

**FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS
Y DE LOS ALIMENTOS**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO**

TALLER DE TÍTULO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Control de tizón tardío en cultivo de papa a través de la
utilización de biofungicida de *Furcraea* spp.**

GILIANA ANDREA DORLHIAC HOEPPNER

QUILLOTA, CHILE

2018

Índice

1.	Resumen	4
2.	Definición del problema u oportunidad	5
3.	Hipótesis	7
4.	Objetivos.....	7
4.1	Objetivo general	7
4.2	Objetivos específicos	7
5.	Estado del arte	8
5.1	Antecedentes del cultivo de papa	8
5.1.1	Origen del cultivo.....	8
5.1.2	Superficie y antecedentes productivos del cultivo de la papa.	9
5.1.3	Antecedentes morfológicos y taxonómicos	9
5.1.4	Requerimientos del cultivo de la papa.....	10
5.1.5	Manejo cultural del cultivo de la papa.....	10
5.2	Tizón tardío de la Papa.....	11
5.2.1	Descripción del agente causal	12
5.2.2	Ciclo reproductivo del agente causal	12
5.2.3	Importancia del tizón tardío	13
5.2.4	Control químico	13
5.2.4.1	Problemas del control químico.....	13
5.2.5	Control orgánico	14
5.2.5.1	Control orgánico conocido	14
5.2.5.2	Control con biofungicida de fique pulverizado (<i>Furcraea spp.</i>).....	15
6.	Metodología.....	16
6.1	Obtención de material vegetal y bioinsumo	16
6.2	Obtención de aislados de <i>P.infestans</i>	16
6.3	Identificación de inóculo	¡Error! Marcador no definido.
6.4	Ensayo con plantas de papa bajo condiciones controladas de invernadero	17
6.5	Ensayo con plantas de papa en condiciones de campo	18
6.6	Evaluación de la colonización de la enfermedad en plantas de papa en ambos ensayos	19

6.7	Análisis estadístico.....	20
7.	Bibliografía.....	20
8.	Plan de trabajo.....	22
9.	Carta Gantt.....	25
10.	Resultados esperados.....	26
11.	Organización, cargos y funciones.....	27
11.1	Cargos y funciones.....	27
11.2	Organigrama.....	27
11.3	Descripción de cargos.....	28
12.	Presupuesto.....	29
12.1	Presupuesto total por cuenta (MM\$).....	29
12.2	Presupuesto total por año (MM\$).....	30
	Anexo 1: Hoja de cálculo presupuesto.....	31
	31

1. Resumen

La producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Chile se concentra mayoritariamente en las regiones del sur, abarcando el 70% del total. Es por esto que es de gran importancia el resguardo fitosanitario y un control adecuado para las distintas plagas y enfermedades que pueda presentar el cultivo. Una de las principales enfermedades que ataca la papa es el tizón tardío causada por *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary. Dentro de la sintomatología asociada a este patógeno se encuentran manchas circulares irregulares de color castaño y halo clorótico, muerte de tejidos, tubérculos irregulares y pudrición seca o húmeda. Realizar un control inadecuado de este problema puede llevar a pérdidas importantes del cultivo, es por esto que agricultores incursionan en estrategias deficientes, con aplicaciones repetitivas, tardías o de productos con pérdidas de eficacia, ocasionando proliferación de *P. infestans* y resistencias indeseadas. En la actualidad se ha experimentado con productos alternativos para el control de este fitopatógeno. En Colombia, por ejemplo, se evaluó de forma *in vitro* un bioinsumo a base de fique (*Furcraea* spp.) con resultados positivos, es por esto que el objetivo general de este estudio es demostrar la acción inhibitoria de tipo preventivo de *Furcraea* spp. sobre *Phytophthora infestans* *in vivo* y en campo, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron *in vitro* en Colombia. Para esto, se realizará el primer ensayo bajo condiciones de invernadero donde se dispondrán 60 plantas con 6 tratamientos distintos, incluido un testigo. Posteriormente para evaluar la efectividad del control en condiciones de campo se utilizará un predio en el que se construirán 12 parcelas y se aplicarán 4 tratamientos, los dos tratamientos con mejores resultados en el ensayo bajo invernadero, un tratamiento con aplicación de tratamiento comercial y un testigo. Finalmente, se evaluará la eficiencia de la acción de los tratamientos con la medición de variables como severidad, incidencia y rendimiento. Al final del proyecto se espera conocer el desempeño del bioinsumo de *Furcraea* spp. como inhibidores del patógeno *Phytophthora infestans* bajo condiciones de invernadero y campo.

2. Definición del problema u oportunidad

A nivel nacional, la papa está posicionada en el cuarto lugar dentro de los cultivos anuales, alcanzando una superficie de 53.485 hectáreas en el año 2016 (ODEPA, 2016). Cultivada de Arica a Magallanes, la producción anual va dirigida principalmente como consumo fresco para el mercado interno, mientras las exportaciones, que no superan las 1.600 toneladas, van destinadas a Brasil como producto semilla y a Argentina como producto fresco. Considerando su consumo fresco, en Chile el promedio nacional es de 58 kilos anuales por habitante, siendo aún mayor este número en la zona sur de nuestro país (INIA, 2013). Entre las regiones del Bío Bío y Los Lagos se concentra más del 70% del total de la superficie sembrada con papa en Chile. Esta última lidera con un rendimiento promedio de 33,2 ton/ha (ODEPA, 2016).

Para lograr un buen rendimiento y una producción de calidad se deben manejar distintos aspectos del cultivo, tales como: la variedad, la calidad de la semilla, tecnología a aplicar y condiciones del medio ambiente (suelo y clima). Algunos inconvenientes que destacan y están relacionados con un bajo rendimiento son el monocultivo, mal manejo de plagas y enfermedades, además de aplicaciones erróneas de agroquímicos.

