



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Aplicación de polisulfuro de calcio como método preventivo del moho gris
(*Botrytis cinerea*) en el cultivo de tomate riñón variedad Michaela bajo
invernadero**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Pedro Paul Pesantez Pacheco

C.I: 0107440513

Correo electrónico: pedropaulpesantezpacheco@gmail.com

Director:

Ing. Walter Iván Larriva Coronel MSc.

C.I: 0101770865

CUENCA – ECUADOR

22-octubre-2021



RESUMEN:

Según estimaciones la FAO, el tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) es la hortaliza más importante y consumida a nivel mundial por su alto contenido nutricional. En Ecuador se lo considera un producto de la canasta básica familiar y representa la fuente de ingreso económico para pequeños y medianos productores. La producción de dicho cultivo es gravemente afectado por la agresión de distintos hongos fitopatógenos como *Botrytis cinerea* que perjudica significativamente ocasionando pérdidas hasta del 100 %, los controladores principalmente son fungicidas sintéticos, pero estudios actualizados evidencian menor efectividad de control debido a: uso repetitivo, dosificaciones incorrectas y resistencia desarrollada, es por ello que a través de productos alternativos se pretende disminuir el uso de fungicidas sintéticos. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la dosis óptima de polisulfuro de calcio para el control de *Botrytis cinerea*, los resultados varían entre tratamientos en cuanto a incidencia y severidad de la enfermedad, la menor incidencia (50 %) y severidad (17.19 %) se obtuvo con polisulfuro de calcio al 5 %. Los costos de aplicación del polisulfuro de calcio al 5 % se determinó en \$ 2.32 por ciclo. La aplicación de distintas dosis de polisulfuro de calcio y su testigo (boscalid) no presentaron una diferencia significativa referente a la incidencia, pero si en la severidad de la enfermedad destacándose el tratamiento testigo (boscalid) con un menor porcentaje de severidad (7,81 %).

Palabras clave: Polisulfuro de calcio. FAO. Incidencia. Severidad. *Solanum lycopersicum*. Agresión. *Botrytis cinerea*. Fungicidas Sintéticos. Efectividad.

**ABSTRACT:**

According to FAO estimates, the tomato (*Solanum lycopersicum*) is the most widely consumed vegetable worldwide due to its high nutritional content. In Ecuador it is considered a product of the basic family basket and represents the source of economic income for small and medium farmers. The production of this crop is seriously affected by the different pathogenic fungi such as (*Botrytis cinerea*) that significantly damages the crop causing losses up to 100%. Control of the disease is mainly achieved using synthetic fungicides, but updated studies show this type of control is becoming less effective due to: repetitive use, incorrect dosages and resistance developed, that is why through alternative products is intended to reduce the use of synthetic inputs. The present research was conducted with the objective of evaluating the optimal dose of calcium polysulfide for the control of (*Botrytis cinerea*), the results vary between treatments in terms of incidence and severity of the disease, the lowest incidence (50 %) and severity (17.19 %) was obtained with calcium polysulfide at 5%. Application costs of the was \$ 2.32 per cycle. The application of different doses of calcium polysulphide did not present a significant difference regarding the incidence compared to the control treatment (boscalid), but the severity of the disease in the control treatment was lower (7,81 %).

Keywords: Calcium polysulfide. FAO. Incidence. Severity. *Solanum lycopersicum*.

Aggression. *Botrytis cinerea*. Synthetic input. Effectiveness.



TABALA DE CONTENIDO

RESUMEN:	2
ABSTRACT:	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE IMAGENES.....	8
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo general.....	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. HIPÓTESIS	16
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
4.1. Antecedentes	16
4.2. Fenología del cultivo.....	18
4.3. Condiciones edafoclimáticas	19
4.4. Manejo agronómico del tomate de mesa	20
4.5. Variedad.....	20
4.6. Enfermedades del tomate de mesa.....	20
4.6.1. Taxonomía de <i>Botrytis cinerea</i> (podredumbre gris en tomate).....	21
4.6.2. Generalidades de <i>Botrytis cinerea</i>	21
4.7. Polisulfuro de calcio (Caldo sulfocálcico).....	23
4.8. Boscalid (Cantus® WG)	25
5. MATERIALES Y METODOS	25
5.1. Área de estudio	25
5.2. Manejo del experimento	27
5.2.1. Metodología para (objetivo específico 1) evaluar la dosis optima de polisulfuro de calcio al 2.5, 5 y 7.5 % para prevenir moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>) en tomate riñón variedad Michaela en condiciones de invernadero.	27
5.2.2. Metodología para (objetivo específico 2) analizar los costos de los tratamientos	30
5.3. Diseño experimental	30
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32



6.1. Análisis de la incidencia de <i>Botrytis cinerea</i> ante la aplicación de polisulfuro de calcio y boscalid (Cantus)	32
6.2. Análisis de la severidad de <i>Botrytis cinerea</i> ante la aplicación de polisulfuro de calcio y boscalid (cantus).....	35
6.3. Análisis de los costos de los tratamientos.....	36
7. CONCLUSIONES	38
8. RECOMENDACIONES	39
9. BIBLIOGRAFÍA.....	39
10. ANEXOS	43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fungicidas usados para el control de <i>Botrytis cinerea</i>	17
Tabla 2. Fenología del cultivo de tomate de invernadero.....	19
Tabla 3. Taxonomía de <i>Botrytis cinerea</i>	21
Tabla 4. Fórmulas para la elaboración de Polisulfuro de calcio.....	23
Tabla 5. Coordenadas UTM PSAD 56	25
Tabla 6. Dosis de aplicación de los tratamientos.....	28
Tabla 7. Escala para evaluar el nivel de severidad de moho gris causado por <i>Botrytis cinerea</i>	29
Tabla 8. Características de la unidad experimental	30
Tabla 9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilks y prueba de Levene	32
Tabla 10. ANOVA para la variable incidencia de <i>Botrytis cinerea</i>	33
Tabla 11. ANOVA para la variable severidad de <i>Botrytis cinerea</i>	35
Tabla 12. Medias de los tratamientos de la variable severidad.....	35
Tabla 13. Costos para la elaboración de 10 L de polisulfuro de calcio	37
Tabla 14. Costos de los tratamientos	37



