

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

CONTROL DE TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) EN CULTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum*), IMPLEMENTANDO CONTROL BIOLÓGICO

ESTUDIANTE:

Johan A. Espinosa

CIP: 4-817-1983

ASESOR:

Juan Osorio

2025

**CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum*), IMPLEMENTADO CONTROL BIOLÓGICO.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVO
TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO DE PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL
O PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

Dr. JUAN OSORIO Ph. D

ASESOR

ING. ZIDDY VISUETTI

MIEMBRO

ING. LESDIA COUCEIRO

MIEMBRO

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

Contenido

RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	4
EL PROBLEMA	4
El Problema	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
Justificación	6
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 El tizón tardío.....	9
2.1.1 Síntomas.....	9
2.1.1.1 Hojas.....	9
2.1.1.2	10
2.1.1.3	10
2.2 Control Biológico.....	10
2.2.1 Trichoderma	11
2.2.2 Bacillus subtilis	13
2.3 Control Químico.....	14
2.3.1 Agroquímicos de contacto.....	14
2.3.2 Agroquímicos sistémicos	14
CAPÍTULO III.....	15
MARCO METODOLÓGICO	15
3.1 Descripción del ensayo	16
3.2 Tratamientos evaluados.....	17
Cuadro 1.....	17
Cuadro 2. <i>Distribución de los tratamientos en el campo</i>	18

Cuadro 3.....	19
3.3 Prácticas agronómicas.....	20
3.3.1 Preparación del terreno.....	20
3.3.2 Siembra y Fertilización.....	20
3.3.3 Control de maleza.....	22
3.4 Parámetros evaluados.....	23
3.4.1 Follaje.....	23
3.4.2 Tubérculo.....	24
CAPÍTULO IV.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Gráfica 1.....	26
Se utilizo la prueba <i>Tukey</i> para el análisis de las medidas, la prueba consiste en crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado.....	27
Cuadro 4.....	27
Gráfica 2.....	30
GRÁFICA 2. <i>Producción de tubérculos por categoría (Kg).</i>	30
Los tratamientos del control biológico arrojan un rendimiento mínimo, ya que a temprana edad de su desarrollo se quedaron sin follaje, debido al porcentaje de afectación de la enfermedad.....	30
En el tratamiento comercial, como no se desfolio se obtuvo un gran rendimiento.....	30
Cuadro 5.....	31
CAPÍTULO V.....	32
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES.....	32
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS.....	41

RESUMEN

Una investigación para determinar la eficacia de biocontroladores para el control del Tizón Tardío del papa causado por el hongo *Phytophthora infestans*, fue establecida en el Centro de Investigación del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, en Cerro Punta, provincia de Chiriquí. Esta enfermedad puede causar pérdidas de un 30 al 100 % del cultivo si las condiciones climatológicas son favorables para su desarrollo y no se toman las medidas de control en el momento oportuno.

Los resultados del ensayo indican que durante las tres primeras semanas del cultivo no hubo diferencia significativa en la severidad de la enfermedad entre los biocontroladores *Trichoderma*, *Bacillus* y el control químico utilizado por los productores del área. A partir de la cuarta semana y hasta el final del ciclo del cultivo se observó una diferencia altamente significativa entre el control químico que mostro la menor severidad y los biocontroladores *Trichoderma* y *Bacillus* actúan mediante mico parasitismo, antibiosis y competencia por espacio y nutrientes. *Trichoderma* ataca hongos patógenos, libera compuestos antifúngicos y estimula el crecimiento vegetal. *Bacillus* produce antibióticos naturales, induce resistencia en las plantas y secreta enzimas que degradan patógenos, mejorando la salud del cultivo. De igual forma se encontró un rendimiento significativamente mayor en el control químico.

Estos resultados nos permiten indicar que durante la etapa inicial del cultivo y baja presión de la enfermedad el productor podría utilizar los biocontroladores y reducir la dependencia de los fungicidas sintéticos y el efecto contaminante de los mismos. Sin embargo, cuando la presión del patógeno es alta y el cultivo cierra el surco se requiere del uso de fungicidas sistémicos y de contacto como Zorvec Encantia, Bravo, Mancozeb, entre otros.

ABSTRACT

An investigation to determine the effectiveness of biocontrollers for the control of potato late blight caused by the fungus *Phytophthora infestans*, was established at the Research Center of the Agricultural Innovation Institute of Panama, in Cerro Punta, province of Chiriquí. This disease can cause losses of 30 to 100% of the crop if the weather conditions are favorable for its development and control measures are not taken in a timely manner.

The results of the trial indicate that during the first three weeks of cultivation there was no significant difference in the severity of the disease between the biocontrollers *Trichoderma* and *Bacillus* and the chemical control used by producers in the area. From the fourth week and until the end of the crop cycle, a highly significant difference was observed between the chemical control that showed the lowest severity and the biocontrollers. Likewise, a significantly higher performance was found in the chemical control.

These results allow us to indicate that during the initial stage of the crop and low disease pressure, the producer could use biocontrollers and reduce dependence on synthetic fungicides and their contaminating effect. However, when the pathogen pressure is high and the crop closes the furrow, the use of systemic and contact fungicides is required.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, primero que todo a mis padres Luzmeri Morales y José Espinosa por ser mi apoyo y pilar en este camino universitario de altibajos que he recorrido hasta el día de hoy, porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que soy es gracias a ellos.

A toda mi familia que es la más valiosa que Dios me ha dado.

AGRADECIMIENTO

Quiero darle gracias primero que todo a Dios padre por brindarme salud, y traerme hasta donde estoy hoy día, por cuidar de mí y protegerme a cada momento. Permitiendo estar con mi familia, guiándome por el buen camino, que sé que me conduce al éxito.

¡Gracias Señor ¡

Agradezco inmensamente a mis padres por criarme con sabiduría, paz, amor, comprensión, humildad y honestidad, por la educación tan sabia que me dan todos los días, por siempre estar pendiente de mí y motivándome cada día a seguir estudiando y luchando por mis sueños. Por siempre creer en mí para lograr finalizar cada una de mis metas por nunca dejarme solo, por su confianza y respaldo, amor y confianza incondicional en cada paso que doy. A mí querida novia Isenith Estribi por su apoyo, amor y comprensión incondicional en cada palabra de ánimo en los momentos más turbulentos.

Gracias, a mi profesor asesor Juan Miguel Osorio por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos, a los miembros profesores miembros de la mesa principal, al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo en la estación experimental de Cerro Punta. A mis profesores de la carrera de Cultivos Tropicales, por brindarme gran parte de los conocimientos que hoy poseo y que me guían en mis decisiones como profesional, los que he adquirido gracias a la dedicación y esfuerzo que hicieron en mis días de estudiante.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) constituye el cuarto alimento de mayor consumo en el mundo y su producción, a nivel mundial, es de unos 320 millones de toneladas por año. Esta cifra tiende a aumentar mientras que la de los otros tres alimentos más consumidos, maíz, trigo y arroz, va decreciendo. Su cultivo se encuentra presente en más de cien países. Entre ellos, los de América del Norte y Europa vienen siendo de los mayores productores, aunque en las décadas hubo un crecimiento extraordinario de estas plantaciones en Asia, África y América Latina (Borba, 2008).

