

**Evaluación de la incidencia de sarna negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de papa
solanum tuberosum bajo dos modelos de producción en el municipio de Totoró, vereda
Santa Lucia departamento del Cauca**

Wilmar Humberto Mejía Cruz

Carlos Rene Anacona Córdoba

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, pecuarias y del medio ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

Popayán

2023

**Evaluación de la incidencia de sarna negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de papa
solanum tuberosum bajo dos modelos de producción en el municipio de Totoró, vereda
Santa Lucia departamento del Cauca**

Wilmar Humberto Mejía Cruz

Carlos Rene Anacona Córdoba

Trabajo para optar al título de Agronomía

Director:

Efrén Venancio Ramos Cabrera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, pecuarias y del medio ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

Popayán

2023

Página de Aceptación

Efrén Venancio Ramos Cabrera

Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Popayán 2023

Dedicatoria

Dedicamos de manera muy especial y de fe a Dios, a nuestros padres que velaron por nuestros inicios en la educación y no nos dejaron sin ayuda a salir adelante y con sus esfuerzos de pala y azadón lograron de nosotros unos buenos educandos encaminándonos al profesionalismo.

Y con gran amor dedicamos este logro a nuestros padres en la familia, nuestros hijos y esposas que por ellos queremos superar metas y encaminarlos a lograr sus sueños donde también

están los nuestros.

Agradecimientos

Muy agradecidos con las instituciones de educación superior, especialmente la universidad nacional abierta y a distancia UNAD donde tomamos la decisión de superación y lograr un objetivo de profesionalismo a gusto de nuestra visión de vida personal y familiar.

Agradecemos a docentes y/o tutores, administrativos y demás personal que nos guiaron, enseñaron y resolvieron inquietudes a lo largo del camino como estudiantes Unadistas hasta llegar a culminar el objetivo y se convirtieron en amigos donde la relación fuera de las aulas se mantendrá con profesionalismo y fortaleciendo esa amistad.

Muy agradecidos con nuestras familias, esposas, hijos que nos apoyaron y el tiempo libre que era para ellos lo dedicamos a la UNAD dejando de compartir muchos fines de semana, festivos, fechas especiales solo por ver cumplir nuestra meta de profesionalizarnos para nosotros y para ellos, muchas gracias y su tiempo será recompensado.

A nuestros padres, que en su mirada y gesto se nota muy natural y sincera la alegría y el orgullo vernos culminar una etapa de educación superada por su esfuerzo y el nuestro.

Agradecer a todos aquellos que hicieron parte de esta etapa donde conocimos nos relacionamos y compartimos: Compañeros de cursos, administradores de fincas, trabajadores de fincas, conductores de vehículos en las salidas, tutores y demás.

Resumen

En la presente investigación se evaluó la incidencia de Sarna Negra (*Rhizoctonia Solani*) en el cultivo de papa *solanum tuberosum* bajo dos modelos de producción en el municipio de Totoro, finca Kavama Vereda Santa Lucia departamento del Cauca, con el motivo de mejorar el rendimiento y calidad en el cultivo.

Se trabajó con la variedad Parda Superior (semilla) por ser una de las más cultivadas en la zona propensas al ataque e incidencia de la enfermedad. Para lo cual se dio inicio con el proyecto aplicado de campo cualitativo y cuantitativo utilizando 2 bloques aleatorios; 1 tratamiento convencional y 2 tratamiento de recomendación técnica, para determinar la incidencia y severidad de la enfermedad en los dos tratamientos; el tratamiento tradicional fue bajo el modelo simple del productor de la zona y el tecnificado con acompañamiento y manejo técnico de los investigadores.

Se determinó la incidencia de la Sarna Negra (*Rhizoctonia Solani*) bajo parámetros de muestreo según el monitoreo de plagas y enfermedades de Mitidieri Mariel y Polack Luis donde definen que se debe realizar el muestreo de plantas a monitorear las cuales deben ser mínimo 2 plantas cada 20 metros de superficie al azar, no se deben observar menos de 10 plantas muestreadas para que la muestra sea adecuada.

Según este modelo de investigación, se evaluó variables como: Incidencia y severidad de la enfermedad, medición de vigor del cultivo, medición de parámetros fenológicos, evaluación de rendimiento en cosecha; siendo analizados estos datos bajo el programa INFOSTAD, utilizando análisis de varianza con un porcentaje de un 95% y fueron contrastados en la ANOVA con el test de Tukey. Donde nos arrojó que el tratamiento 2 tecnificado si es de relevancia en la producción y rendimiento del tubérculo ya que garantiza mayor número de estolón, raíz y vigor

de planta llevando esto a mayor producción en cantidad y calidad del tubérculo. Mientras que en el tratamiento convencional 1 mostro mayor afectación del hongo llevando a resultados no óptimos pero aceptables sin llegar la planta a su máxima expresión en desarrollo limitando así producción y calidad.

Palabras clave:

solanum tuberosum, Rhizoctonia Solani, Moléculas químicas

Abstract

In the present investigation, the incidence of Black Scab (*Rhizoctonia Solani*) in the potato crop was evaluated under two production models in the municipality of Totoro, kavama farm, Vereda Santa Lucia, department of Cauca, with the aim of improving yield and quality in the crop.

We worked with the Parada Superior variety (seed) as it is one of the most cultivated in the area prone to attack and incidence of the disease. For which the applied qualitative and quantitative field project began using 2 random blocks; 1 conventional treatment and 2 treatment of technical recommendation, to determine the incidence and severity of the disease in the two treatments; the traditional treatment was under the simple model of the producer of the zone and the technical one with accompaniment and technical management of the researchers.

The incidence of Black Scab (*Rhizoctonia Solani*) was determined under sampling parameters according to the monitoring of pests and diseases of Mitidieri Mariel and Polack Luis where they define that the sampling of plants to be monitored should be carried out, which should be a minimum of 2 plants every 20 meters of surface at random, no less than 10 sampled plants should be observed for the sample to be adequate.

According to this research model, variables such as: incidence and severity of the disease, measurement of crop vigor, measurement of phenological parameters, evaluation of harvest performance; These data were analyzed under the INFOSTAD program, using analysis of variance with a percentage of 95% and were contrasted in ANOVA with Tukey's test. Where he showed us that the technical treatment 2 is relevant in the production and yield of the tuber since it guarantees a greater number of stolons, roots and plant vigor, leading this to a greater production in quantity and quality of the tuber. While in the conventional treatment 1 showed

greater affectation of the fungus leading to non-optimal but acceptable results without the plant reaching its maximum expression in development, thus limiting production and quality.

Keywords:

solanum tuberosum, Rhizoctonia Solani, Chemical molecules.

Contenido

	Pág.
Introducción	13
Problema	15
Planteamiento del Problema	15
Justificación	17
Objetivos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20
Marco conceptual y teórico	21
Materiales y métodos	31
Descripción del sitio a implementar los estudios	31
Resultados	50
Conclusiones	57
Recomendaciones	59
Referencias	61
Apéndices	65

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Descripción taxonómica del género <i>Solanum</i>	21
Figura 2 Control biológico de <i>Rhizoctonia solani</i>	24
Figura 3 Descripción geográfica del sitio de estudio.....	31
Figura 4 Agricultor enseña uso de carbendazín a tratamiento convencional.....	33
Figura 5 Aplicación modelo T1 tratamiento convencional.....	34
Figura 6 Lote de aplicación modelo aleatorio T1 convencional	37
Figura 7 Lote de aplicación modelo aleatorio T2 tecnificado.....	39
Figura 8 Determinación de afección en estolón y raíz en Germinación	40
Figura 9 Desyerba T1 con medición de área foliar.....	43
Figura 10 Desyerba T2 con medición de área foliar T2	45
Figura 11 Planta con y sin afectación por <i>Rhizoctonia solani</i> en llenado	47
Figura 12 Evaluación cosecha.....	48
Figura 13 Evaluación de estolones	50
Figura 14 Evaluación de raíces	51
Figura 15 Evaluación de tallos	52
Figura 16 Evaluación en llenado, tubérculos afectados.....	53
Figura 17 Evaluación en cosecha. Tubérculos sanos.....	54
Figura 18 Evaluación peso en tubérculos afectados	55
Figura 19 Evaluación de peso en tubérculos sanos.....	56

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A <i>Fotografía desinfección para control de Rhizoctonia en siembra</i>	66
Apéndice B <i>Fotografía evaluación de germinación y desyerba</i>	66
Apéndice C <i>Fotografía de planta con síntomas de Rhizoctonia en germinación</i>	67
Apéndice D <i>Fotografía evaluación desarrollo antes de desyerba</i>	67
Apéndice E <i>Fotografía aplicación en drench para desyerba control de Rhizoctonia</i>	68
Apéndice F <i>Fotografía evaluación de platas T2 antes de desyerba</i>	68
Apéndice G <i>Fotografía planta T1 afectada por Rhizoctonia</i>	69
Apéndice H <i>Fotografía productos químicos con registro para control de Rhizoctonia</i>	69
Apéndice I <i>Fotografía fertilización edáfica para desyerba</i>	70
Apéndice J <i>Fotografía de planta con síntomas aéreos de ataque de Rhizoctonia</i>	70
Apéndice K <i>Fotografía método de inundación para evaluación de llenado</i>	71
Apéndice L <i>Fotografía evaluación de llenado</i>	71
Apéndice M <i>Fotografía síntomas aéreos de Rhizoctonia</i>	72
Apéndice N <i>Fotografía cosecha de plantas T1 baja producción</i>	72
Apéndice O <i>Fotografía de toma de datos</i>	73
Apéndice P <i>Fotografía con T2 cosecha de excelente producción</i>	74

Introducción

La papa *Solanum tuberosum* es una herbácea originaria de los Andes suramericanos que se produce en zonas de clima templado, subtropical y tropical. En su periodo de crecimiento vegetativo requiere temperaturas entre 15 y 25 °C, mientras que en su periodo de maduración requiere temperaturas entre 14 y 20 °C. Por su parte, los niveles óptimos de humedad relativa varían entre el 60 y 80 %. Por ser una planta de día corto, debe estar expuesta al brillo solar de 10 a 12 horas por día. Se desarrolla de manera adecuada en suelos moderadamente gruesos (franco arenoso) y medios (franco, franco limoso), profundos, bien drenados y de buena estructura que permitan el crecimiento de las raíces y estolones. En cuanto a la acidez, el rango óptimo del pH se ubica en el intervalo de 5,5 a 6,5, y su contenido de materia orgánica debe ser alto, superior al 4%. La precipitación pluvial óptima es de 400 mm a 1.200 mm al año (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI), 2018). En 2018 Colombia ocupó el puesto número 36 de la lista y se destaca por sus múltiples variedades, calidad y componente nutricional. (Fondo para el financiamiento del sector agropecuario (FINAGRO), 2018)

Además de hacer parte de la cultura de consumo de los hogares colombianos, la papa *Solanum tuberosum* es un cultivo de gran importancia económica para el país. En 2018 el subsector de la papa *Solanum tuberosum* tuvo una participación del 3,3% en el producto interior bruto (PIB) agropecuario nacional y anualmente genera cerca de 264.000 empleos, de los cuales aproximadamente 75.000 son directos y alrededor de 189.000 son indirectos, siendo el subsector que genera el mayor número de empleos en las zonas de clima frío del país. Actualmente en el territorio nacional existen cerca de 100.000 familias

dedicadas al cultivo de la papa *solanum tuberosum*, distribuidas en 10 departamentos y 283 municipios (Fondo Nacional de Fomento de la Papa (Fedepapa), 2017; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura), 2019).