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las unidades experimentales	31
Figura 2. Porcentaje de incidencia causado por <i>Botrytis cinerea</i> a lo largo de la investigacion.....	33



ÍNDICE DE IMAGENES

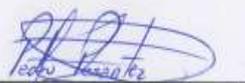
Imagen 1. Fases fenológicas del cultivo de tomate riñón.....	19
Imagen 2. Síntomas de <i>Botrytis cinerea</i> A: Necrosis en el tallo, presenta necrosis al rededor del tallo. B: pudrición del fruto, descomposición blanda y acuosa de color gris en el fruto. C: canchales sobre el tallo: quiebre y muerte de la planta	33
Imagen 3. Cantus y Polisulfuro de calcio usados para los tratamientos.....	43
Imagen 4. Purificación de <i>Botrytis cinerea</i> y elaboración de agar papa dextrosa.....	44
Imagen 5. Siembra de <i>Botrytis cinerea</i> en medio agar papa dextrosa.....	44
Imagen 6. Materiales para la elaboración de polisulfuro de calcio	44
Imagen 7. Coloración óptima del polisulfuro de calcio y envasado.....	45
Imagen 8. Inoculación del cultivo con esporas de <i>Botrytis cinerea</i>	45
Imagen 9. Desarrollo del cultivo en el transcurso del experimento	46
Imagen 10. Síntomas de <i>Botrytis cinerea</i>	47



Cláusula de Propiedad Intelectual

Pedro Paul Pesantez Pacheco, autor del trabajo de titulación "Aplicación de polisulfuro de calcio como método preventivo del moho gris (*Botrytis cinerea*) en el cultivo de tomate riñón variedad Michaela bajo invernadero", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de octubre de 2021



Pedro Paul Pesantez Pacheco

C.I: 0107440513



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Pedro Paul Pesantez Pacheco en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Aplicación de polisulfuro de calcio como método preventivo del moho gris (*Botrytis cinerea*) en el cultivo de tomate riñón variedad Michaela bajo invernadero**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de octubre de 2021.

Pedro Paul Pesantez Pacheco

C.I.: 0107440513



AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón a los docentes de la facultad de ciencias agropecuarias por brindarme su ayuda, conocimientos y experiencias durante mi formación académica, pero en especial quiero dar las gracias al Ing. Walter Larriva M.Sc. por su gran apoyo para realizar la presente investigación. Agradezco también a mi familia por ayudarme económica y moralmente a concluir con mi vida profesional y a la Universidad de Cuenca por haberme permitido estar en sus aulas mismas que me formaron para ser un futuro profesional lleno de sueños y metas por alcanzar muchas gracias.

Pedro Pesantez P.



DEDICATORIA

Dedico a toda mi familia, mi madre Martha Pacheco por ayudarme y motivarme a culminar con mi vida profesional, mi esposa Angie e hija Paulina que son mi fuente de inspiración para superarme cada día más y a mis hermanos José, Pablo y Pedro por su apoyo incondicional, gracias.

Pedro Pesantez P.



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

PDC: Polisulfuro de calcio

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

m s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

ha: Hectáreas

cc: Centímetros cúbicos

L: Litros

g: Gramos

°C: Grados centígrados

HR: Humedad Relativa

°Be: Grados Baumé

Kg: Kilogramos

mm: Milímetros

m²: Metros cuadrados

mL: Mililitros

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

DBCA: Diseño Experimental de Bloques completamente al Azar

UE: Unidad Experimental

ANOVA: Análisis de varianza



1. INTRODUCCIÓN

Según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (por sus siglas en inglés), la hortaliza más cultivada e importante a nivel mundial es el tomate de mesa, siendo las dos principales fuentes de consumo su presentación en fresco e industrializado (INIA, 2017).

Este cultivo es producido en zonas tropicales, valles y zonas andinas que va desde el nivel del mar hasta los 3200 m s. n. m. (Chicaiza, 2014). A nivel mundial la producción de tomate para el 2018 fue de 182, 258.016 millones de toneladas, siendo los principales países productores China, India, Nigeria, Turquía, Egipto entre otros (FAOSTAT, 2020).

En Ecuador el tomate de mesa constituye un producto fundamental de la canasta básico familiar, siendo este cultivado principalmente por pequeños y medianos productores, quienes a su vez lo poseen como su primordial fuente de ingreso económico (SINAGAP, 2013).

En Ecuador la producción de esta hortaliza se da generalmente bajo condiciones controladas de invernadero. Según el INEC (1965 a 1997 y 2002) en Ecuador la demanda de tomate comenzó desde 1965 con 25 t/ha pero para 1997 disminuyó a 9,7 t/ha y nuevamente se recuperó para el 2002 con 22 t/ha, este desbalance productivo se debió al incremento de la incidencia de enfermedades, insectos plaga y nematodos agalladores. La recuperación del rendimiento para el 2002 inicio a partir del año 2000 con 400 ha cultivadas bajo cubiertas plásticas (invernadero) en la sierra, presentando un constante crecimiento y desarrollo tecnológico (AGRIPAC, 2000); (Sanchez, 2007).