Uno de las enfermedades más perjudiciales para el cultivo de la papa a nivel nacional y también mundial es el tizón tardío, causado por el patógeno *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary, que puede llegar a producir la pérdida total de la plantación, afectando la competitividad de los productores agrícolas. Ingresado a Chile en la década de 1950, desde Argentina por la parte sur del país (Arentsen, 1994). Sus síntomas se manifiestan en las hojas, tallos y tubérculos, teniendo una rápida dispersión abarcando grandes superficies cuando las condiciones climáticas son favorables (Acuña, 2008). Los primeros síntomas son pequeñas manchas acuosas en las hojas inferiores, que luego avanzan hacia toda la lámina, pecíolos y tallos con una coloración café negruzca. Los tubérculos son alcanzados cuando no están bien cubiertos o el suelo se encuentra agrietado, permitiendo que las esporas del pseudohongo entren en contacto con la papa (ODEPA, 2007).

No controlar esta enfermedad de manera oportuna puede llevar a una pérdida de hasta un 50% del cultivo en condiciones favorables para el desarrollo del patógeno, un ejemplo de esto son agricultores que incursionan en estrategias de aplicaciones ineficientes por aplicaciones tardías y repetitivas o de un fungicida inadecuado, generando grandes gastos económicos y un alto riesgo de proliferación de aislados de *P. infestans* resistentes a los fungicidas aplicados. Es por esto, que es de gran importancia el manejo integrado de esta enfermedad, para poder así reducir las aplicaciones y evitar resistencias como eliminación de fuentes potenciales del patógeno, manejos culturales que eviten su desarrollo y aplicación de fungicidas en el momento oportuno.

El control químico se ha utilizado de forma reiterada productos pertenecientes a la familia de las fenilamidas, ingredientes activos como el metalaxyl y benalaxil, productos de acción sistémica y que poseen la gran desventaja de desarrollo rápido de resistencias por parte del patógeno (Acuña, 2008)

En la actualidad se ha comenzado a experimentar y utilizar productos alternativos para el control de fitopatógenos. En Colombia, se evaluó el control de *Phytophthora infestans* en papa en condiciones *in vitro* con un bioinsumo a base de fique (*Furcraea spp.*) teniendo resultados favorables (Solarte *et al.*, 2012).

La planta de Fique, cultivada ampliamente en Colombia, es utilizada principalmente en la extracción de fibras naturales, lo que corresponde solo al 4% de la hoja del vegetal, siendo el 96% desechos y de éstos, el 70% corresponde a jugo de fique (MADR, 2006), lo que sería potencialmente el producto de interés fitosanitario, ya que posee propiedades tensoactivas, plaguicidas y presenta esteroides naturales como saponinas y fitoesteroles elementos que pueden limitar el crecimiento de *P. infestans*. (Preciado y Rangel, 2006)

Debido a lo anterior y siguiendo con la tendencia actual de producción con menor impacto ambiental, se propone que la aplicación del bioinsumo en base a *Furcraea spp.* al cultivo de papa, es una solución factible para el control del tizón tardío producido por *P. infestans* en campo.

3. Hipótesis

Se plantea como hipótesis de este proyecto que el bioinsumo de *Furcraea* spp. tiene efectos inhibitorios del patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agente causal del tizón tardío de la papa, en aplicaciones *in vivo* y de campo.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Demostrar la acción inhibitoria de tipo preventivo de *Furcraea* spp. sobre *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary *in vivo* y en campo, de acuerdo a resultados obtenidos *in vitro* en Colombia.

4.2 Objetivos específicos

- 4.2.1 Evaluar el efecto de *Furcraea* spp. sobre la incidencia y severidad del patógeno *Phytophthora infestans* en plantas de papa bajo condiciones de invernadero.
- 4.2.2 Evaluar el desempeño como inhibidor del patógeno *Phytophthora infestans* en campo del bioinsumo de *Furcraea* spp.

5. Estado del arte

5.1 Antecedentes del cultivo de papa

Según información proporcionada por la Dirección de la Nutrición y Protección del Consumidor de la FAO (2008), la papa (*Solanum tuberosum* L.) es un alimento versátil, tiene un gran contenido de carbohidratos. Es un cultivo muy popular en todo el mundo, y se puede preparar en una gran variedad de formas. El tubérculo recién cosechado contiene un 80% de agua y el 20% restante corresponden a materia seca. Entre el 60 y el 80% de esta materia seca es almidón. Respecto a su peso en seco, el contenido de proteína de la papa es semejante al de los cereales, y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos. El contenido de grasa de este cultivo es muy bajo.

5.1.1 Origen del cultivo

Spooner (2009) sugirió una clasificación de 107 especies silvestres y cuatro especies cultivadas. Entre las especies cultivadas, *Solanum tuberosum* es la más popular conocida, alrededor del mundo, como la papa común. La procedencia de este cultivo estuvo en duda por muchos años, se pensaba que poseía múltiples centros de origen. El año 2005, el Doctor Davis M. Spooner, un botánico del Servicio de Investigación Agrícola de la Universidad de Wisconsin, en conjunto con colaboradores del Instituto Escocés de investigación en Cultivos, respondió la incógnita utilizando análisis genéticos de especies recolectadas al norte del lago Titicaca, situando su origen único en ese lugar. La evidencia se remonta hace aproximadamente unos 8.000 años atrás entre la frontera de Bolivia y Perú a unos 3.800 msnm en la Cordillera de los Andes (FAO, 2008).

Según la clasificación taxonómica utilizada para *S. tuberosum*, se ha dividido en la subespecie *andigena* y *tuberosum* (Hawkes, 1990) o en grupos de cultivares *Andigenum* y *Chilotanum* (cultivares tetraploides) (Spooner *et al.*, 2007). Este último corresponde a razas locales de origen en Chiloé y el archipiélago de Chonos.