La producción total de papa en tierras altas de la provincia de Chiriquí en el 2023 fue de 71,199 toneladas lo que representa un aproximado de 2500 Ha sembradas del rubro, esto representa 100 % de la producción del país

El cultivo de papa es un rubro importante en la economía del distrito de Tierras Altas, se estima que ha generado 15.2 millones de balboas anual a lo largo de toda la cadena de producción y de mercadeo (MIDA, 2023).

Los agricultores que cultivan papa en zonas tropicales montañosas enfrentan varios problemas que limitan la productividad y producción (Carrillo, 2010).

El tizón tardío de la papa, causado por el oomiceto *Phytophthora infestans*, es una de las enfermedades más destructivas de la papa en todo el mundo (Gutiérrez & Acuña, 2002). Esta enfermedad puede generar pérdidas al cultivo de papa entre un 30% a un 100% del rendimiento (Carrillo, 2010).

Tratar químicamente el fitopatógeno genera algunos efectos como: baja la rentabilidad del cultivo, contamina el medio ambiente, genera problemas de salud a las personas que asperjan el rubro a lo largo del ciclo del cultivo, sin embargo, es el método más empleado por nuestros productores. Bajo las condiciones climatológicas de nuestras áreas de producción, no se han podido establecer otro tipo de sistema que sea eficiente y eficaz para controlar la enfermedad, incluyendo la resistencia genética de algunas variedades de papa (Tello & INIAP, 2008).

El objetivo de utilizar los biocontroladores es limitar la aplicación de plaguicidas sintéticos para disminuir la presencia del patógeno en el cultivo de una forma ambientalmente amigable. Para ello, es necesario que el biocontrolador sea capaz de permanecer viable y crecer en la planta susceptible para ejercer un control sobre el fitopatógeno (Nihorimbere, Ongena, Smargiassi & Thonart, 2011).

Dentro del grupo de los biocontroladores se encuentra el género *Trichoderma spp* el cual es utilizado como base de productos comerciales para controlar varias especies fitopatógenas (Arbitto, 2017).

Trichoderma es un hongo saprófito conocido por su capacidad para competir con patógenos del suelo y promover la salud de las plantas.

Trichoderma puede colonizar el suelo y las raíces de la papa, estableciendo una barrera competitiva contra *Phytophthora infestans*. Además, este hongo estimula las defensas naturales de la planta, mejora el crecimiento radicular y puede secretar compuestos que tienen efectos antifúngicos directos (Vargas-Hoyos & Gilchrist-Ramelli, 2015).

Bacillus subtilis, también ha demostrado tener efectos beneficiosos en el control biológico de enfermedades de plantas. Esta bacteria puede producir antibióticos naturales y compuestos que inhiben el crecimiento del patógeno. Además, pueden inducir la resistencia sistémica en las plantas, lo que ayuda a que la papa se defienda mejor contra el tizón tardío (Ahmad et al., 2018)

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

El Problema

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente, la agricultura se ha visto afectada por la cantidad de agroquímicos que se emplean para controlar malezas, plagas y enfermedades, lo cual ha traído consigo consecuencias negativas ya que afecta a la salud humana y animal, además de generar contaminación ambiental. Cabe resaltar que dentro de la contaminación ambiental la reducción de la biodiversidad y pérdida en la salud del suelo son los más importantes (FAO, 2002).

Para la sociedad actual producir sosteniblemente sin generar daños al ambiente es todo un reto, ya que se habla de una sociedad la cual intenta transformar años de exploración agraria tradicional y convertirlos en sistemas agroecológicos con el objetivo de reducir el impacto negativo de los plaguicidas sintéticos en el ambiente.

La manera tradicional de disminuir los daños y controlar esta enfermedad es aplicando fungicidas (agroquímicos), los cuales al momento de controlar la enfermedad generan que la calidad de los alimentos baje, generan contaminación hídrica y del suelo, además de generar resistencia (Badii & Varela, 2015). Diversas investigaciones proponen alternativas al uso de agroquímicos, entre los cuales se encuentran los biocontroladores, que son asequibles para los agricultores y no provocan daños a la biodiversidad.

Justificación

La papa (*Solanum tuberosum*) es atacada por diversos patógenos los cuales provocan enfermedades que limitan su producción.

El tizón tardío de la papa, causado por *Phytophthora infestans* es considerada una de las más devastadoras enfermedades reportadas en plantas.

Se considera la enfermedad más importante del cultivo de papa ya que se encuentra presente en todas las regiones productoras de papas del mundo, además si los cultivos no cuentan con tratamiento químico adecuado y las condiciones ambientales son las óptimas para el desarrollo del patógeno, los cultivos pueden ser destruidos en una a dos semanas (Torre, 2002).

Por esta situación se encuentran atravesando varios agricultores alrededor del mundo, ya que las pérdidas generadas por la enfermedad pueden llegar a ser completas. La susceptibilidad de los cultivares sembrados más la presencia del fitopatógeno exigen al productor a usar plaguicidas, lo cual genera pérdidas económicas ya que el costo de los plaguicidas para tratar esta enfermedad representa entre el 8 y el 20% del valor por el cual se vende la papa (Yépez & Pumisacho, 2016).

Actualmente se buscan alternativas de solución para el control de enfermedades causadas por fitopatógenos con el empleo de microorganismos que realizan el papel de antagonistas de los patógenos, como opción al empleo de agroquímicos.

El género *Trichoderma* es considerado controlador biológico ya que impiden que microorganismo patógeno ocasione daños en la planta. De igual manera, el género *Bacillus* incluye especies saprófitas con capacidad de producir metabolitos biopesticidas y biofertilizantes (Vall, Pioquinto & Palafox, 2020), razón por la cual se busca evaluar en el campo el efecto antagonista de *T. harzianum*, *asperelum* y *Bacillus subtilis* para prevenir el ataque de *P. infestans*.

Objetivos

Objetivo General

- Validar la efectividad y eficiencia de biocontroladores para el control de *Phytophthora infestans*.

- Reducir el uso de fungicida para el control del Tizón Tardío

Objetivos Específicos

- Ofrecer al productor una posible alternativa para controlar el Tizón Tardío.

- Obtener un mejor rendimiento en la producción.

- Lograr una baja incidencia de la enfermedad en el cultivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 El tizón tardío

El Tizón Tardío es la enfermedad más importante en el cultivo de la papa y se presenta en casi todas las regiones paperas, especialmente en zonas de clima húmedo y frío, pudiendo destruir totalmente la plantación en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para su producción a nivel mundial (Agrios, 1991). Su agresividad afecta negativamente, por lo que se requiere, la aplicación de fungicidas y del uso de variedades con resistencia de campo (Johnson, 1997).