Sin embargo, la producción de dicho cultivo se ve gravemente afectada por la agresión de distintos hongos fitopatógenos (Chicaiza, 2014). Una de las principales enfermedades de este cultivo es *Botrytis cinerea* que causa necrosis en tallos y hojas, momifica, pudre



y descompone frutos maduros e inmaduros, causando pérdidas económicas hasta de un 100 % si no se realiza un control a tiempo (Narayanasamy, 2006). El principal método de control de esta enfermedad son los fungicidas como: Cenomil (Pilarben O.D.), Carbendazim (Luxazim 50 SC), Clorotalonil (Daconil Ultrex)) entre otros, pero estudios actualizados evidencian una menor efectividad debido al uso repetitivo y dosificaciones incorrectas ocasionando resistencia por parte del patógeno (Esterio y Auger, 1977).

Una de las alternativas para disminuir el uso de los agroquímicos es buscar productos alternativos que promuevan la seguridad ambiental y social (Soto G. , 2008). La búsqueda de estas moléculas ha llegado a la elaboración de productos fitoprotectores como el polisulfuro de calcio o comúnmente llamado “caldo sulfocálcico” (Campanhola y Bettioli, 2013), obtenido del tratamiento térmico del azufre y el hidróxido de calcio, su función es penetrar el micelio del hongo afectando el complejo respiratorio resultando tóxico para el mismo, (Holb y Schnabel, 2008), Una de las cualidades de este producto es que no genera resistencia por parte del hongo debido a su modo de acción (Smilanick y Sorenson, 2013).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de la aplicación de polisulfuro de calcio a diferentes dosis como método preventivo del moho gris (*Botrytis cinerea*) en el cultivo de tomate riñón variedad Michaela bajo condiciones de invernadero.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la dosis óptima de polisulfuro de calcio al 2.5, 5 y 7.5 % para prevenir moho gris (*Botrytis cinerea*) en tomate riñón variedad Michaela en condiciones de invernadero.
- Analizar los costos de los tratamientos aplicados.



3. HIPÓTESIS

Ho: Ninguno de los tratamientos evaluados presentan diferencia a la aplicación de polisulfuro de calcio y boscalid (Cantus, ®).

Ha: Al menos uno de los tratamientos evaluados presenta diferencia a la aplicación de polisulfuro de calcio y boscalid (Cantus, ®).

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Antecedentes

El tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) pertenece a la familia de las Solanáceas, su origen se ubica en la región sudamericana andina, aunque su domesticación está registrada en México, país que distribuyó la especie por el mundo. (Vergani, 2002; Jenkins, 1948; Rick y Fobes, 1975; Peralta y Spooner, 2007).

Esta hortaliza posee un alto contenido de vitaminas A y C junto con aminoácidos y ácidos orgánicos. A nivel mundial es consumida en estado fresco, conservado al natural o transformado en algún producto (puré, pasta, ketchup y salsas) (Suquilanda, 2003).

Las cubiertas plásticas o invernaderos instalados en la región andina, permite obtener una alta productividad y una baja incidencia a plagas y enfermedades. El manejo incorrecto del cultivo y condiciones edafoclimáticas dentro de las instalaciones favorece al desarrollo de plagas y enfermedades, mismas que al no ser controladas a tiempo repercutirá en una baja producción (Agrios, 1998).

Las enfermedades son el resultado de la interacción de patógeno, hospedero y ambiente. La prevención y el control de las enfermedades en un invernadero es complejo ya que se requiere un conocimiento de la ecología del patógeno y que tipo de mediada de



control aplicar (Bernal, 2010). *Botrytis cinerea* es un hongo de mucha importancia debido a que ataca varios cultivos como tomate riñón, hortalizas, viñedos, cultivos de fresas, plantas ornamentales, frutales entre otros (Capelo y Roche, 2010).

En Ecuador el principal método de control y prevención de esta enfermedad es la aplicación de fungicidas como:

Tabla 1. Fungicidas usados para el control de *Botrytis cinerea*

Nombre Comercial	Nombre común	Dosis cc/L o g/L
Pilarben O.D.	Benomil	0.6 g/L
Cantus WG	Boscalid	0.5 g /L
Luxazim 50 SC	Carbendazim	2.00 cc ³ /L
Daconil Ultrex	Clorotalonil	5.50 cc ³ /L
Tacora 25 EW	Tebuconazole	1.25 cc ³ /L
Mertect 500 SC	Tiabendazol	1.00 cc ³ /L
Scala 40 SC	Pyrimethamil	1.50 cc ³ /L
Rovral 500 SC	Iprodione	1.50 g/L
Sportak 45 EC	Procloraz	0.8 cc ³ /L
Score 250 EC	Pifenoconazol	0.8 cc ³ /L
TRI – KO - FUN	<i>Trichoderma harzianum</i>	4.0 cc ³ /L

Fuente: (Capelo y Roche, 2010).

Elaboración: Pesantez, 2021

Un buen control agrotécnico está constituido de normas que ayudan a prevenir la infestación de enfermedades como *Botrytis* (Capelo y Roche, 2010) entre estas pautas están:

- Higiene del área de producción, residuos de cosechas anteriores, plantas hospederas, etc.
- Evitar lastimar la planta al momento de las labores del cultivo.



- Desinfección de las herramientas previo al uso de estas dentro del cultivo.
- Mantener una buena ventilación evitando la humedad sobre la planta y más aún sobre las heridas que posea la misma.
- Manejar una correcta distancia de siembra entre surcos y plantas, evitando un cultivo muy denso y sin disminuir la luminosidad.
- Evitar una alta humedad relativa y bajas temperaturas.
- Retirar restos de cultivo y plantas afectadas por *Botrytis* dentro y a los alrededores del invernadero.

