para cada enfermedad, se generaron 5 categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, información que indica la posible incidencia de cada una de las enfermedades, según los datos ingresados.

Además, las 18 preguntas fueron agrupadas en 6 grandes factores: tubérculo semilla de papa, factores ambientales, manejo predial, riego, herramientas y maquinarias, cosecha y almacenamiento, obteniéndose mediante el puntaje promedio, la información de cuales

son los principales factores de riesgo responsables de la incidencia de la enfermedad. De esta manera, el usuario (a) tiene libre acceso a información sobre que enfermedad podría desarrollarse en su cultivo, además de los principales factores de riesgo involucrados. Una vez obtenida la evaluación, la plataforma dispone de recomendaciones por enfermedad para reducir al mínimo el ataque de la enfermedad.

Por otro lado, la plataforma dispone de la sección de búsqueda por síntoma. Esta consiste en que el usuario (a) que ingrese a la página podrá visualizar fotografías con sintomatología de las enfermedades, pudiendo elegir la imagen que más se ajusta a su problema fitopatológico, consiguiendo una posible respuesta a su inquietud e información sobre esta (Figura 1).

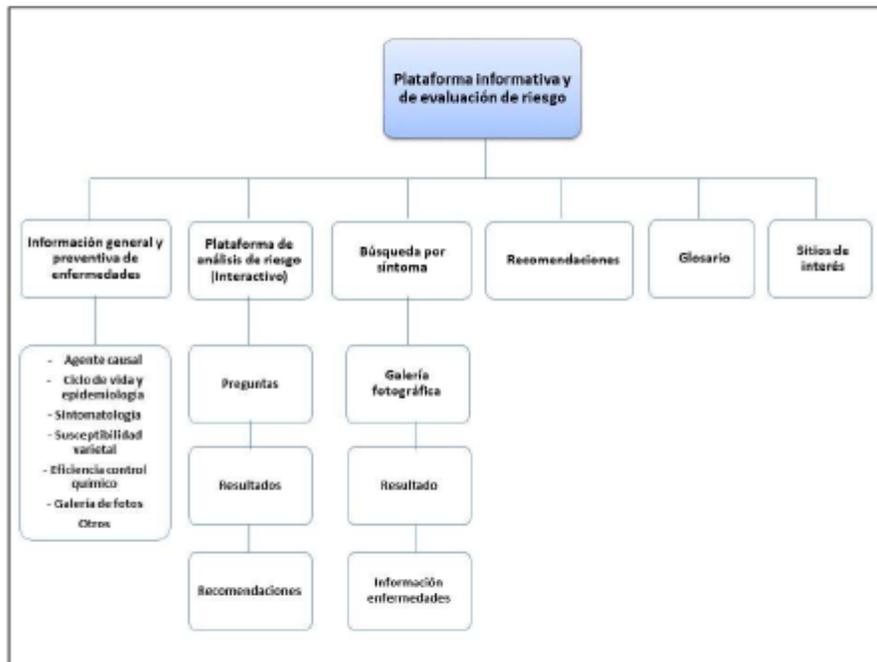


Figura 1. Esquema general de la plataforma informativa y de riesgo.

## Resultados

La plataforma estará disponible en el sitio <http://enfermedadespapa.inia.cl>. Esta posee una página de inicio, donde se da la bienvenida y se muestran las 6 subdivisiones principales: enfermedades, evaluación de riesgo, búsqueda por síntoma, recomendaciones, glosario y sitios de interés (Figura 2).



**Figura 2.** Página de inicio de la plataforma de enfermedades.

La sección enfermedades cuenta con información sobre agente causal, ciclo y epidemiología, sintomatología, control, situación del patógeno en Chile y galería fotográfica. El texto dispone de ayuda rápida sobre el significado de ciertas palabras, probablemente desconocidas para el usuario, formando parte de un glosario, colaborando así a una mejor explicación del contenido. En la galería se muestra fotografías representativas de cada enfermedad con una explicación de lo que se observa. La sección búsqueda por síntoma, estará vinculada con esta, ya que el usuario (a) podrá identificar su problema mediante observación y al hacer clic sobre este se dirigirá al texto informativo de la enfermedad.

Al ingresar a la sección evaluación de riesgo, el usuario deberá completar datos personales y de su predio, siendo alguno de estos de carácter obligatorio como: ubicación, nivel de escolaridad, superficie y rendimiento del cultivo, ya que estos ayudarán a obtener mayor información del manejo del cultivo para estadísticas internas (Figura 3).

Cada pregunta de la evaluación de riesgo, mostrará al lado derecho información general para orientar al usuario (a) en su respuesta (Figura 4).

Como ya se mencionó anteriormente, el cuestionario para la evaluación de riesgo consta de 18 preguntas, las cuales se mostrarán a continuación con sus respectivas respuestas posibles y los valores de riesgo que fueron obtenidos según lo descrito en metodología. Los números sobre cada columna de la enfermedad indican la ponderación de la pregunta (1-4), siendo 1 el menor valor de ponderación. Los valores de las respuestas van de 1-10, donde 1 es el menor valor de riesgo y 10 el máximo. Por lo tanto, mientras mayor sea el puntaje, más alto es el riesgo de que se produzca la enfermedad (Cuadro 1).

**Evaluación de Riesgo Sanitario**

---

**Información del Usuario**

- Edad -      - Género -      - Etnia -      E-mail de contacto

- Seleccione Región -      - Seleccione Comuna -      - Escolaridad -

- Motivo para dedicarse al cultivo de papa -

**Datos del Predio**

- Cultiva papas todos los años -      - Recibe asesoría por -      - Rendimiento por hectárea (Toneladas) -

- Superficie del cultivo (hectáreas) -      - La propiedad donde establece el cultivo corresponde -

**Figura 3. Datos personales y del predio en sección evaluación de riesgo sanitario.**

**Evaluación de Riesgo Sanitario**

1. ¿Qué tipos de tubérculo semilla de papa utiliza? ⓘ

Papa (origen desconocido)     Propia     Corriente     Certificada

2. ¿Qué variedad de papa utiliza? ⓘ

Atlantic

3. ¿En qué fecha realiza la plantación? ⓘ

Junio     Julio - Agosto     Septiembre - Octubre     Noviembre - Diciembre

4. ¿Realiza rotación de cultivo? ⓘ

No     Corta (2 años)     Media (3-4 años)     Larga (más de 5 años)

**Figura 4. Diseño de alternativas de la plataforma.**

Cuadro 1. Cuestionario de evaluación de riesgo sanitario elaborado. Los números sobre cada columna de enfermedad indica la ponderación de la pregunta (1-4), mientras que los valores de las respuestas van de 1-10.

1	¿Qué tipo de tubérculo semilla de papa utiliza?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
				Respuesta agricultor/riesgo	4	4	4	4
	Papa (origen desconocido)		4					
	Propia		3	Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	Corriente		2	Papa (origen desconocido)	10	10	10	10
	Certificada		1	Propia	5	5	5	8
				Corriente	3	3	3	10
				Certificada	1	1	1	1

2	¿Qué variedad de papa utiliza?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
				Respuesta agricultor/factor	4	4	4	4
	Desconocido		4					
	Despliegue de menú con variedades		3	Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
		2	Desconocida	10	10	10	10	10
			1	Adara- NS	10	10	10	10
				agata	10	10	10	3
				Asterix	3	10	3	10
				Atlantic	10	8	10	3
				Baraka	8	10	10	8
				Cardinal	3	10	3	10
				Cornado	3	10	10	10
				Desiree	3	10	3	3
				FL – 1867	10	10	10	10
				FL – 1879	10	10	10	10
				Inovator	10	3	3	3
				Kaia-NS	10	10	10	10
				Karú INIA	3	8	3	3
				Kuyén INIA	10	10	10	10
				Markies	10	10	1	8
				Monalisa	10	10	10	3
				Patagonia INIA	3	10	10	10
				Pukará	3	8	10	10
				Puyehue INIA	10	10	10	10
				Rayún INIA	10	10	10	10

Red Fantasy	10	10	10	10	10
Red Lady	3	10	3	10	10
Red Scarlett	8	10	10	10	3
Rodeo	8	10	10	10	3
Romano	8	8	3	10	3
Rosara	8	8	3	10	10
Shepody	10	3	3	10	3
Symfonia	8	10	10	10	10
Trauko - NS	10	10	10	10	10
Verdi	10	10	10	10	10
VR 808	10	10	10	10	10
Yagana	8	10	8	10	5

3	¿En qué fecha realiza la plantación?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor					
		Junio	4	Respuesta agricultor/factor	4	1	3	3	4
		Julio - Agos	3		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
		Sept-Oct	2	Junio	10	1	3	1	10
		Nov - Dic	1	Julio- Agos	8	1	5	3	8
				Sept-Oct	3	1	10	10	3
				Nov - Dic	1	1	8	8	1

4	¿Realiza rotación de cultivo ?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor					
		No	4	Respuesta agricultor/factor	4	2	2	4	4
		Corta (2 años)	3		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
		Media (3-4 años)	2	No	10	10	10	10	10
		Larga (más de 5 años)	1	Corta (2 años)	5	5	5	10	10
				Media (3-4 años)	3	3	3	10	8
				Larga (más de 5 años)	1	1	1	5	3

5	¿Realiza control químico a la plantación?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor					
				Respuesta agricultor/factor	4	2	2	1	3
*Si el agricultor responde Si, desplegar opciones de control químico	No	Si: Despliegue de menú con productos	Riesgo según producto, en análisis	Rizoctoniasis					
				Sarna plateada					
				Pudrición blanda					
	Marchitez bacteriana								
	Spongospora								
	No								
	Celest 025	8		8	10	10	10		
	Tecto 500 SC	8		3	10	10	10		
	Moncut 40 SC	8		10	10	10	10		
	Anagran Plus	8		3	10	10	8		
	Priori	1		8	10	10	10		
	Impulso	1		8	10	10	9		
	Revus top	1		10	10	10	10		
	Ernesto silver	1		8	8	10	8		
	Monceren 250 FS	5		10	10	10	10		
	Hidroxicobre 50 SL	8		8	3	10	10		
	Reflect-Xtra	1		8	10	10	9		
Phyton 27	10	10	3	10	10				
Shirlan	8	8	8	10	3				
Acronis	6	3	10	10	9				
Vibrance Gold	1	1	8	10	10				
Vibrance	3	6	10	10	9				

6	¿El terreno donde cultiva se inunda en algún periodo del año?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor					
				Respuesta agricultor/factor	2	1	4	4	4
		Practicamente, todo el año	4	Rizoctoniasis					
		Gran parte del año	3	Sarna plateada					
		Poco	2	Pudrición blanda					
		No	1	Marchitez bacteriana					
				Prácticamente, todo el año	4	4	10	10	10
				Gran parte del año	3	3	8	8	10
				Poco	2	2	5	5	8
				No	1	1	1	1	1

7	¿La fuente de agua que utiliza para riego pasa antes por otros predios con cultivo de papa?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor					
				Respuesta agricultor/factor	1	1	3	4	4
		Si	2	Rizoctoniasis					
		No	1	Sarna plateada					
		Si		1	1	8	10	8	
				No	1	1	1	1	1

8	¿Arrenda maquinaria agrícola para labores en el cultivo de papa ?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
				Respuesta agricultor/factor	3	2	3	4
*Si responde "una de estas opciones" pasar a pregunta N° 9.	Si, con procedencia desconocida	4	Respuesta agricultor/factor	Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	Si, con procedencia conocida	3		6	6	8	10	10
	No, cuento con mi propia maquinaria agrícola	2	Si, con procedencia desconocida	6	6	8	10	10
	No uso maquinaria agrícola	1	Si, con procedencia conocida	6	6	8	8	6
			No, cuento con mi propia maquinaria agrícola	4	4	6	6	6
			No uso maquinaria agrícola	1	1	1	1	1

9	¿La maquinaria agrícola a utilizar es sanitizada?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
				Respuesta agricultor/factor	2	2	2	4
	No	2	Respuesta agricultor/factor	Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	Si	1		1	1	1	1	1
	No uso maquinaria agrícola	1	Si	1	1	1	1	1
			No	5	5	10	10	10
			No uso maquinaria agrícola	1	1	1	1	1

10	Sanitiza equipamiento, vestimenta y herramientas agrícolas	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
				Respuesta agricultor/factor	2	2	4	4
	No realiza	4	Respuesta agricultor/factor	Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	Solo después de usar	3		6	6	10	10	10
	Solo antes de usar	2	No realiza	6	6	10	10	10
	Antes y después de usar	1	Solo después de usar	6	6	10	10	8
			Solo antes de usar	3	3	5	5	5
			Antes y después de usar	1	1	1	1	1

11	Finalizado el cultivo, ¿Cuánto tiempo permanecen las papas en el potrero antes de la cosecha?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
	Más de 60 días	4	Respuesta agricultor/factor	4	4	3	3	4
	60 días	3		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	40 días	2	Más de 60 días	10	10	10	10	10
	20 días	1	60 días	10	10	10	10	10
			40 días	8	8	6	6	10
			20 días	1	1	1	1	6

12	Su bodega de almacenamiento cuenta con	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
	Sin ventilación ni refrigeración	4	Respuesta agricultor/factor	1	4	4	4	1
	Sólo refrigeración	3		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	Sólo ventilación	2	Sin ventilación ni refrigeración	1	10	10	10	4
	Ventilación y refrigeración	1	Sólo refrigeración	1	8	8	8	3
			Sólo ventilación	1	3	3	6	2
			Ventilación y refrigeración	1	2	2	2	1

13	Realiza limpieza y desinfección de bodega	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
	No	4	Respuesta agricultor/factor	2	4	4	4	4
	Si, después de almacenar las papás	3		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
	Si, antes de almacenar las papás	2	No	8	10	10	10	10
	Si, antes y después de almacenar las papas	1	Si, después de almacenar las papás	1	8	8	8	8
			Si, antes de almacenar las papás	1	2	2	2	2
			Si, antes y después de almacenar las papas	1	1	1	1	1

14	Registra su plantación en el SAG	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor				
	No	2	Respuesta agricultor/factor	4	4	4	4	4
	Si	1		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora
			No	10	10	10	10	10
			Si	1	1	1	1	1

15	Analiza el agua de riego para patógenos	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor						
		No	2	Respuesta agricultor/factor	1	1	4	4	4	
		Si	1		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora	
					No	1	1	10	10	10
					Si	1	1	1	1	1
16	Aplica riego al cultivo	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor						
		No	2	Respuesta agricultor/factor	1	1	4	4	4	
		Si	1		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora	
					No	1	1	1	1	1
					Si	1	1	8	8	10
			Si, cuando se requiere	1	1	1	1	3		
17	Fertiliza su cultivo según análisis de suelo	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor						
		No	2	Respuesta agricultor/factor	2	2	3	2	2	
		Si	1		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora	
					No	6	2	10	8	1
					Si	1	1	1	1	1
18	¿Realiza control de malezas solanáceas?	Alternativas	Riesgo	Valor de riesgo para cada enfermedad, según respuesta agricultor						
		No	6	Respuesta agricultor/factor	3	3	4	4	4	
		Si	1		Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Spongospora	
					No	8	4	10	10	10
					Si	1	1	1	1	1

Al sumar los puntajes mínimos y máximos de las respuestas para cada enfermedad, dado por el resultado del puntaje de la respuesta y ponderación de la enfermedad, se generaron 5 categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, los cuales nos permiten conocer cual sería la enfermedad más probable a ocurrir en su cultivo con los datos ingresados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Puntajes y categorías de riesgo generados al considerar el riesgo mínimo y máxima para cada enfermedad.