Siendo así y dentro de los procesos de llevar a fin con éxito este cultivo esta la selección y adecuado manejo de las semillas a establecer donde la limitante para la zona por cultura y consecución de semillas locales es la enfermedad Rhizoctonia Solani, limitante a calidad y cantidad de producción del tubérculo disminuyendo estas variables afectando al pequeño agricultor de la zona. Por manejo y recurso se trabaja en la zona de manera convencional y sin implementación de tecnologías y prácticas agrícolas capaces de llevar a cambiar esta limitante donde invirtiendo se puede ganar más ya que la costra negra siendo un hongo degenerativo de la planta entrando y afectando raíz, tallo, estolón y tubérculo afecta al agricultor generando una pérdida ya que el rendimiento esperado disminuye hasta en un 20% de la cosecha (Morales et al. 2000). Es así que a la decisión de inversión queremos intervenir y demostrar que las aplicaciones de tecnología y una buena inversión bien aplicada y estudiada generara resultados al fin económicos óptimos al campesino que es lo que finalmente buscan en la plantación del proyecto agrícola.

Problema

Planteamiento del Problema

El sector agrícola a nivel mundial ha sido el más productivo para el desarrollo de muchos países, ya que de este dependen millones de familias campesinas, sin embargo, la problemática en el sector papero para el manejo y control del patógeno *Rhizoctonia Solani* ha llevado que el agricultor lo identifique como un patógeno de distribución mundial que ocasiona pérdidas económicas importantes siendo este hongo la especie más importante del género *Rhizoctonia*, es un patógeno con una diversidad en morfología, posee un rango de hospedantes amplio y agresividad (Ajayi- Oyetunde & Bradley, 2018); causando afectaciones y una pérdida por el rendimiento final en la mayoría de las plantaciones perennes y anuales, incluyendo casi todos los cultivos hortícolas; entre las enfermedades comúnmente causadas es el llamado ahogamiento de las plántulas y la pudrición de las raíces (Agrios, 1998, como se citó en Arcos y Zúñiga, 2015). afectando a un gran número de cultivos, tales como: frijol, cebada, algodón, tomate, papa, etc; causando daños serios durante cualquier estado de desarrollo de la planta.

La *Rhizoctonia* o costra negra está presente en todas las zonas productoras de papa *solanum tuberosum*, siendo evidente la distribución e incidencia, tanto de las variantes de guata (*Solanum tuberosum* L.) como las de criolla amarilla (*Solanum phureja* Juz. y Bukasov), sin tener una información actualizada sobre la severidad y reacción particular de los genotipos cultivados en las zonas (Betancourth et al., 2022).

En Colombia no es la excepción afectando a los productores de las zonas del país como Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Santander, Antioquia y Cauca, con pérdidas en la

cosecha de papa *solanum tuberosum* cercanas al 20% de la producción, afectando significativamente la productividad y la rentabilidad del cultivo (Morales et al., 2.000). en grandes y pequeños productores que además de desinformación el trabajo cultural los lleva a mantenerse con lo poco que deja producir este hongo, siendo muy pocos los productores que con manejo técnico y químico logran disminuir las afectaciones logrando así mejores rendimiento e ingresos en la cosecha del tubérculo.

Los tratamientos o manejos que se dan en la zona son muy culturales con técnicas de cultura de la zona como una siembra a corrillo y aporque de suelo, siembra sin desinfección o utilización de ingrediente activo no idóneos para la actividad en mención o lo que es de mayor gravedad, la subdosificación de fungicidas que generan resistencia en el Fitopatógeno en mención y por lo tanto la problemática se va agravando en los sitios de cultivo (Mejia, 2022). Tenemos como ejemplo: la experiencia del acompañamiento técnico que puede disminuir la incidencia y severidad de la enfermedad en los cultivos y se comparan los productores que no tienen asesoría técnica en el manejo del Fitopatógeno. La gravedad del problema causado por este hongo radica en pérdidas económicas que afectan al productor de papa *solanum tuberosum* de la zona, por una inadecuada planificación del establecimiento del cultivo, manejo tardío de la enfermedad, desconocimiento de aplicaciones, control no acorde al problema, deficiencia de prácticas culturales al momento de sembrar y cosechar.

El manejo tradicional se da en siembra con desinfección en la rejada o en el surco con ingrediente activo Carbendazin de grupo químico Benzimidazole en dosis muy bajas de litro por hectárea y el de más bajo costo en el mercado.

Justificación

En la zona de Totoro, Gabriel López y sus veredas los agricultores de papa *solanum tuberosum* que día a día observan problemáticas de sanidad en sus cultivos y bajos rendimientos en sus cosechas llevándolos a pérdidas económicas, hacen necesario el aporte de conocimiento y manejo técnico de las problemáticas siendo la más preocupante y de correcto manejo la *Rhizoctonia solani*. Enfermedad fúngica que causa un porcentaje de pérdidas en el proyecto agrícola notándose en la disminución de la cosecha, el calibre y menor peso del tubérculo siendo estas variables importantes económicamente a la hora de cálculos de producción y de mayor relevancia cuando hay un precio bajo lograr equilibrar con rendimiento y cuando hay un precio alto tener más ganancias por la cosecha profusa y de calidad.

Es por ello que se pretende la evaluación de la incidencia de este hongo en el cultivo de papa *solanum tuberosum* bajo términos tradicionales del agricultor que simplemente se limita a regar semilla y desinfectar en la siembra, etapa de mayor importancia del cubrimiento contra la enfermedad con lo más económico del mercado para tal fin, inclinándose por un producto fúngico Carbendazin y con aplicaciones en dosificación no recomendables por área del cultivar, sin ni siquiera muchas veces reforzar esa aplicación en la segunda etapa de importancia de aplicación para control de la enfermedad que es en la desyerba. Y una alternativa tecnificada bajo ingredientes activos químicos que atacan el micelio de la afectación rizoctoniasis en el tubérculo. Teniendo en cuenta que en la implementación del cultivo es importante la identificación, manejo y control de este hongo para llevar a buenos términos de calidad y rendimiento del área sembrada.

Más que para la zona del Cauca las condiciones ambientales propias de la región andina, el cultivo de la papa *solanum tuberosum* enfrenta numerosos problemas, tales como la incidencia de heladas, sequías, granizadas, plagas y enfermedades. Muchas de las enfermedades son causadas por hongos cuyas estructuras de resistencia se encuentran en el suelo, y ocasionan pérdidas económicamente significativas en la producción de este cultivo, pudiendo alcanzar hasta 20% (Torres, 2002). En la papa *solanum tuberosum*, se han identificado enfermedades causadas por hongos; de las cuales en condiciones de clima una de ellas es; el chancro del tallo y la sarna negra de la papa son enfermedades ocasionadas por el hongo *Rhizoctonia solani* grupo de anastomosis tres (GA-3PT), el cual afecta raíces, tallos y tubérculos de papa y reduce el rendimiento de los cultivos. (Chavarro-Mesa et al., 2021)

A ello proponemos un manejo más completo y químico con ingredientes activos más tecnificados y con mayor tecnología además de mezclas de productos con ingredientes activos acordes al control o manejo del hongo tanto en el suelo como en el tubérculo semilla con grupos químicos sistémicos, tras-laminar, protectante y de contacto, productos actimicóticos y bactericidas, de la familia de los triazoles por mencionar Azoxistrobin, Difeconazole, Propiconazole, Tebuconazole, Flutriafol, Kasugamicina. Productos con o sin registro para el hongo problema y de valor alto en los mercados de los agroquímicos, pero que si mitigan y atacan el efecto del hongo en el tubérculo llegando a buenos términos de calidad y rendimiento en la cosecha tratándose de afectaciones de *Rhizoctonia Solani* aclarando que también estos buenos resultados dependen del manejo de demás plagas y enfermedades y del plan de manejo nutricional.

Estas acciones permiten mitigar y controlar el ataque del hongo *Rhizoctonia Solani* en el cultivo de papa *solanum tuberosum*, permitiendo al agricultor tener a mano una solución que garantice que su proyecto agrícola salga a buen término sin generar pérdidas en rendimiento y producción obteniendo una buena cosecha sin que el factor de precio de mercado actual altere su costo beneficio al momento de comercialización del tubérculo. El cambiar el manejo tradicional a un manejo tecnificado es una de las alternativas que los agricultores deben acoger para seguir compitiendo en una agricultura cada vez más exigente y de mayor cuidado para no llegar a pérdidas económicas.

Por lo expuesto anteriormente el trabajo de investigación se plantea la siguiente pregunta problema:

¿El manejo tecnificado del cultivo de papa *solanum tuberosum* en la finca Kavama Vereda Santa Lucia departamento del Cauca disminuirá la incidencia de sarna negra *Rhizoctonia solani* y aumentará los parámetros productivos?

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la incidencia de la enfermedad costra Negra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa *solanum tuberosum* bajo el modelo de producción convencional y tecnificado.

Objetivos específicos

Determinar la efectividad de los productos químicos Azoxystrobin y Flutriafol según la incidencia y severidad de la enfermedad.

Evaluar los parámetros de rendimiento y desarrollo fenológico del cultivo de papa *solanum tuberosum*.

Marco conceptual y teórico

La papa *solanum tuberosum* es de gran importancia en el mundo según Molina, define que:

Dentro del grupo de las raíces y tubérculos, la papa *solanum tuberosum* constituye la mayor contribución de la región andina al mundo entero. Actualmente, se le califica como un don de la naturaleza de gran influencia en la seguridad alimentaria y en el desarrollo económico de muchos países, tanto del continente europeo como del americano, del asiático, del oceánico y del africano. Por ello, su cultivo ha alcanzado una fuerte expansión en los últimos treinta años de tal forma que la mayor superficie cultivada a nivel mundial corresponde a los países en desarrollo (Molina, 2009, p.73).

La papa *solanum tuberosum* es uno de los alimentos de gran importancia en la dieta alimenticia de los seres humanos, por tal motivo la papa *solanum tuberosum* se convierte en el tercer cultivo más importante a nivel mundial en términos de consumo humano después de arroz y del trigo, aproximadamente son 14 mil millones de personas consumen papa *solanum tuberosum* regularmente (alrededor de 50 kg al año). La producción total mundial del cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas métricas producidas. (FEDEPAPA, 2021)

Figura 1

Descripción taxonómica del género Solanum

Ítem	Descripción
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum
Especie	Tuberosum
Subespecie	Andigena

Fuente. Canqui y Morales (2009, como se citó en Mateus-Rojas, 2020).

Según la Súper Intendencia de Industria y Comercio de Colombia resalta que, en la cadena productiva de la papa *solanum tuberosum* bajo el diagnóstico de libre competencia, que el cultivo de papa *solanum tuberosum* representa en promedio para la nación el 32% de la producción de los cultivos transitorios.

En Colombia se cultiva papa *solanum tuberosum* en once departamentos, pero sólo cuatro de ellos, Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, concentran alrededor del 90% de área y la producción, no se evidencian tendencias de disminuciones de áreas sembradas ello puede explicarse por el comportamiento de los precios de la papa que durante estos años ha presentado, en promedio, registros por encima de los costos de producción, lo que incide en que los productores al disponer de capital incrementen el área en los ciclos siguientes. (Minagricultura, 2019, p.5)

Para el caso del Cauca, este departamento participa de la cultura papera en los municipios de San Sebastián, Purace, Sotara, Almaguer, y Totoro con el área de mayor participación. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018), para el año 2.018 la papa es el cultivo transitorio más representativo del departamento del Cauca, con el 58% del total de estos. Esta región aporta el 2% de la producción nacional, con 58.907 toneladas proyectadas para este año. Con esto, este es el séptimo departamento más importante en producción de papa.