Para el control biológico se usa diversos hongos como: *Trichoderma spp.*, *Coniothyrium spp.*, *Gliocladium sp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*, *Verticilium Spp.*, también se usa bacterias y nematodos como: antagonistas de *B. cinérea*. Además, se puede aplicar Bacilux (1 – 1.2 cc/L), Kamilforte (1.5 – 2.2 cc/L) (Edifarm, 2008).

4.2. Fenología del cultivo

El ciclo del cultivo está determinado por variables como: condiciones climáticas, suelo, manejo del cultivo, numero de racimos y variedad a utilizar (FAO, 2002).

Dicho ciclo está constituido por las fases vegetativa y productiva; la fase vegetativa inicia desde la siembra en semillero, germinación, emergencia y trasplante a campo tomando como referencia de tres a cuatro hojas verdaderas de la plántula, entre 30 a 35 días después de la siembra y a partir del trasplante hasta el inicio o aparición del primer racimo floral. La fase reproductiva se inicia desde la formación del botón floral, que ocurre entre los 30 a 35 días después del trasplante, llenado del fruto que dura aproximadamente 60 días para el primer racimo, iniciándose la cosecha a los 90 días con una duración de tres meses para una cosecha de 8 a de 10 racimos. En total la fase reproductiva tiene una duración de 180 días aproximadamente (FAO, 2002).

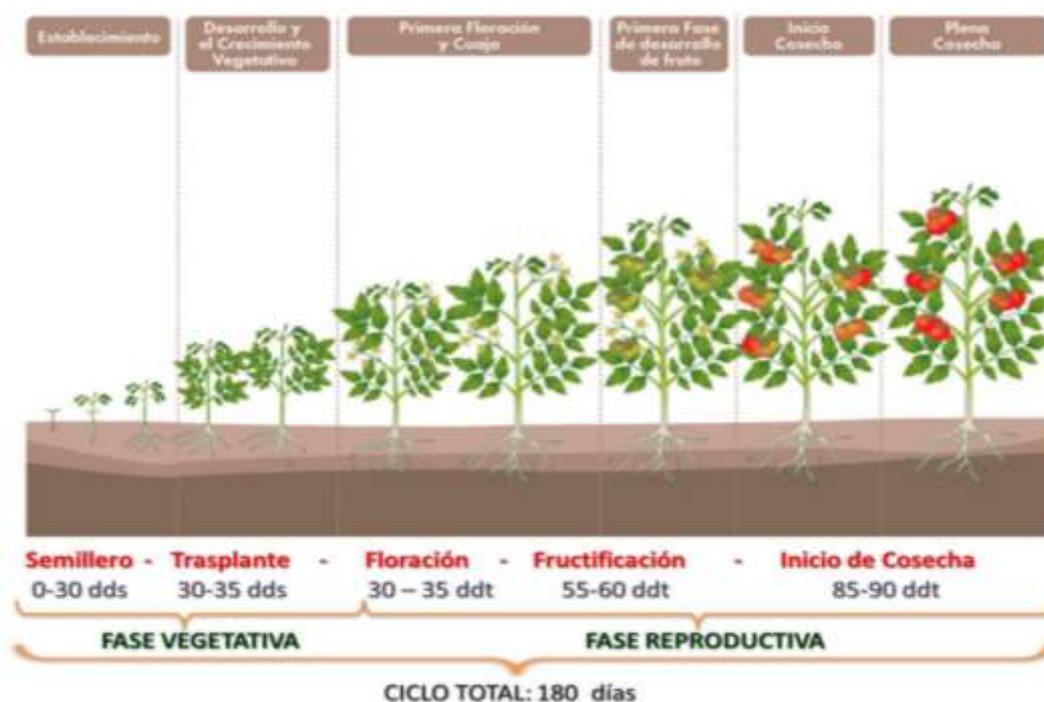
Tabla 2. Fenología del cultivo de tomate de invernadero

Fase vegetativa	Siembra	30 – 35 días
	Germinación	
	Emergencia	
	Transplante	
Fase reproductiva	Formación del botón floral	30 – 35 días
	Llenado del fruto	60 días
	Cosecha	90 días

Fuente: (FAO, 2002)

Elaboración: Pesantez, 2021

Imagen 1. Fases fenológicas del cultivo de tomate riñón



Fuente: (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Zapata, y Rengifo, 2007).

Elaboración: Pesantez, 2021

4.3. Condiciones edafoclimáticas

El cultivo de tomate se desarrolla muy bien en la variación de temperaturas, aunque su rango óptimo para el crecimiento es de 21 a 27 °C, para el cuajado del fruto durante el día está entre los 23 a 26 °C y durante la noche entre 14 a 17 °C (FAO, 2002). Una humedad relativa (HR) ideal para el crecimiento y fertilidad del cultivo debe ser de 65 a 75 % (FAO, 2002). Los días soleados son muy importantes para el desarrollo y coloración uniforme del fruto además que ayuda al control de enfermedades, (Cardenas, 2012).



4.4. Manejo agronómico del tomate de mesa

El momento ideal para el trasplante se da cuando las plántulas poseen de 3 a 4 hojas verdaderas (30 días de edad) y la densidad de siembra depende del marco de plantación elegido. El sistema de plantación con dos tutores o doble hilera, la distancia entre plantas es de 50 cm y 100 cm entre hileras, dejando un camino de 80 cm (FAO, 2013).

El marco de plantación del cultivo de tomate de mesa se encuentra en función del tamaño de la planta y variedad que pueden ser: 1.10 a 1.50 m entre líneas o surcos y de 30 a 50 cm entre plantas (Paredes, 2009).