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Enfermedad/rango %	0,0	20,0	40,0	60,0	80,0
Rizoctoniasis	15,9	44,6	74,2	103,9	134,5
Sarna plateada	14,3	39,9	66,6	93,2	119,9
Pudrición blanda	20,6	57,6	95,7	133,7	171,8
Marchitez bacteriana	21,9	61,4	101,8	142,3	182,7
Sarna polvorienta	22,3	62,3	103,4	144,4	185,5

También se agruparon las preguntas por factores de riesgo: tubérculo semilla de papa, factores ambientales, manejo predial, riego, herramientas y maquinaria, cosecha y almacenamiento. Valores que dan información sobre cuales son los principales factores de riesgo involucrados en la incidencia de la enfermedad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Puntajes obtenidos en la agrupación de preguntas por factores de riesgo.

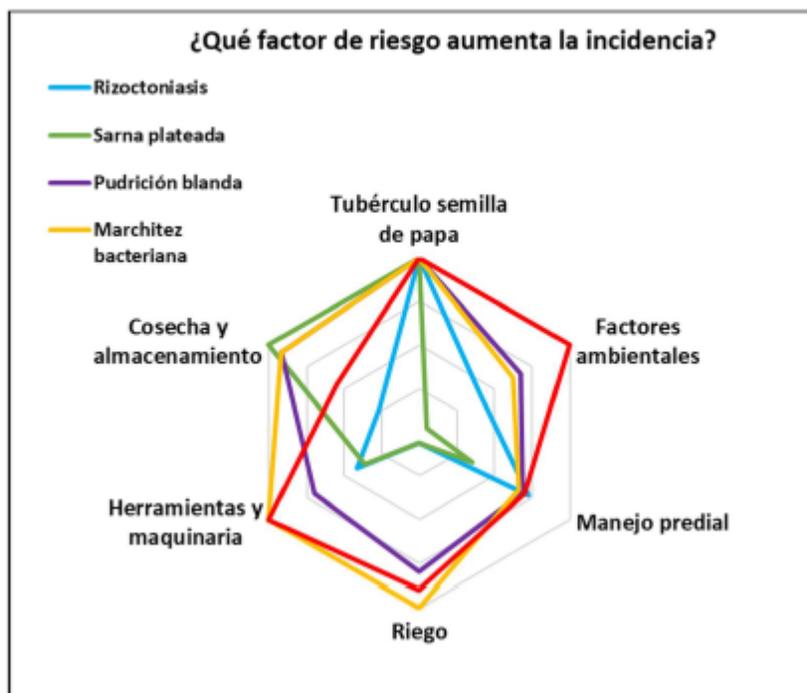
	Rizoctoniasis	Sarna plateada	Pudrición blanda	Marchitez bacteriana	Sarna polvorienta
Tubérculo semilla de papa	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Factores ambientales	16,33	2,00	27,00	25,00	40,00
Manejo predial	29,00	14,00	27,50	26,50	28,00
Riego	2,50	2,50	32,00	40,00	36,00
Herramientas y maquinaria	16,67	14,67	28,00	40,00	40,00
Cosecha y almacenamiento	10,67	40,00	36,67	36,67	22,00
Total	115,17	113,17	191,17	208,17	206,00

Toda esta información fue utilizada en el diseño de matrices y programación de códigos computacionales de la plataforma, de modo que una vez respondido el cuestionario, se despliegan dos gráficos que contienen todas las enfermedades evaluadas. El primero mostrará cual enfermedad será la más probable que ocurra en el cultivo y el segundo expondrá los factores de riesgo involucrados en esta incidencia, tomando como base los datos ingresados.

En el primer gráfico, se generan barras de colores, que van desde el verde al rojo, señalizando desde menor a mayor riesgo (Figura 5). En el caso de la figura 5, se muestra una simulación del sistema respondiendo el cuestionario con valores de mayor riesgo. Como resultado, se obtiene un alto porcentaje de que las 5 enfermedades evaluadas se presenten en la plantación, ya que todas las enfermedades presentan barras rojas. El segundo gráfico, cada línea indica una enfermedad y cada arista corresponde a un factor de riesgo (Figura 6). Mientras más cercano al centro este la línea de color, indica que se está manejando adecuadamente ese factor de riesgo, por el contrario, si está más cercano a la arista significa que es uno de los factores más importantes a mejorar dentro de su cultivo. Al pinchar en el gráfico sobre cada factor de riesgo, se desplegarán las recomendaciones de manejo.



Figura 5. Gráfica de probabilidad de incidencia de enfermedad en el cultivo completando el formulario disponible en la plataforma. Los colores de las barras se presentan desde verde a rojo, representando desde muy bajo a muy alto riesgo.



**Figura 6. Gráfica de factores de riesgo que aumentan la incidencia de la enfermedad.** Cada línea muestra una enfermedad y las aristas indican el factor de riesgo involucrado, si la línea está cercana al centro, indica que se está manejando adecuadamente ese factor de riesgo, por el contrario, si está más cercano a la arista significa que es uno de los factores más importantes a mejorar dentro de su cultivo.

**NOTA:**

Esta plataforma ha sido elaborada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA y financiada por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), con el apoyo del Laboratorio Regional Osorno del Servicio Agrícola y Ganadero SAG, La Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y el sector productor de papa, a través de los proyectos:

FIA PYT-2014-0015 "Desarrollo de una plataforma de nivel de riesgo como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, basado en la cuantificación de inóculo para enfermedades de suelo en el cultivo de papa". Ejecutado por INIA y SAG y la colaboración del Consorcio Papa Chile S.A, Semillas Llanquihue Ltda. y Semillas SZ S.A

FIA PYT-2016-0096 "Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de papa en Chile:

Virus Mop Top (PMTV) y razas necróticas del Virus Y de la papa (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de papa en Chile". Ejecutado por PUC, INIA, SAG y la colaboración de Consorcio Papa Chile S.A, Semillas Llanquihue Ltda., Semillas SZ S.A, Novaseed Ltda., Armando Aguila, Andrés Vargas, Willen Bierma.

FIA PYT-2017-0204 "Desarrollo de un paquete de manejo integrado para bacteria en el cultivo de papa, basado en un método de cuantificación del potencial de infección latente y su expresión en campo, como medida de adaptación al riesgo sanitario frente al cambio climático". Ejecutado por INIA, SAG y la colaboración de Consorcio Papa Chile S.A y Semillas Llanquihue Ltda.

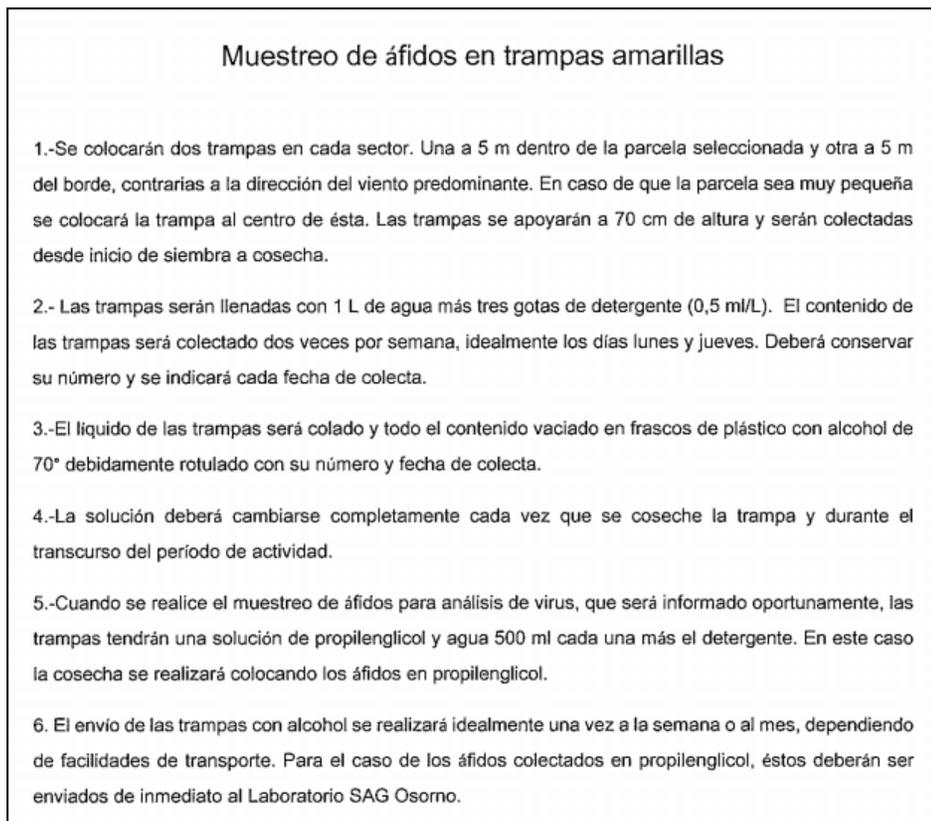
Autorizada la reproducción total o parcial citando la fuente y autores.

Cita bibliográfica.

Acuña, I.; Sandoval, C.; Parra, C.; Vallejos. 2019. Enfermedades del cultivo de papa: Evaluación de riesgo sanitario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Chile. <http://enfermedadespapa.inia.cl>.

## Anexo 5. Transferencia, capacitación y difusión.

### Capacitación Socios – Taller de colecta de áfidos



**Figura 5.1.** Instructivo entregado a socios asistentes del taller de capacitación.



Figura 5.2. Fotografías del Taller de colecta de áfidos.

**Lista de participantes del taller.**



Proyecto FIA "Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de papa: Virus mop top (PMTV) y razas necróticas del Virus Y de la papa (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de papa en Chile" (PYT-2016-0096).

**TALLER: "CAPACITACIÓN EN INSTALACIÓN DE TRAMPAS AMARILLAS Y COLECTA DE ÁFIDOS"**

**LISTA DE ASISTENCIA**

NOMBRE	RUT	E-MAIL	FIRMA
ALVARO HINDELO			
BORIS GUTIERREZ			
CLAUDIA BAEZA			
CLAUDIO HERNANDEZ			
ÁLVARO GARCÍA			
ELADIO ROJAS			
ALVARO ASTUDILLO L.			
JUAN PABLO HERNANDEZ PEREZ			
ALMENDRA JAVIERA MONJE CARVALLO			
RONICA GUTIERREZ A			
Elizabeth Vera Rojas			

Osorno, 26 de octubre de 2016

## Participación en Congresos

### Participación en el XII Encuentro Nacional de la Papa 2017, 23-26 de agosto 2017, Osorno.

**Evaluación de susceptibilidad al Virus PVY en cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizadas en Chile para la producción de tubérculo semilla.**  
 Blas, E.F., Gutiérrez, M.P., Quilán, D.F., Carrasco, N. y Rodríguez, C. 2017  
 Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Universidad Católica de Chile

**INTRODUCCIÓN**  
 El Virus Y de la papa (PVY) es responsable del virus más perjudicial en los Programas de Certificación de tubérculo semilla de papa en el mundo. En Chile la aparición en los últimos años de nuevas razas resistentes de PVY de difícil detección ha provocado la alarmación de este problema emergente. Una de las mejores estrategias para disminuir la incidencia de esta enfermedad es la utilización de variedades resistentes. Sin embargo, en Chile existe poca información respecto a la susceptibilidad a PVY en las variedades de papa utilizadas en la producción de tubérculo semilla certificada. El conocer esta condición permitirá a los productores poder tomar una decisión informada respecto al manejo de sus variedades, ante la presencia de este virus.

**OBJETIVO**  
 Conocer la susceptibilidad al virus PVY en cinco variedades de papa utilizadas en Chile, para la producción de tubérculo semilla certificada.

**MATERIALES Y MÉTODOS**  
**Ensayo de campo:**  
 Durante el mes de noviembre de 2016 se estableció un ensayo de campo, en la Estación de Pruebas de semillas certificadas del Servicio Agrícola y Ganadero, Osorno, Región de Los Lagos, para determinar la susceptibilidad al virus PVY en cinco variedades de papa: *Adara*, *Puyehue*, *Rodeo*, *Red Sonia* y *Trabuco*, utilizando en todas las variedades tubérculos, semillas libres de virus. Se sembraron 120 tubérculos por variedad en un diseño de tres bloques completos al azar, totalizando tres parcelas por variedad con cuatro hileras de 10 tubérculos por parcela. En los bordes de cada parcela, se sembró una hilera de tubérculos infectados con PVY de la variedad *Rodeo*. No se realizaron aplicaciones de insecticidas durante el período del ensayo.