Además de las afectaciones de plagas y enfermedades que atacan el cultivo en estas regiones, enfermedades de importancia económica como la Gota, Alternaría, Cenicilla, Mortaja, Rhizoctonia, entre otras y plagas como La polilla guatemalteca, Gusano blanco, Minador, Chiza, Peridroma, etc.

Hoy día y por la cultura papera indefensa del país por parte del estado se está trabajando semillas de repetidas siembras, de paso por distintos lotes y zonas productoras

del país notándose las afectaciones en rendimientos y ataques de plagas y enfermedades, siendo la más notoria y de presencia la Rhizoctonia, es esta un hongo de gran afectación al cultivo y a la economía del productor papero; ¿pero que es este hongo?

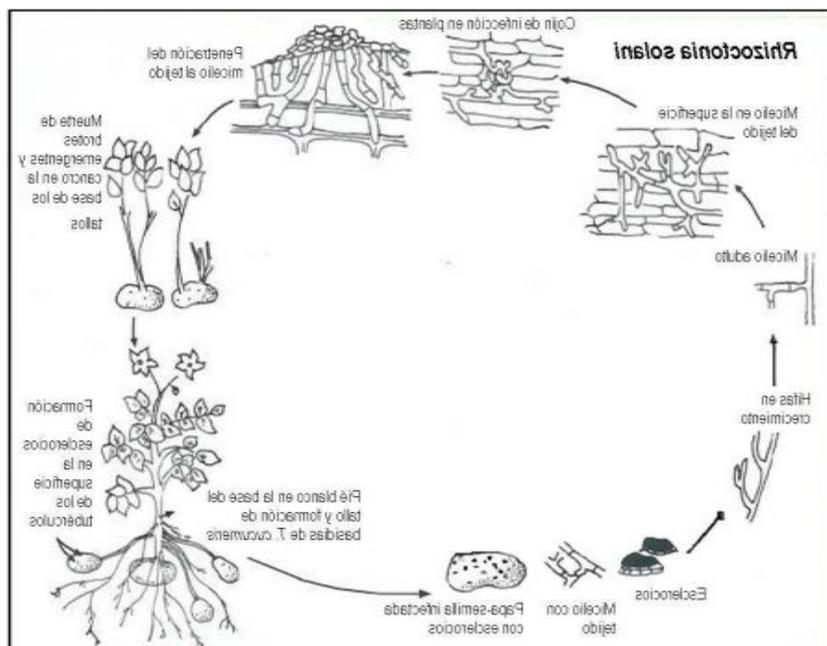
Según Barahona Añazco (2012), el hongo vive principalmente en forma de micelio y/o esclerocios en el suelo, en plantas perennes o en órganos de propagación como los tubérculos de papa, cuando las condiciones son favorables el agente germina e invade los tallos de las plantas o los brotes emergentes, especialmente a través de heridas.

Normalmente *Rhizoctonia solani* penetra los tejidos de un hospedero mediante estructuras de infección, sin embargo, también posee la capacidad de penetrar a través de heridas, lenticelas y estomas, pero en un menor grado; una de las mejores temperaturas óptimas para el desarrollo de la enfermedad es de 18° C y se ve favorecida por una alta humedad de suelo y ambiente. El hongo tiene una mínima de 8° C y una máxima de 35° C (Apablaza, 2000). Smith y Wilson (1978, como se citó en Barahona-Añazco, 2012) indican que los esclerocios germinan de 7,7 a 30 ° C con el óptimo a 23 ° C, y el óptimo para la germinación de basidiosporas fluctúa entre 21 a 25° C, mientras que Less (2001, como se citó en Barahona Añazco, 2012), indica que:

El desarrollo de la planta es afectado desde la emergencia hasta la cosecha. La enfermedad ocurre principalmente bajo el suelo, donde se observa gran variedad de síntomas en brotes, raíces, tallos y estolones. Se producen manchas necróticas de color café, que pueden ser superficiales o extenderse internamente hacia el centro del tallo o raíz, estrangulando estos órganos (p.17).

Figura 2

Control biológico de Rhizoctonia solani.



Fuente. Agrios (2006)

Rhizoctonia. Enfermedad que puede afectar desde la emergencia y durante el crecimiento y demás ciclo del cultivo provocando la reducción de rendimiento en cosecha y su mayor revestimiento es cuanto el tubérculo infestado es utilizado como semilla. según González-García (2008), “este taxón tiene una distribución mundial amplia y es poco probable que exista un país donde no esté presente. Es un patógeno con un elevado rango de hospedantes y causa daños en gran diversidad de cultivos”. (p.148)

Como se desarrolla y su ciclo. La Rhizoctonia en el cultivo de papa *solanum tuberosum* se da por malos manejos en pos cosecha ya que el hongo se mantiene de un año a otro, como esclerocios (GA3) y como micelio (GA4) en residuos de cosecha que se

encuentran en el suelo. En la siembra de papa *solanum tuberosum* del siguiente año y en presencia de condiciones favorables de humedad, los esclerocios germinan y el micelio desarrolla infectando los brotes y tallos que se encuentran en estado de pre y pos emergencia. Las raíces y los estolones son afectados durante el desarrollo de las plantas. La formación de esclerocios sobre la superficie de los nuevos tubérculos ocurre en condiciones de suficiente humedad y temperaturas óptimas de 18 grados centígrados, sin embargo, el desarrollo de esclerocios se produce cuando los tubérculos que se encuentran listos para ser cosechados se mantienen en el campo por un tiempo prolongado (SC, 2002), según Nuñez lopez y Rodriguez Molano la costra negra en las raíces los chancros dificultan el transporte de los fotoasimilados estimulando la producción de tubérculos aéreos, la formación de rosetas apicales con proliferación de yemas y enrollamiento de folíolos (Guerrero, 1994; Montesdeoca, Narváez, Mora y Benítez, 2006) López, C. E. Ñ., & Molano, L. E. R. Papa criolla.

Daños. Formación de costra negra debido a la presencia de esclerocios en la superficie del tubérculo, se observan canchales marrones, negros en ramas, tallos y estolones que con el tiempo y avance provocan el estrangulamiento, sus síntomas atraso con tubérculos fuera de la tierra o aéreos, Amarillamiento y enrollamiento de las hojas, menor vigor afectando la uniformidad del lote, si se presenta al inicio del cultivo, afectara el crecimiento y formación del tubérculo observando deformaciones, protuberancias y sarna negra, este hongo sobrevive saprofiticamente ósea de residuos de otros organismos en la tierra, en la maquinaria utilizada o en los tubérculos sembrados. Su condición activa suelos

fríos con alta humedad y bajas temperaturas características de clima frío. Según Arcos y Zúñiga (2015) en su investigación define que esta enfermedad:

Puede afectar la calidad de los tubérculos en forma significativa. En las variedades susceptibles la incidencia puede alcanzar hasta 80% y la severidad 35% (INIA, 2013). En el brotamiento, *Rhizoctonia solani* infecta los brotes del tubérculo-semilla en los estados pre y post emergente, anulando o retardando su emergencia, afectando la absorción de nutrientes y el agua del suelo y la traslocación de los fotoasimilados hacia los órganos de reserva; provocando una reducción del rendimiento y formación de tubérculos aéreos, y en casos severos resulta en marchitez y muerte. (Arcos y Zúñiga, 2015, p.101)

Dependiendo de la incidencia y la severidad del ataque del patógeno son las pérdidas en campo de tubérculos, es ahí donde Betancourth et al., (2022), expresan la “preocupación por la creciente incidencia de la costra negra de papa *solanum tuberosum* en sistemas de producción a mediana y gran escala, que potencialmente puede reducir hasta un 43% del rendimiento” (p.279), en la producción por hectárea afectando así la economía del agricultor, siendo necesario la implementación de manejos tecnificados con asesoría de ingeniero agrónomo en la implementación de productos y fungicidas sistémicos a base de triazoles con aplicación al suelo para su control en el momento de la siembra.

Según la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) en investigación y aprobación a dosis viable del funcionamiento del ingrediente activo Carbendazin, grupo químico Benzimidazole con modo de acción el cual interfiere en la biosíntesis del DNA (ácido desoxirribonucleico) durante la mitosis y el mecanismo de trasmisión del mensaje genético del DNA y RNA (ácido ribonucleico) inhibe la síntesis de betatubulinas (proteína) (Fedearroz, 2021); es un fungicida preventivo para el tratamiento de costra negra

(Rhizoctonia) siendo este el tratamiento más convencional y poco efectivo en el control de la enfermedad. En la actualidad la explotación en el cultivo de papa *solanum tuberosum* se manejan alternativas tecnificadas en uso de productos químicos, según Sumitomo Chemical define que el producto thifluzamide en dosis de 1.6 cc por litro de agua, este por contacto con la tierra y con la semilla, trabajando con un mecanismo de acción que inhibe la enzima succinato – deshidrogenasa paralizando el ciclo de Krebs y evitando la oxidación aerobia del piruvato en la célula del hongo y de modo accionar sistémico de translocación lenta con propiedades tanto preventivas como curativas de amplio espectro (SummiAgro, 2021).

El control de costra negra según las recomendaciones agronómicas define que ingredientes activos sistémicos tiene alto efecto de control entre los cuales se destaca el Azoxystrobin más Flutriafol en dosis de 1.6 cc por litro de agua con mecanismo que poseen acción por contacto tras laminar y sistémico gracias a estos dos ingredientes activos los cuales inhiben la síntesis de ergosterol impidiendo el crecimiento del hongo más la acción de una estrobirulina que impide la germinación de esporas y la respiración mitocondrial de los hongos para llegar a estos puntos de la planta (Avguts, 2021).

En los últimos años *Rhizoctonia solani* o costra negra se ha convertido en uno de los principales patógenos limitante en la producción de papa *solanum tuberosum* en el departamento del Cauca, siendo así que la mayoría de empresas y casas comerciales de agroquímicos han empleado formulaciones químicas en mezcla para contrarrestar el ataque de este patógeno en el establecimiento del cultivo para minimizar la severidad y evitar pérdida de tubérculos. En los últimos años en el departamento del Cauca principalmente las zonas paperas se han dedicado al control de la enfermedad exclusivamente mediante el uso

de fungicidas sintéticos con aplicaciones al suelo en el momento de la siembra y durante las etapas iniciales de crecimiento (Betancourth et al., 2022).

Manejo. Rotación de cultivos recomendado gramíneas, uso de semilla de calidad o certificada, tratamiento fúngico con sistémicos, evitar inicio del cultivo con bajas temperaturas y alta humedad en el suelo, cosecha a tiempo de su óptima madurez (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2021).

Lo mejor y recomendado es el manejo químico procediendo a un tratamiento con fungicida de compuesto orgánico y sistémico de amplio espectro protegiendo desde su inicio la semilla del cultivar y un radio de la zona hospedante de esta para su buen cubrimiento a la entrada del hongo; brindando una segunda aplicación a los 25 a 30 días antes de la desyerba con aplicación en drench y una aplicación foliar antes o durante el aporque con productos que tengan ingredientes activos como Azoxystrobin y Flutriafol encargados del trabajo y función aquí mencionadas para la protección de la semilla y la futura planta hasta su producción libre del patógeno, gracias al ser del grupo químico de las estrobirulinas que son derivados del ácido producido por hongos anti fúngicos que inhiben la respiración mitocondrial interrumpiendo el ciclo de energía no pudiendo producir esporas sin lograr la penetración ya que estos ingredientes se distribuyen muy rápido por los tejidos de la planta.