4.5. Variedad

➤ **Michaela FA - 1903**

Michaela es la nueva generación de la dinastía Daniela y Dominique de la casa Hazera. Es una variedad de crecimiento indeterminado, muy productiva con plantas vigorosas, follaje con buena ventilación y muy tolerantes a (nematodos y crown rot). Su fruta es de mayor tamaño con una vida muy prolongada y racimos uniformes. Sus frutos poseen un peso promedio de 180 a 240 gramos de forma achatada profunda. Es resistente al Virus del Mosaico del Tabaco (Tmv), nematodos (N) y *Fusarium* razas 1 y 2 (Colango, 2017).

4.6. Enfermedades del tomate de mesa

El tomate de mesa al ser un cultivo de producción masiva, está sometido a plagas y enfermedades, siendo sus principales enfermedades: tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*), fusarium o marchites fungosa (*Fusarium oxysporum*), pudrición de la base del tallo por Fusarium (*Fusarium solani*), mildiu



polvoriento (*Oidium lycopersicum*), Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) y sus principales insectos plagas son: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), gusano gris (*Agrotis spp*), gusano del fruto (*Helicoverpa sp*), áfidos o pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis gossypii*), trips (*Frankliniella occidentalis*), gusano alfiler o polilla del tomate (*Tuta absoluta*), minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*) (López, 2016).

4.6.1. Taxonomía de *Botrytis cinerea* (podredumbre gris en tomate)

Tabla 3. Taxonomía de *Botrytis cinerea*

Fase sexual		Fase asexual	
Reino	Fungi	Reino	Fungi
División	Ascomycota	División	Ascomycota
Clase	Ascomycetes filamentosos	Clase	Ascomycetes filamentosos
Genero	<i>Botryotinia</i>	Subclase	Deuteromycetes
Especie	<i>funkeliana</i>	Genero	<i>Botrytis</i>
		Especie	<i>cinerea</i>

Fuente: (Agrios G. N., 1997).

Elaboración: Pesantez, 2021

4.6.2. Generalidades de *Botrytis cinerea*

Es el hongo saprófito facultativo más importante que ataca a varios cultivos entre ellos al tomate riñón. Si no se logra un control aceptable de la enfermedad se puede producir importantes pérdidas en el cultivo. El ataque de este hongo va a depender de las condiciones microclimáticas que se tenga dentro del invernadero (alta humedad relativa, bajas temperaturas, presencia de agua sobre los tejidos de la planta y poca circulación del viento), los productores se ven obligados en algunas épocas del año aplicar fungicidas hasta dos o tres veces por semana para el control de la enfermedad (Bernal, 2010).



Este hongo ataca todas las partes vegetativas de la planta, formando sobre los tejidos atacados un moho de color gris, las esporas al ser agitadas por las prácticas de manejo o el viento, produce una dispersión importante de la enfermedad (Bernal, 2010).

Los síntomas se observan a inicio de la floración en los pétalos de la flor infectada, al caer la flor infecta a cualquier órgano vegetativo de la planta como hojas, tallos o frutos. Cuando las condiciones ambientales no son favorables para el desarrollo del hongo este deja una mancha denominada como “mancha fantasma” (Bernal, 2010).

Condiciones para el desarrollo

- La humedad relativa óptima para el desarrollo de la enfermedad oscila alrededor del 90 % en adelante y la temperatura entre 24 °C a 28 °C es ideal para el desarrollo de éste, pero puede crecer entre los 0 °C a 35 °C (Daughtrey, Wick, y Peterson, 1995)
- Regar a bajas temperaturas produce un shock en los plantines que predispone el ataque del patógeno *Botrytis cinerea* (Bernal, 2010).

Este hongo se encuentra distribuido por todo el mundo, posee un amplio rango de hospederos. Sobrevive en el suelo o en residuos de plantas enfermas por largos periodos e infecta al tejido a través de heridas que tenga la planta (López, 2016).

El tipo y cantidad de pérdidas que ocasiona la enfermedad varía de acuerdo con la variedad del cultivo, la localidad, el ambiente, las medidas de control que se practica, etc. Las pérdidas del cultivo varían de un 0 al 100 %, las pérdidas comunes se dan alrededor del 25 %. En poscosecha, las pérdidas también son muy elevadas debido a los daños mecánicos que se producen durante el cultivo, cosecha, manipulación y transporte (Narayanasamy, 2006).



4.7. Polisulfuro de calcio (Caldo sulfocálcico)

Es un producto muy usado en la agricultura alternativa obteniendo excelentes resultados. Se obtiene de la mezcla de azufre, cal y agua. El polisulfuro de calcio fue empleado por primera vez en el baño de animales vacunos contra la sarna en 1886 en California comprobando su viabilidad como un producto con características insecticidas (Aramendy, 2011).

Es usado para prevenir y controlar hongos, cochinillas, pulgones, trips y como abono foliar, ahuyentar algunos insectos y mata ácaros (arañitas rojas). Existe muchas fórmulas para preparar este producto, teniendo en cuenta la relación que debe existir entre el azufre y la cal que son de 1 lb de cal por 2 a 2 ¼ de azufre, en la mayoría de las fórmulas los productos van en dicha proporción (Restrepo, 2007). Las fórmulas más comunes son:

Tabla 4. Fórmulas para la elaboración de Polisulfuro de calcio

Formula No.1	
Para obtener de 32 a 34 ° Baumé (Be)	
Ingredientes	Cantidad
Cal viva	80 lb
Azufre comercial molido	160 lb
Agua	50 galones

Formula No.2	
Para obtener de 27 a 28 ° Baumé (Be)	
Ingredientes	Cantidad
Cal viva	50 lb
Azufre comercial molido	100 lb
Agua	50 galones

Formula No.3	
Para obtener de 23 a 24 ° Baumé (Be)	
Ingredientes	Cantidad
Cal viva	50 lb



Azufre comercial molido	100 lb
Agua	65 galones

Fuente: (Restrepo, 2007)
Elaboración: Pesantez, 2021

La fórmula más utilizada actualmente desde 1902 son 20 kg de Azufre en polvo, 10 kg de cal viva y 100 L de agua. Los materiales para su elaboración son: fogón de leña, balde metálico, paleta de madera (Restrepo, 2007).