**Análisis de las muestras:**  
 Se realizaron dos muestreos de hojas a los 60 y 90 días después de la plantación (DOP) para el análisis del virus PVY por DAS-ELISA, utilizando antisueros policlonales BIORISA. En cada muestreo se tomaron grupos de cinco plantas, totalizando 24 muestras por variedad. Aquellos grupos de plantas que resultaron positivos a PVY fueron repetidos individualmente y las plantas positivas marcadas en el campo, a fin de no analizarlas en el segundo muestreo. Al término del ensayo (130 DOP) se retiró al azar un tubérculo hijo por cada planta, totalizando 120 tubérculos por variedad. Estos fueron analizados en muestras representativas de 10 tubérculos por variedad, mediante la técnica RT-PCR. Los grupos positivos fueron analizados individualmente y posteriormente se realizó la discriminación de razas de PVY por análisis multigen RT-PCR (Lorenzen et al. 2006) en aquellos tubérculos positivos al virus.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**  
 En los dos períodos de evaluación (60 y 90 DOP) la variedad *Red Sonia* no presentó infección de campo por el virus PVY, manifestando una alta resistencia a este virus, en comparación con las otras variedades evaluadas. A los 60 DOP *Rodeo* y *Adara* presentaron niveles de infección significativamente superiores al resto de las variedades. A los 90 DOP se evidenció el mayor incremento de infección por el virus, observándose claras diferencias en la susceptibilidad varietal, siendo *Rodeo* la que presentó la mayor susceptibilidad (Cuadro 1, Gráfico 1) mientras que *Puyehue* presentó una menor susceptibilidad, con un nivel de infección estadísticamente similar a *Red Sonia*. A los 130 DOP se determinó un fuerte incremento de la infección por PVY en los tubérculos hijos de cuatro variedades (*Adara*, *Puyehue*, *Rodeo* y *Trabuco*) las que alcanzaron niveles de infección superiores al 70%, sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre ellas (Gráfico 2). *Red Sonia*, nuevamente no presentó infección en los tubérculos. De todos los tubérculos hijos positivos a PVY analizados, el 98% estaban infectados por la raza NTN del virus Y (Figura 3). La gran diferencia varietal observada puede ser atribuida en el caso de *Red Sonia* a la presencia de una resistencia extrema o inmunidad debida al fracaso de la replicación del virus en el hospedero o bien la replicación sea mínima para que el virus sea detectado (Kamran y Gray, 2014). La resistencia extrema está presente en tres genes R dominantes que no fueron evaluados en este estudio.

**Cuadro 1:** Porcentaje de infección por virus PVY en plantas de 5 variedades de papa a los 60 y 90 DOP

VARIEDAD	% DE INFECCIÓN POR VIRUS PVY	
	60 DOP	90 DOP
Red Sonia	0,0% a	0,0% a
Puyehue	2,6% a	7,5% ab
Trabuco	1,6% a	22,5% bc
Adara	7,5% b	34,5% c
Rodeo	7,5% b	43,3% c

**Gráfico 1:** Evolución de la infección de plantas por PVY en 5 variedades de papa Temporada 2016-2017, Chuyaca-Osorno.

**Gráfico 2:** Infección por PVY en plantas (DOP) y tubérculos hijos de 5 variedades de papa Temporada 2016-2017, Chuyaca-Osorno.

**Figura 3:** Análisis RT-PCR. a. Reacción a virus PVY en gel de agarosa 2,0%. b. Reacción a razas de PVY en gel de agarosa 2,0%.

**CONCLUSIÓN**  
 Las cuatro variedades (*Adara*, *Puyehue*, *Rodeo* y *Trabuco*) tienen gran susceptibilidad al virus PVY, mientras que la variedad *Red Sonia* presentó una alta resistencia al virus PVY, no detectándose infección en plantas y tubérculos hijos. Se sugiere evaluar la base de la resistencia varietal en estudios adicionales.


**XII ENCUENTRO NACIONAL DE LA PAPA**  
 Osorno, 23, 24 y 25 de Agosto 2017

**Enfermedades virales que afectan a la papa y su manejo preventivo**

Marlene Rosales V.  
 Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal



[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

**> 40 virus afectan al cultivo de la papa en el mundo**

- En Chile se han descrito al menos 10 virus afectando al cultivo. (Acuña, R. 2008).
- Entre los virus emergentes se encuentran: Virus S de la papa (raza andina, PVS<sup>A</sup>), Virus del mop-top (PMTV) y PVY (razas necróticas).



Fotografías: Marlene Rosales V.

**Enfermedades emergentes, no sólo una preocupación en los cultivos**

Where in the world will the next emerging disease appear?

By Susan Sotho, 2012  
https://doi.org/10.1002/9781118442411.ch12



[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

**Enfermedades virales emergentes que afectan la papa**

\*Elas tienen en común una característica: Son difíciles de controlar y en la mayoría de los casos, no existe un manejo efectivo de ellas, excepto la prevención\* (Gary Secor, 2004)

**Complejo de virus asociados a necrosis de tubérculos**



PVY-NTN      TRV      PMTV

http://www.inspeccion.gub.cu/planta/colombos/patologia-documento/

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

**Enfermedades emergentes, no sólo afectan a las papas**

**El plátano, amenazado con la desaparición**  
https://doi.org/10.1002/9781118442411.ch12

**La roya: el desplazado enemigo del café que ataca a Centroamérica**  
https://doi.org/10.1002/9781118442411.ch12

**Lapso y una "tragedia humana" que se produce**  
https://doi.org/10.1002/9781118442411.ch12

**Manejo "amigable" producción de kiwi**  
https://doi.org/10.1002/9781118442411.ch12

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

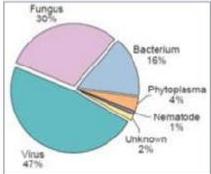
**Virus S de la papa**

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

**Enfermedades emergentes**

Son causadas por patógenos que:

- Han aumentado su incidencia (en geografía u hospederos)
- Han cambiado su patogénesis
- Han sido descubiertos o re-descubiertos



Anderson et al., 2004.

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

**¿Por qué estudiar a PVS?**

- Carlavirus, distribución mundial
- Infección latente, que puede variar según la raza del virus, variedad del cultivar y las condiciones ambientales
- Infección sistémica (incluye tubérculo), transmitido mecánicamente y en forma no-persistente por áfidos



Lin et al., 2012

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)



Proyecto FIA PYT-2016-0096

## Razas necróticas de PVY

www.uc.cl

## Definición de zonas más aptas para la producción de TSP

- Monitoreo de áfidos en diferentes localidades de la Región de Los Lagos (7 puntos: Frasia, Cancura, La Naranja, Purránque, Mantilhue, Osorno, Chiloé)
- Identificación de las especies de áfidos más frecuentes.
- Evaluación de la presión de inóculo de PVY en áfidos.
- Evaluación de la prevalencia de PVY virus en TSP.

www.uc.cl

## Monitoreo de áfidos

Los predios con mayor y menos presencia de áfidos corresponden a:

- Osorno: 2533 (trampa interna) y 3370 (externa)
- Tara (Chochi, Chiloé): 72 y 29 áfidos alados en las trampas ubicadas dentro y fuera del cultivo respectivamente.

www.uc.cl

## Incidencia de PVY en plantas y áfidos

Localidad	Variedad	30 dpp*		40 dpp		60 dpp		Cosecha	
		ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (hojas)	RT-PCR (áfidos)	ELISA (spolios tubérculos)	RT-PCR
Frasia	VR-808	2/105	0/1	0/105	0/1	1/105	15/16	3/10	3/10
Cancura	Adarlic	0/105	0/6	0/105	2/33	0/105	3/14	2/12	
La Naranja	Zna-red	0/105	0/0	0/105	8/9	0/105	5/7	0/12	
Purránque	FL-1967	0/105	0/10	0/105	15/21	0/105	18/20	0/12	
Mantilhue	Patagonia	0/105	9/20	2/105	10/13	1/105	7/9	1/12	
Osorno	Rodeo	25/105	0/48	43/105	47/82	66/105	64/94	11/12	
Chiloé	Romano	0/105	0/9	2/105	0/9	1/105	0/2	0/12	

\*dpp: días post-plantación

www.uc.cl

## Brevicoryne brassicae fue el áfido más abundante

De un total de 403 áfidos analizados, 228 resultaron positivos a PVY.

www.uc.cl

## Algunos puntos respecto transmisión de PVY

- Se han descrito más de 50 especies de áfidos que pueden transmitir a PVY en una forma no-persistente, pero la eficiencia de transmisión varía entre ellas
- El vector más eficiente es *Myzus persicae* (pulgón verde del duraznero)
- Especies colonizadoras: pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*), pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*) y (*Aphis nasturtii*)
- Especies no colonizadoras también contribuyen a la prevalencia de PVY, a pesar de no ser las más eficientes en el proceso de transmisión

www.uc.cl

## Estrategias de Manejo de PVY

- Uso de semilla certificada : Reduce propagación de PVY a través del tubérculo
- Manejo de PVY en el campo (on-farm)
  - Minimizar inóculo (Semilla certificada, descarte de plantas con síntomas, rotación cultivos, control malezas, destrucción oportuna del follaje de los cultivos, setc.)
  - Reduciendo la capacidad de dispersión del virus: se enfoca en limitar la capacidad de los pulgones en diseminar al virus

www.uc.cl

## Control químico de pulgones: ¿aceites o insecticidas?

Tyler D. B. MacKenzie & Jacques Lavie & Xianzhou Niu & Mathuresh Singh. 2017. Effectiveness of Combined Use of Mineral Oil and Insecticide Spray in Reducing Potato Virus Y (PVY) Spread under Field Conditions in New Brunswick, Canada . Am. J. Potato Res. 94:70-80.

www.uc.cl

### Próximamente debemos abordar

- Generar un modelo que permita asociar monitoreo de áfidos con métodos de control (insecticidas, aceites minerales) y abordar las mejores estrategias para esto
- Determinar la importancia de hospederos alternos de PVY en cultivos adyacentes, malezas, etc.
- Estudiar la eficiencia de transmisión de *B. brassicae*

www.uc.cl

PAL-781310004  
Proyecto FIA PYT-2016-0096

### Potato mop-top virus y su hongo vector *Spongospora subterranea*

www.uc.cl

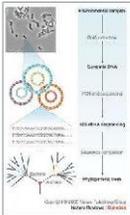
### Determinación de susceptibilidad a PVY en variedades comerciales de papa



Tesis Ing. Agrónomo: Joaquín Ríos, Universidad Austral. www.uc.cl

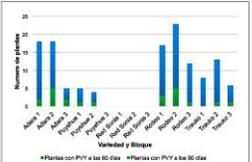
### ¿Cómo identificar un virus desconocido?

- Virus desconocido: aquel que afecta a un nuevo hospedero o un virus no caracterizado previamente
- Desventaja: No hay un identificador universal para los virus.



Green Tringe & Rubin, 2005; Lee et al 1998; Roossinck, 2012.

### A los 90 dpp, Red Sonia se mantuvo libre de infección por PVY (P08)

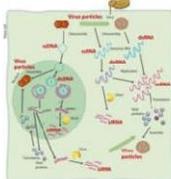


• 40 plantas por parcela (bloque)

www.uc.cl

### Silenciamiento de RNAs virales en plantas: Un mecanismo natural de defensa antiviral

- En una planta infectada por virus, existirá una gran proporción de RNAs pequeños interferentes (siRNAs) originados a partir del genoma viral.
- Es posible ensamblar una porción significativa de la secuencia genómica viral, al sobreponer secuencias de siRNAs y usarlas para identificar virus.



Hagen et al., Arch Virol (2011) 156:1209-1216  
Roossinck, et al. (2015) 105: 716-727.

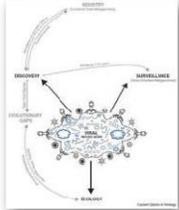
www.uc.cl

### Determinación de susceptibilidad a PVY en variedades comerciales de papa

- Preliminarmente, las variedades más susceptibles correspondieron a Rodeo y Adara.
- Red Sonia (Semillas Llanquihue), se mantuvo libre de virus durante los primeros 90 dpp.
- Esperamos repetir este ensayo próxima temporada

www.uc.cl

### Metagenómica y virus



**Metagenómica**  
Estudio del material genético directamente recuperado desde muestras ambientales, usando las técnicas de secuenciación masiva (o de última generación), sin tener que aislar o cultivar patógenos

**Ventaja:**  
No se requiere conocer las secuencias genómicas de virus presentes en las muestras.

**Materiales de partida:**  
Partículas virales  
dsRNA  
svRNAs

Chen and Pachter, 2005; Roossinck, 2012.

www.uc.cl

### Secuenciación masiva - papas nativas Chiloé

### PAPAS NATIVAS presentan sintomatología asociada a virusis

Muestreo dirigido a síntomas de virus: 12 predios  
Total muestras: 98

www.uc.cl

### Sintomas foliares PMTV

www.uc.cl

### Potato mop-top virus (PMTV)

- Capaz de producir necrosis en tubérculos
- Transmitido por el hongo de suelo *Spongospora subterranea*

Barna polvoriento

### Secuenciación masiva de RNAs pequeños

Ilumina

Plataforma Ilumina Genome Analyzer II

www.uc.cl

### Presencia de PMTV en Isla de Chiloé

Localidad	Colectados	PMTV
12. Hualfaco, Chonchi	1	0
11. Ranco, Chonchi	1	0
10. Ranco, Chonchi	1	0
9. Chonchi	1	0
8. Vitacura, Chonchi	1	0
7. Los Pelules, Corral de Tenes	1	0
6. Huentas, Corral de Tenes	1	0
5. Hualfaco, Puquihonco	1	0
4. Lemuy-Acheupan	1	0
3. Lemuy, Puquihonco	1	0
2. Fichu-Oñel, Puquihonco	1	0
1. Deseñ, Puquihonco	1	0