El manejo químico planteado en el modelo de tratamiento 2 tecnificado se basa en la utilización de una mezcla química de ingredientes activos con diferente funcionalidad y acción siendo el (Azoxystrobin 200 y Flutriafol 125 g/l) azoxystrobin es un fungicida que actúa como inhibidor de la germinación de esporas, impide el crecimiento micelial y

muestra una notable actividad antiesporulante de efecto protectante contra hongos.

Mientras que la alta sistemicidad de Flutriafol tiene efecto curativo y erradicante contra enfermedades causadas por hongos superiores e inferiores. El Flutriafol penetra rápidamente en los tejidos atravesando la cutícula con una alta sistemicidad y traslocación acrópeta. Actúa sobre los hongos inhibiendo la biosíntesis del ergosterol, en consecuencia, se modifica la estructura de la membrana celular impidiendo su desarrollo y multiplicación. (Avgust, 2021)

Según el tipo de manejo empleado sea tecnificado o convencional en la producción de papa en el Cauca se establecen costos de producción por hectárea producida según el DANE para el año 2017 los costos a tener en cuenta para la variedad pastusa suprema en la época de siembra de marzo y cosecha en septiembre octubre. Dentro de la desagregación de costos, se caracteriza el gran porcentaje que ocupa el rubro de los insumos, con el 40% de los costos de producción totales. Esto se debe principalmente al uso de fertilizantes edáficos, que tienen una participación del 48% de los costos de aplicación de insumos. El costo de semilla también ocupa un peso importante, con el 38% del valor correspondiente a insumos. La mano de obra también representa un peso importante del total, con el 29%. En este rubro, el costo más alto es el de cosecha, recolección, clasificación y empaque, pesaje y cargue, con el 57%. Esto ocurre principalmente por los empaques, que son hechos con algunos materiales especiales como fibras naturales, que elevan sustancialmente el valor de este sub rubro. Es de destacar el costo de la administración, también es alto comparado con otros departamentos debido a la escasez en de mano de obra en algunas zonas, este llega a ser hasta el 11% del costo de producción, para el Cauca la producción por hectárea se

encuentra alrededor de los \$17.064.047 costo total de producción (DANE, 2017).

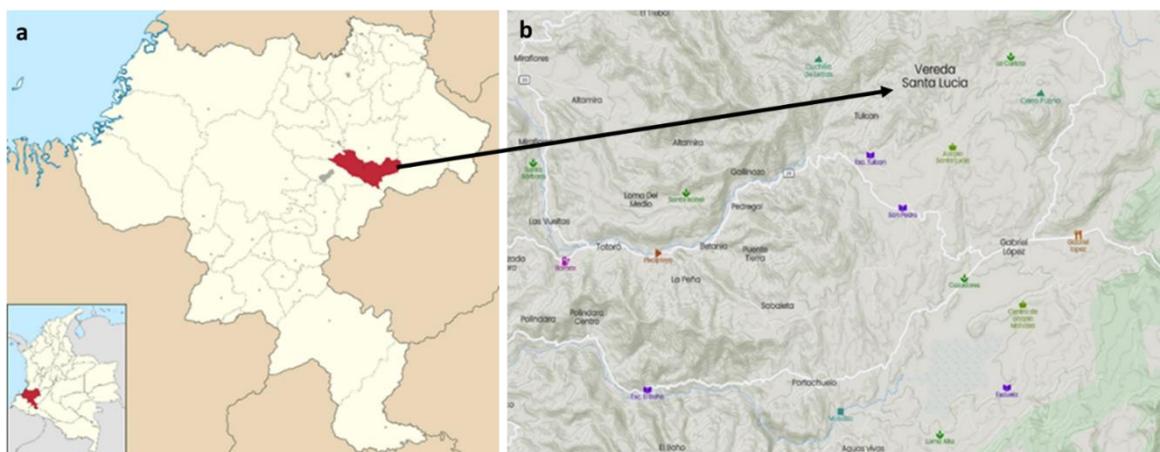
Materiales y métodos

Descripción del sitio a implementar los estudios

La finca Kavama Santa Lucia, se encuentra ubicada en el corregimiento de Gabriel López del Municipio de Totoro Cauca (Figura 3), se encuentra a una altura de 2.750 msnm, con una temperatura media de 14°C, entre los 2° 38 min y 2° 15 min.

Figura 3

Descripción geográfica del sitio de estudio



Nota. a. Mapa del departamento del Cauca y municipio de trabajo. b. Vereda Santa Lucia, zona de trabajo proyecto aplicado.

La investigación se desarrolló en la finca Kavama de propiedad de señor agricultor Héctor Fabián Ulchur en el municipio de Totoro Vereda de Santa Lucia en un área de siembra de 3 hectáreas con densidad de siembra de 90 bultos de semilla de papa variedad parda superior registrada, siendo esta variedad de papa susceptible a la enfermedad costra negra *Rhizoctonia Solani*.

Diseño de bioensayos en campo

Para los ensayos se utilizaron los siguientes insumos:

- Semilla de papa que se extrae de la zona de estudio.
- Semilla papa certificada de variedad parda superior.
- fungicidas con ingrediente activo Carbendazin, Azoxystrobin, Flutriafol
- Material de oficina (computador, software, vademécum agrícola, papelería, cámara fotográfica)
- Movilidad. Vehículo, combustible, viáticos

Diseño de bioensayos

Para el montaje de los bioensayos se utilizaron dos modelos de producción los cuales consistieron en T1 producción convencional y T2 producción tecnificada y el ensayo se mantuvo durante 6 meses. Donde se lleva seguimiento mediante recolección de datos en germinación a los 28 días, desyerba 50 días, llenado 120 días y cosecha 180 días determinando variables como afectaciones de raíz, tallo, estolón más parámetros fisiológicos de diámetro y altura; también evaluando peso en planta a la cosecha. Estas variables se analizaron y tabularon mediante el programa INFOSFAT, utilizando análisis de varianza con un porcentaje de confianza de un 95% y serán contrastados en LANOVA con el test de Tukey.

A continuación, se realiza la descripción detallada de los tratamientos empleados en la producción del cultivo de papa variedad superior.

Modelo aleatorio T1 convencional.

Para el tratamiento uno, este se realizará de manera cultural según el manejo del o los agricultores de la región, el cual consiste en:

Figura 4

Agricultor enseña uso de carbendazim a tratamiento convencional



Fuente: Mejía y Anacona (2022)

Preparación de suelo mecánico en dos intervenciones con una primera arado y una segunda rotaviteado haciendo más suelto el suelo para la surcada de 90 a 100 centímetros entre surco depositando la semilla a 35 cc entre planta, con una aplicación en drench para desinfección a tratar el problema costra negra *Rhizoctonia Solani* con Carbendazim ingrediente activo Benzimidazole en dosis de 330 cc en caneca de 200 litros de agua en mezcla con un insecticida para el caso insectos procediendo al tapado de la semilla; hasta

allí, no más aplicaciones para esta enfermedad, continuando en germinación aplicaciones foliares de fertilización y enfermedades de la papa *Solanum tuberosum* diferentes al problema aquí citado, con aplicaciones cada 12 a 15 días según estados del tiempo (invierno – verano) por todo el ciclo que según variedades parda y parda superior se llevan hasta los 6 - 7 meses tiempo de cosecha del tubérculo.

Este proyecto de investigación da inicio el día de siembra 0 días desde el 14 de abril de 2.022 donde se establece el cultivo y se establece las parcelas de estudio en campo siendo estas 2 modelos así:

Figura 5

Aplicación modelo T1 tratamiento convencional



Nota. Aplicación en desinfección dirigida a la semilla en la rejada. *Fuente:* Mejía y Anacona (2022)

T1 modelo cultural del agricultor y T2 modelo técnico recomendado para el control de la enfermedad.

En ello se realiza el modelo de aplicación tradicional en desinfección en surco en drench costando de un producto químico comercial generalizado para el tratamiento de varios hongos y enfermedades (Carbendazin Benzimidazole) en dosis de 400 ml por 200 litros de agua en aplicación a la rejada mojando directamente la semilla. Método cultural y tradicional implementado en la zona por el agricultor. Con aplicaciones en siembra inoculando semilla en drench desde los 0 días y con repetición a los 45 días estos opcionales a aplicación de producto antes de la desyerba en drench para control de *Rhizoctonia Solani*.

Modelo aleatorio T2 tecnificado

Para el tratamiento dos, manejo tecnificado se recomienda un plan de manejo para control de costra negra según los parámetros de control bajo aplicación de productos químicos para mitigar el impacto de daño en siembra, basándonos en la siguiente recomendación:

Modelo de tratamiento técnico recomendado para manejo y control de la enfermedad estableciendo el uso de ingredientes activos (Azoxystrobin, Flutriafol) con registro en el control del hongo y en los momentos de aplicación de mayor incidencia de este que son las etapas fenológicas de siembra y germinación cubriendo brotes nuevos desde los 0 días de siembra con aplicación dirigida al surco y a la semilla y a los 45 días de estolonamiento radicular con las dosis y recomendaciones técnicas químicas aprobadas del

producto con aplicación en drench en dosis de 250 cc en caneca de 200 litros de agua (1.25 ml en litro de agua) en mezcla con otro fúngico que respalde esta aplicación siendo también un Carbendazin u otro fungicida bactericida; procediendo al tapado de la semilla y luego a los 25 – 30 días antes de la desyerba cuando este de un porte de 20 a 30 centímetros de alto la planta, otra aplicación con repetición de estos ingredientes activos en las mismas dosificaciones con el objetivo de refuerzo y control de costra negra.

Recomendación trabajada.

Aplicación de ingrediente activo (Azoxystrobin, Flutriafol) registrado para la enfermedad en drench en etapa de siembra y desyerba a los 25 – 30 días después de germinación en drench para desyerba y una aplicación foliar en estado de aporque a los 60 días después de germinación.

Además, y muy influyente en el estado y defensas de la planta los manejos de fertilización y sanidad en tiempos determinados con las siguientes aplicaciones:

Siembra. Conjuntamente con producto con registro para *Rhizoctonia solani* se aplican otros fúngicos para plagas y enfermedades más fertilización, acondicionador de suelos con productos de alto valor en P, Zn y Ácidos húmicos y fulvicos.

Desyerba. Refuerzo fúngico para *Rhizoctonia Solani*, otras enfermedades y plagas y producto para fortalecer raíz y dar energía preferiblemente P más un K con este ir buscando crecimiento y llenado de tubérculo.

Aplicaciones foliares. Dentro del manejo cultural y técnico no pueden faltar y dar buenas recomendaciones según requerimiento o necesidad del cultivo y condiciones climáticas de la zona, las aplicaciones foliares fitosanitarias fúngicas y de plagas acompañadas de fertilización donde lo más recomendado y requerimiento del tubérculo son N, P, K, Ca, B, Zn, Mg.

Figura 6
Lote de aplicación modelo aleatorio T1 convencional



Nota. Mejía y Anacona (2022)

Evaluación en germinación.

Modelo aleatorio T1 convencional.