Para su preparación, se vierte el agua en el recipiente metálico, esperando hasta que la misma este hirviendo para agregar el azufre y simultáneamente la cal. Revolver constantemente la mezcla hasta que la mismas tome un color vino tinto o color teja de barro o color ladrillo; dejar reposar (enfriar) y guardar en envases oscuros la parte líquida, hasta por 1 año en lugares protegido del sol. Un buen caldo sulfocálcico debe poseer de 25 a 33 °Baumé misma que se le considera como preparación matriz y a partir de la misma se realiza los cálculos para las mezclas con agua para su aplicación, a nivel universal se trabaja con 32 ° Baumé como referencia patrón de un caldo matriz. Generalmente un caldo sulfocálcico con 32 °Baumé (preparación matriz) se puede colocar de 2 % a 10 % en 100 litro de agua dependiendo el tipo de cultivo y su época de aplicación, cuando menos diluido el caldo es más eficiente; sin embargo, también es más peligroso para quemar hojas nuevas y frutos tiernos (Restrepo, 2007).

Para su aplicación se la debe asperjar sobre el follaje del cultivo deseado (Aramendy, 2011). Según Restrepo (2007), se recomienda aplicar 0,5 a 1 L de polisulfuro de calcio en una bomba de 20 L para enfermedades en cebolla, frijol, chile dulce y tomate; este producto se aplica con una frecuencia de 8 a 15 días dependiendo de la incidencia de la enfermedad.



4.8. Boscalid (Cantus® WG)

Es un fungicida sintético granular dispersable en agua eficaz para el control de *Botrytis* en rosas, hortalizas, papa, cacao entre otras. El ingrediente activo es boscalid que inhibe la enzima ubiquinona succinato reductasa ubicada en el complejo II mitocondrial, este producto es de toxicidad IV y su acción sistémica protege el área no tratada cuando es aplicado foliarmente, ya que al penetrar la superficie foliar se trasloca por acción “translaminar” principalmente en la parte más joven y desprotegida, su dosis para el control de *Botrytis cinerea* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) de mesa es de 0.5 g/L (Edifarm, 2021).

5. MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en la granja El Romeral que se encuentra dentro de las coordenadas siguientes (Díaz, 2010).

Tabla 5. Coordenadas UTM PSAD 56

PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	753800	9695300
2	754338	9695300
3	754338	9694296
4	753800	9694296

Fuente: (Díaz, 2010)

Elaboración: Pesantez, 2021

5.1. Área de estudio

La granja El Romeral de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca se encuentra en la provincia del Azuay; Cantón Guachapala entre la quebrada Shuscurren y el cauce del Río Paute. La granja cuenta con una extensión de 29,4 ha, un clima Subtropical Interandino con una temperatura media anual de 17 °C, pero durante el

día puede llegar 34 °C y en la noche a 7°C. Está ubicada a 2200 m s. n. m. y cuenta con una pluviosidad media anual de 750 mm siendo los meses de enero a mayo los de mayor precipitación (Díaz, 2010). Según los estudios realizado por Carla (2021) el rango de temperaturas y humedad relativa dentro de 6 invernaderos experimentales de Guachapala fluctúan entre los 34 a 9,5 °C y 90 a 60 % respectivamente.



Fuente: (Planificación estratégica Granja El Romeral, 2019)

Elaboración: López, 2019



5.2. Manejo del experimento

La investigación fue realizada bajo una cubierta plástica (invernadero) con un área de 39 m² (6,5 x 6 m), mismo que contaba con un sistema de riego por goteo ya establecido.

A continuación, se detallará la metodología realizada para cada variable

5.2.1. Metodología para (objetivo específico 1) evaluar la dosis óptima de polisulfuro de calcio al 2.5, 5 y 7.5 % para prevenir moho gris (*Botrytis cinerea*) en tomate riñón variedad Michaela en condiciones de invernadero.

5.2.1.1. Obtención del material vegetal

El material vegetal, plántulas de tomate variedad Michaela, se obtuvieron en un almacén agropecuario certificado (plántulas libres de patógenos), mismas que contaban con 2 a 3 hojas verdaderas y una altura promedio de 7 cm.

5.2.1.2. Trasplante

El trasplante (plántulas de 30 días) se realizó en 4 camas de 50 cm de ancho por 6,5 m de largo, la distancia fue de 25 cm entre planta por 1,4 m entre fila; la fertilización realizada consistió en 1 kg de bokashi/planta más 6.25 g de Blaukorn (12-8-16) /planta; al inicio de la fructificación se aplicó la misma cantidad de fertilizante mencionada anteriormente. Las camas se dividieron al azar en cuatro tratamientos, polisulfuro de calcio al 2,5 %, polisulfuro de calcio 5 %, polisulfuro de calcio 7,5 % y un testigo con Boscalid (Cantus).