Total of positives samples: 33 (54%)  
Total of collected samples: 98

www.uc.cl

### Descubrimiento de virus cuarentenario Pomovirus: Potato mop top virus

Pérez et al 2016. Plant Disease, 100, 1250

www.uc.cl

### Detección de PMTV desde estructuras de resistencia quistosoras

Acción	Origen	Año
S61	Puerto Montt	2006
S62	Arauco	2004
S63	Caucho	2004
S64	Puñuco	2004
S65	Puerto Montt	2004
S66	Puerto Montt	2005
S67	Puerto Montt	2005
S68	Puerto Varas	2006
S69	Puerto Varas	2006
S69	Puerto Montt	2006
S611	Puyehue	2007
S612	Quilén	2007
S613	Puyehue	2007
S614	Frutillar	2008
S615	La Unión	2008
S616	San Martín	2008
S617	Santiago (La Serena)	2012

www.uc.cl

### Desafío: Implementación de protocolos de detección de patógenos de suelo (Sss y PMTV) – P03

**Detección de Sss mediante plantas trampa**

100% de identidad nucleotídica con un aislado de *Spongopora subterranea* (sp. subterranea) (AF054172)

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

### Proyecciones en los que respecta el manejo y caracterización de virus que afectan al cultivo de la papa

- Una nueva temporada de evaluación diseminación PVY/ pulgones
- Caracterización de genomas de PVY<sup>NTN</sup>
- Evaluaciones de susceptibilidad varietal (Mop top virus, PVY)
- Evaluación de alternativas de manejo de del hongo de suelo *Spongopora subterranea*
- Abordar el manejo químico de pulgones vectores de virus

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

### Financiamiento

 Proyecto FIA PYT 2011-0065 "Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria Virus –Vector para el cultivo de la papa en la Zona Sur"

 Proyecto ECOS-CONICYT C10B01: Uso de nuevas tecnologías aplicadas al diagnóstico y estudios de biología poblacional de agentes fitopatógenos

 Programa Tesis de Doctorado en la Industria (7813110004): "Enfoque multidisciplinario para el estudio de virus y patógenos afines e implementación de técnicas de diagnóstico molecular de setos en cultivos de papas nativas"

Beca Doctorado Nacional (Elizabeth Peña)

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
E INGENIERÍA FORESTAL  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

### Equipo de trabajo y colaboradores

**Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal**

Mariana Hidalgo  
 Marcela Paz Muñoz (Caracterización setos PVY)  
 Susán Vargas (Caracterización setos PVY)  
 María Carolina García (Desarrollo protocolos detección Virus PCR)  
 Elizabeth Peña (Desarrollo setos: PMTV y Carbovat)

**Laboratorio Regional-Osorno**

Mónica Gutiérrez  
 Alicia Peña  
 Claudio Peña  
 Amanda Abarca  
 Alejandro Peña  
 Julián Peña

**Centro Regional Remehue**

Isabel Acuña

**Consortio Papa Chile**

Luis Miquel  
 Jaime Ros

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

### Asociados y colaboradores

 Semillas Llanquihue S.A.  
 Claudio Kellner

 Semillas S2 S.A.  
 Rodrigo Cota  
 Claudio Ercos  
 Paolo Marcano

 Novaseed  
 Boris Correas  
 Álvaro

 El Parque  
 Andrés Vargas  
 Álvaro García

Armando Aguila  
 Willem Bierna

[www.uc.cl](http://www.uc.cl)

Participación en Congreso Sociedad Chilena de Fitopatología (SOCHIFIT), 2-5 de octubre de 2017.

# Enfermedades emergentes de la papa: el desafío de un diagnóstico temprano.

Emerging viral potato diseases: the challenge of early diagnosis.

Peña E., Muñoz M.P. y Rosales, I.M.   
Laboratorio de Fitopatología Molecular, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pont. Universidad Católica de Chile.



## INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes en el mundo. En Chile durante los últimos años las enfermedades virales emergentes como las causadas por las razas necróticas del Virus Y de la papa (PVY) y el Virus mop-top (PMTV), se han convertido en una amenaza para la producción de tubérculos semilla (TSP). La importancia de estas enfermedades radica en que no solo afectan el rendimiento potencial del cultivo, sino que además tienen la capacidad de inducir necrosis en tubérculos. Debido a esto, la producción de tubérculos semilla sano requiere de un sistema de diagnóstico temprano eficiente, que entregue resultados que permitan tomar decisiones oportunas en el manejo del cultivo.

El objetivo de este estudio fue implementar protocolos de detección de patógenos emergentes basado en la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) a partir de diferentes tipos de muestras.



## MATERIALES Y METODOS

### Detección de PVY:

PVY y sus razas, se identificó en muestras de folíolos, tubérculos y áfidos. Todas muestras colectadas en la Región de Los Lagos. Se estandarizaron protocolos de extracción de RNA totales para cada uno de los tejidos mencionados y posteriormente realizar RT-PCR con partidores específicos.



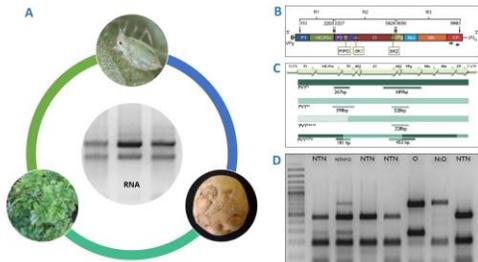
### Detección de PMTV:

La identificación molecular del Virus mop-top se realizó desde tejido vegetal o quistosoros de *Spongopora subterranea* para lo cual se utilizaron partidores específicos que amplifican un fragmento de la CP viral o el Triple bloque de genes (TGB) descritos por Xu *et al.* (2004).

### Detección de *Spongopora subterranea* f.sp. *subterranea* (Sss):

Se montó un bioensayo con plantas trampa para posteriormente realizar extracciones de DNA desde raíces y suelo contaminado con el hongo vector. La amplificación se realizó utilizando partidores específicos para el hongo descritos por Bell *et al.* (1999).

## DETECCIÓN DE PVY



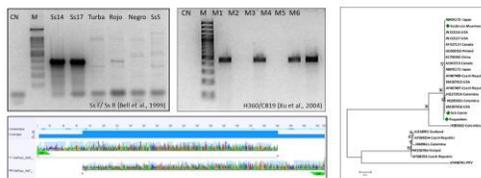
Los síntomas asociados a PVY en follaje de papas corresponden a moteado, manchas cloróticas y necrosis venial principalmente, mientras que los tubérculos pueden ser asintomáticos o presentar anillos necróticos cuando está presente alguna de las variantes necróticas (PVY<sup>N</sup>, PVY<sup>NTN</sup>). Hasta la fecha, la identificación de síntomas en campo ha sido una de las estrategias de control para este virus, sin embargo variedades tolerantes no presentan sintomatología asociada a la infección.

Los protocolos de extracción de RNA íntegro a partir de insectos vectores, follaje y tubérculos (A) permiten el diagnóstico universal de PVY (Singh *et al.* 1996, B). Todas aquellas muestras positivas a PVY pueden posteriormente ser clasificadas en las diferentes razas del virus descritas gracias a la utilización de marcadores moleculares descritos por Lorenzen *et al.* (2006) (C y D).

## DETECCIÓN DE PMTV y Sss



El virus del mop-top junto con PVY y el Virus del cascabeleo (TRV) tienen la capacidad de inducir necrosis en tubérculos. Síntomas asociados a PMTV incluyen lesiones cloróticas en forma de "V" en folíolos además de arcos y anillos necróticos en tubérculos. Mientras que su vector por otro lado es el responsable de la sarna polivorienta de la papa.



PMTV es difícil de controlar debido a que usa como vector al hongo del suelo Sss, donde puede permanecer infectivo en esporas de resistencia por muchos años. Debido a esto, se implementaron protocolos para realizar un diagnóstico preventivo a partir de muestras de suelo, quistosoros de Sss o tubérculos usados como TSP basados en técnicas moleculares, las que fueron validadas a través de secuenciación de tipo Sanger y análisis filogenéticos.

## FINANCIAMIENTO

FIA PYT-2016-0096



## CONTACTO

Laboratorio de Fitopatología Molecular



## CONCLUSIONES

Los últimos avances en biotecnología y biología molecular han jugado un rol significativo en el desarrollo de ensayos de diagnóstico rápidos, específicos y altamente sensibles que permiten identificar una amplia gama de patógenos.

El diagnóstico temprano de patógenos emergentes que afectan el cultivo de la papa es la clave para el desarrollo de medidas y soluciones de manejo de las enfermedades que producen.

El Laboratorio de Fitopatología Molecular-UC, cuenta con las tecnologías y capacidades para el eficaz diagnóstico de PVY y sus razas a partir de tejido foliar, tubérculos y áfidos. Además de enfermedades de suelo, como las producidas por *Spongopora subterranea* y PMTV a partir de tubérculos, suelo y estructuras de resistencia del hongo.



# EAPR y Taller Internacional de *Spongopora subterranea*

## Programa.

Pathology and Pests Symposium 2019		2 <sup>nd</sup> International Spongopora Workshop	
<b>Sunday</b> 01.09.19	<b>eapR Monday</b> 02.09.19 UNINE - Faculty of Science Lecture theatre Louis-Guillaume	<b>eapR Tuesday</b> 03.09.19 UNINE - Faculty of Science Lecture theatre Louis-Guillaume	<b>Wednesday</b> 04.09.19 Excursion
09:00 Congress Opening	09:00 <b>Epidemiology and management</b> Chair: <b>F. de Hoop</b>	08:30 <b>K3 J. Waespe</b> speaker Federal Office for Agriculture - CH	08:30 Bus
09:10 <b>K1 M. Feitknecht</b> Fenaco - CH	09:10 <b>O13 J. van der Waals</b> University of Pretoria - ZA	09:00 elevated field assays La Fretaz	09:00 Workshop Opening
09:40 <b>O1 L. Toth</b> the James Hutton Institute - UK	09:20 <b>O14 J. Brierley</b> the James Hutton Institute - UK	10:45 Cheese production Grandsnozaz	09:10 <b>K1 U. Merz</b> ETHZ - CH
10:00 <b>O2 N. Rosenzweig</b> Michigan State University - USA	09:40 <b>O15 S. Gush</b> University of Pretoria - ZA	11:30 Lunch Grandsnozaz	09:50 <b>O1 J. van der Waals</b> University of Pretoria - ZA
10:20 <b>O3 L. Woodell</b> University of Idaho - USA	10:00 <b>O16 A. Keiser</b> BFH HAFIL - CH	<b>Afternoon</b>	10:15 <b>O2 K. Bouček-Mečhice</b> INRA & RD3PT - F
10:40 <b>O4 Ch. Debonneville</b> BIOREBA AG - CH	10:20 <b>O17 J. Massana</b> Agroscope - CH	13:00 Seeland	10:40
11:00	11:00 <b>K4 D. Boomsma</b> HZPC - NL	Soil,	11:10 <b>O3 L. Tsrfor</b> ARO - IL
11:30 <b>Oomyces</b> Chair: <b>L. Weisskopf</b>	11:40 <b>Blackleg and bacterial wilt</b> Chair: <b>A. Keiser and J. van der Wolf</b>	pesticide	11:25 <b>O4 G. Secor</b> North Dakota State University - USA
11:30 <b>K2 L. Weisskopf</b> University of Freiburg - CH	12:00 <b>O18 B. Dupuis</b> Agroscope - CH	and irrigation	12:00 <b>O5 J. van der Waals</b> University of Pretoria - ZA
12:00 <b>O5 A. Lees</b> the James Hutton Institute - UK	12:00 <b>O19 J. van der Wolf</b> WUR - NL	16:30 Bus	12:25 <b>O6 J. van der Waals</b> University of Pretoria - ZA
12:20 <b>O6 D. Gaucher</b> Analis - F	12:20 <b>O20 L. Tsrfor</b> ARO - IL	17:00 Neuchâtel	12:50
12:40 <b>O7 C.R. Wilson</b> University of Tasmania - AUS	12:40	<b>Conference Dinner</b>	14:10 <b>O7 L. Tsrfor</b> ARO - IL
13:00 <b>O8 K. Bouček-Mečhice</b> INRA & RD3PT - F	14:10 <b>O21 G. Secor</b> North Dakota State University - USA	18:10 Cruise on the Lake of Neuchâtel	14:25 <b>O8 J. van der Waals</b> University of Pretoria - ZA
13:20	14:30 <b>O22 J. van der Waals</b> University of Pretoria - ZA	21:30 docking	14:35 <b>O9 C.R. Wilson</b> University of Tasmania - AUS
14:30 Poster Session P1-P10	14:50 <b>O23 I. Acuña</b> INIA - CL	23:00 Very End	15:25 <b>O10 C.R. Wilson</b> University of Tasmania - AUS
15:00 <b>Vector-borne diseases</b> Chair: <b>B. Dupuis</b>	15:10		15:50
15:00 <b>O9 E. Weninger</b> University of Idaho - USA	15:40 <b>O24 V. Degetu</b> University of Oulu - FI		16:20 Closing discussion and remarks (U. Merz)
15:20 <b>O10 A. Karasev</b> University of Idaho - USA	16:00 <b>O25 K. Sharma</b> CIP - KE		17:00 End
15:40	16:30 Technical meeting of the EAPR - Pathology & Pests Section members		
16:10 <b>O11 J. Whitworth</b> USDA-ARS - USA	16:40 End		
16:30 <b>O12 D. Levy</b> The Hebrew University of Jerusalem - IL			
16:50 End			



Grupo participante del Taller de *Spongopora*.

## Seminarios y día de campo

Durante el proyecto se realizaron 2 seminarios con día de campo, uno de inicio y uno de término. El seminario de inicio se realizó el 12 de enero del 2017, el seminario final se realizó el día 16 de enero de 2020.