En general, el tizón tardío puede desarrollarse como epidemia en determinados rangos de temperatura y en el campo se comporta como una enfermedad policíclica, originando una curva de progreso cuya forma varía de acuerdo con las condiciones climáticas (Harrison, 1992).

Este patógeno se caracteriza por tener celulosa en su pared celular, son diploides, al no tener septas que dividan su micelio es cenocítico, sus esporangios son ovoides y elipsoidales en forma de limón y tienen un pedicelo menor de alrededor de 3 μ m (Altamirano, M., Meneses, A., & Villeda, M, 2018).

2.1.1 Síntomas:

2.1.1.1 Hojas. Las manchas son de color marrón claro a oscuro, de apariencia húmeda, de forma irregular, algunas veces rodeadas por un halo amarillento, no están limitadas por las nervaduras de las hojas. Estos síntomas se presentan inicialmente en los bordes y puntas de las hojas. Bajo condiciones de alta humedad, se forman en la cara inferior (envés) de las hojas unas vellosidades blanquecinas que constituyen las estructuras del patógeno (ICA, 2011).

Las lesiones se expanden rápidamente, se tornan marrón oscuro, se necrosan y causan la muerte del tejido. En el campo, las plantas severamente afectadas emiten un olor característico, debido a la rápida descomposición del tejido foliar. Se puede observar un micelio blanquecino presente en el envés de las hojas (ICA,2011).

2.1.1.2 Tallos y pecíolos. Las lesiones son necróticas, alargadas de 5 – 10 cm de longitud, de color marrón a negro, generalmente ubicadas desde el tercio medio a la parte superior de la planta, presentan consistencia vítrea. Cuando la enfermedad alcanza todo el diámetro del tallo, éstas se quiebran fácilmente al paso de las personas, equipos agrícolas o de vientos. En condiciones de alta humedad también hay esporulación sobre estas lesiones, pero no muy profusa como se presenta en las hojas (ICA, 2011).

2.1.1.3 Tubérculos. Los tubérculos afectados presentan áreas con lesiones irregulares, ligeramente hundidas. La piel toma una coloración marrón rojiza. Al corte transversal se pueden observar unas prolongaciones delgadas que van desde la superficie externa hacia la médula a manera de clavijas. En estados avanzados se nota una pudrición de apariencia granular de color castaño oscuro a parduzco, en estas condiciones puede ocurrir una pudrición secundaria causada por otros hongos (ICA, 2011).

2.2 Control Biológico

El control biológico es una técnica que consiste en utilizar organismos vivos, como insectos, hongos, virus, bacterias. para controlar plagas, malezas o enfermedades. Se trata de una alternativa respetuosa con el medio ambiente que se ha establecido desde la revolución verde.

2.2.1 *Trichoderma harzianum*.

El género *Trichoderma harzianum* es conocido por su contribución a la agricultura sostenible, sus características ayudan a mejorar el desarrollo de una amplia variedad de cultivos y árboles frutales por ser un habitante común de la rizósfera (Jangir, Pathak & Sharma, 2017).

Es un hongo aerobio que se aísla a partir de suelos ricos en materia orgánica, con valores de pH ácidos y neutros. Hoy en día, se han descrito más de 200 especies y alrededor del 10% han sido aprovechadas como agentes de control biológico de enfermedades de importancia agrícola. Los factores clave que contribuyen a su efectividad son su rápido crecimiento, su capacidad de colonización y la producción de metabolitos con actividad antimicrobiana (Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F. & Sharma, A., 2020).

Su reproducción es asexual (anamorfo: *Trichoderma*) y sexual (teleomorfo: *Hypocrea*). Produce tres tipos de propágulos: las hifas, los conidios y las clamidosporas; estas últimas son estructuras globosas con pared rugosa y más gruesa que la de los conidios, con capacidad de resistencia a las condiciones ambientales desfavorables. En cuanto a la morfología microscópica de los conidióforos en este ascomiceto son muy ramificada, con hifas tabicadas que poseen más de un núcleo; los conidios son ovoides uninucleados, con pared normalmente lisa, según la especie se presentan en diferentes colores, los más comunes en la gama de verde. La mayoría de las colonias son aterciopeladas dispuestas en círculos concéntricos con diferentes tonalidades, determinadas por el color de las esporas (Martínez, B., Infante, D. & Reyes, Y., 2013).

Las especies del género *Trichoderma* mejoran el crecimiento de las plantas, favoreciendo el desarrollo de la raíz, la captación de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico, con lo cual se mejora su productividad.

Estos efectos son por su capacidad para producir las fitohormonas conocidas como auxinas y citoquininas; además de que puede provocar la solubilidad y, por lo tanto, el aumento en la disponibilidad de nutrientes y micronutrientes entre ellos los fosfatos, el hierro, el manganeso y el magnesio (Guzmán, Porras, Olmedo & Herrera, 2019). También aumenta el verdor de las plantas por la formación de sustancias como el ácido indol acético, el ácido antranílico y el ácido giberélico lo que da lugar a mayores tasas fotosintética (Weisskopf, L. & Alfiky, A. 2021). Aunado a lo anterior, las enzimas hidrolíticas que produce contribuyen a la degradación de la materia orgánica del medio, por lo que se obtienen sustancias de más fácil asimilación para las plantas mejorando su estado nutricional (Morán-Die, 2021). La biodiversidad de este ascomiceto en los campos agrícolas varía de acuerdo al cultivo, la región y la temporada de siembra, por lo que su efecto es el resultado del trabajo en conjunto de varias especies (Jiang, Y., 2016).

El género *Trichoderma* es ampliamente conocido como un agente de control biológico de las enfermedades. Su capacidad obedece a diferentes mecanismos entre los que destaca su habilidad para inducir la resistencia sistémica (Ramírez, C., 2021).

En este proceso, diversas sustancias son liberadas por el microorganismo en la zona de la rizósfera; algunas de ellas son proteínas con actividad enzimática, que inducen a respuestas locales y a la necrosis, otras son los productos de los genes de virulencia que actúan como activadores de los mecanismos de defensa en las plantas (Kashyap,P., 2017), es el caso de las proteínas que pertenecen a las cero-plataninas, pues además de tener un papel clave durante la interacción planta-microorganismo, inducen a la respuesta sistémica en el hospedero (Bacelli, 2015).

La degradación de los polisacáridos por acción de las enzimas como las xilanas, producidas por el ascomiceto, genera oligosacáridos y compuestos de bajo peso molecular que, también, funcionan como elicitores. Además, este hongo puede inhibir el desarrollo de los fitopatógenos al evitar el acceso al hierro por la producción de sideróforos (Sood, 2020).