5.1.2 Superficie y antecedentes productivos del cultivo de la papa.

Según cifras entregadas por el INE, la superficie sembrada del cultivo de papa a nivel nacional correspondientes a los años agrícolas 2015/2016 y 2016/2017 fueron 53.485 y 54.082, hectáreas respectivamente, esta última corresponde a una estimación, teniendo rendimientos en ambos casos de 21,8 ton/ha. Más del 70% de la superficie cultivada en Chile se encuentra en la zona sur del país, específicamente entre la Región del Bío Bío y de Los Lagos. En las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos se concentra el 55%, evidenciando lo valioso que es este cultivo en la zona y lo extremadamente importante que es resguardar la aislación fitosanitaria respecto a las plagas cuarentenarias (Pefaur, 2015).

Las diferentes épocas de cosecha dependen del sector donde se trabaja y el propósito del cultivo. En el sur del país la cosecha que se realiza entre marzo y abril es una papa de guarda, ya que puede ser almacenada. En primavera se inicia la cosecha de la papa temprana, cultivada principalmente en las regiones de Coquimbo y Valparaíso (Tapia, 2012).

5.1.3 Antecedentes morfológicos y taxonómicos

Solanum tuberosum es una planta perteneciente a la familia de las Solanáceas y al género *Solanum*. Planta dicotiledónea de ciclo anual, perenne (por presencia de tubérculos) y caducifolia, debido a la senescencia de sus tallos y hojas. Este cultivo tiene la capacidad de desarrollar frutos con semillas viables, pero para cultivos con propósitos comerciales, la forma de propagación que se utiliza es un tubérculo semilla (Rodríguez *et al.*, 2003).

Morfológicamente está constituida por tallos principales y hojas, que constituyen los órganos fotosintéticos de la planta. Flores y frutos, donde sus flores tiene ambos sexos y dependiendo de la variedad el color de éstas pueden variar de blanco a morado. El fruto es una baya que puede llegar a contener alrededor de 300 semillas de importancia para el mejoramiento genético. Estolones, tallos laterales que crecen por debajo del suelo y que en sus extremos se forman los tubérculos. Los tubérculos son el principal órgano de reserva, lo que finalmente se cosecha y posee valor económico. Finalmente, las raíces,

las cuales tienen un crecimiento adventicio en el caso de siembra de tubérculos (INIA, 2013).

5.1.4 Requerimientos del cultivo de la papa

Es un cultivo sensible a heladas, aun así tiene una buena producción con temperaturas frescas. En la etapa de crecimiento vegetativo requiere de temperaturas de entre 20 – 25°C y el óptimo para tuberización es de 18 – 20°C. Temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 30°C afectan irreversiblemente el desarrollo del cultivo (Román y Hurtado, 2002).

El suelo es un factor determinante del resultado del cultivo, los mejores suelos son con caracteres francos, de textura liviana y una profundidad efectiva mayor a los 0,5 m, permitiendo un crecimiento de estolones y tubérculos sin restricciones. Con un pH óptimo de 5 – 6 (Román y Hurtado, 2002).

El consumo de agua es de aproximadamente 500 a 700 mm en 120 a 150 días, debiendo disponer del 50% de esa cantidad en la etapa de crecimiento. Información proporcionada por la División de Tierras y Aguas de la FAO (2008), indica que se debe mantener una humedad relativamente alta en el suelo, la utilización constante de agua fría puede reducir la temperatura del sustrato por debajo del óptimo, afectando la formación de tubérculos, mermando la producción. Además, hay que tener en cuenta que suelos demasiado húmedos y pesados son más propensos a presentar problemas de ventilación

Respecto a los requerimientos nutricionales del cultivo, los tres más importantes son el nitrógeno (absorbido como NH_4^+ o NO_3^-), fósforo (H_2PO_4^- o HPO_4^-) y potasio, que a diferencia de los nutrientes antes mencionados, no forma parte estructural de las moléculas de las plantas, sino que es un catalizador de muchas reacciones de síntesis de proteínas y carbohidratos (Sierra *et al.*, 2008).

5.1.5 Manejo cultural del cultivo de la papa

El manejo cultural, tiene como propósito ofrecer al cultivo las mejores condiciones de desarrollo y crecimiento para poder acercarse al máximo potencial de rendimiento y obtener un buen resultado en cuanto a rentabilidad.

Dentro de los manejos culturales los más importantes son:

Elección y preparación del suelo. Esta decisión afecta la producción y calidad del producto final. Se debe tener en cuenta la zona geográfica, optando por predios libres de plagas cuarentenarias y con buenos niveles de precipitación. Tener conocimiento de las rotaciones de cultivo que ha tenido el terreno anteriormente, siendo en lo posible cultivos de leguminosas, cereales y praderas.

La preparación del suelo tiene como objetivo principal lograr una adecuada cama de siembra con propiedades necesarias que beneficien los procesos de brotación, emergencia y desarrollo de la planta.

Aporca. Se realiza al momento de la plantación y después de la emergencia del cultivo. Consiste en tapar la base de la planta formando un camellón de 30 a 40 cm de alto. Esto promueve el desarrollo de nuevos tubérculos, mantiene la humedad del suelo alrededor de las raíces y evita que los rayos solares lleguen a los tubérculos (Santos y Orena, 1997).

Fertilización. Para realizar una fertilización adecuada, se debe realizar análisis de suelo y de agua. Una fertilización recomendada sin estos análisis previos consiste en un total de 150 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 40 kg ha⁻¹ de CaO y 4kg ha⁻¹ de MgO.

Densidad de plantación: Dependiendo del propósito del cultivo las distancias más utilizadas son 60 – 80 cm X 20 – 30 cm.