### A. Seminario y día de campo de inicio del proyecto: Invitación, programa y fotografías.



La directora ejecutiva de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), **María José Etchegaray Espinosa**, el director regional de CORFO, **Adolfo Alvial Muñoz** y el director de INIA Remehue, **Rodrigo de la Barra Ahumada**, saludan atentamente a usted y tienen el agrado de invitarle a participar del Día de Campo **“Problemas fitosanitarios de la papa ¿Cómo enfrentamos el riesgo con conocimiento?”**. En esta ocasión se darán a conocer los avances de diversos proyectos interinstitucionales que apoyan la sustentabilidad y competitividad del rubro de la papa.

La iniciativa cuenta además con el apoyo de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Concepción, Servicio Agrícola y Ganadero, Consorcio Papa Chile, Semillas SZ S.A. y Semillas Llanquihue Ltda.

La actividad se realizará el día jueves 12 de enero, a partir de las 8:30 horas, en el Centro Regional de Investigación INIA Remehue.

Contacto e inscripciones, Iris Cifuentes,



## Día de Campo: **“Problemas fitosanitarios de la papa: ¿Cómo enfrentamos el riesgo con conocimiento?”**

Fecha: 12 de enero de 2017

Lugar: INIA Remehue, Osorno, Región de Los Lagos.

### Programa:

**8:30 a 9:00** Inscripciones

**9:00 – 9:30** Bienvenida y presentación del Día de Campo

**9:30 – 10:30** Charla Magistral: “Enfermedades re-emergentes de la Papa y situación a nivel mundial”. Dr. Gary Secor, NDSU, EE.UU.

**10:30 -11:00** Plataforma de análisis de riesgo para el manejo preventivo del nematodo dorado. Manuel Muñoz, INIA Remehue.

**11:00- 14:00** Actividades de terreno, charlas rotativas de 20 min cada una.

- Inspección y Calibración de equipamiento de aplicación de pesticidas.  
Jorge Riquelme. INIA Raihuen
- Factores que determinan el nivel de daño de patógenos de suelo.  
Ivette Acuña B. INIA Remehue.
- Manejo de Tizón tardío y estrategias de manejo según alerta futura.  
Rodrigo Bravo H. INIA Remehue.
- Manejo de enfermedades bacterias mediante uso de Endófito.  
Andres France. INIA Quilamapu.
- **Situación actual y elementos a considerar en una estrategia de manejo integrado de enfermedades causadas por virus. Marlene Rosales. Pontificia Universidad Católica de Chile.**

**14:00** Almuerzo Campestre

Proyectos relacionados:

1. Desarrollo de una plataforma de nivel de riesgo como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, basado en la cuantificación de inóculo para enfermedades de suelo en el cultivo de papa. Proyecto FIA PYT-2014-0015.
2. Actinobacterias Endófitas de líneas nativas de Solanum tuberosum para el control de enfermedades bacterianas y promoción del crecimiento de la Papa. Proyecto FIA PYT-2015-0093.
3. Agregación de valor al sistema de Alerta de Tizón Tardío incorporando el pronóstico Meteorológico y la Interpolación espacial de los datos. Proyecto FIA PYT-2015-0094
4. Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de la Papa en Chile: Virus MOP TOP (PMTV) y Razas necróticas del virus y de la Papa (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de Papa en Chile. Proyecto FIA PYT-2016-0096.

5. Plataforma de análisis de riesgo y manejo integrado preventivo del nemátodo dorado para mantener y mejorar la competitividad del rubro papa en la zona sur de Chile. Proyecto INNOVA CORFO 14BPC4 – 28525.



**Vista general de los participantes del seminario.**



**Charla sobre manejo de enfermedades de suelo en papa.**



## Charla sobre enfermedades causadas por virus en papa



Fundación para la  
Innovación Agraria

### MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADE CAUSADAS POR VIRUS EN EL CULTIVO DE LA PAPA



- Se conocen cerca de 25 enfermedades virales que infectan a la papa, causando diferentes síntomas en hojas, tallos y tubérculos
- Casi todas reducen el vigor de la planta y muchas causan pérdidas en rendimiento, disminuyendo el número y/o tamaño de los tubérculos
- El uso de tubérculo semilla infectado contribuye a la degeneración del cultivo

#### Mosaicos severos, Necrosis



Síntomas de virosis más severas son observados en el cultivo cuando:

- Existen coinfecciones de varios virus en una planta
- Presencia de variantes del PVY (PVY-D)
- Al existir infecciones secundarias, es decir, cuando el virus es portado en el tubérculo semilla.

#### Algunos virus inducen necrosis en tubérculos (Presentes en Chile)



Nuevas variantes del PVY, conocidas como PVY-NTN, producen anillos necróticos en tubérculos de papa, pudiendo ocasionar pérdidas hasta del 100% en este cultivo

El virus mop-top de la papa, recientemente identificado en Chile, puede inducir deformación y necrosis interna del tubérculo. Tiene como vector al hongo del suelo *Spongopora subterranea*

#### Mosaicos leves



- Las infecciones causadas por virus con síntomas leves o latentes (PVZ, PVA, PVX e infecciones tardías PVY, entre otras) son problemáticas, ya que las plantas pueden estar enfermas y no mostrar síntomas evidentes de la infección.
- Las plantas están infectadas, pero parecen plantas normales (en vigor, rendimiento y forma de tubérculos).
- Sin embargo, la infección llega a los tubérculos y éstos producirán plantas enfermas al usarlos como semilla.

#### ¿Cómo se transmiten los virus?

Los virus se transmiten por:

1. Siembra de tubérculos infectados por virus
2. Para aquellos virus que producen síntomas foliares en la papa, todos se transmiten por contacto, daño mecánico o por áfidos (excepto PVX).
3. Algunos virus, pueden transmitirse por hongos de suelo o nemátodos.



#### Manejo integrado enfermedades virales

No existen alternativas de control químico preventivos ni curativos para los virus (como si existen para otras enfermedades). Por ello, el manejo integrado considera el control indirecto de estos agentes a través de:

1. Uso de tubérculo semilla sano (certificado)
2. Eliminación de fuentes de infección (malezas, plantas voluntarias, eliminación plantas enfermas)
3. Control de vectores de transmisión y observación de las poblaciones de insectos vectores
4. Reconocimiento de síntomas en diferentes variedades
5. Uso de variedades resistentes/tolerantes



# Lista de participantes



DÍA DE CAMPO: PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE LA PAPA ¿COMO ENFRENTAMOS EL RIESGO CON CONOCIMIENTO?  
 INIA Remehue  
 12 enero 2017



N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
1	ACUÑA BRAVO	IVETTE				INIA	ing. agronomo ph.d. fitopatologa
2	AGUILAR ANGEL	FELIPE				Prodesal Los Muermos	agricultor
3	AGUILAR GONZALEZ	LUCENIA MARISOL				prodesal los muermos	agricultor
4	AGURTO GAETE	LUIS				syngenta s.a.	gerente de ventas
5	ALCEDO VILLALOBOS	PABLO				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	TECNICO AGRICOLA – PROSPECTOR PAPA
6	ALTAMIRANO H.	DIONISIO GERARDO				prodesal san juan de la costa	agricultor
7	ALVARADO PAILLAN	MIRNA DEL CARMEN				prodesal puqueldon	agricultor
8	ALVARADO ROJAS	CARLOS FELIX				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
9	ANDRADE	VICTOR				basf CHILE S.A.	INGENIERO AGRONOMO
10	ANDRADE ANDRADE	JOSE ELADIO				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
11	ANIÑIR SAEZ	MARYANA BEATRIZ				INDEPENDIENTE	INGENIERO AGRONOMO
12	ARAYA ALFARO	MANUEL ANDRES				INIA	ingeniero agronomo
13	ARTEAGA DUAMANTE	HONORIA				prodesal puqueldon	agricultora
14	ASCENCIO MUÑOZ	PEDRO ANTONIO				prodesal los muermos	agricultor
15	AVENDAÑO BORQUEZ	CRISTIAN				i. municipalidad de castro	tecnico agricola
16	BADE RAMAS	VICTOR RAUL				Fundo Mallen Ostiones-Comuna de Los Muermos	AGRICULTOR-APICULTOR-CRIANZA
17	BAIER	CARLOS				aminochem s.a.	agente zonal
18	BARRIA BARRIENTOS	VICTOR ALEJANDRO				fundo san carlos	agricultor
19	BARRIA SANCHEZ	ANGLIS UBALDINA				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
20	BARRIENTOS DELGADO	CONSTANZA				INDEPENDIENTE	Ingeniero Agronomo
21	BARRIENTOS NUÑEZ	JAIME				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	ING. ( E ) AGRICOLA
22	BERTIN	JAIME				FUNDO ALTA MIRA	INGENIERO AGRONOMO
23	BRAVO H.	RODRIGO				INIA REMEHUE	ING. AGRONOMO MSC.

N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
24	BRECA MANQUEL	LUZ				prodesal san juan de la costa	AGRICULTORA
25	BRETON	FRANCISCO				ARYSTA LIFESCIENCE	INGENIERO AGRICOLA
26	BRINTUP	IGNACIO				bayer cropscience	ing. agronomo
27	BUSTOS MANSILLA	TOMAS GABRIEL				practicante	ing. agronomo
28	CALISTO	RUDY					agricultor
29	CANCINO LOPEZ	CLAUDIA ALEJANDRA				PRODESAL SAN JUAN DE LA COSTA	MED. VETERINARIO
30	CARCAMO ARAVENA	MISTOR					agricultor
31	CARCAMO MANSILLA	ANTONIO				prodesal puqueldon	agricultor
32	CARCAMO OJEDA	JUAN				I. MUNICIPALIDAD DE CASTRO	INGENIERO EN EJECUCION FORESTAL
33	CARDENAS	SAMUEL					agricultor
34	CARDENAS	ORAVIA				AGROCOSTA LTDA.	TEC. UNIV. EN REC. FORESTALES
35	CAREAU ELGUETA	HUGO				Servicio Agrícola y Ganadero	Ingeniero Agrícola
36	CARREÑO NAUTO	LUISA MARGARITA				PRODESAL Unidad Operativa N°3 San Juan de La Costa.	Ing. Agrónomo. Jefe Técnico.
37	CASTILLO CARDENAS	MANUEL				INDAP FRESIA	JEFE AREA INDAP FRESIA
38	CASTRO	ERNESTO				ecsa agricola	ING. EJEC. AGRONOMIA
39	CATALAN SALAS	RAUL					agricultor
40	CAÑULEF LESPAI	JORGE				PRODESAL SAN JUAN DE LA COSTA	TECNICO AGRICOLA
41	CERDA BENAVIDES	PATRICIO				arysta lifescience chile s.a.	ingeniero agronomo
42	CHODIN VELASQUEZ	MARIA DEL ROSARIO				prodesal puqueldon	agricultor
43	CONTRERAS	BORIS				novaseed	ING. AGRONOMO
44	DE LA TORRE MANSILLA	MIRTHA ALBA				prodesal puqueldon	agricultor
45	DELGADO	CRISTIAN				FUNDO COTRILLA	ADMINISTRADOR
46	DEUMOJAN	JUAN					agricultor
47	DIAZ	NATHALYE				SYNGENTA S.A.	ingeniero agronomo

N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
48	DIAZ HUARNEZ	BENJAMIN IGNACIO				independiente	ingeniero agronomo
49	DUMONT NEIRA	ARLETTE				sat	ing. agronomia
50	DUVAL	DENISSE				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	TECNICO AGRICOLA
51	ERDMANN	PAULINA ERDMANN				FUNDACION PARA LA INNOVACION AGRARIA	ING. AGRONOMO
52	ETCHEVERRY BIDEGAIN	RODRIGO				ECSA S.A.	INGENIERO AGRONOMO
53	EUGENIO	CAROLINA					estudiante agronomia
54	EUGENIO HUENTELICAN	RUDY				el peñol	agricultor
55	FAJARDO	JUAN				Particular	Ingeniero Agrónomo
56	FERNANDEZ	JULIO				Particular	AGRICULTOR
57	FIGUEROA	CLAUDIO				Particular	ING. AGRONOMO
58	FLORIN	ALVARO				BAYER	ING. AGRONOMO
59	FOLCH PAIVA	CAROLINA				INIA	BIOQUIMICA
60	FRANCE	ANDRES				INIA	ingeniero agronomo
61	FRANCO TRUI TRUI	JAIIME RODRIGO				PRODESAL	Ingeniero agronomo
62	FUENTES	ROSARIO				copeval	ing. agronomo
63	GALLARDO FLORES	RODRIGO				fia	jefe unidad estudios y proyectos
64	GEBAUER	OSCAR				Arysta LifeScience Chile S.A.	ING. AGRONOMO
65	GODOY GUENUL	ISOLDA DE LOURDES				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
66	GONZALEZ ALVARADO	MALFÁ YANETT				prodesal puqueldon	agricultor
67	GONZALEZ MILLAR	RENE ALBINO				CONSULTORA AGROCOSTA LIMITADA	INGENIERO EJECUCION EN AGRONOMIA
68	GONZALEZ TOLEDO	PATRICIO ALBERTO				prodesal los muermos	agricultor
69	GUTIERREZ	MONICA				servicio agricola y ganadero sag	ing. agronomo ph.d.
70	HERDENER MÖLLER	MAX				Arysta LifeScience	ING. AGRONOMO
71	HERNÁNDEZ	KATHERINE				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	Ingeniero Agrónomo
N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
72	HERRERA RIVERA	JOSE				agricola san ignacio ltda.	productor de papa
73	HIDALGO	ELMA				Prodesal Fresia	asesor
74	HORMAZABAL	RAMON					
75	IMILQUEO MELLA	SIGNI SCARLET					
76	KLAGGES	ROLF				AGRICOLA SG 2000	TECNICO AGRICOLA
77	KOWALD	ROBERTO				LAGO VERDE LTDA.	
78	LABBE CANO	JOSE LUIS				PDIT - INDAP	TECNICO AGRICOLA
79	LAGOS GARCIA	JOAQUIN				ANASAC	ING. AGRONOMO
80	LEMA	ERNESTO				servicio agricola y ganadero sag	jefe oficina
81	LINDH	DANIEL				BAYER	ING. AGRONOMO
82	LOBO	SANDRA				inia remehue	TRABAJADORA INIA
83	MANCILLA	SANDRA				INIA	TECNICO ALIMENTOS
84	MANQUILEF BACHLER	OSCAR				CP5 AGRIUM	INGENIERO AGRONOMO
85	MANSILLA ALVARADO	ANGELICA CECILIA				prodesal puqueldon	agricultor
86	MANSILLA CARDENAS	CARLOS				i. municipalidad de castro	tecnico agricola
87	MANSILLA GUALA	DECIDERIO				Coagra S.A.	Vendedor de Terreno ( Tecnico Agricola )
88	MANSILLA MILLALONCO	RUBEN ALEXIS				prodesal los muermos	agricultor
89	MARCHANT	RIOLA				SEMILLAS LLANQUIHUE	ING. AGRONOMO
90	MATUS	FELIPE				servicio agricola y ganadero sag	INGENIERO AGRONOMO-INSPECTOR
91	MELIPILLAN	EUGENIO				CAIQUERITO	agricultor
92	MENA OSORIO	LUIS				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO	ENCARGADO REC. NAT. Y PROGR. PAPA
93	MIQUEL	LUIS				CONSORCIO PAPA	Gerente
94	MONCADA ANDRADE	MARCIA SOLEDAD				PRODESAL PUQUELDON	INGENIERO AGRONOMO
95	MONJE	ALMEDRA				PUC	TECNICO EXPERTO AGRARIO
96	MONSALVE ÖBERG	EMILIO ALFONSO				agrogestion oberg ltda.	ingeniero agronomo
97	MORA CHESTA	JUAN CARLOS				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	ING. AGRONOMO – SUPERVISOR SECTORIAL AGRICOLA
98	MULLER GARCIA	CLAUDIO ANDRES				COAGRA	INGENIERO AGRONOMO