2.2.2 *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis es una procariota ampliamente distribuida en la naturaleza, que se aísla de una gran variedad de ambientes (Alcaraz, 2010). Su forma es bacilar con un diámetro de 850 nm, es Gram positiva; generalmente, móvil con flagelos peritricos, aerobia y anaerobia facultativa, además de catalasa positiva que degrada el almidón. Crece en un amplio intervalo de pH de entre 4.9 a 9.3, a temperaturas de 10 a 48°C y un óptimo de 28 a 35°C, con la capacidad de formar endosporas. Es conocida por la producción de una gran variedad de compuestos con acción antimicrobiana (Obuchowski, 2007). además de ser considerada una fábrica celular con aplicación en la industria (Su et al., 2020).

Los mecanismos indirectos que utilizan las PGPRs, son aquéllos relacionados con el control biológico de las enfermedades en las plantas, por lo que, al mantener la sanidad de los cultivos, se garantiza el buen desarrollo vegetal y la productividad (Glick, 2020). *Bacillus subtilis* es un importante agente de biocontrol, debido a su capacidad en la producción de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana, por lo que puede inhibir el desarrollo de los fitopatógenos (Stein, 2005).

2.3 Control Químico.

Phytophthora infestans es un fitopatógeno que cuenta con la característica de poder desarrollar resistencia a los agroquímicos, por lo que el plan de control químico de este microorganismo incluye rotar productos de contacto y sistémicos.

2.3.1 Agroquímicos de contacto

Las aplicaciones deben hacerse desde las etapas iniciales del cultivo. Los fungicidas de contacto se encargan de dañar las principales estructuras del patógeno, de esta manera solo protegen la zona en la que fue depositado el químico, por lo cual una vez que el patógeno ingresó a la planta este tipo de fungicida no es efectivo; además, existen aplicaciones deficientes, de baja cobertura o lavado del producto gracias a la lluvia (Acuña & Remehue, 2008).

2.3.2 Agroquímicos sistémicos

Los agroquímicos sistémicos ingresan a través de los órganos aéreos de la planta o a través de las raíces y tienen la capacidad de translocarse al interior de la planta por dos vías: por la xilema y el floema, inhibiendo de esta manera varias fases del metabolismo del patógeno. La principal desventaja de este mecanismo de control es que el uso continuo de estos fungicidas genera resistencia en varias cepas del patógeno (Forbes & Pérez, 2008).

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

La fase experimental se llevó a cabo en el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en la sede experimental de Cerro Punta, provincia de Chiriquí ubicada a los 8.854206025788026, N -82.57124154671891, W. Con una elevación de 1,900 msnm.

3.1 Descripción del ensayo

El diseño experimental utilizado fue un modelo simple de bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones para un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad consistió de cuatro metros de largo por cuatro metros de ancho. La siembra se hizo en surcos separados a un metro entre surco y se evaluaron los dos surcos centrales teniendo en cada extremo un surco de borde.

La evaluación de la enfermedad en el follaje y tubérculos se llevó a cabo utilizando la escala de severidad de *Phytophthora infestans* establecida por el Centro Internacional de la Papa en Perú (CIP, 1987). Se evaluó el efecto en la producción teniendo en cuenta la clasificación del tubérculo en papa comercial, semilla, papín y desperdicio.

Valores escala	Gota (%)		Síntomas
	Media	Límites	
1	0		No se observa presencia de Gota.
3	10	5 - < 15	Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente vistas al observar de cerca. Máxima área foliar afectada por lesiones o destruida corresponde a no más de 20 folíolos.
4	25	15 - < 35	La Gota es fácilmente vista en la mayoría de la(s) plantas(s). Alrededor del 25% del follaje está cubierto de lesiones o destruido.
5	50	35 - < 65	La parcela luce verde, pero todas las plantas están afectadas. Las hojas inferiores están muertas. Alrededor del 50% del área foliar destruido.
6	75	65 - < 85	La parcela luce verde con manchas pardas. Alrededor del 75% de cada planta está afectado. Las hojas de la mitad inferior de las plantas están destruidas.
7	90	85 - < 95	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Solo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones extensas.
8	97,5	95 - <100	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aún presentan algunas áreas verdes. La mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
9	100		Todas las hojas y los tallos están muertos.

Adaptada del CIP (1987).

3.2 Tratamientos evaluados

En el ensayo se evaluaron roductos comerciales de *Trichoderma* y *Basillus* en las dosis recomendadas por las casas comerciales y como tratamiento testigo los fungicidas utilizados por los productores del área

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados y dosis utilizada.

Tratamientos	Dosis
<i>Trichoderma asperelum, harzianum</i>	7.5cc por litros de agua.
<i>Trichoderma asperelum, harzianum</i> y <i>Bacillus subtilis</i>	<i>Trichoderma</i> 7.5 cc por litro y <i>bacillus subtilis</i> 5.0 cc
<i>Bacillus subtilis</i> la misma se aplica a una dosis de 5 cc por litro de agua.	5 cc por litro de agua.
Testigo comercial (fungicidas utilizados por los productores).	

Cuadro 2. *Distribución de los tratamientos en el campo*

T1	T2	T3
T3	T1	T4
T2	T4	T3
T4	T2	T1
T2	T1	T4
T3	T4	T2
	T3	T1

La frecuencia de aplicación de los bio controladores y de los fungicidas fue de dos veces a la semana por que las condiciones del tiempo ameritaban esta frecuencia.

Durante el desarrollo del ensayo se obtuvieron los datos generales de la estación meteorológica, obteniendo una temperatura promedio de 16.85^ac durante todo el ciclo del cultivo, mediante la cual se produjo un promedio de humedad relativa de 84.76%; teniendo una precipitación total de 825 mm de agua.

Cabe resaltar que lo único que se cambió en el manejo convencional que le da el productor del área al cultivo de la papa fue el control de tizón tardío.

Cuadro 3. *Características de los fungicidas, ingrediente activo y modo de acción.*

Nombre común	Ingrediente activo	Modo de acción
Zorvec encatia 33 SE	Oxathiapiprolin 30g/L	Sistémico.
	Famoxadone 300 g/L	Sistémico.
Bravo 72 SC	Clorotalonil (72,0% p/v)	De contacto.
Cobrethane WP	Mancozeb DOSIS	De contacto.
	Oxicloruro de cobre	De contacto.
Acrobat mz 690 WP	Dimetomorf: 9% (90 g/Kg)	De contacto.
	Mancozeb: 60% (600 g/Kg)	De contacto.

3.3 Prácticas agronómicas.

3.3.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno inicio 15 días antes de la siembra con dos pases de rastra. Posteriormente se dio un pase de rastra rotativa.

Figura 1. Arado



Figura 2: surcado



3.3.2 Siembra y Fertilización

La siembra del ensayo se llevó a cabo el día 24 de julio del 2024, utilizando semilla de la variedad de papa IDIAP roja-17. Se utilizó una densidad de siembra de 3000 kg por hectárea.

La primera fertilización se llevó a cabo el mismo día de la siembra aplicando el abono 12-24-12 a razón de 2500 kg/ha. más gallinaza en el fondo del surco antes de sembrar la papa.

La segunda fertilización se llevó a cabo cuando el cultivo tenía 25 días de sembrado utilizando la fórmula 15-3-24-8, a dosis de 2500 kg por hectárea con la labor de aporque.