5.2 Tizón tardío de la Papa

El tizón tardío de la papa es una enfermedad causada por el patógeno *Phytophthora infestans*. Es una de las enfermedades de mayor importancia a nivel mundial en el cultivo, afecta hojas, tallos y tubérculos, pudiendo devastar un campo de papa en pocos días (Pérez y Forbes, 2008).

5.2.1 Descripción del agente causal

P. infestans, miembro del género *Phytophthora* y *Phylum Oomycetes*, pertenece al reino cromista y está relacionado filogenéticamente con las algas pardas (Acuña, Sector & Bravo, 2008).

La pared celular de los oomycetes contiene esencialmente celulosa y B-glucanos antes que quitina como es el caso de los hongos. Además, posee un micelio cenocítico y sus esporangios son de forma ovoide, ahusados en la base, caducos. Poseen un pedicelo de 3 mm, variando de tamaño entre 36 x 22 μm a 29 x 19 μm (Pérez y Forbes, 2008).

5.2.2 Ciclo reproductivo del agente causal

Asexual.

Los esporangios germinan produciendo alrededor de 8 - 12 zoosporas uninucleadas y biflageladas, y en condiciones predisponentes de agua libre y temperaturas bajo 15°C, estas son liberadas al medio.

Las zoosporas se enquistan sobre superficies sólidas adquiriendo una forma redondeada, formando una pared celular, que en presencia de agua libre estas pueden desarrollar un tubo germinativo y penetrar a la hoja por los estomas, o formar el apresorio, de tal manera que la hifa de penetración ingresa directamente a través de la cutícula. Una vez dentro de la planta, el micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de las células. Ocasionalmente se forman haustorios en forma extracelular.

Cuando la temperatura es mayor a 15° C, los esporangios pueden germinar directamente, formando un tubo germinativo que penetra la epidermis de la hoja e infecta al hospedante (Pérez y Forbes, 2008).

Sexual.

Los gametangios se forman en dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálico. Así, ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual. Ocurre la fertilización y se desarrolla una oospora con paredes celulares gruesas. La oospora es fuerte y puede sobrevivir en los rastros. Bajo condiciones favorables, la oospora produce un tubo germinativo que forma un esporangio apical, el cual puede liberar zoosporas o forma nuevamente un tubo germinativo, los cuales sirven como inóculo primario (Pérez y Forbes, 2008).

5.2.3 Importancia del tizón tardío

Esta enfermedad ha tenido a lo largo de la historia consecuencias desastrosas para la humanidad, conocido es el caso de la hambruna en Irlanda, entre los años 1845 y 1850, donde aproximadamente un millón de personas murieron como consecuencia de la epifitía de tizón tardío (Henfling, 1987).

5.2.4 Control químico

El tratamiento químico debe basarse en las características de los fungicidas, estado del desarrollo del cultivo y momento oportuno de aplicación del producto. Empleo de fungicidas sistémicos como dimetomorf y metalaxil en dosis de 1,5 a 2 kg ha⁻¹, en etapas iniciales de crecimiento hasta la floración. Luego de la floración se deben usar fungicidas de contacto exclusivamente, como clortalonil y mancozeb en dosis de 2 a 3 kg ha⁻¹, además de aplicaciones de metalaxil + mancozeb. (Román y Hurtado, 2002).

5.2.4.1 Problemas del control químico

En general, los pequeños agricultores usan de manera deficiente los fungicidas para el control de *P. infestans*. Es muy importante utilizarlos de forma óptima, conociendo la eficiencia del control, modo de acción y momento en el cual hacer la aplicación (Shepers, 2002). Al utilizar una estrategia ineficiente se generan gastos innecesarios, bajo control de la enfermedad y un alto riesgo de provocar el desarrollo de genotipos resistentes a

fungicidas utilizados, provocando pérdidas de alternativas de control de epifitias de *P. infestans* (Acuña, 2008).

5.2.5 Control orgánico

5.2.5.1 Control orgánico conocido

Algunas cepas del género *Trichoderma* pueden ejercer un potencial biocontrol contra *P. infestans*. Cepas aisladas (HNA14) de este hongo demuestran una reducción significativa del crecimiento de la colonia de *P. infestans*, aumentando además la altura del tallo de la planta y los pesos de materia seca y fresca (Yao, 2015). Un grupo de investigadores del Centro de Educación y Tecnología (CET), apoyados por FIA y Minagri estudiaron combatir esta enfermedad utilizando el hongo antagonista *Trichoderma* sp. y agua ionizada como agente de sanitización. El estudio entregó resultados favorables, arrojando que las tasas de crecimiento diario de las cepas de *Trichoderma* son mayores a las que muestra la cepa del Tizón tardío en todos los tiempos estudiados (Tapia, 2014).

Una de las sustancias utilizadas para el combate de hongos fitopatógenos es el extracto de cola de caballo, *Equisetum giganteum* L., la cola de caballo, contiene ácido salicílico en proporciones de hasta 10 % lo cual le confiere al extracto propiedades fungicidas e insecticidas. Por otro lado, *Equisetum giganteum* aplicado foliarmente, al penetrar la epidermis de las hojas, aumenta la resistencia de la planta a patógenos como el causante del tizón tardío (Donaire y García, 2006)

- Aplicaciones de cobre

El caldo Bordelés o caldo mineral a base de sulfato de cobre y una solución de óxido de calcio, en una relación de 1 a 9. Este caldo es un fungicida y para ser efectivo, debe ser neutro o ligeramente alcalino. Cuando la cantidad de cal es insuficiente para saturar el sulfato de cobre (es decir la cal tiene un bajo contenido de óxido de calcio) el caldo Bordelés se torna ácido y se debe agregar más agua de cal, esto es importante para tener un buen resultado en su aplicación (Tapia, 2014).