5.2.1.3. Elaboración de Polisulfuro de Calcio

Para la elaboración de 10 L de Polisulfuro de Calcio se utilizó 2 kg de Azufre al 100 %, 1 kg de hidróxido de calcio, 10 L de agua, una carga de leña y una cuchara grande de madera. En un recipiente metálico de 25 L se agregó 10 L de agua, el cual fue llevado al fuego; entre tanto, en un recipiente plástico se cierne el hidróxido de calcio y azufre



para la extracción de impurezas procediendo a mezclarlo. Cuando se presentó el hervor del agua se agregó la mezcla (azufre e hidróxido de calcio) lentamente para continuar con movimientos constantes del preparado, una vez que éste se tornó de color vino se extrajo el recipiente del fuego dejándolo reposar hasta estar completamente frío. El caldo fue envasado en recipientes oscuros y almacenado en una bodega con ausencia de luz.

5.2.1.4. Obtención del patógeno *Botrytis cinerea*

Se accedió a un cultivo de tomate riñón donde se extrajo partes vegetativas contaminadas con el hongo, el cual fue colocado en bolsas plásticas y llevado al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Cuenca para su identificación y aislamiento. Una vez aislado el patógeno se procedió a purificarlo (extraer un fragmento del micelio y colocarlo en una nueva caja) con cinco repeticiones teniendo en cuenta las características del hongo para su identificación (color gris-marrón), seguido se procedió a realizar un cultivo monosporal en 20 cajas Petri con agar para dextrosa.

5.2.1.5. Aplicación de los tratamientos e inoculación de *Botrytis cinerea*

El polisulfuro de calcio y el boscalid (Cantus) fueron aplicados cada 8 días desde la floración del cultivo (36 días después del trasplante) hasta mediados de la cosecha (90 días). En los tratamientos se asperjo las siguientes dosis:

Tabla 6. Dosis de aplicación de los tratamientos

TRATAMIENTOS	PDC al 2,5 %	PDC al 5 %	PDC al 7,5 %	Cantus
DOSIS PARA 4 L DE AGUA	100 mL	200 mL	300 mL	2 g

Elaboración: Pesantez, 2021

Con el fin de garantizar la presencia de la enfermedad se inoculó al cultivo con esporas de *Botrytis cinerea* obtenidas del laboratorio, se disolvió y aplicó 1×10^6 UFC



(Unidad Formadora de Colonias) en 5 L de agua esterilizada 3 días después de haber aplicado los tratamientos en la floración y el mismo criterio se utilizó en la fructificación.

5.2.1.6. Tutorado

A los 40 días después del trasplante se realizó el tutorado de las plantas que tenían una altura promedio de 55 cm.

5.2.1.7. Variables evaluadas para determinar la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea*

Incidencia (%): Se empleó la fórmula propuesta por Townsend y Heuberger (1943).

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Numero de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas observadas}} \times 100$$

La severidad de la enfermedad se evaluó de forma visual mediante la escala arbitraria propuesta por Townsend y Heuberger (1943)

Tabla 7. Escala para evaluar el nivel de severidad de moho gris causado por *Botrytis cinerea*

Escala	Daño de la planta (%)	Descripción del daño
0	Sin daño	Daños ausentes
1	1 -15	Manchas leves en mínimas hojas (3 -6) y tallo.
2	16 – 40	Manchas en hojas y tallo distribuidas en casi la mitad de la planta con 1 a 3 frutos infectados
3	41 – 55	Casi la mitad de las hojas afectadas al igual que el tallo y con 4 a 6 frutos infectados
4	66 - 100	Gran parte de la planta afectada (> 75 %), frutos pequeños y aguachentos, planta seca en su mayoría

Fuente: (Townsend y Heuberger, 1943)



Elaboración: Pesantez, 2021

Severidad (%): Se empleó la fórmula de propuesta por Townsend y Heuberger (1943).

$$p = \left[\sum \frac{(n * v)}{(CM * N)} * 100 \right]$$

Dónde:

- p = Media ponderada de la severidad
- n = Número de plantas por cada clase de la escala
- v = Valor numérico de cada clase
- CM = Categoría mayor
- N = Número total de plantas evaluadas

5.2.2. Metodología para (objetivo específico 2) analizar los costos de los tratamientos

Se empleó el análisis de presupuesto parcial (costo unitario del producto) donde se indaga los costos de los insumos (hidróxido de calcio, azufre y boscalid) utilizados en base a la unidad, cantidad y tiempo requerido (mano de obra) para la elaboración del producto (Perrin y otros, 1983). Para analizar los costos de los tratamientos se basó en los precios finales de cada tratamiento para ser comparados.

5.3. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) repeticiones, dándonos un total de 16 Unidades Experimentales (UE) y cada UE constituida de seis (6) plantas de tomate, de las cuales se evaluaron las cuatro (4) centrales y dos (2) quedan para efecto de borde.

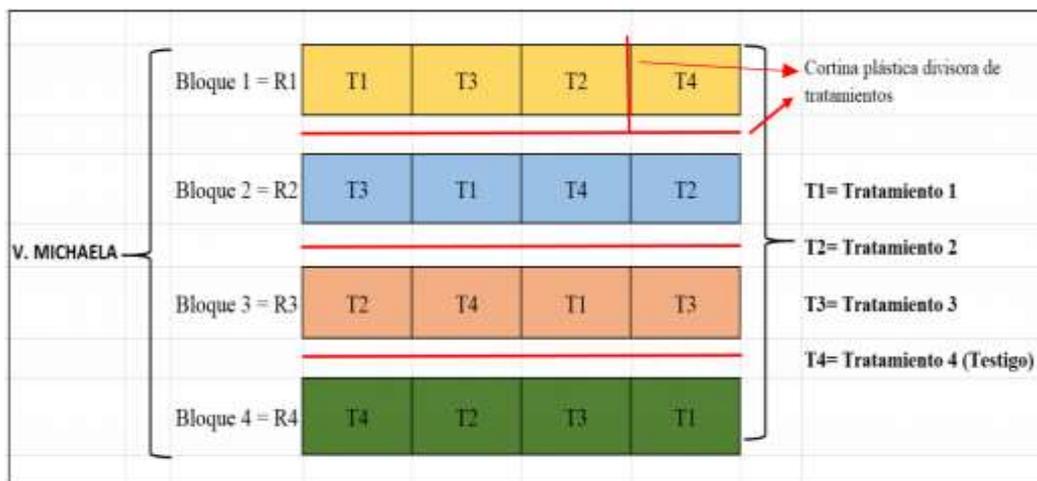
Tabla 8. Características de la unidad experimental