Figura 3. Siembra



Figura 4. Abonado.



Figura 5. Aporque.



3.3.3 Control de maleza

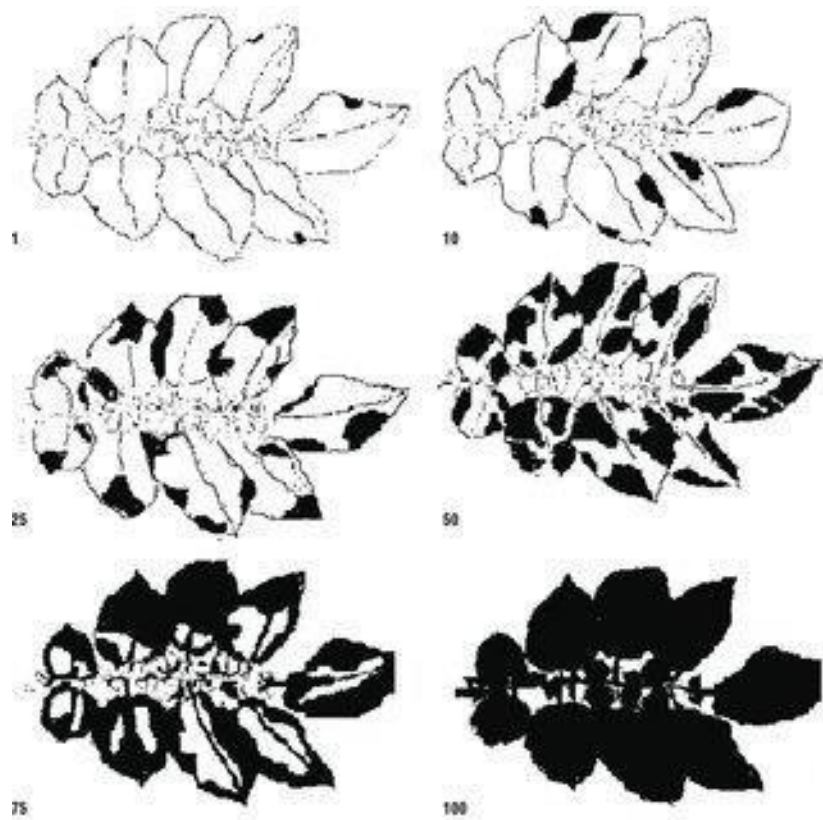
El control de maleza se realizó cuando el cultivo tenía dos meses con el herbicida Sensor 480 en dosis de 0.8 a 1.0 L/ha.

3.4 Parámetros evaluados

3.4.1 Follaje

Se efectuaron revisiones semanalmente del follaje para evaluar la severidad de la enfermedad utilizando medió en una escala de 0 a 100 % de afectación de la enfermedad, propuesta por el Centro Internacional de la Papa (CIP 1987).

Figura 6. *Escala para evaluar el follaje*

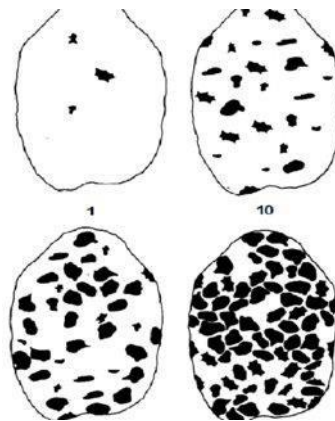


Fuente: CIP 1987

3.4.2 Tubérculo

Posterior a la cosecha se evaluó el rendimiento por unidad experimental. La severidad de la enfermedad en los tubérculos se evaluó con la escala del Centro Internacional de la Papa.

Figura 7. Parámetros para evaluar el tubérculo



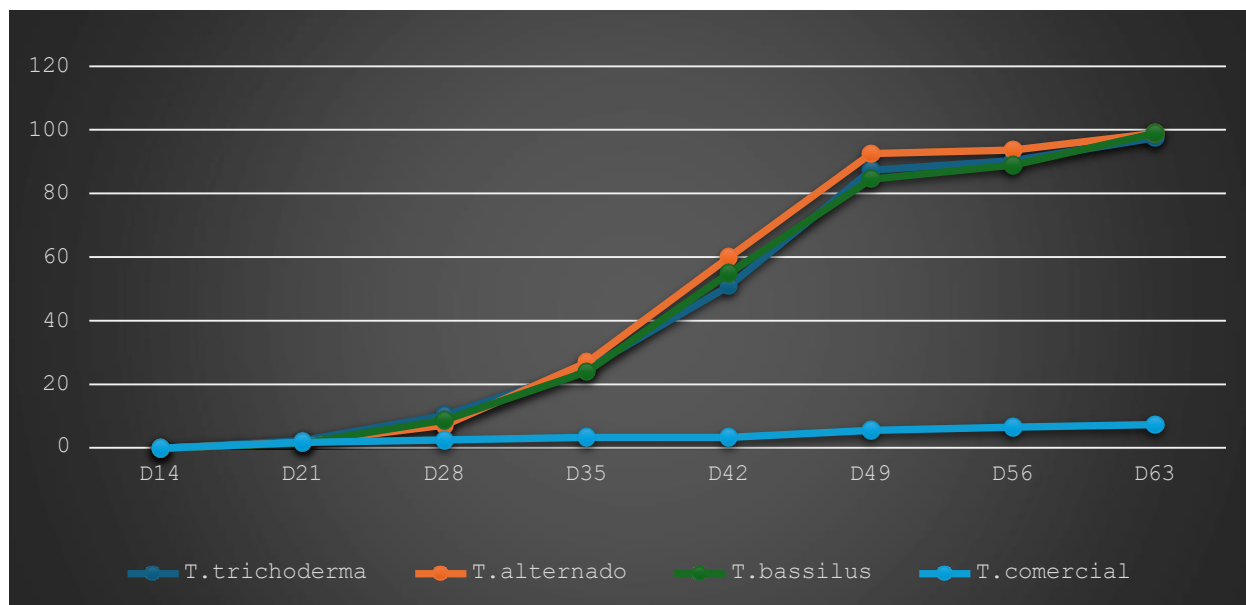
Fuente CIP 1987

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Gráfica 1. La grafica indica que en las tres primeras semanas del cultivo no existe diferencias significativas en la severidad de la enfermedad al follaje de la planta entre los tratamientos evaluados.

GRÁFICA 1. Severidad de la enfermedad de acuerdo con la escala de CIP.



Sin embargo, a partir de la cuarta semana se nota una diferencia entre los tratamientos biológicos y el tratamiento químico, que presenta menor severidad de la enfermedad. Esta diferencia se acentúa a medida que progresa el desarrollo del cultivo. Cabe destacar que la cosecha de los tratamientos biológico se tuvo que adelantar en comparación al control químico ya que la severidad de enfermedad había causado una quemazón total del follaje en estos tratamientos.

Se utilizo la prueba *Tukey* para el análisis de las medidas, la prueba consiste en crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado.