5.2.5.2 Control con biofungicida de fique pulverizado (*Furcraea spp.*)

Preciado y Rangel (2006) y Rojas (2008) evaluaron el potencial químico que tiene el jugo de fique en el control de *P. infestans*, descubrieron que presenta cualidades fungicidas que pueden ser empleadas en el manejo de este problema fitosanitario, ya que posee propiedades tensoactivas gracias al contenido de saponinas y fitoesteroles que pueden interactuar con el patógeno y afectar su crecimiento.

En un estudio realizado en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño en Colombia, se evaluó el control de *P. infestans in vitro*, mediante un bioinsumo pulverizado a base de fique (*Furcraea spp.*) inhibiendo al 100% el crecimiento del patógeno (Solarte *et al.*, 2012).

6. Metodología

Los ensayos se realizarán en el Laboratorio de Fitopatología y en la Estación Experimental La Palma, ubicada en la comuna de Quillota, Región de Valparaíso. Ambas entidades pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

6.1 Obtención de material vegetal y bioinsumo

Se trabajará con variedad de papa INIA Desireé, recomendada para cultivar en todas las zonas productoras de papa en Chile. Se escogió esta variedad por poseer susceptibilidad al tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Se contactará con el Grupo de Investigación de Tecnologías Emergentes en Agroindustria (TEA) de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño de Colombia para encargar y comprar el producto.

6.2 Obtención de aislados de *P.infestans*

Se recolectarán muestras de papa con sintomatología asociada a *P. infestans*. en localidades de la región de Valparaíso. Estas serán llevadas al laboratorio para realizar un aislamiento en medio de cultivo selectivo para la Phytophthora (MSP) y posterior purificación.

Se realizará una descripción morfológica en microscopio de los aislados, utilizando la clave taxonómica de Phillips *et al.*, 1990 para el género Phytophthora

De manera paralela se obtendrá sobre medio PDA la suficiente biomasa para realizar la identificación molecular. Finalmente, para determinar el género y especie de oomycete que se haya aislado, se trabajará con un 97% de similitud con las secuencias depositadas en la base de datos (GenBank).

6.3 Ensayo con plantas de papa bajo condiciones controladas de invernadero

Para evaluar el efecto del bioinsumo de *Furcraea spp.* bajo condiciones controladas, se desarrollará un ensayo mediante un diseño completamente al azar (DCA) con 60 plantas dispuestas por separado en macetas de 10 kg dentro de un invernadero con condiciones predisponentes para la enfermedad, correspondientes a 6 tratamientos con 10 repeticiones cada uno.

Diez días después de la emergencia del cultivo se realizarán aplicaciones con los distintos tratamientos, 2 días después se realizará la inoculación de las zoosporas de *P. infestans* en la totalidad de las plantas en sus folíolos axilares.

Finalmente, luego de 20 días se ejecutará una segunda aplicación de biofungicida. (Cuadro 1).

Cuadro 1: Resumen ensayo *in vivo* y tratamientos a realizar

Ensayo	Tratamiento	Concentración	Descripción
<i>In vivo</i>	T ₀	Testigo	
	T ₁	Aplicación de biofungicida 5 mg/mL ⁻¹	Cultivo de papa en maceta (10 Kg). Aplicación previa y posterior de inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i>
	T ₂	Aplicación de biofungicida 10 mg/mL ⁻¹	Cultivo de papa en maceta (10 Kg). Aplicación previa y posterior de inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i>
	T ₃	Aplicación de biofungicida 15 mg/mL ⁻¹	Cultivo de papa en maceta (10 Kg). Aplicación previa y posterior de inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i>

	T ₄	Aplicación de biofungicida 20 mg/mL ⁻¹	Cultivo de papa en maceta (10 Kg). Aplicación previa y posterior de inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i>
	T ₅	Aplicación de biofungicida 25 mg/mL ⁻¹	Cultivo de papa en maceta (10 Kg). Aplicación previa y posterior de inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i>

6.4 Ensayo con plantas de papa en condiciones de campo

El diseño experimental a realizar será un diseño completamente al azar (DCA) compuesto por 4 tratamientos con 3 repeticiones y como unidad experimental una parcela de 15 plantas de papa.

Se establecerán 12 parcelas de 5 m x 2,5 m, cada una considerando un marco de plantación de 0,3 m distancia sobre hilera y 0,75 m distancia entre hilera. El cultivo se establecerá a principios del mes de julio, una hilera por mesa. Al igual que en el ensayo bajo invernadero, se realizarán aplicaciones de los distintos tratamientos después de 10 días de emergencia de las plantas y 20 días luego de la inoculación de éstas. (Cuadro 2). La inoculación de zoosporas se realizará de la misma forma descrita en el ensayo anterior.

La zona seleccionada será un terreno de 180 m² con un suelo franco arenoso.

Cuadro 2. Resumen ensayo en campo y tratamientos a realizar.

Ensayo	Tratamiento	Concentración	Descripción
En campo	T ₀	Testigo	
	T _C	Aplicación de tratamiento comercial (Mancozeb 80% PM).	Parcela (15,5m ²). Aplicación previa y posterior a inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i> .
	T ₁	Aplicación de biofungicida 20 mg/mL ⁻¹	Parcela (15,5m ²). Aplicación previa y posterior a inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i> .

	T ₂	Aplicación de biofungicida 25 mg/mL ⁻¹ .	Parcela (15,5m ²). Aplicación previa y posterior a inoculación de propágulos de <i>P. infestans</i> .
--	----------------	---	---

6.5 Evaluación de la colonización de la enfermedad en plantas de papa en ambos ensayos

La eficiencia de la acción del tratamiento sobre *P. infestans* se evaluará a través de las siguientes variables.