En este estado de la planta se evalúa la incidencia y severidad de costra negra, se toma muestreo al azar en el predio por hectárea de 15 plantas de cada tratamiento observando en el sitio la presencia del patógeno sobre cuello, raíces, estolones y tubérculo identificando así la afectación del hongo o la contundencia de la aplicación técnica aquí recomendada.

En este modelo de tratamiento tradicional se evidencia el plan de trabajo del agricultor en el momento de la siembra con su método cultural, se evalúan las plantas al

azar revelando afectaciones en los tres ítems a evaluar: Tallos verdaderos, estolones y raicillas. Se evidencia un ataque severo de *Rhizoctonia solani* con afectación en todos sus órganos de reproducción. El ataque a tallos se ve a simple vista con un total de tallos afectados siendo 4 de los 10 tallos presentes en la planta, este daño se presenta más que todo en las puntas y base del tallo, el número de estolones afectados es de más de 13 estolones de los 27 presentes en la planta, el ataque con más severidad se ve presente en puntas con presencia de quemazón, afectando la parte estructural del estolón parte media e inicio del estolón causando un estrangulamiento y por ende la pérdida del mismo.

El daño presente en las raicillas por la enfermedad se evidencia en el total en número de las mismas afectadas con un daño de 27 raicillas afectadas con presencia de quema en las puntas y parte estructural evitando así que la planta tenga mejor anclaje y toma de los nutrientes de suelo limitando así el radio de desarrollo radicular.

Modelo aleatorio T2 tecnificado.

En el modelo de tratamiento 2, manejo técnico recomendado al agricultor para el control y tratamiento de *Rhizoctonia solani*, se evidencia mediante el análisis de los tubérculos ya en germinación evaluando 15 plantas al azar. En estas se evalúa principalmente la incidencia de la enfermedad en tallos verdaderos, raíces y estolones, para determinar la incidencia y severidad del control y perseverancia de la enfermedad en el tubérculo.

En la siguiente figura se observa el control eficiente de la recomendación técnica

Figura 7

Lote de aplicación modelo aleatorio
T2 tecnificado



Fuente. Mejía y Anacona (2022)

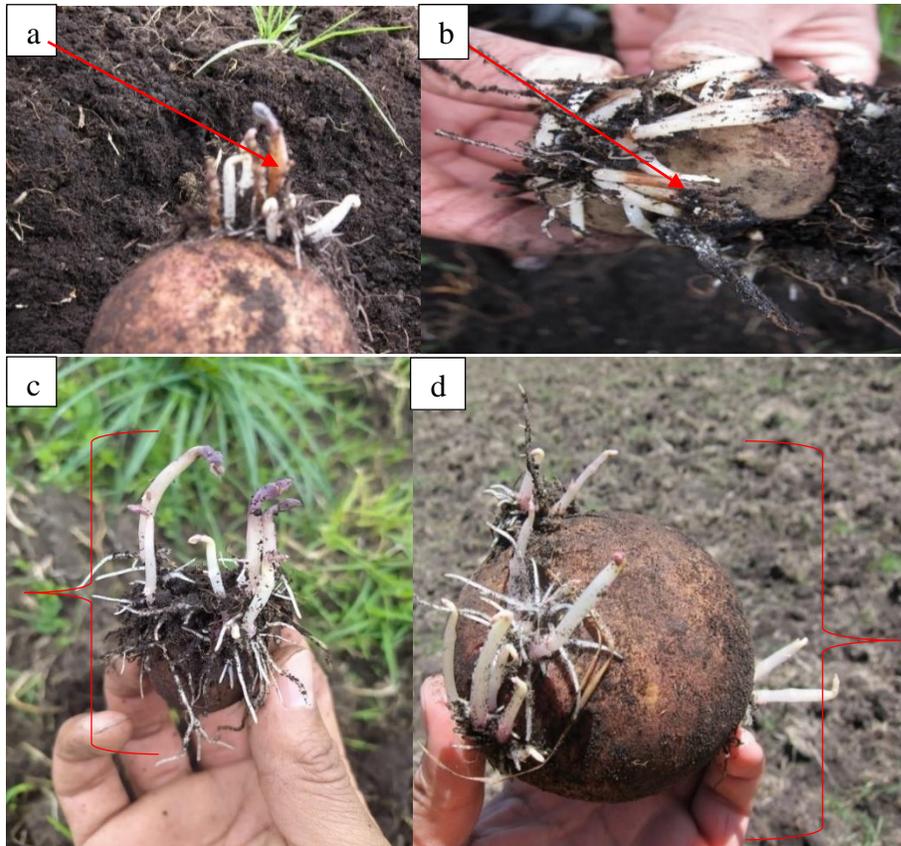
realizada, al revelar estolones sanos, tallos verdaderos sin afectación y raíces sin presencia de quema por ataque de la enfermedad, se observan de 10 a 12 tallos verdaderos y de 30 a 37 estolones por semilla y más de 50 raicillas, estos brotes en esta primer evaluación de seguimiento presentan un excelente control del patógeno garantizando una planta sana, en algunas de las plantas evaluadas se ve presencia de patógeno en tallo y raicillas sin afectación en estolones y tallo, por el radio de acción del producto ya que los fungicidas en el suelo no son móviles y cubren el radio de

aplicación mas no el radio de enraizamiento por tal motivo se ve presencia de ataque en raicillas y algunos estolones que esta por fuera de este radio de aplicación.

Se puede evidenciar en las imágenes A y B la incidencia y severidad del ataque presente en el tratamiento T1 según el modelo de manejo del agricultor bajo la aplicación de producto químico de bajo control en el momento de la siembra dejando bajo control del hongo, esto se evidencia en un ataque en tallos verdaderos, estolones y raicillas como se pueden evidenciar en la imagen; se toma la información del número de tallos verdaderos, estolones y raíces afectadas los cuales se ingresan a las tablas de levantamiento de datos de las 15 plantas muestreadas en el T1.

Figura 8

Determinación de afección en estolón y raíz en Germinación



Nota. a – b. Germinación evidente afectada por *Rhizoctonia Solani* T1. c – d. Germinación evidente sin afectación por *Rhizoctonia Solani* T2. *Fuente.* Mejía y Anacona (2022)

Siguiendo el mismo parámetro de evaluación se puede observar en las imágenes C y D la incidencia y severidad de costra negra bajo el modelo T2 recomendado al agricultor previo a la siembra basándose en un control químico con ingredientes activos sistémico, curativo y de acción preventiva en costra negra con registro para el cultivo de papa *Solanum Tuberosum* según bajo dosis de la casa comercial que distribuye el producto según su eficiencia en campo.

A simple vista versus el anterior tratamiento se evidencia un mejor control mayor sanidad en tallos verdaderos, estolones y raíces más sanas, evitando el estrangulamiento y pérdida de los mismos. Para esto se realiza el mismo parámetro de información planteado bajo los modelos de las tablas de recolección de datos el cual consta en contabilizar tallos verdaderos, estolones y raíces afectadas con la enfermedad en las 15 plantas evaluadas al azar en el T2 para determinar la incidencia y severidad en germinación.

Evaluación en desyerba.

Modelo aleatorio T1 convencional.

Para determinar la incidencia de la enfermedad se realizará el muestreo planteado por Betancurth et al. (2022), donde realizan muestreo en las plantas emergidas a los 30 días después de la siembra evaluando afectación en estolones, raíces y tallos en los surcos del lote de tratamiento experimental, tomando dato de los resultados. El siguiente muestreo se realiza después de desyerba y tuberización coincidiendo en los mismos surcos del tratamiento experimental. Para comprobar la presencia de costra negra en los tejidos afectados se realizará con la metodología general para monitorear plagas y enfermedades de Mitidieri Mariel y Polack Luis donde definen que se debe realizar el muestreo de plantas a monitoreas las cuales deben ser mínimo 2 plantas cada 20 metros de superficie al azar, no se deben observar menos de 10 plantas muestreadas para que la muestra sea adecuada. La selección de las plantas al azar se debe realizar bajo el criterio de homogeneidad del cultivo y tomar los datos de la ubicación de la planta, la secuencia de observación de la planta se

debe realizar con los mismos parámetros más susceptibles número de estolones, raíces y tallos afectados por áreas para determinar la afectación del lote tratado. (Polak, 2012)

En este estado fenológico de la planta se realiza la evaluación en campo y con material vegetal al azar en el área tratada con 15 muestreos para identificar la incidencia y severidad del patógeno; antes de la segunda aplicación del ingrediente activo para tratamiento de costra negra (*Rhizoctonia Solani*).

Evidenciado la incidencia de la enfermedad en las plantas evaluadas para ello nos basamos en el muestreo de número de estructuras afectadas se evidencia presencia de la enfermedad, a simple vista; esto al visualizar la coloración purpura en las hojas y presencia de quemazón en algunas partes de la estructura de estolones, raíces y tallos, esta presencia define que el control tradicional no es de eficiencia en el manejo de siembra, por tal motivo se manifiesta a los 45 días antes de la desyerba, la severidad del ataque de la enfermedad se ve reflejada en las diferentes estructuras de la planta causando estrangulamiento de sus partes perdiendo así capacidad de desarrollo y por ende producción al final del cultivo, ya que causa daño en forma de quemazón y estrangulamiento de tallos perdiendo así áreas de desarrollo de estolones y puntos de crecimiento de tubérculos bajando productividad. La quemazón presente en raíces hace que pierda fuentes de captura de alimentos minimizando su nutrición radicular y causando una deficiencia en su desarrollo vegetativo.

En el estado fisiológico de la planta para desyerba se evalúa otro factor importante como es el área foliar el cual se divide en dos factores importantes que son altura y diámetro de la misma los cuales en una evaluación a simple vista del estado fisiológico que esta refleja, se determina la severidad del ataque en su desarrollo foliar entre más alta y

mayor desarrollo foliar menos incidencia y severidad del ataque de *Rhizoctonia solani*, para esto se toma la altura y diámetro para determinar su desarrollo.

Siguiendo el modelo de evaluación de costra negra al momento de la desyerba se toma un factor importante como lo es desarrollo fisiológico de la planta altura y radio foliar esta es una de los principales factores a simple vista que nos refleja la incidencia y severidad de la enfermedad; como se puede evidenciar en la figura a y b plantas de menor tamaño y de un área foliar muy baja evadiendo así un buen desarrollo de la planta esto es un factor a vista de un ataque severo.

Figura 9

Desyerba T1 con medición de área foliar



Nota. T1. a - b. Planta con afectación y atraso evidente en altura 23 cc y diámetro 60 cc en su área foliar con tratamiento T1. *Fuente.* Mejía y Anacona (2022)

Modelo aleatorio T2 tecnificado.

Se lleva a cabo la evaluación a los 30 días después de la siembra siendo esta la segunda evaluación de incidencia y severidad de la enfermedad en el desarrollo de la planta, se sigue manejando el mismo modelo de evaluación anterior con muestras de 15 plantas al azar para determinar el número de tallos, estolones, raíces afectadas por la enfermedad. Adicional se evalúa el área foliar la cual consta de la altura de la planta y el diámetro del área foliar reflejando el desarrollo y sanidad de la misma frente al ataque de la enfermedad, para esto es importante establecer el vigor de la planta bajo los dos modelos de producción y determinar la diferencia entre los mismos.