Cuadro 4. *Comparación de las medidas de los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey.*

Tratamiento	Media	Agrupamiento
Testigo Comercial	4.40	A
Tratamiento de <i>Bassilus</i>	51.71	B
Tratamiento con <i>trichoderma</i>	52.03	BC
Tratamiento alternado (<i>Tricoderma, Bassilus</i>)	54.17	C

Los resultados obtenidos muestran una diferencia altamente significativa entre los tratamientos biológicos y el tratamiento utilizados por los productores del área. Entre los tratamientos biológicos no hubo diferencias significativas.

Figura 8. Severidad de la enfermedad durante el desarrollo de la investigación.



Figura 9. Diferencia entre los Tratamientos.

Trichoderma



Basillus

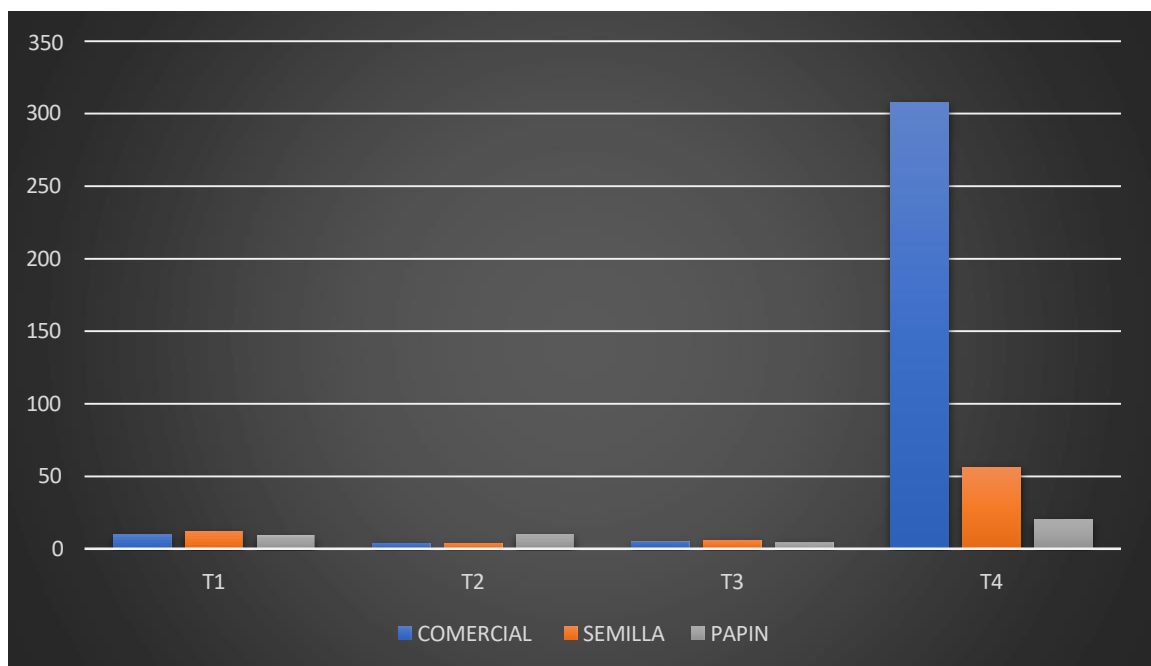


Figura 10. Parcela del Tratamiento Químico



Gráfica 2. Las gráficas nos indican que hay una excelente producción en el tratamiento comercial y un bajo rendimiento en los tratamientos biológicos, por lo que denota que aún los químicos son irremplazables.

GRÁFICA 2. *Producción de tubérculos por categoría (Kg).*



Los tratamientos del control biológico arrojan un rendimiento mínimo, ya que a temprana edad de su desarrollo se quedaron sin follaje, debido al porcentaje de afectación de la enfermedad.

En el tratamiento comercial, como no se desfolio se obtuvo un gran rendimiento.

Cuadro 5. Comparaciones del Rendimiento por Tratamiento.

Tratamiento	Media	Agrupamiento
Testigo comercial	128.10	A
Tratamiento de <i>bassilus</i>	10.40	B
Tratamiento con <i>trichoderma</i>	5.96	BC
Tratamiento alternado (<i>trichoderma, bassilus</i>)	5.26	C

La prueba de Tukey indica que existe diferencia significativa entre el tratamiento convencional de los productores del área basado en fungicidas sintéticos y los biocontroladores utilizados en el ensayo. No existe diferencia significativa entre los tratamiento biológicos

Los rendimientos obtenidos en este ensayo con la variedad (IDIAP – 17) han sido favorable ya que con estos resultados se estima que por cada qq sembrado se obtiene 20 qq de producción.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El uso de productos comerciales a base microorganismos benéficos de especies de *Trichoderma* y *Bacillus* mostraron eficacia para el control del hongo *Phytophthora infestans*, causante del Tizón Tardío de la papa en la fase inicial del cultivo. Sin embargo, en la etapa intermedia y final del cultivo no mostraron una eficacia para el control de la enfermedad bajo las condiciones climatológicas prevalecientes en el área de Cerro Punta. A medida que la planta crece aumenta su biomasa y se crea un microclima a lo interno del cultivo que favorece al hongo y potencializa el desarrollo de la epifitía.
2. El uso de las combinaciones de fungicidas de contacto y sistémicos utilizados por los productores del área mostraron mayor eficacia en el control del tizón tardío a lo largo del ciclo del cultivo, lo cual se vio reflejado en una mayor producción, calidad de los tubérculos y tubérculos comerciales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones con estos biocontroladores durante la siembra de verano, cuando las condiciones climatológicas que prevalecen en el área son menos favorables para el desarrollo de la enfermedad. Bajo estas condiciones quizás se podría extender el periodo de control utilizando los microorganismos y reducir la dependencia de los fungicidas sintéticos.
2. Es importante observar que impacto tienen estos microorganismos en otras enfermedades, insectos y nematodos que atacan al cultivo de la papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, I., & Remehue, I. (2008). Manejo Integrado del Tizón tardío y estrategias de control químico. 64. <https://tizon.inia.cl/assets/boletines/62-manejo%20integrado%20del%20tizon%20tardio%20y%20estrategias%20de%20control%20quimico.pdf>
- Adam, M., Heuer, H. & Hallmann, J. (February 28, 2014). Bacterial antagonists of fungal pathogens also control root-knot nematodes by induced systemic resistance of tomato plants, PLOS.One. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0090402>
- Agrios, G. (1991). Fitopatología, Lienzos UV, pp.200; https://lienzos.uv.mx/Uploads/resources/FITOPATOLOGIA---George-N-Agrios-1-200_a68e.pdf
- Ahmad, I., Ahmad, M., Hussain, A. & Jamil, M. (February, 2021). Integrated use of phosphate-solubilizing *Bacillus subtilis* strain IA6 and zinc-solubilizing *Bacillus* sp. strain IA16: a promising approach for improving cotton growth. *Folia Microbiológica*, PUB MED, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33099750/>
- Ahmad, M., Ahmad, I., Hilger, T. H., Nadeem, S. M., Akhtar, M. F., Jamil, M., Hussain, A. Z. A. & Zahir, M. (July, 2018). Preliminary study on phosphate solubilizing *Bacillus subtilis* strain Q3 and *Paenibacillus* sp. strain Q6 for improving cotton growth under alkaline conditions, PUB MED, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30013829/>
- Alcaraz, L. D., Moreno-Hagelsieb, G., Eguiarte, L. E., Souza, V., Herrera-Estrella, L. & Olmedo, G. (May 26, 2010). Understanding the evolutionary relationships and major traits of *Bacillus* through comparative genomics. *BMC Genomics*, 11 Article number: 332; <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-11-332>
- Alfiky, A. & Weisskopf, L. (2021). Deciphering *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications, PUB MED, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33477406/>
- Altamirano, M., Meneses, A., & Villeda, M. (2018). Manejo de la enfermedad "tizón tardío." 506 ; <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/14306/BVE21021270e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araque, G. (Junio , 2014). Evaluación in vitro de cepas nativas de hongos filamentosos como agentes controladores de *Phytophthora infestans*. Bogota, D.C ; <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16675/AraqueEcheverryGustavoAdolfo2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arbito, M. (Julio , 2017). Evaluación in vitro de la capacidad antagónica de *Trichoderma* spp. frente a *Fusarium* spp. Ups, 76, Universidad politécnica salesiana, Ecuador; <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14419>