- Severidad: Para determinar el grado de severidad (%), se utilizó la escala gráfica modificada de James Clive. (Figura 1)

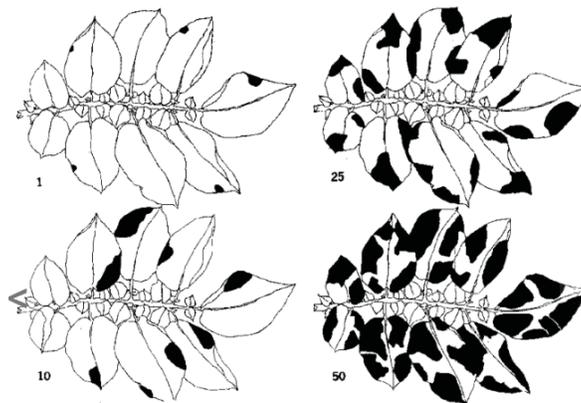


Figura 1: escala de severidad propuesta por James Clive.

- Porcentaje de incidencia:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

- Rendimiento: al finalizar el cultivo se realizará una evaluación de las parcelas, calculando el peso total de tubérculos cosechados en cada una de ellas y transformando el valor en toneladas por hectárea.

6.6 Análisis estadístico

Los datos se analizarán en un análisis de varianza ANOVA, si el valor P es menor a 0,05 significará que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de incidencia, luego se realizará una comparación de medias con el test de Tuckey ($\alpha = 0,05$)

7. Bibliografía

- Acuña, I. 2008. Manejo Integrado del Tizón Tardío y Estrategias de Control Químico. 4 p. INIA Remehue, Osorno, Chile.
- Acuña, I., Secor, G. R., & Bravo, R. (s.f.). *Sistema de Alerta Temprana del Tizón Tardío (Phytophthora infestans) de la Papa.*
- Arentsen, S.1994. Fitopatología Chilena, Historia y Desarrollo. Conference at VII Meeting of the Latinoamerican Phytopathological Society. Santiago, Chile.
- FAO. (2008). FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/origenes.html>
- Hawkes JG (1990) The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London, p 259
- Henfling, J. (1987). *El Tizón Tardío de la Papa.* Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Mansilla, M., y D. Arribillaga. 2013. Antecedentes Técnicos para el Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum L.*) en la Región de Aysén. 88 p. INIA Tamel Aike, Coyhaique, Chile.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Agricultura Desarrollo Rural. 2006. Guía Ambiental del Subsector Fiquero. 122 p. 2ª.ed. MAVDT – MADR, Bogotá, Colombia.
- ODEPA 2007. Situación del Mercado de la Papa. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/articulo/situacion-del-mercado-de-la-papa-4/?mobile=off>. Leído el 4 de abril de 2017
- Pefaur, J. (2015). *El mercado de la papa en la temporada 2014/2015.* ODEPA.

- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). *El tizón tardío de la papa*. Lima: Comercial Gráfica Sucre.
- Preciado, D., y Rangel, E. 2006. Extracción de un biofungicida a partir del jugo de fique (*Furcraea spp*). Universidad Pontificia Bolivariana, Trabajo de grado Facultad de ingeniería química, 78 pp.
- Rodriguez, L., Corcuelo, G., Núñez, C. 2003. *Influencia del espaciamiento entre plantas sobre la morfología y el crecimiento de la papa (Solanum tuberosum L . cv. Parda pastusa) bajo dos ambientes contrastantes*. Universidad Nacional de Colombia. Num. 3 vol. 21
- Román, M., & Hurtado, G. (Diciembre de 2002). *CENTA*. Obtenido de Guía técnica Cultivo de la Papa: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>
- Santos, J., Orena, Sandra. 1997. Manual de Producción de la Papa para la Agricultura Familiar Campesina (A.F.C).
- Sierra, C., Santos, J., Kalazich, J. 2002. Manual Fertilización del Cultivo de la Papa en la Zona Sur de Chile. 105 p. INIA , Santiago, Chile.
- Shepers, H.T. 2002. Potato late blight IPM in the industrialized countries. In: Late Blight: Managing the global threat. Proceeding of the Global Initiative on the late Blight Conference. Hamburgo, Germany
- Solarte, R., O. Osorio, A. Hurtado, y D. Mejia. 2012. Evaluación del Bioinsumo de Fique Pulverizado (*Furcraea spp*) para el Control in vitro de *Phytophthora infestans* en Papa (*Solanum tuberosum L*). Información Tecnológica 23(3): 77-86.
- Spooner, D. M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R., & Bryan, G. J. (2005). A single domestication for potato based. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 11.
- Spooner DM (2009) DNA barcoding will frequently fail in complicated groups: an example in wild potatoes. *Amer J Bot* 96:1177–1189
- Spooner DM, Núñez J, Trujillo G, Del Rosario HM, Guzmán F, Ghislain M (2007) Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. *Proc Natl Acad Sci U S A* 104:19398–19403

- Suquilanda, M. (2017). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos*. Obtenido de FAO: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Tapia, A. (25 de Agosto de 2014). Nuevas apuestas para el control del Tizón tardío en papas. *El Mercurio*.
- Tapia, B. (Junio de 2012). ODEPA. Obtenido de <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/6305.pdf>
- Yao, Y., Li, Y., Chen, Z., Zheng, B., Zhang, L., Niu, B., Meng, J., Li, A., Zhang, J., Wan, Q. 2015. Biological Control of Potato Late Blight Using Isolates of *Trichoderma*,

8. Plan de trabajo

8.1 Compra de insumos

Para llevar a cabo este proyecto se deberá comprar los insumos necesarios para trabajar bajo invernadero y en campo. El detalle de esto se especificará en el presupuesto.

Duración: 60 días

a. Obtención del material vegetal

Se comprarán papas semillas en Consorcio Papa Chile, ubicado en la ciudad de Osorno, Región de Los Lagos.

Duración: 30 días

b. Obtención del patógeno

Para la obtención del patógeno, se realizará una recolección de material vegetal infectado en localidades de la zona (Región de Valparaíso). Posteriormente se procederá a obtener cepas del patógeno, de acuerdo a procedimientos descritos en metodología para luego sembrar estas sobre placas Petri con medio de cultivo MSP. Dentro de esta actividad existe una serie de procedimientos a realizar.