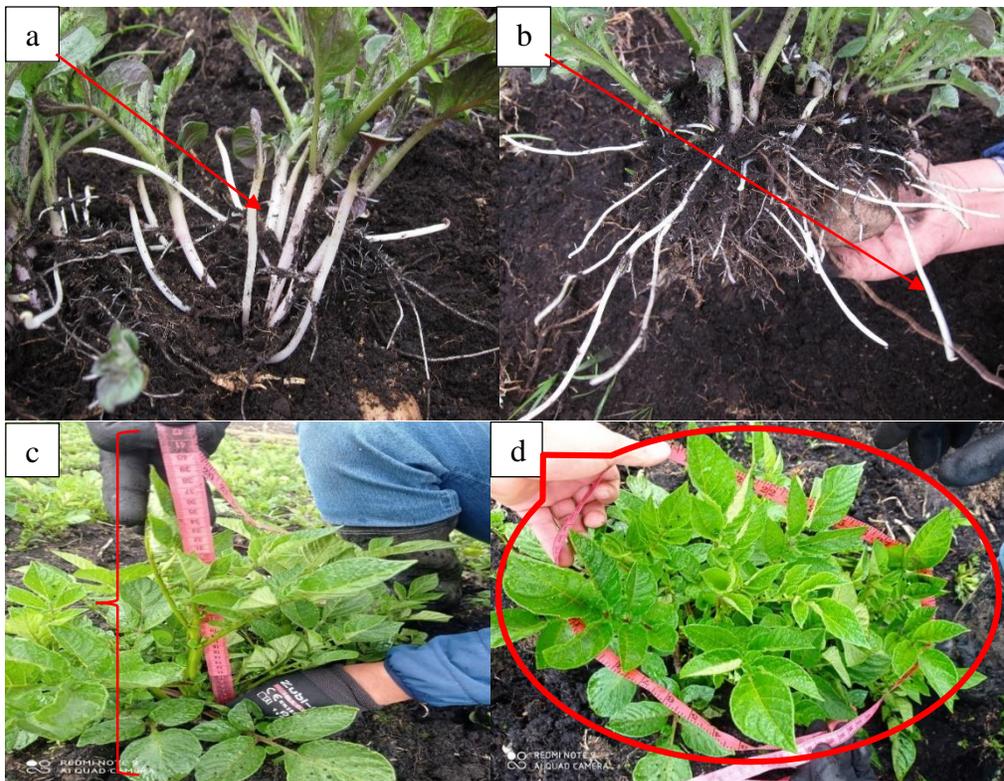
Para esta evaluación se cuenta el número de tallos verdaderos sanos, número de estolones sanos, número de raicillas sanas y se lleva a una tabla de información que se llena en campo para determinar el número de afectaciones o sanidad por planta luego se tabula la información reflejando el porcentaje de incidencia en campo.

En la evaluación en desyerba del T2 se evalúa el parámetro fisiológico y vigor de las plantas el cual se expresa en las imágenes C y D donde se puede evidenciar a simple vista plantas más altas con mayor área foliar reflejando un mejor vigor y sanidad con respecto a la incidencia y severidad del ataque de costra negra, determinando así que el manejo tecnificado planteado al agricultor tiene un excelente control en el momento de la siembra ya que garantiza mejor desarrollo de la planta en altura y mayor área foliar para que pueda translocar los fotoasimilados garantizando mayor número y peso de tubérculos. En la imagen A y B muestra la sanidad al azar del T2 determinando la sanidad o no

presencia de la enfermedad en tallos verdaderos, estolones y raíces, notando una diferencia frente al tratamiento convencional; mayor número de tallos verdaderos sanos, estolones más largos y sanos y mayor número de raíces sanas que permiten mejor anclaje de la planta y mayor toma de nutrientes para un mejor desarrollo, todo esto garantiza mayor número de tubérculos por planta, mayor peso y garantizando un mejor rendimiento en producción por hectárea.

Figura 10

Desyerba T2 con medición de área foliar T2



Nota. a – b. Evidente sanidad en raíz, estolón y tallo ante la enfermedad *Rhizoctonia solani*. c – d. Óptima altura 39 cm y diámetro 96 cm evidencia de papa sana ante la enfermedad *Rhizoctonia solani*. *Fuente.* Mejía y Anacona (2022)

Evaluación en llenado.

En esta etapa fenológica se evalúa visualmente la parte aérea del predio con plantas donde se nota el síntoma a nivel foliar y de tubérculos aéreos en los dos modelos referenciados.

Además de la evaluación visual aérea, se procede a raspado de plantas al azar en los dos tratamientos para evidenciar la severidad y control de la enfermedad en esta etapa del cultivo, también se hace método de inundación, consistiendo que después del método de raspado se procede a lavar la parte de tallo hacia abajo con tubérculos y raíces dejando en evidencia y expuesto tallo , raíces, tubérculos y de visual óptimo para identificar la afectación o no de la enfermedad en estudio en cada una de estas partes de la planta.

La evaluación se lleva a cabo a los 120 días en proceso de llenado y ya formación completa de tubérculo para evaluar la incidencia de la enfermedad en la planta y la severidad de ataque en la misma, para esto se evalúan 15 plantas al azar evidenciado el daño ocasionado por Rhizoctonia en su proceso de desarrollo y llenado. Se evidencia a simple vista tubérculos aéreos, plantas en estado de senescencia y cesación de coloración amarillosa con hojas en sus puntas de color morado claro síntoma de presencia de la enfermedad en la planta; a nivel del suelo se evidencia clara mente tallo principal, raíces y estolones quemados por la enfermedad conllevando a que los tallos y pocas raíces generen nuevos tubérculos en sus bases manifestándose en una malformación de tubérculos y que queden a su libre exposición al sol generando quema del tubérculo y convirtiendo el mismo

con apariencia negra por efectos de rayos solares, degenerando la presentación y calidad no siendo óptimo para consumo ni para mercado.

Figura 11

Planta con y sin afectación por Rhizoctonia solani en llenado



Nota. a. Planta de papa con sintomatología aérea severa de Rhizoctonia Solani en predio con tratamiento T1 convencional. b. Planta de papa sin afectación por Rhizoctonia Solani, llenado completo de tubérculos con hoja, tallo, raíz y estolón sano T2. *Fuente.* Mejía y Anacona (2022)

Evaluación en cosecha.

Con el mismo modelo de selección al azar de 15 plantas en los modelos planteados vamos al objetivo de mostrar en cosecha la incidencia y severidad del hongo Rhizoctonia Solani en el cultivar de la papa en la zona.

Ya pasadas las demás etapas fenológicas y llegando a cosecha donde la parte aérea se seca naturalmente y en algunas zonas con aplicación de herbicida paraquat para secado

de pastos, maleza y rama de la planta, es más difícil la identificación visual de las plantas afectadas destacándose las de ataque fuerte con tubérculos y brotes fuera del surco o expuestos al aire libre, se determina el recorrido de cosecha en los dos modelos de estudio.

Aquí tomadas las plantas al azar, procedemos a arranque (cosecha) de esta, el conteo del tubérculo producido por planta, tubérculos sanos y afectados por planta, el pesado de producido en cada planta de cada uno de los modelos aquí planteados, todo ello en tablas de información referenciadas para cada uno de los tratamientos.

Evaluación en tratamientos de estudio para determinar incidencia y severidad de *Rhizoctonia Solani* en el cultivo de papa.

Figura 12

Evaluación cosecha



Nota. Mejía y Anacona (2022)

Modelo aleatorio T1 convencional.

Evidenciado en las figuras Apéndice L, M y N se determina la afectación de la enfermedad en plantas con poca cantidad de tubérculos, tubérculos con mal formaciones, tubérculos con presencia de esclerocios y generalmente toda la producción de la planta con tubérculos de tamaño llamada pareja o delgada.

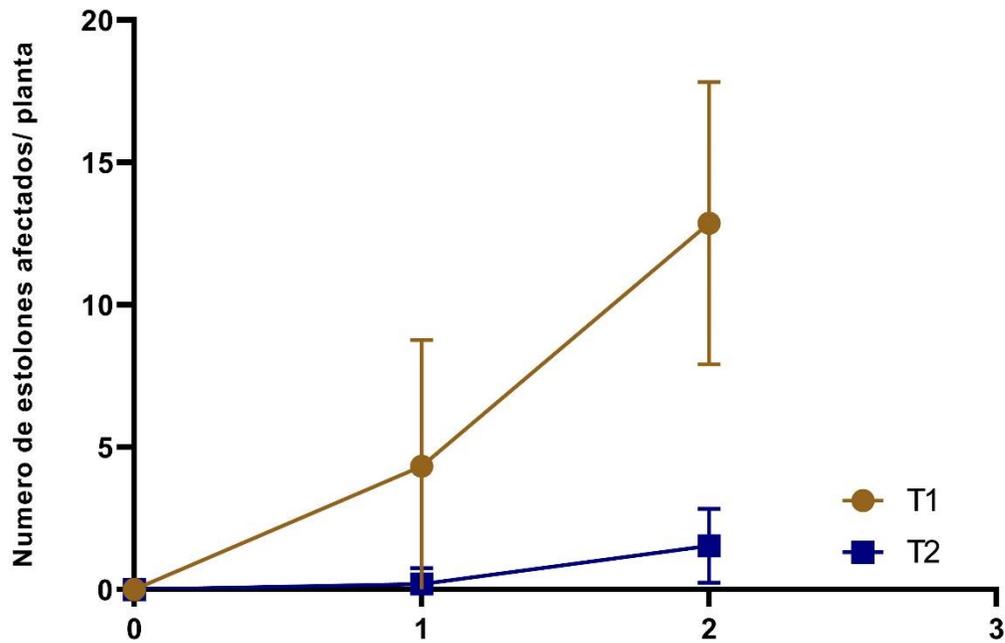
Modelo aleatorio T2 tecnificado.

En las figuras Apéndice O de este tratamiento notamos la diferencia al tratamiento T1 siendo este tratamiento (T2) de mayor eficacia en el control de la enfermedad con la utilización de productos registrados para este control, notándose en plantas con mayor cantidad de tubérculos, tubérculos de formación homogénea, tubérculos limpios de esclerocios o manchas características y tubérculos con mayor tamaño y peso.

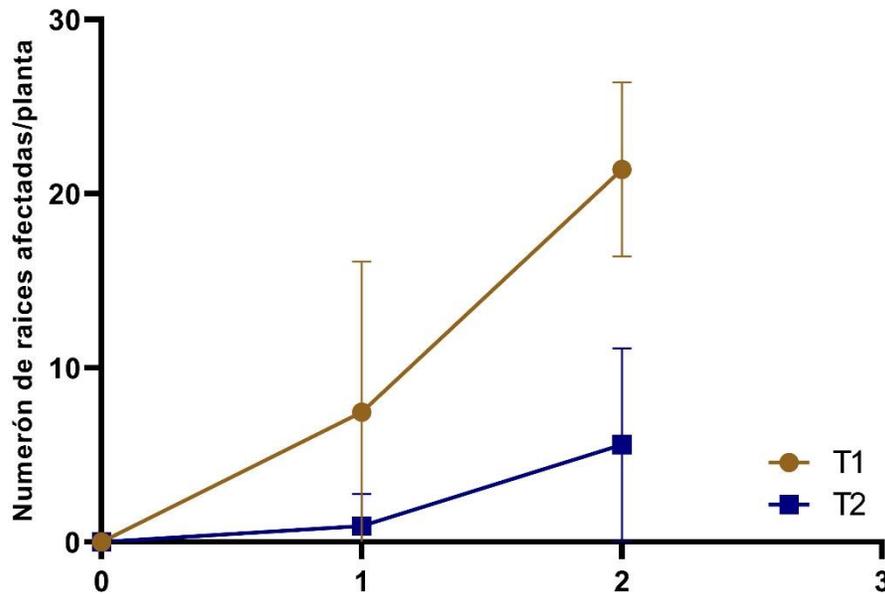
Resultados

Figura 13

Evaluación de estolones



En la figura 13, muestra la evaluación de estolones afectados en el ciclo del cultivo en los tiempos establecidos de evaluación desde su germinación hasta llenado en los dos tratamientos T1 y T2, donde; T1 refleja que desde germinación el hongo está disponible a la semilla, este tratamiento tomándolo e incrementando su reproducción hasta desyerba y llevando esta afectación y su severidad hasta fases de llenado – producción. En cambio, en T2 la semilla expuesta en el predio mantiene su defensa al hongo con una exposición luego de desyerba donde tuvo un tiempo de sanidad y óptimo desarrollo llegando fortalecida y con exposición mínima ha llenado – cosecha siendo notable la aplicación y sanidad del cultivo frente a la enfermedad.