N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
99	MUNDACA URIBE	MARIA TERESA				INIA	secretaria Ejecutiva
100	MUÑOZ DAVID	MANUEL				INIA	Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agrarias
101	MUÑOZ MUÑOZ	ROCKY				Ilustre municipalidad de castro	jefe tecnico prodesal modulo 3
102	NAGUIL NAGUIL	GUILLERMINA				prodesal san juan de la costa	AGRICULTORA
103	NEIRA	LUIS				Particular	operador de sird
104	NUÑEZ GAVILAN	JUAN CARLOS				PRODESAL LANCO	TECNICO PECUARIO
105	OBANDO MANQUEHUAL	INES				PRODESAL LANCO	AGRICULTORA
106	OBERG	JULIO				Agrogestion Oberg Ltda	Ingeniero Agronomo - asesor agricultor
107	OJEDA YAÑEZ	JOSE DELFIN					
108	OLAVE	CRISTOPHER				Servicio Agrícola y Ganadero	técnico agrícola
109	OPAZO R.	LUIS				INIA	periodista
110	ORENA ALVARADO	SANDRA				INIA	ing. agronomo
111	OYARZUN	GUILLERMO				prodesal castro	veterinario
112	OYARZUN	JUAN CARLOS				COVEPA LTDA.	ING AGRICOLA
113	OYARZÚN CÁRCAMO	ARIEL SEBASTIÁN					agricultor
114	PACHECO BASCUÑÁN	MARIA CRISTINA					Técnico Agrícola
115	PADILLA	NATALIA				INIA	biotecnologa
116	PALMA NAMBRARD	CAMILO				DUPONT CHILE S.A.	COORDINADOR DE MERCADO
117	PAÑICUR	OLEGARIO PAÑICUR				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	TECNICO AGRICOLA
118	PEREZ ALVARADO	MARIA RAQUEL				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
119	PEREZ PEREZ	FRESIA LORENA				prodesal puqueldon	agricultor
120	PEREZ VERA	LIDIA DEL CARMEN				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
121	PEÑA REYES	ELIZABETH				PONTIF. UNIV. CATOLICA DE CHILE	ASISTENTE DE INVESTIGACION
122	PINEDA ESPINOZA	ADOLFO				prodesal lanco	agricultor
123	PIRUL SANHUEZA	ISRAEL ALBERTO				prodesal puqueldon	tecnico agrícola
124	PONCE QUIROZ	CLAUDIA				PRODESAL MODULO LANCO	Ingeniero Agrónomo
125	PUGA	RODRIGO				anasac	ING. AGRONOMO
N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
126	RADEMACHER	GASTON				fundo cotrilla	agricola
127	REHBEIN OJEDA	CLAUDIO				Prodesal Los Muermos	técnico agrícola
128	RIOS OYARZUN	OSVALDO				ATSA CHILE S.A.	INGENIERO AGRONOMO
129	RODRIGUEZ	MIRIAM				fundo cotrilla	
130	RODRIGUEZ CASTILLO	AUGUSTINA DEL CARMEN				INIA	trabajadora inia
131	ROJAS	MIGUEL				Arysta LifeScience	ING. AGRONOMO
132	ROJAS ESCOBAR	MARIA ISABEL				INIA	encargada serv. general
133	ROJAS PEREZ	ELADIO				SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO SAG	ENTOMOLOGO
134	ROSALES	MARLENE				UNIVERSIDAD CATOLICA	BIOQUIMICO
135	RUBILAR CONCHA	FRANCISCO				cals ltda.	tecnico agrícola
136	RUIZ	NELSON					agricultor
137	RUPAILLAN V	MARIA ESTELA				servicio agrícola y ganadero	TECNICO AGRICOLA-INSPECTORA
138	RUTH INOSTROZA	EDMUTH				BASF	ING AGRONOMO
139	RUZ FERRUZOLA	PATRICIO EUGENIO				sag	
140	SALAZAR ORTIZ	GUILLERMO				indap	ingeniero agronomo
141	SÁLDIVIA A.	JOSE PIO				PRODESAL MUNICIPALIDAD	ASESOR TECNICO
142	SALVO CONTRERAS	PABLO				ARYSTA LIFESCIENCE CHILE S.A.	INGENIERO AGRONOMO
143	SANCHEZ GONZALEZ	SANDRA				indap	ING. AGRONOMO
144	SANDOVAL	CAMILA				INIA	BIOquímico
145	SARABIA	NANCY				prodesal castro	veterinaria
146	SCHRODER	MATHIAS				fundo huautrunes	agricultor
147	SCHWERTER IGOR	XIMENA PAULINA				jefe tecnico prodesal fresia	med. veterinario
148	SCHWERTER SIEBALD	NELSON				AGRICULTOR	agricultor. veterinario
149	SEPULVEDA	ALEJANDRO				prodesal	asesor tec. prodesal panguipulli
150	SEPULVEDA	CECILIA					agricultora
151	SILVA FERNANDEZ	CARLOS				SAG	INGENIERO AGRONOMO
152	SOFFIA	VERONICA				Arysta LifeScience	ING. AGRONOMO

N°	Apellidos	Nombre	Comuna	Télefono	E-mail	Institución/Predio	Cargo/Actividad
153	SOMMER	JOAQUIN				fundo san alejandro	agricola
154	STRAUCH	OSCAR				syngenta	agroamigo
155	TEJEDA	PAMELA				INIA REMEHUE	ING. AGRONOMO
156	TENORIO CONTRERAS	ANGEL GABRIEL				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
157	TENORIO CONTRERAS	GALVARINO				prodesal puqueldon	agricultor
158	TORRES	EDUARDO				SEMILLAS LLANQUIHUE	ing. agricola
159	TORRES AGUILA	YANNINE				LOS MOLINOS	agricultor
160	TORRES B.	ALVARO				INIA	
161	URRUTIA BRIONES	ALFREDO				universidad de concepcion	profesor
162	VALDERAS HUIAQUIAN	HOMERO				multimaq ltda.	gerente de produccion
163	VALENZUELA	MABEL				SYNGENTA	ING. AGRONOMO
164	VARGAS	ANDRES					agricultor
165	VARGAS	ALBERTO					ESTUDIANTE
166	VARGAS	CRISTINA				Adama	Ing. Agrónomo
167	VASQUEZ WICKI	RODRIGO				SAG	INGENIERO AGRICOLA
168	VELASQUEZ NAVARRO	MARIO				PRODESAL PUQUELDON	AGRICULTOR
169	VELASQUEZ VELASQUEZ	YOANA MARIBEL				prodesal puqueldon	agricultor
170	VERGARA	ALICIA ISABEL				ANASAC	JEFE TECNICO
171	VERGARA MAYNE	MARCELO				INDAP	INGENIERO AGRONOMO
172	WESTERMEIER VALDES	FRANCISCO JAVIER				COAGRA S.A.	INGENIERO AGRICOLA
173	WETZEL BAGOLINI	IGNACIO CARLOS				ANASAC	ing. agronomo
174	YAÑEZ	PABLO				prodesal los muermos	Agricultor
		FREDY					

## B. Seminario final: Invitación y programa.



### INVITACIÓN

El Director Ejecutivo de la Fundación para la Innovación Agraria, Álvaro Eyzaguirre, junto con el Decano de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Rodrigo Figueroa, el Director Regional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias Remehue, Sergio Iraira y el Director Regional del Servicio Agrícola y Ganadero, Eduardo Monreal, invitan a usted al Seminario **“Enfermedades causadas por Virus y sus vectores en el cultivo de papa”**, dando cierre a la iniciativa FIA **“Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de papa: *Virus mop top* (PMTV) y razas necróticas del *Virus Y de la papa* (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de papa en Chile”**.

Este evento se realizará el día jueves 16 de enero del 2020 a partir de las 08:30 hrs. en el auditorio de INIA Remehue,

Esperamos contar con su presencia la que dará mayor realce a este evento.

Confirmar asistencia María Teresa Mundaca

Osorno, enero de 2020



## Seminario

### **“Enfermedades causadas por Virus y sus vectores en el cultivo de papa”**

Fecha: Jueves 16 de Enero del 2020.

Lugar: INIA Remehue, Osorno, Región de Los Lagos.

### Programa

- |               |   |
|---------------|---|
| 8:30 a 9:00   | Inscripciones   |
| 9:00 - 9:15   | Bienvenida  |
| 9:15 - 9:45   | <b><i>Virus emergentes en el cultivo de la papa: sistemas de detección, seguimiento de agentes virales y sus vectores.</i></b><br>Elizabeth Peña, Bioq. Dr. Pontificia Universidad Católica de Chile.   |
| 9:45 - 10:15  | <b><i>Evaluación de susceptibilidad frente a PVY de variedades comerciales de papa y monitoreo de áfidos en diferentes zonas agroclimáticas de la región de Los Lagos.</i></b><br>Mónica Gutiérrez Ing. Agr. M.Sc. y Eladio Rojas Ing. Agr, M.Sc. Servicio Agrícola y Ganadero. |
| 10:15 -10:45  | <b><i>Uso de aceites en el control de áfidos.</i></b> Patricia Navarro, Ing. Agr. Ph.D. INIA Carillanca.  |
| <b>Café</b>   |   |
| 11:15 - 11:45 | <b><i>Avances en el Desarrollo de un paquete de manejo de la Sarna polvorienta en el sur de Chile.</i></b> Ivette Acuña B. Ing. Agr. Ph.D. INIA Remehue.  |
| 11:45 - 12:45 | <b><i>Spongospora subterranea – what control possibilities do we have?</i></b><br>Dr. Euli Merz, ETH, Zurich, Suiza.  |
| 12:45         | Discusión y conclusiones  |
| 13:30         | Refrigerio  |



## INVITACIÓN

**Sergio Iraira Higuera**, Director Regional de INIA Remehue, tiene el agrado de invitar a usted al Taller “*Spongospora subterranea – an underestimated pathogen of a key world food crop*” presentado por el Dr. Ueli Merz.

Este taller se realizará el día jueves 16 de Enero del 2020 a partir de las 15:00 hrs. en el auditorio de INIA Remehue

Cabe destacar que esta invitación es personalizada y su cupo es limitado.

Esperamos contar con su presencia la que dará mayor realce a este evento.

Favor confirmar su asistencia con María Teresa Mundaca



Taller con asesores. Determinación de *Spongospora subterranea* mediante la técnica de filters strip. Metodología rápida para diferenciar daño de *Streptomyces scabies* de *S.subterranea*.

## Publicaciones. Informativos.

### LA SARNA POLVORIENTA DE LA PAPA

Ivette Acuña B.  
Ing. Agrónoma, Fitopatóloga  
INIA Remehue

Constanza Parra C.  
Ing. Biotecnología Vegetal

#### INTRODUCCIÓN

La sarna polvorienta de la papa, o también llamada *powdery scab*, roña polvosa y sarna polvorosa, es causada por el protozoo plasmodial *Spongospora subterranea f. sp. subterranea* y afecta diversas especies de planta, incluyendo: dicotiledóneas, monocotiledóneas y gimnospermas, pero en estas especies el patógeno no conduce a la formación de esporas de resistencia, por lo que no culmina su ciclo de vida, lo cual ocurre en especies tuberíferas de *Solanum* y en raíces de especies no tuberíferas como *Solanum nigrum* L y *Nicotiana rustica* L.

Esta enfermedad es más frecuente en regiones templadas, ya que para el desarrollo del patógeno se requiere de períodos de lluvias seguidos de tiempo fresco, húmedo y nublado, pero debido a la utilización de sistemas de riego en los cultivos y a los cambios de épocas de siembra hacia períodos húmedos, también ocurre en regiones de climas cálidos y secos. En Chile, esta enfermedad se reportó por primera vez en 1936 atacando los papales de Llanquihue y Chiloé. Hoy día, es una enfermedad que está adquiriendo cada vez mayor importancia debido a las pérdidas económicas devastadoras que produce, ya que causa reducción en los rendimientos y baja calidad del producto final, por lo que en la actualidad la sarna polvorienta es una enfermedad limitante para las principales zonas productoras de papa (*Solanum tuberosum* L.), sobre todo en la zona sur de nuestro país.