Duración: 50 días

c. Prospección y selección de parcelas

Durante esta actividad se seleccionará el predio en que se llevará a cabo el ensayo en campo. Este predio estará ubicado en la Estación Experimental La Palma de la Escuela de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en la localidad de La Palma, Quillota, Región de Valparaíso.

Duración: 60 días

d. Ensayo en invernadero

- Acondicionamiento de invernadero

Se preparará el invernadero para que quede en óptimas condiciones para el cultivo de papa.

Duración: 60 días

- Establecimiento de plantas en macetas:

Se sembrará una semilla por maceta de 10 Kg (60 macetas en total), bajo condiciones controladas en invernadero.

Duración: 30 días

- Aplicación de tratamientos:

Se realizarán aplicaciones con los distintos tratamientos 30 días después de la emergencia del cultivo y 20 días después de la inoculación del patógeno. La dosis de cada tratamiento está descrita anteriormente.

Duración: 30 días

- Inoculación de plantas:

Se utilizará una cepa pura de *P. infestans*, la cuál será inoculada a todas las plantas de papa de 30 días de edad.

Duración: 10 días

e. Análisis y evaluación de resultados

Se procesará la información obtenida, realizando una discusión de los datos obtenidos.

Duración: 60 días

f. Ensayo en campo

- Establecimiento de parcelas

Se preparará el suelo a utilizar y se separarán las parcelas con malla sombreadora, para poder así evitar contaminación entre tratamientos.

Duración: 90 días

- Aplicación de tratamientos:

Se realizarán aplicaciones con los distintos tratamientos 30 días después de la emergencia del cultivo y 20 días después de la inoculación del patógeno. La dosis de cada tratamiento está descrita anteriormente.

Duración: 50 días

- Inoculación de plantas en campo:

Las plantas serán inoculadas de igual forma que en el ensayo bajo invernadero de acuerdo a lo descrito en metodología

Duración: 20 días

g. Análisis y evaluación de resultados

Se procesará la información obtenida, realizando una discusión de los datos obtenidos.

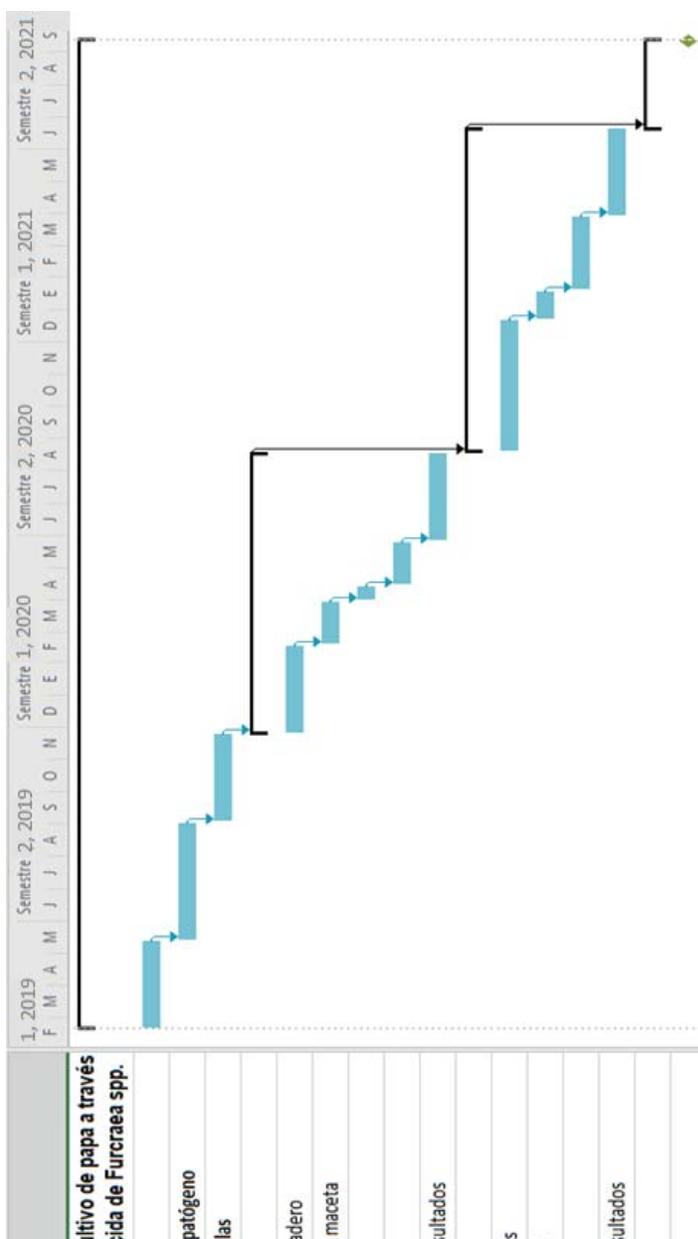
Duración: 60 días

h. Informe final

El informe final comenzará luego de finalizado el análisis de los resultados.

Duración: 60 días

9. Carta Gantt



10. Resultados esperados

Objetivo específico asociado	Resultado esperado
Evaluar el efecto de <i>Furcraea spp.</i> sobre la incidencia y severidad del patógeno <i>Phytophthora infestans</i> (Montagne) de Bary en plántulas de papa bajo condiciones de invernadero.	Efecto conocido de <i>Furcraea spp.</i> en Controlar <i>Phytophthora infestans</i> en plantas de papa bajo condiciones de invernadero.