- Asaka, O., & Shoda, M. (November ,1996). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* Damping-Off of Tomato with *Bacillus subtilis* RB14. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1388978/>
- Baccelli, I. (June, 2015). Cerato-platanin family proteins: une function for multiple biological roles? , *Frontiers in Plant Science*. Vol 5, 769; <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2014.00769/full>
- Badii, M., & Varela, S. (Mayo, 2015). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente | Badii | Cultura Científica y Tecnológica. *Cultura Científica y Tecnológica*, n.º 28; <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/375>
- Beauregard, P. B., Chai, Y., Vlamakis, H., Losick, R. & Kolter, R. (April, 2013). *Bacillus subtilis* biofilm induction by plant polysaccharides. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol.10 , No.17; <http://doi.org/10.1073/pnas.1218984110>
- Bononi, L., Chiaramonte, J. B., Pansa, C. C., Moitinho, M. A. & Melo, I. S. (2020). Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, Article number: 2858; <https://www.nature.com/articles/s41598-020-59793-8>
- Boonstra, M., de Jong, I. G., Scholefield, G., Murray, H., Kuipers, O. P. & Veening, J. W. (February, 2013). Spo0A regulates chromosome copy number during sporulation by directly binding to the origin of replication in *Bacillus subtilis*. *Molecular Microbiology*; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23301687/>
- Borba, N. (Agosto , 2008). La papa un alimento básico Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica; https://www.rapaluruaguay.org/sitio_1/transgenicos/Papa/Papa.pdf
- Calvio, C., Celandroni, F., Ghelardi, E., Amati, G., Salvetti, S., Cecilian, F., Galizzi, A. & Senesi, S. (August, 2005). Swarming differentiation and swimming motility in *Bacillus subtilis* are controlled by swrA, a newly identified dicistronic operon, *Journal of Bacteriology*; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16030230/>
- Camp, A. H. & Losick, R. (April, 2009). A feeding tube model for activation of a cell-specific transcription factor during sporulation in *Bacillus subtilis*. *Genes and Development*, 23, 1014-1024; <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2675869/>
- Castillo, A. G., Puig, C. G. & Cumagun, C. (March, 2019). Non-synergistic effect of *Trichoderma harzianum* and *Glomus* spp. in reducing infection of *Fusarium* wilt in banana. *Pathogens*, 8, 43. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30935146/>
- Caulier, S., Nannan, C., Gillis, A., Licciardi, F., Bragard, C. & Mahillon, J. (2019). Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group. *Frontiers in Microbiology*, 10, 302. Vol10; <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2019.00302/full>
- Carrillo, A. (2010). Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio, *Agronomía Colombia*, Vol.28, No.2, Bogota; http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652010000200014&script=sci_arttext

- Chen, H., Wang, L., Su, C. X., Gong, G. H., Wang, P. & Yu, Z. L. (September, 2008). Isolation and characterization of lipopeptide antibiotics produced by *Bacillus subtilis*. *Letters in Applied Microbiology*, 47, 180-186; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19552782/>
- Chen, Y. H., Lee, P. C. & Huang, T. P. (April, 2021). Biological control of collar rot on passion fruits via induction of apoptosis in the collar rot pathogen by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*, 111, 627-638; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33044133/>
- Chet, L., & Inbar, J. (July, 1994). Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 48(1), 37-43; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7979350/>
- Chirinos, J., Leal, A. & Montilla, J. (2006). Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del Estado Anzoátegui, Editor: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA); <https://www.virtualpro.co/biblioteca/uso-de-insumos-biologicos-como-alternativa-para-la-agricultura-sostenible-en-la-zona-sur-del-estado-anzoategui>
- CIP (1987). Varietal Characterisation and Taxonomic Evaluation of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Using Macro- and Micromorphological Evidence, Scientific Research. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1815311>
- Cunningham, K. A. & Burkholder, W. F. (January 14, 2009). The histidine kinase inhibitor Sda binds near the site of autophosphorylation and may sterically hinder autophosphorylation and phosphotransfer to Spo0F. WILEY online Library; <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2958.2008.06554.x>
- Cuña, L., & Remehue, I. (2008). Manejo Integrado del Tizón Tardío y estrategias de control químico, Informativo : Instituto de Investigaciones Agropecuarias, N°62; <https://tizoinia.cl/assets/boletines/62-manejo%20integrado%20del%20tizon%20tardio%20y%20estrategias%20de%20control%20quimico.pdf>
- Ahmad, J. S. (1987). Rhizosphere Competence of *Trichoderma harzianum*, *Phytopathology*, Vol. 77, No 2, p. 182; https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1987Articles/Phyto77n02_182.pdf
- Earl, A. M., Losick, R. & Kolter, R. (May 28, 2008). Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends in Microbiology*, 16, 269c275, PUB MED; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18467096/>
- Errington, J. & Wu, L. J. (2017). Cell Cycle Machinery in *Bacillus subtilis*. *Sub-cellular Biochemistry*, 84, 67-101, PUB MED; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28500523/>
- Erwin, D., & Ribeiro, O. (January 04, 1998). *Phytophthora Diseases Worldwide*. *Plant Pathology*, Volume 47, p. 224-225; <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-3059.1998.0179a.x>
- Espinoza-Ahumada, C. A., gallegos-Morales, G., Hernández-Castillo, F. D., Ochoa-Fuentes, Y. M., Cepeda-Siller, M. & Castillo-Reyes, F. (Enero 01, 2019). Antagonistas microbianos a *Fusarium* spp., como agente causal de pudrición de raíces y tallo en melón. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6, 45-55, Vol.6, Núm.16; <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/1843>