#### EPIDEMIOLOGÍA Y CICLO.

La principal fuente de inóculo de *S. subterranea* son los tubérculos de papa infectados usados como semilla, como también el suelo. Este patógeno puede sobrevivir durante mucho tiempo en desechos de plantas, raíces y rizósfera de papas voluntarias, malezas y

[Escriba aquí]

hospederos alternantes, o bien, en estado de dormancia en el suelo, gracias a sus esporas de resistencia (Foto 1), las cuales pueden sobrevivir bajo diferentes condiciones ambientales y permanecer viables durante más de 10 años.

El ciclo de vida de este protozoo comienza con la germinación de las esporas de resistencia, que se encuentran agrupadas en el sporosori. Su germinación está limitado por temperaturas entre los 12 y 23° C, alta humedad en el ambiente y alto contenido de agua en el suelo, es por ello que a pesar de que esta enfermedad tiene una mayor presencia en zonas templadas, se le puede observar en zonas cálidas en condiciones de riego. Además, cuando el riego es más frecuente las temperaturas del suelo en la zona de las raíces disminuyen a un rango muy favorable para la infección, especialmente cuando se utiliza agua fría.

Al germinar las esporas de resistencia, cada una libera una sola zoospora primaria biflagelada, las cuales son esporas susceptibles a las condiciones extremas del medio ambiente y tienen una vida corta, por lo que necesitan localizar un hospedero susceptible en un plazo aproximado de 5h. Estas zoosporas nadan hasta las raíces atraídas por los exudados radiculares y penetran e infectan las células más superficiales de los pelos radiculares.

Una vez dentro del hospedero comienza el desarrollo de zoosporangios entre las células vegetales, cada zoosporangio libera ocho nuevas zoosporas capaces de producir infección en raíces y tubérculos, causando deformación y atrofia en raíces y lesiones sarnosas en los tubérculos. Las zoosporas pueden producir infección de tubérculos desde estados tan tempranos como el inicio de tuberización. Además, estas zoosporas secundarias son nuevas fuentes de inóculo que pueden infectar otras partes de la planta o plantas vecinas. Finalmente, tanto las agallas como las lesiones en tubérculos pueden producir nuevas zoosporas, pero también sporosoris, que serán nuevas fuentes de infección (Figura 1).

#### **SINTOMATOLOGÍA**

*S.subterranea* es capaz de infectar todos los órganos subterráneos de la planta de papa (estolones, tubérculos y raíces), donde el patógeno estimula el agrandamiento y la división

de las células hospederas, lo que conduce a la aparición de los síntomas. Sus síntomas característicos son la formación de agallas en raíces y estolones, las cuales restringen la capacidad de absorción de nutrientes y agua de la planta, provocando enanismo, disminución en el vigor y muerte, además de lesiones sarnosas en tubérculos.

En raíces enfermas es posible observar tejidos aparentemente sanos a simple vista, pero bajo microscopio se observan claramente la presencia de zoosporangios del patógeno (Foto 2), cuando la infección es mayor, las raíces se observan deformes y con poco desarrollo. Si la infección es muy alta, se pueden producir agallas en las raíces, las que se muestran de color blanco cremoso al inicio, tornándose a color marrón oscuro cuando maduran (Foto 3). Estas agallas radiculares varían en tamaño y pueden aparecer incluso a los 35 días después de la siembra y desarrollarse a lo largo de la temporada de crecimiento. Además, estos daños en las raíces reducen la absorción de agua y nutrientes, causando disminución de rendimiento y peso medio de los tubérculos obtenidos. Paralelamente, a la infección de las raíces, se pueden visualizar los síntomas en los estolones, los cuales son similares a los de las raíces, pero las agallas son más pequeñas.

Por otro lado, en tubérculo los síntomas iniciales de la sarna polvorienta aparecen como pústulas de color marrón violáceo, que más tarde se convierten en pequeñas ampollas que pueden aparecer alrededor de los 40 días después de la siembra (Foto 4). Mientras, las lesiones maduras, son pústulas redondas, de bordes ligeramente elevados, poco profundas y de diámetro variable, en un rango de 0,5 a 2 mm, que en su interior contienen masas de esporas visibles. (Foto 5). Posteriormente, este daño se convierte en pústulas abiertas y de color pardo rojizo con un diámetro de 2 a 10 milímetros, o aún más grandes, que liberan la masa polvorienta de esporas de resistencia de color castaño oscuro, dando el aspecto sarnoso al tubérculo. En algunos casos, las lesiones maduras no se abren, apareciendo como lesiones oscuras y elevadas, o bien, se pueden abrir una vez que los tubérculos han sido almacenados.

#### **MANEJO INTEGRADO**

Entre las prácticas de manejo integrado de esta enfermedad se recomienda tener presente los siguientes factores:

- 1. RESISTENCIA VARIETAL:** El uso de cultivares de papa resistentes a ciertos patógenos se considera un método eficaz, duradero y respetuoso con el medio ambiente para controlar la enfermedad. En el caso de *S. subterranea* es muy importante la elección del cultivar, ya que existen cultivares que son susceptibles a la enfermedad y otros que presentan resistencia, pero a su vez, dentro de los cultivares resistentes se debe considerar que existen diferentes mecanismos de resistencia; existiendo cultivares resistentes a los daños en raíces, pero susceptibles al daño en tubérculos y viceversa (Cuadro 1).
- 2. SANIDAD DEL TUBÉRCULO SEMILLA:** Dentro de las primeras consideraciones a tener presente, es evitar la contaminación de los suelos mediante el uso de semilla infectada con el patógeno, por lo que se debe utilizar siempre semillas certificadas. Para el caso de Spongospora, las Normas Específicas de Certificación de Semilla de papa entregado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), dice que para la categoría C3 B no debe superar el 1% en peso y no presentar más de 5 pústulas, las que en conjunto no podrán exceder 1 cm<sup>2</sup> de la superficie total del tubérculo, y la tolerancia para semilla corriente, dice que no debe superar el 1% en peso con más de 10 pústulas, sin exceder 2 cm<sup>2</sup>. Respecto al Control químico pre plantación, en general este tipo de control es poco eficiente, proporcionando un control limitado de la enfermedad. Sin embargo, algunos estudios muestran un efecto en la reducción del inóculo de la semilla y otros en la disminución de inóculo primario presente en el suelo. Así, fungicidas como fluazinam, mancozeb (ya sea solos o combinados), diclorofeno-Na y 25 diclofluanida como tratamientos a la semilla y fluazinam (2 kg/ha), flusulfamida (1,8 kg/ha), mancozeb (7,5 kg/ha), cipronidil, cloropicrina, diclorofen-Na o azufre (500 kg/ha) como tratamiento al suelo antes de la plantación, redujeron la incidencia de la enfermedad.
- 3. ELECCIÓN DEL SUELO:** Debido a que este patógeno es capaz de sobrevivir en el suelo durante largos períodos de tiempo gracias a sus esporas en reposo, como también,

por medio de ciclos de infección en hospederos alternantes, se recomienda rotaciones largas entre los cultivos de papa. El período entre los cultivos de papa debe ser por lo menos de 5 años, siendo probable que se requieran de períodos más largos para asegurar la reducción de la población del patógeno. Es importante que los cultivos de rotación estén libres del patógeno, papas voluntarias y malezas, ya que podrían ser futuros hospederos y reservorio. Por otro lado, también es importante saber que hay cultivos mejores que otros en la rotación para reducir el inóculo, por ejemplo los cultivos del género *Brassica* son mejores que los pastos o cereales. Adicionalmente el tipo de suelo y la condición de éste, también se debe tener en cuenta, ya que, es menos probable que suelos con buen drenaje desarrollen la enfermedad que aquellos con alta retención de agua, tales como los suelos compactados por maquinaria agrícola. Con respecto al pH del suelo aún no está del todo claro si la enfermedad se ve influenciada por éste, pero algunos estudios indican que un pH de 6,8 – 7,0 favorece la incidencia de sarna polvorienta.

Finalmente, en el manejo agronómico, se debe tener presente que las condiciones ambientales que aumentan la incidencia y gravedad de la enfermedad son las bajas temperaturas y la alta humedad, por ello, la manipulación del entorno del suelo en los campos de papa durante el crecimiento del cultivo puede reducir la probabilidad de que la enfermedad se desarrolle. Se debe hacer un uso apropiado del riego, como por ejemplo, suministrar agua de manera eficiente y sólo si es necesario en las primeras etapas del crecimiento del cultivo, esto puede disminuir la liberación de zoosporas. De igual forma utilizar aguas de riego descontaminadas, e irrigar cuando el cultivo lo requiera para evitar inundaciones en el predio. En el caso de la temperatura, es importante considerar la fecha de plantación para evitar los suelos muy fríos y reducir la probabilidad de infección. Por último, recoger y eliminar todos los residuos de cosecha, ya que pueden ser futuras fuentes de inóculo y reservorio, y durante la guarda se requiere hacer uso de almacenes debidamente desinfectados y de buena ventilación.

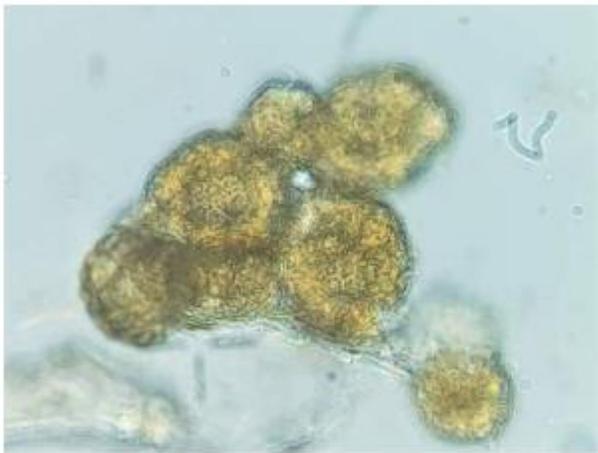


Foto 1. Sporosi de *Spongospora subterranea*. Fuente: INIA Remehue

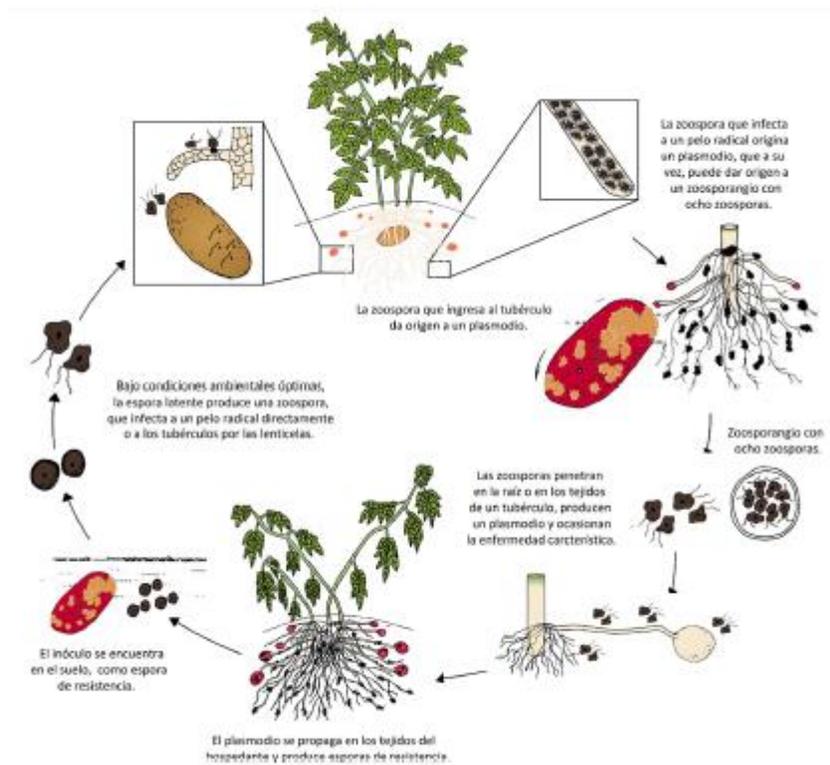


Figura 1. Ciclo biológico de *Spongospora subterranea*. Fuente: INIA Remehue.



Foto 2. Zoosporangio de *Spongospora subterranea* en raíces de planta de papa. Fuente: INIA Remehue



Foto 3. Raíces de planta de papa con agallas causadas por infecciones de *Spongospora subterranea*. Fuente: INIA Remehue



**Foto 4.** Pústulas inmaduras en tubérculos de papa causadas por *Spongospora subterranea*.

Fuente: INIA Remehue



**Foto 5.** Pústulas maduras en tubérculos de papa causadas por *Spongospora subterranea*.

Fuente: INIA Remehue

**Cuadro 1. Resistencia en raíces y tubérculos frente a *Spongospora subterranea* en diferentes cultivares de papa**

		Daño en raíces				
		Muy Resistentes		Moderadamente resistentes	Moderadamente susceptibles	Muy Susceptibles
Daño en tubérculos	Muy resistentes	Alturas	Ranger Russet	Alpine Russet	Russet Burbank	Snowden
		Atlantic	Russet Norkotah	Dakota Crisp	Umatilla Russet	-
		Bannock Russet	Yukon Gold	Red Norland	Yagana	-
		Dakota Jewel	-	Dakota Ruby	-	-
		Dakota Trailblazer	-	Viking	-	-
		Dark Red Norland	-	-	-	-
	Moderadamente resistentes	Karu	-	-	-	-
		Colorado Rose	-	-	ND8314-1R	Lamoka Nicolet
	Moderadamente susceptibles	-	-	-	-	Red Pontiac
	Muy susceptibles	-	-	-	Dakota Pearl	Ivory Crisp
		-	-	-	Red LaSoda	Kennebec
		-	-	-	-	Shepody

Fuente: Bitara et al, 2016.