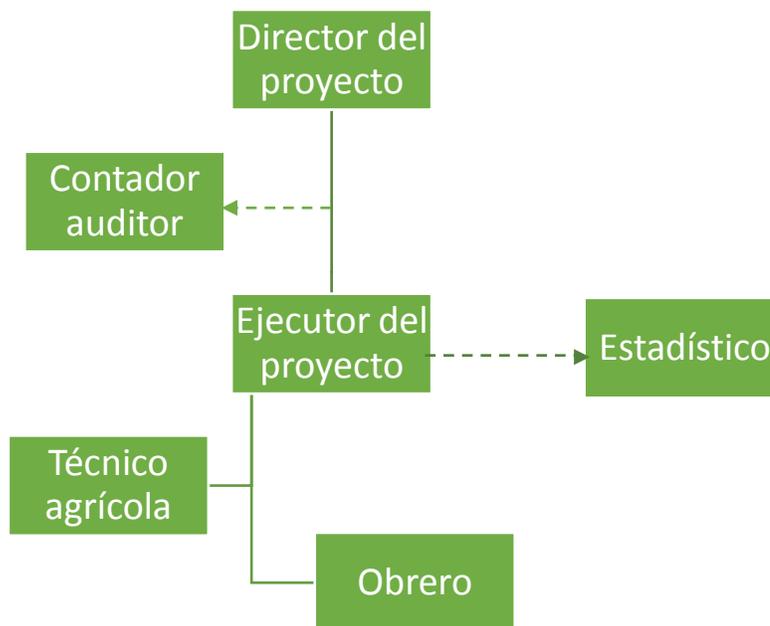
<p>Evaluar el desempeño como inhibidor del patógeno <i>Phytophthora infestans</i> (Montagne) de Bary en campo del bioinsumo de <i>Furcraea spp.</i></p>	<p>Desempeño Conocido del bioinsumo de <i>Furcraea spp.</i> como inhibidor del tizón tardío.</p>
---	--

11. Organización, cargos y funciones

11.1 Cargos y funciones

Nombre del profesional	Formación /grado académico	Cargo en el proyecto	Funciones (N°)	Costo del personal (MM\$)	Aporte Fondo Concursable (MM\$)
Ximena Besoain Canales	Ingeniero Agrónomo, M. Sc, Dra.	Director del Proyecto	3	19,53	0
Giliana Dorlhiac Hoepner	Ingeniero Agrónomo	Ejecutor del Proyecto	7	21,7	21,7
Emilio Pérez Vera	Técnico Agrícola Nivel Superior	Técnico Agrícola	5	12,4	12,4
Nicolás Flack Aguirre	Secundaria	Obrero	4	5,22	5,22
Andrea Fuentes Espinoza	Contador Auditor	Contador	2	7,75	7,36
Linda Henríquez González	Estadístico	Estadístico	2	0,08	0

11.2 Organigrama



11.3 Descripción de cargos

Director del Proyecto: Responsable del proyecto y la cara visible de este ante el fondo concursable. Trabaja en conjunto con el ejecutor del proyecto. Será quien evalúe, controle y aconseje desde el inicio hasta el fin del proyecto en cuestión.

Ejecutor del Proyecto: Estará a cargo de todo el proyecto. Responsable de la realización de actividades, tales como planificación, ejecución y evaluación de actividades del proyecto, además de cerciorarse de un flujo adecuado de materiales y servicios requeridos para la realización de este proyecto. Encargado de registrar resultados y análisis de estos y elaborar un informe final.

Técnico Agrícola: A cargo de realizar las tareas de laboratorio. Debe asistir al ejecutor del proyecto en actividades que este estime necesarias. Por último, será el responsable de realizar las visitas a las parcelas en el ensayo de campo, revisar el estado del cultivo y obtener muestras de este.

Estará bajo la supervisión del ejecutor del proyecto.

Contador Auditor: Encargado del registro de boletas y facturas de todos los gastos anexos al desarrollo del proyecto, deberá realizar un informe financiero para así justificar los gastos del proyecto a entidad financiadora.

Estadístico: Encargado de realizar las estadísticas finales del proyecto, recibir datos recaudados y ejecutar un análisis de varianza.

Obrero: Encargado de realizar el trabajo pesado del proyecto. Actividades de preparación de sustrato, establecimiento de parcelas, etc.
Estará bajo la supervisión del ejecutor del proyecto.

12. Presupuesto

12.1 Presupuesto total por cuenta (MM\$)

	Cuenta	FONDO CONCURSABLE	APORTE EMPRESA	TOTAL (MM\$)
A.	Total Recursos Humanos	30,4	10,91	41,31
B.	Total Subcontratos	10,9	4,06	14,96
C.	Total Gastos de Inversión	5	0	5
D.	Total Gastos de Operación	5,6	1,07	6,67
E.	Total Gastos de Administración	5,44	3,76	9,2
F.	Porcentaje de Aporte (%)	74%	26%	100%
TOTAL (MM\$)		57,34	19,8	77,14

12.2 Presupuesto total por año (MM\$)

	Cuenta		Año 1	Año 2	Año 3	Total (MM\$)
A.	Total recursos Humanos		15,96	16,00	9,35	41,31
		Pecunario	8,40	8,44	4,94	21,78
		No pecunario	7,56	7,56	7,41	19,53
B.	Total Subcontratos		2,54	7,82	4,60	14,96
		Pecunario	1,34	4,82	0,40	6,56
		No pecunario	1,20	3,00	4,20	8,40
C.	Total Gastos de inversión		5,00	2,50	2,50	5,00
		Pecunario	5,00	-	-	5,00
		No pecunario	-	-	-	-
D.	Total Gastos de operación		4,81	1,15	0,70	6,67
		Pecunario	3,73	0,07	0,07	8,88
		No pecunario	1,08	1,08	0,63	2,79
E.	Total Gastos Administrativos		3,59	3,54	2,07	9,20
		Pecunario	3,59	3,54	2,07	9,20
		No pecunario	-	-	-	-
	Total (MM\$)					
		Pecunario	22,06	16,87	7,48	46,41
		No pecunario	9,84	11,64	9,24	30,72