- FAO. (2002). Perspectivas a largo plazo El panorama de la agricultura. Agricultura mundial: Hacia Los Años 2015 / 2030. Informe Resumido, 11-20. FAO. (2006). Tesoro enterrado: la papa. 2. <https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s06.htm#f>
- FAO. (2008). La papa, nutrición y alimentación, SCRIBD; <https://www.scribd.com/document/25502616/La-papa-nutricion-y-alimentacion>
- Fiche, J. B., Cattoni, D. I., Diekmann, N., Langerak, J. M., Clerke, C., Royer, C. A., Margeat, E., Doan, T. & Nöllmann, M. (May 7, 2013). Recruitment, assembly, and molecular architecture of the SpoIIIIE DNA pump revealed by superresolution microscopy, PLOS Biology; <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001557>
- Flores, A., Egúsqüiza, R., & Patiño, A. (Junio 13, 2016). Selección evaluación de microorganismos nativos con potencial antagonista de Rhizoctonia solani y Phythophthora infestans promotores del crecimiento de tuberculillos de papa Solanum tuberosum L. in vitro; <https://www.semanticscholar.org/paper/Selecci%C3%B3n-evaluaci%C3%B3n-de-microorganismos-nativos-con-Paucarima-Ch./6561f168bae3f17f01483eacdc76ab5572ca98dd>
- Forbes, G., & Pérez, W. (2008). El tizón tardío de la papa. https://www.researchgate.net/publication/205212765_El_tizon_tardio_de_la_papa
- Garrido, R. M. & Vilela, S. N. (2019). Capacidad antagónica de Trichoderma harzianum frente a Rhizoctonia, Nakatea sigmoidea y Sclerotium rolfsii y su efecto en cepas nativas de Trichoderma aisladas de cultivos de arroz. Scientia Agropecuaria, vol.10, n.2, pp.199-206. ISSN 2077-9917; http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000200006&script=sci_abstract
- Ghazy, N. & El-Nahrawy, S. (2021). Siderophore production by Bacillus subtilis MF497446 and Pseudomonas koreensis MG209738 and their efficacy in controlling Cephalosporium maydis in maize plant. Archives of Microbiology, SPRINGER NATURE LINK, Volume 203, pages 1195–1209; <https://link.springer.com/article/10.1007/s00203-020-02113-5>
- Glick (2020) Glick, B. R. (2020). Beneficial plant-bacterial interactions. Switzerland: Springer Nature Press. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-44368-9>
- Gutiérrez, M. & Acuña, I. (2002). El tizón tardío de la papa. Síntomas y epidemiología, Instituto de investigación agropecuaria (INIA); <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/819e84b1-6e8b-47ad-9860-86e8e88c5972/content#:~:text=El%20Tiz%C3%B3n%20tard%C3%ADo%2C%20causado%20por,en%20ambientes%20>
- Guzmán-Guzmán, P., Porras-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V. & Herrera-Estrella, A. (2019). Trichoderma species: versatile plant symbionts. Phytopathology, PUB MED, 109, 6–16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30412012/>
- Jiang, Y., Wang, J. L., Chen, J., Mao, L. J., Feng, X. X., Zhang, C. L. & Lin, F.C. (2016). Trichoderma biodiversity of agricultural fields in east China reveals a gradient distribution of species. PloS One, 11, e160613. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0160613>

- Kashyap, P. L. (2020) Molecular Diagnostic Assay for Rapid Detection of Flag Smut Fungus (*Urocystis Agropyri*) in Wheat Plants and Field Soil, SSRN Product & Services, P12. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654945
- Martínez, B., Infante, D. & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, Vol.28, p.1–11.; <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n1/rpv01113.pdf>
- MIDA (2023). Programas agrícolas, Ministerio de desarrollo agropecuario; <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2023/09/Cierre-Agricola-2022-2023.pdf>
- Morán-Diez, M. E., Martínez de Alba, Á. E., Rubio, M. B., Hermosa, R. & Monte, E. (2021). *Trichoderma* and the plant heritable priming responses. *Journal of Fungi*, 7,318–325. <https://www.mdpi.com/2309-608X/7/4/318>
- Nihorimbere, Ongena, Smargiassi & Thonart (2011), El objetivo de utilizar los biocontroladores es limitar la aplicación de plaguicidas sintéticos para disminuir la presencia del patógeno en el cultivo de una forma ambientalmente amigable. Para ello, es necesario que el biocontrolador sea capaz de permanecer viable y crecer en la planta susceptible para ejercer un control sobre el fitopatógeno. Vinchira, D. & Moreno, N. (2019). Control biológico: camino a la agricultura moderna, *Revista colombiana de biotecnología*, Vol. XXI, núm.1, pp.2-5; <https://www.redalyc.org/journal/776/77660294001/html/>
- Ortiz, O., Winters, P., & Fano, H. (Mayo, 2016). La Percepción de los Agricultores sobre el Problema del Tizón Tardío o Ranchara (*Phytophthora infestans*) su Manejo: Estudio de Casos en Cajamarca, Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*; https://www.researchgate.net/publication/255668637_La_Percepcion_de_los_Agricultores_sobre_el_Problema_del_Tizon_Tardio_o_Ranchara_Phytophthora_infestans_su
- Ramirez, C. & Orrantia, E. (2021). *Trichoderma* and Nanotechnology in Sustainable Agriculture: A Review, PUB MED. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37744133/>
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F. & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “Secrets” of a multitasking biocontrol agent. *Plants*, 9, 762. <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/762>
- Stein, T. (2005). *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular Microbiology*, 56,845–857. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x>
- Su, Y., Liu, C., Fang, H. & Zhang, D. (2020). *Bacillus subtilis*: a universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine. *Microbial Cell Factories*, 19, 173. <https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-020-01436-8>
- Tello, T. & INIAP (Junio, 2008). Factores epidemiológicos asociados con la expresión de la resistencia a *Phytophthora infestans* en papa (*Solanum tuberosum*, INIAP, Editorial Quito, EC: CIP/INIAP, 2008. Páginas 27 ; <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4417/1/iniapscCDEVENTOS%20CIEN%20CIENT%20C3%20FICOS30.pdf>

- Torres, H. (2002). Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 59 p.; <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2002/05/002485-1.pdf>
- Vargas-Hoyos & Gilchrist-Ramelli (2015). Solanum lycopersicum, Revista mexicana de micología, Vol.42, pp.9-16 ;
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802015000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Weisskopf, L. & Alfiky, A. (2021). Deciphering Trichoderma-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications, PUB MED;
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33477406/>

ANEXOS

Figura 1 . Emergencia del cultivo.



Figura 2. Defoliación de los tratamientos biológicos.



Figura 3.Crecimiento del follaje del tratamiento químico.



Figura 4. Producción de tratamiento químico.



Figura 5. Producción de tratamiento biológicos.