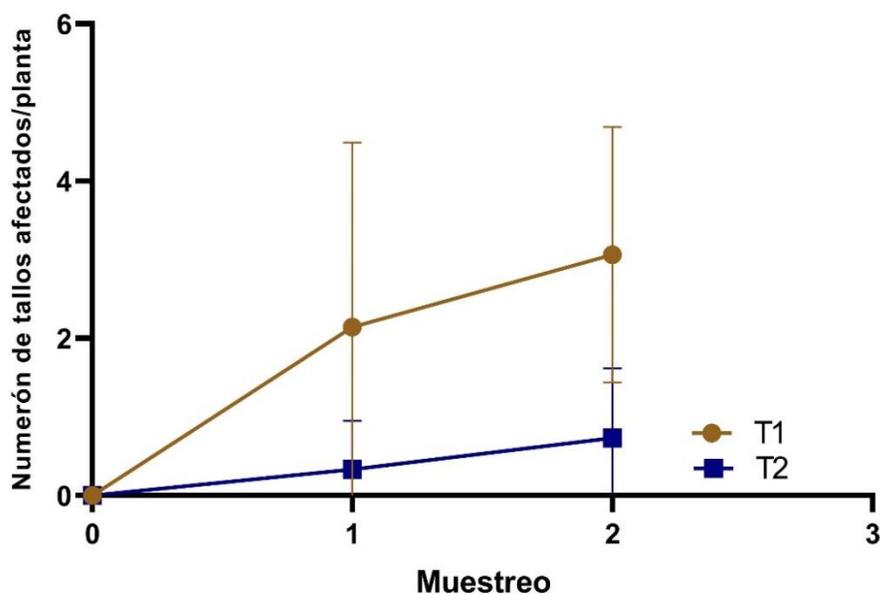
Figura 14*Evaluación de raíces*

En la figura 14, es muy notoria la diferencia en el comportamiento de los tratamientos, donde desde el inicio del cultivo estas estarán en T1 expuestas al hongo fácil de contaminar y su notorio crecimiento de afectación en plantas llegando a su fase crítica de exposición en la desyerba donde se es más evidente la profanación e incremento de cubrimiento de este y afectación al cultivar, llevando a plantas más atrasadas con posible baja producción al finalizar su ciclo. En cambio en T2, si hay exposición y toma del hongo por parte de la planta en sus raíces pero es mínimo y es evidente en el avance del ciclo fenológico su crecimiento, recordemos que los fúngicos trabajados no son móviles en el suelo y por ende las raíces nuevas se podrán contaminar con la diferencia que las raíces principales y que generan mayor agarre y toma de nutrientes están cubiertas por las dos

aplicaciones para prevención y control en las etapas críticas del hongo llevando más tiempo de sanidad y por ende más tiempo de buen trabajo reproductivo y fortalecidas a la buena toma de nutrientes para una buena cosecha.

Figura 15

Evaluación de tallos

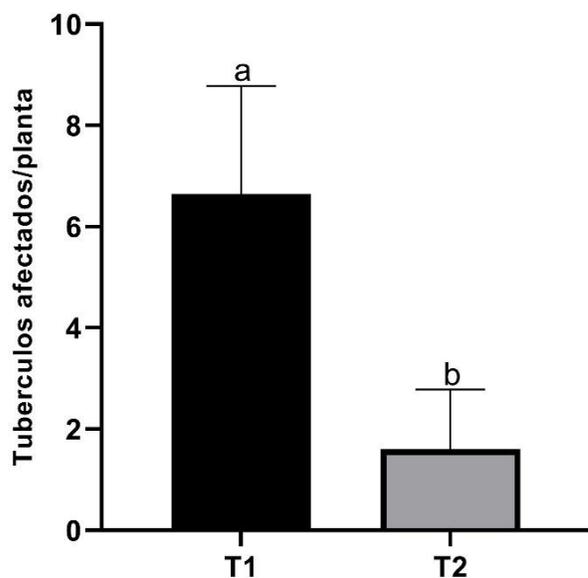


La sintomatología de este hongo, si no se hace en los primeros brotes en germinación o primeras etapas de desarrollo, se nota en plantas ya altas por afectaciones en tallo, tallos con poco crecimiento o ya tallos marchitos o en amarillamiento que al revisar ya tienen avanzada fase de asfixia o estrangulamiento hasta llegar a su inactividad en la planta. Se puede evidenciar en la figura 15, el comportamiento en los tratamientos donde T1 desde la brotación empieza a mostrar afectación en sus tallos con plantas de menor tamaño, menor área foliar y de menor altura con coloración característica amarillosa de

marchitamiento donde al revisar detenidamente se establece afectación por *Rhizoctonia* y no por otro hongo que puede ser similar como *Erwiña carotovora* o pata negra de la papa. Mientras que T2, cubre la llegada desahagible del hongo permitiendo un tiempo de sanidad y buen desarrollo en las etapas críticas de la fenología del cultivo, siendo susceptibles y con contaminación del hongo en menos cantidad de plantas por área permitiendo mejor cobertura foliar en diámetro, altura recibiendo buen intercambio fotosintético haciéndolas aptas para llegar a buen llenado y buena producción.

Figura 16

Evaluación en llenado, tubérculos afectados

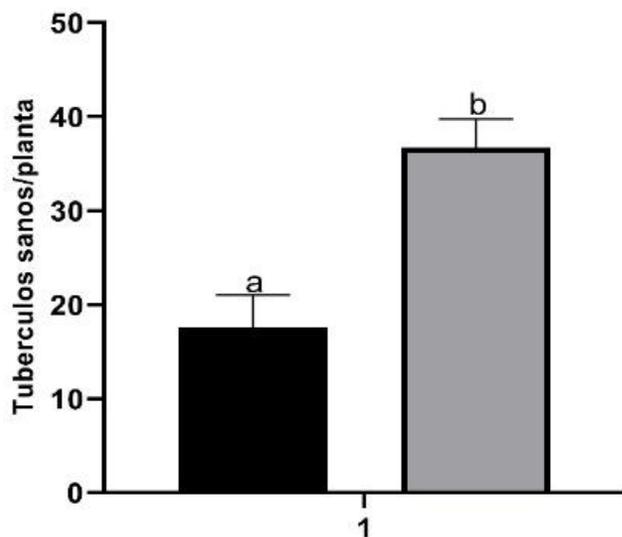


La figura 16, evidencia dentro de la evaluación de llenado que, en el T1, convencional hay más afectación de estos en planta donde por cada evaluación local supera

a más de 6 con características de afectación del hongo sea en deformación, esclerocio o masa compacta adherida al tubérculo o plantas con calibre mediano y pequeño del tubérculo. Y que T2 no tiene más de 1.8 tubérculos afectados por planta en su etapa de llenado brindándonos la confianza de llegar a una producción optima a la cosecha frente a este hongo.

Figura 17

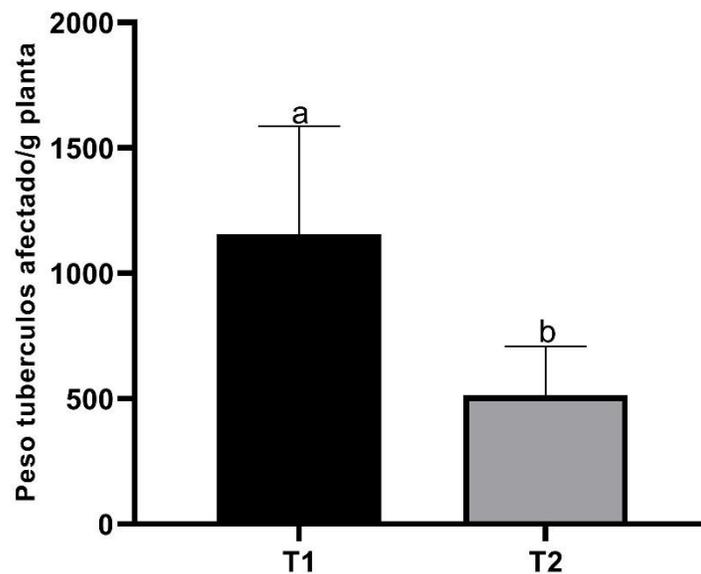
Evaluación en cosecha. Tubérculos sanos



La figura 17 nos muestra el contraste a la figura 16. Donde T1, convencional tiene menos tubérculos sanos dándonos un referente de 19 tubérculos afectados por el hongo en planta, siendo así el comportamiento de esta afectación en el área cultivada seria de muy baja producción a tubérculos de calidad en cuanto a sanidad y calibre, pudiendo llevar a una pérdida económica considerable. Mientras que T2 tecnificado nos da un referente de tubérculos mayor a 35 sanos por planta donde la diferencia es considerable y habiendo un tema de bajo precio en el mercado la producción puede salvar la inversión.

Figura 18

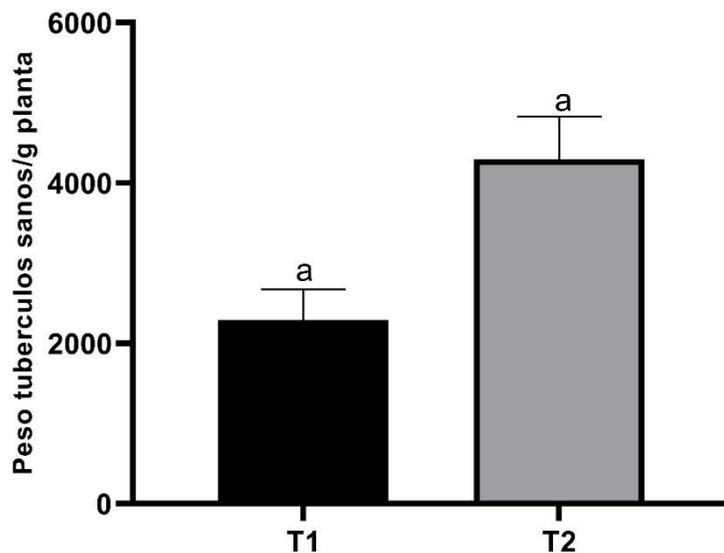
Evaluación peso en tubérculos afectados



Esta figura nos indica el grado de afectación y como este afecta considerablemente el peso del producto afectando la producción por área y la rentabilidad del cultivo donde T1 siendo el tratamiento convencional nos genera en la cosecha un peso considerable a tubérculos afectados por el hongo siendo en planta superior a 1.100 gramos, si llevamos esto a promedio de 18.000 plantas por ha serian 19.800 kilos afectados, para el caso de medida en el departamento del Cauca bulto x 50 kilos; serian 396 bultos dejados de sacar al mercado por afectación del hongo. Siendo T2 el peso en afectaciones menos o redondeando la libra en las afectaciones disminuyendo el tratamiento a más de la mitad a una posible perdida en caso de precios bajos del mercado o generando una ganancia a más de la mitad con buenos precios de venta del producto.