Logo INIA, FIA, SAG, UC

**ESTE INFORMATIVO HA SIDO FINANCIADO POR LA FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA A TRAVÉS DEL PROYECTO PYT-2016-0096 Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de papa en Chile: Virus mop top (PMTV) y razas necróticas del Virus Y de la papa (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de papa en Chile.**

## VIRUS MOP TOP DE LA PAPA (PMTV)

Ivette Acuña B.  
Ing. Agrónoma, Fitopatóloga  
INIA Remehue

Constanza Parra C.  
Ing. Biotecnología Vegetal

### INTRODUCCIÓN

La enfermedad Mop Top de la papa es causada por el virus *Potato Mop Top Virus* (PMTV), el cual es transmitido por el protozoo plasmodial *Spongospora subterranea f. sp. subterranea*, agente causal de la enfermedad conocida como Sarna polvorienta de la papa. PMTV es una enfermedad viral que presenta carácter cuarentenario para diferentes países del mundo, y de gran preocupación hoy en día. La diseminación de *S. spongospora* se viene incrementando dramáticamente en los últimos años, como resultado de la deficiente calidad de la semilla utilizada por la mayoría de los agricultores, ausencia de variedades resistentes a dicho patógeno y un control químico poco eficiente. Sin embargo, a diferencia de *S. spongospora*, el virus tiene un rango de hospederos más estrecho, infectando a miembros de las familias *Solanaceae*, *Tetragoniaceae* y *Chenopodiaceae*.

Los síntomas característicos de esta enfermedad incluyen: amarillamiento foliar, anillos necróticos (“Spraing”), cuarteamiento o agrietamiento de tubérculos y moteados foliares tipo “Aucuba”. Las pérdidas estimadas por este virus llegan hasta un 25% del rendimiento total en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.), lo que sumado al daño producido por su vector (*S. subterranea*), puede llegar a ascender a un 50 – 80% de pérdida total

En Chile, PMTV fue reportado el año 2015 en papas nativas del Archipiélago de Chiloé con síntomas foliares del virus y sin necrosis en tubérculos. El vector está ampliamente distribuido en la zona productora de papa del sur de Chile y es capaz de retener el virus infectivo por más de diez años. Estudios realizados en Chile el año 2016 demuestran que el virus está asociado a esporas del vector y persiste por muchos años, así, aislamientos de *S.*

*subterranea* obtenidos desde tubérculos sin síntomas del virus, muestreados desde el año 2004, dieron positivo para la presencia de Mop Top en un 28% de las muestras. Estos aislamientos provienen desde el norte de la Región de Los Ríos hasta la comuna de Palena al sur de la Región de Los Lagos, presentando mayor prevalencia en la Isla de Chiloé.

## **AGENTE CAUSAL**

Su agente causal es *Potato mop-top virus* (PMTV) perteneciente al género *Pomovirus* que se caracteriza por una morfología de varilla rígida de 18 – 20 nm de diámetro (Foto 1).

Este virus consta de 3 moléculas de ARN como material genético. El ARN 1 codifica para las proteínas necesarias para la replicación de su genoma; el ARN 2 codifica para las proteínas de la cápside (envoltura del virus) y para una proteína CP-RT, que es requerida para que el vector, *S. subterranea*, transmita el virus en sus esporas; mientras que el ARN 3 desnudo genera una proteína que ayuda al movimiento del material genético del virus de célula en célula en el tejido de la planta. La manifestación de síntomas característicos de la enfermedad depende de la presencia de los tres ARN en el tejido, es por ello que el ARN 3 desnudo se puede encontrar en tubérculos asintomáticos y causar una infección secundaria para la siguiente temporada.

PMTV es transmitido de forma persistente y muy específica por las zoosporas primarias y las esporas de resistencia de *S. subterranea*. El virus puede permanecer en estas estructuras de resistencia por varios años en el suelo e infectar a la planta una vez que las esporas del vector colonizan el tejido. Por lo tanto, la transmisión de este virus está ligada al ciclo de vida de *S. subterranea*, el cual comienza con la germinación de las esporas de resistencia, cada espora libera una sola zoospora primaria biflagelada no nucleada. Estas zoosporas, que podrían contener el virus en su interior, nadan hasta las raíces atraídas por los exudados radiculares y penetran e infectan las células más superficiales, la epidermis de los pelos radiculares. Una vez dentro del hospedero, el vector comienza con el desarrollo de zoosporangios entre las células del tejido vegetal, cada zoosporangio libera ocho nuevas

zoosporas, que son nuevas fuentes de inóculo de ambas enfermedades, y que pueden infectar otras partes de la planta o plantas vecinas.

## **SINTOMATOLOGÍA**

La enfermedad inducida por PMTV puede ser asintomática o sintomática. Cuando es el último caso, se puede presentar una amplia gama de síntomas, incluyendo amarillamiento foliar, anillos necróticos y cuarteamiento de tubérculos, los cuales a su vez varían según la variedad de papay el ambiente. Por ejemplo, se ha reportado que una misma variedad puede presentar síntomas bajo una condición ambiental, pero no en otro ambiente. La razón específica de estas diferencias en la sintomatología de la enfermedad aún no son comprendidas en su totalidad.

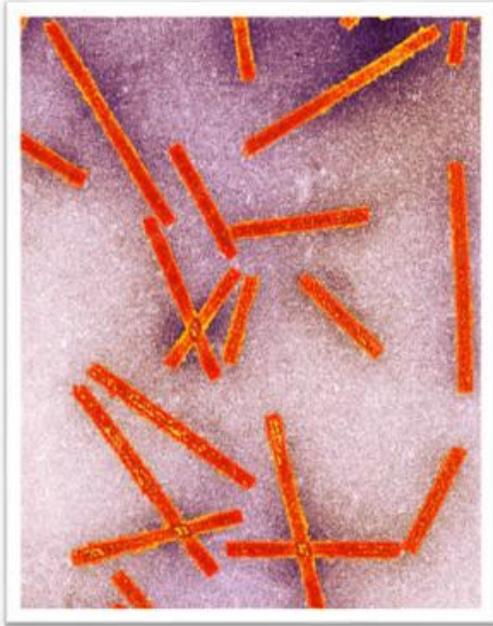
A nivel foliar, las plantas de papa pueden presentar 3 tipos de síntomas: en hojas superiores se observan manchas de color amarillo pálido con formas de V (sardineta), en hojas inferiores se presentan marcas de color amarillo brillante (aucuba), y finalmente también se puede observar una reducción en la longitud de los entrenudos de la planta (Foto 2). Mientras que en tubérculos existen síntomas primarios, los que se caracterizan por la presencia de anillos y arcos necrótico (spraing) sobre la superficie, siendo posible confundir estos síntomas con los causados por el *Tabaco rattle virus* (TRV) o *Potato virus Y* (PVY). Cuando los tubérculos infectados crecen, se desarrollan los denominados síntomas secundarios que incluyen grietas y distorsión de los tubérculos(Foto 3). Estos síntomas degradan la calidad del tubérculo de la papa y, por consiguiente, su valor en el mercado.

## **MANEJO INTEGRADO**

El manejo de las enfermedades virales se sustenta en la disponibilidad de herramientas eficientes de detección que apoyen los programas de certificación de semilla, uso de semilla sana, uso de cultivares resistentes y manejo eficiente del vectores.

- 1. Diagnóstico:** Como esta enfermedad puede ser asintomática, se han utilizado diversas técnicas para su detección. Las primeras pruebas incluyeron bioensayos con plantas indicadoras como *Chenopodium amaranticolor*, pero se requiere alrededor de 14 días para lograr la expresión de síntomas, y en algunas ocasiones, éstos no son completamente confiables. Luego, se implementaron las pruebas de ELISA, las cuales dan un resultado en uno o dos días. Sin embargo, la generación de falsos negativos debido a la distribución errática del virus en la planta, ha hecho que se cuestione dicha técnica. Por lo que, actualmente se hace uso de las técnicas moleculares basadas en ácidos nucleicos, las que han permitido la detección rápida y precisa de PMTV, tanto en planta, vector y suelo.
- 2. Semilla sana:** Se debe utilizar semilla legal que garantice que está libre de este virus. La normativa chilena considera tolerancias para el vector, tanto en semilla certificada como corriente, y es factible realizar análisis para el virus en las etapas más altas del sistema de producción de tubérculo semilla. Se debe considerar que el uso de tubérculos con *S. subterranea* infectados con PMTV, contaminará el suelo con ambos patógenos por un largo período de tiempo, causando el peligro de infección de plantas en plantaciones posteriores.
- 3. Uso de cultivares resistentes:** Lamentablemente se ha comprobado que los nuevos cultivares no son muy eficaces para combatir el PMTV. Esto se debe a que las plantas deben tener resistencia en todas sus partes: desde tubérculos, raíces, y hasta estolones, para ser resistentes al vector y al virus. Es por ello, que en la actualidad se hace uso de cultivares resistentes sólo a su vector, ya que como el PMTV depende de *S. subterranea* para su transmisión, el control de este patógeno eventualmente minimizará la infección por PMTV.
- 4. Manejo del vector (*S. subterranea*):** Para el manejo del vector se debe tener presente tres factores: a) Tubérculo semilla sin sarna polvorienta, b) cultivares resistentes a la enfermedad y c) suelo no contaminado y sin condiciones favorables para su desarrollo. Para asegurar la sanidad del tubérculo semilla es recomendable el uso de semilla certificada de papa, que garantiza el cumplimiento de las

tolerancias dadas por la normativa vigente. En cuanto a resistencia varietal, el Cuadro 1 muestra los niveles de resistencia de diferentes cultivares de papa a *S. subterranea* en estudios realizados en Estados Unidos. Sin embargo, bajo condiciones ambientales y de suelo favorable a la infección es deseable el uso de cultivares resistentes. Adicionalmente, se debe evitar contaminar suelo con el uso de semillas enfermas o equipamientos contaminados. Se debe recordar que este patógeno es capaz de sobrevivir en el suelo durante largos períodos de tiempo gracias a sus esporas de resistencia, así mismo, por medio de ciclos de infección en hospederos alternantes, por lo que se recomienda rotaciones largas entre los cultivos de papa, de al menos 5 años. Además, el tipo de suelo y la condición de éste también se deben tener en cuenta, es menos probable que suelos con buen drenaje desarrollen la enfermedad que aquellos con alta retención de agua. Para ellos, se debe hacer un uso eficiente del riego, como, por ejemplo, reducir la aplicación de agua durante las primeras etapas del crecimiento del cultivo (esto puede reducir la liberación de zoosporas) e irrigar solo cuando el cultivo lo requiera para evitar inundaciones en el predio. Por otro lado, el control químico es poco eficiente, proporcionando un control limitado de la enfermedad, sin embargo, bajo algunas condiciones de baja presión de inóculo, se pueden realizar tratamientos pre-plantación a la semilla o al surco de plantación.



**Foto 1. Virus Mop Top de la papa (PMTV).** Fuente: Fototeca científica del Centro de Bioimagen. Recuperado de <https://www.sciencephoto.com/media/249730/view/potato-mop-top-virus-tem>.



**Foto 1 Síntomas causados por el Virus Potato Mop Top (PMTV) en planta de papa.** Fuente. Laboratorio Fitopatología Molecular UC.



**Foto 3. Síntomas causados por el Virus Mop Top (PMTV) en tubérculos de papa.**

Fuente: Dr. Gary Secor.

**Cuadro 1.** Resistencia y susceptibilidad de diferentes cultivares de papa frente *Spongospora subterranea* en el mundo. (Fallon et al, 2003).

Resistentes		Susceptibles	
➤ Gladiador	➤ Foxton	➤ Asterix	➤ Marco Polo
➤ Swift	➤ Snowden	➤ Kennebec	➤ Markis
➤ Vtn62-33-3	➤ Ilam Hardy	➤ Concorde	
➤ Donald	➤ Stroma	➤ Crebella	
➤ Winston	➤ Nadine	➤ Rosa	
➤ Saxon	➤ Cantate	➤ Whitu	
➤ Red Rascal	➤ Fianna	➤ Agra	
➤ Nortakah	➤ Driver	➤ Draga	
➤ Van Gogh	➤ Lady Rosetta	➤ Coliban	
➤ Toru	➤ Horizon	➤ Ukama	
➤ Moonlight	➤ record	➤ Bright	
➤ Harmony		➤ Iwa	
		➤ Cardinal	
		➤ Florissant	
		➤ Liseta	

Medianamente Resistentes		
➤ Desiree	➤ Red King	➤ Arran Banner
➤ Atlantic	➤ Pentland Dell	➤ Fronika
➤ Shepody	➤ Maris Anchor	➤ Spunta
➤ Russet Burbank	➤ Majetic	➤ Hulda
➤ Ranger Russet	➤ Kaimi	➤ Obelix
➤ Nooksac	➤ Sebago	➤ Tahiti
➤ Innovator	➤ KIWITEA	➤ Matilda
➤ Heather	➤ Delcora	➤ Epicure
➤ Cliffs Kidney	➤ Lutetia Dakota Red	➤ Mondial
➤ Velox	➤ Karaka	➤ Rocket
➤ Pacific	➤ Katahdin	➤ Frontier Russet
➤ Valor	➤ Frisia	➤ Victoria
➤ Fraser	➤ Bildstar	➤ Fanfare
➤ Summit	➤ Tekau	➤ Bolesta
➤ Dawn	➤ White Delight	➤ Diamant
➤ Rima	➤ Wha	➤ Red Star
➤ Croft	➤ Red Ruby	➤ Morene
➤ Jersey Benne	➤ Crop 9	➤ Mona Lisa
➤ Waru	➤ Jewel	➤ Premiere
➤ Tarago	➤ Rya	➤ Yvonne

*Logo INIA, FIA, SAG, UC*

*ESTE INFORMATIVO HA SIDO FINANCIADO POR LA FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA A TRAVÉS DEL PROYECTO PYT-2016-0096 Desarrollo de un paquete tecnológico que permita el manejo sostenible de enfermedades emergentes causadas por virus en el cultivo de papa en Chile: Virus mop top (PMTV) y razas necróticas del Virus Y de la papa (PVY), que amenazan la producción de tubérculo semilla de papa en Chile.*