Figura 19

Evaluación de peso en tubérculos sanos



Aquí se muestra la razón en peso del por qué invertir en trabajo técnico y tecnológico demostrando T2 que el peso en planta de tubérculo supera los 4000 gramos (4 kilos), haciendo el cálculo anterior de la figura 6 con promedio de 18.000 plantas en ha serian 72.000 kilos llevados a bulto de 50 kilos serian 1.440 bultos – 48%. Y T1 con un peso de 2.200 (2.2 kilo) manejando el mismo promedio de plantas por ha 18.000 serian 39.600 kilos al peso del bulto en Cauca de 50 kilos serian 792 bultos – 26.4%.

La diferencia en bultos de producción en los dos tratamientos es de: 648 bultos dejados de producir en T1. Manejando un precio de venta promedio entre primera, segunda y tercera de \$60.000, dejaría de entrar un valor de \$38.880.000 en la misma área.

Conclusiones

El cultivo de papa en el departamento del Cauca aun es manejado con prácticas culturales y de conocimiento de las zonas productoras con prácticas no tecnificadas ni de innovación para mejorar producciones y por ello a nivel nacional no se tiene en cuenta en los datos estadísticos de producción del país.

Los pequeños productores de la zona papera del departamento aun no tienen el conocimiento e importancia de la identificación de la enfermedad *Rhizoctonia Solani*, siendo esta la causante de malas producciones y pérdidas en el proyecto agrícola del agricultor.

El agricultor le teme a los precios altos de insumos agroquímicos de calidad para este caso con registro de ingredientes activos que combaten el hongo, sintiendo el valor de la inversión no ser necesario a su proyecto agrícola sea por economía o por desconocimiento de las características benéficas que le puede acarrear el producto recomendado.

Se comprueba el excelente comportamiento y trabajo fúngico de los ingredientes activos químicos Azoxystrobin y Flutriafol como alternativa y medida para el manejo y control del hongo *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* siendo efectivos según los tratamientos a rendimiento y desarrollo del cultivar, donde T2 tecnificado según resultados contrastados arroja más estolón sano, más raíz sana, más tallo sano; produciendo plantas sanas y vigorosas a su etapa fenológica de cosecha proyectando resultados en más tubérculos sanos, más peso, más tamaño y por ende más rendimiento.

Se demuestra que, si es de relevancia e importancia el manejo técnico y de aplicaciones recomendadas para tal fin, demostrando mejor comportamiento en el T2 desde germinación hasta cosecha, donde las variables a medir fueron positivas para este tratamiento logrando calidad de cultivo y buena cosecha.

Es de importancia además del conocimiento cultural las aplicaciones de manejo técnico y demás recomendaciones profesionales y de avance en tecnología que, aunque parecen costosas con un manejo acorde se verá reflejado en calidad, cantidad y a gusto mirar una cosecha con la producción esperada por productor.

Recomendaciones

En base al estudio realizado se recomienda para el manejo técnico del cultivo de la papa *Solanum tuberosum*, principalmente para prevención, manejo y control del hongo *Rhizoctonia solani* lo consecuente:

Rotación de cultivos de clima frío especialmente gramíneas.

Uso de semillas certificadas o de procedente calidad.

Manejar medidas óptimas de siembra entre planta 35 cm y surco 90 cm.

Tratamiento fúngico químico con sistémicos como Azoxystrobin y Flutriafol en desinfección de siembra y desinfección de desyerba con aplicaciones en drench.

Evitar inicio de cultivos o siembras en muy bajas temperaturas o suelos encharcados.

Tener claro los requerimientos nutricionales y tiempos de nutrición de la planta.

Monitoreo y seguimiento a plagas, enfermedades y malas hierbas.

Tener un plan de mejoramiento riegos, drenajes y otras amenazas.

Cosecha a tiempo del estado fenológico de la planta.

Otras recomendaciones

Es necesaria la participación de los diferentes entes encargados de control, manejo y desarrollo de la agricultura en los territorios de producción del país que conlleven a mejorar las técnicas e implementación de tecnologías para mejorar la producción en los cultivos de papa *Solanum tuberosum* en las zonas productoras de esta.

De importancia la capacitación y conocimiento de manejo integrado de plagas y enfermedades, manteniendo actualización de estas en las zonas productoras de papa del país y de la zona del departamento del Cauca especialmente.

La regulación de precios de los diferentes agroquímicos destinados para el manejo y control fitosanitario de esta limitante en el cultivo de papa, es necesaria ya que muchos pequeños y medianos agricultores dependen de este tubérculo para la economía familiar.

Como continuación a esta investigación sería de importancia hacer el estudio de costo y rendimiento de área con los tratamientos aquí dispuestos que nos muestran asegurar mayor rendimiento y rentabilidad en cosecha.

Referencias

- Agrios, G. (2006). *Plant Pathology*. Amsterdam.
https://books.google.com.co/books?id=CnzbgZgby60C&printsec=frontcover&dq=George+N.+Agrios&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=George%20N.%20Agrios&f=false
- Ajayi-Oyetunde, O. & Bradley, C. (2018). Rhizoctonia solani: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant Pathology* (2018)67,3–17
- Apablaza, G. (2000). *Patología de cultivos, epidemiología y control holístico*. Universidad Católica de Chile
- Arcos, J. y Zúñiga, D. (2015). Efecto de rizobacterias en el control de Rhizoctonia solani en el cultivo de papa. *Ecología Aplicada*, 14(2), 95-101. Recuperado en 22 de febrero de 2023, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200002&lng=es&tlng=es.
- Avgust.com (2022). *Ficha técnica Arkano*. https://avgust.com.co/wp-content/uploads/2021/02/Arkano-325-SC-FichaTecnica_01-2021_CO.pdf.
- Avgust. (2021). *Mecanismo de acción de Azoxystrobin y Flutriafol*. Avgust <https://avgust.com.co/arkano-325-sc-azoxystrobin-flutriafol/>.
- Barahona-Añazco, C. A. (2012). Control Biológico de Rhizoctonia solani Kühn en papa (*Solanum tuberosum* L), mediante diferentes concentraciones y formulados de una cepa de *Bacillus subtilis* Cohn. [Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fab224c/doc/fab224c.pdf>.
- Betancourth, Carlos A., Sañudo, Benjamín A., Flórez, Carlos A., & Salazar, Claudia E.. (2022). Eficacia de biofungicidas para el manejo de la costra negra (Rhizoctonia

solani Kühn) de la papa en Nariño, Colombia. *Información tecnológica*, 33(1), 279-288. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000100279>

Chavarro-Mesa, E., Herrera-Blanco, C., Beltrán-Acosta, A., Cotes-Prado, C. y Ángel-Díaz, J. (2021). Diversidad genética de *Rhizoctonia Solani* GA-3PT, Causa etiológica del chancro del tallo y la sarna de la papa en Colombia. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, vol. 22, n.º 3, octubre de 2021

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Boletín mensual regional N° 06 Cauca*. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2021/09/CAUCA-2018.pdf>, 1.

Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz). (2021). *Fungicida Carbendazim*. http://fedearroz.com.co/new/agroquimicos_pages/carbendazim.php?imagen=carben.jpg#:~:text=Modo%20de%20acci%C3%B3n%20Interfiere%20en,Inhibe%20la%20s%C3%ADntesis%20de%20betatubulinas.

Fondo Nacional de Fomento de la Papa (FEDEPAPA). (2017). Informe de gestión año 2017. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2022/02/INFORME-DE-GESTION-VIGENCIA-2017.pdf>

Fondo Nacional de Fomento de la Papa (FEDEPAPA). (2021). Informe de gestión año 2021. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2022/05/INFORME-DE-GESTION-VIGENCIA-2021.pdf>

Fondo para el financiamiento del sector agropecuario (FINAGRO). (2018). *Informe de gestión sostenible*. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/informe_de_gestion_finagro_2018_final_0.pdf

González García, M. (2008). Reseña de “Aspectos de sistemática y biología del complejo *rhizoctonia*”. *Fitosanidad* 12(3), 147-159.

- Mateus-Rojas, K.D. (2020). *El cultivo de pappastusa (Solanum tuberosum subespecie indígena) como alternativa productiva en la agricultura familiar del corregimiento La Granja (Sucre, Santander)*. [Tesis de pregrado. Universidad de La Salle].
https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/201/
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. (2019). *Estrategia de ordenamiento de la producción cadena productiva de la papa y su industria*.
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Normatividad/Plan%20de%20Ordenamiento%20papa%202019-2023.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI). (2018). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de papa*. file:///C:/Users/repar/Downloads/ficha-tecnica01-cultivo-papa.pdf
- Molina, O. (2009). La papa: Diversos elementos que intervienen en la cuantificación de su costo de producción. *Actualidad Contable Faces*, 12(18), 73-80
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). *Manejo agronómico*. fao.org/3/a1359s/a1359s03.pdf
- Polak, M. S. (2012). *Guía de monitoreo de reconocimiento de plagas, enfermedades y enemigos naturales del tomate y pimiento*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp_guia_de_monitoreo_2012bdt22.pdf.
- SummiAgro. (2021). *Mecanismo de acción de Thifluzamide*. SummiAgro
http://www.summitagro.com.co/web/upload/archivo/archivo_347589852_4_2018468642.pdf.
- Totoró, (2016 - 2019). Ubicación geográfica del municipio de Totoró.
<https://www.google.com/search?q=totoro+gabriel+lopez+mapa+en+cauca&tbm=isch&ved=2ahUKEwirwKmEovPyAhWtqoQIHWKvAIwQ2-cCegQIABAA#imgrc=jWzThw7SY5AyqM>. Obtenido de

<https://www.google.com/search?q=totoro+gabriel+lopez+mapa+en+cauca&tbm=isch&ved=2ahUKEwirwKmEovPyAhWtqoQIHWKvAIwQ2-cCegQIABAA#imgrc=jWzThw7SY5AyqM>

Apéndices

Apéndice A

Fotografía desinfección para control de Rhizoctonia en siembra



Apéndice B

Fotografía evaluación de germinación y desyerba



Apéndice C

Fotografía de planta con síntomas de Rhizoctonia en germinación



Apéndice D

Fotografía evaluación desarrollo antes de desyerba



Apéndice E

Fotografía aplicación en drench para desyerba control de Rhizoctonia



Apéndice F

Fotografía evaluación de platas T2 antes de desyerba



Apéndice G

Fotografía planta T1 afectada por Rhizoctonia



Apéndice H

Fotografía productos químicos con registro para control de Rhizoctonia



Apéndice I

Fotografía fertilización edáfica para desyerba



Apéndice J

Fotografía de planta con síntomas aéreos de ataque de Rhizoctonia



Apéndice K

Fotografía método de inundación para evaluación de llenado



Apéndice L

Fotografía evaluación de llenado



Apéndice M

Fotografía síntomas aéreos de Rhizoctonia



Apéndice N

Fotografía cosecha de plantas T1 baja producción



Apéndice O

Fotografía de toma de datos



Apéndice P

Fotografía con T2 cosecha de excelente producción