La unidad experimental tuvo las siguientes características	
Forma de la parcela	Rectangular
Medidas de la cama	Largo = 6.5 m

	Ancho = 0.5 m Área total = 3.25 m ²
Formación de la parcela	1 surco
Separación entre planta	0.25 m
Separación entre filas	1.4 m
Área total del ensayo	39 m ²
Número de plantas trasplantadas	96 u
Cantidad de fertilización	12.5 g/planta de Blaukorn (12-8-16), 2 kg/planta de bokashi

Elaboración: Pesantez, 2021

Figura 1. Distribución de las unidades experimentales



Elaboración: Pesantez, 2021

A los datos obtenidos de incidencia y severidad se les aplicó el test de Shapiro-Wilk (normalidad), las variables que no presentaron normalidad se les realizó la transformación hiperbólica inversa de X, adecuada cuando los datos de una investigación son en porcentaje ($p = \arcseno [\sqrt{X/100}]$) donde X es el valor a transformar) (Sokal y Rohlf, 1986), cuando los datos sean normales se continuara con el test de Levene para homogeneidad de varianzas. A las variables incidencia y severidad se les aplicó un ANOVA y una prueba de comparación de Tukey al 5% para verificar si existe diferencia entre tratamientos. Para analizar los costos de los tratamientos se realizó estadística descriptiva (media, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, mínimo y



máximo) a los tratamientos con polisulfuro de calcio donde la media obtenida se comparó con el testigo. El análisis estadístico se lo realizó con el software Infostat versión 2008.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk se evaluó la normalidad en los datos, al no obtener el supuesto en la variable incidencia se le aplicó la transformación hiperbólica, para determinar nuevamente con la prueba de Shapiro-Wilk que las variables incidencia y severidad cumple con el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas según “Levene” (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilks y prueba de Levene

Variable	Shapiro-Wilks (Normalidad) p(Unilateral D)	Levene (Homogeneidad de varianza)
Incidencia	0.7067	0.6893
Severidad	0.2326	0.6750

El (p-valor) > 0,05 indica normalidad en los residuos y homogeneidad de varianzas.

Fuente: Infostat

Elaboración: Pesantez, 2021

6.1. Análisis de la incidencia de *Botrytis cinerea* ante la aplicación de polisulfuro de calcio y boscalid (Cantus)

A lo largo del experimento *Botrytis cinerea* presentó síntomas como necrosis en tallos, frutos podridos y canchales sobre el tallo, algunos síntomas se encuentran en la imagen 2. De acuerdo al ANOVA aplicado a los datos de la variable incidencia entre tratamientos, no se presentó una diferencia significativa entre los mismos con un valor $p=0.1746$ (Tabla 10). El tratamiento con polisulfuro de calcio al 2.5 % fue el más afectado con un 68.8 %, los tratamientos con polisulfuro de calcio al 5 y 7.5 % presentaron una

incidencia de 50% y 56.3 % respectivamente, el tratamiento menos afectado fue el testigo (Boscalid) con 31.3 % (Figura 2).

Tabla 10. ANOVA para la variable incidencia de *Botrytis cinerea*

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	0.56	3	0.19	1.96	0.1746
Tratamientos	0.56	3	0.19	1.96	0,1746
Error	1.15	12	0.10		
Total	1.71	15			



Imagen 2. Síntomas de *Botrytis cinerea* **A:** Necrosis en el tallo, presenta necrosis al rededor del tallo. **B:** pudrición del fruto, descomposición blanda y acuosa de color gris en el fruto. **C:** canchros sobre el tallo: quiebre y muerte de la planta



Figura 2. Porcentaje de incidencia causado por *Botrytis cinerea* a lo largo de la investigación



Según los resultados obtenidos de incidencia en la aplicación de polisulfuro de calcio (PDC) para el control de *Botrytis cinerea* en el cultivo de tomate riñón, no se ha logrado encontrar estudios similares a lo realizado en el presente trabajo, sin embargo existen experiencias (estudios) sobre la aplicación de polisulfuro de calcio (PDC) en otros cultivos, como los resultados obtenidos por Rojas (2014) en donde aplica distintas concentraciones (275 y 348 g/L) de ingrediente activo (PDC) a distintas dosis (0.5; 1.25; 2.25; 3; 3.75; y 4.5) para evaluar la eficiencia en el control de polisulfuro de calcio sobre el hongo *Neonectria ditissima* del manzano, habiendo obtenido como resultado la existencia de diferencias no significativas entre dosis de aplicación del polisulfuro de calcio en el control de dicho hongo, resultados que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo al no existir diferencias significativas entre las dosis (2.5; 5 y 7.5 %) de polisulfuro de calcio. Trabajos realizados con otras especies patógenas en las cuales se evaluó la acción del polisulfuro de calcio y el testigo (boscalid), como son los resultados obtenidos por Ayala y otros (2015), en el cual comparan la efectividad de diez (10) fungicidas convencionales entre ellos boscalid frente a diez (10) fungicidas biorracionales (fungicidas alternativos) para el control de *Sclerotinia sclerotiorum* en frijol in vitro, obteniendo como resultado que ambos tipos de fungicidas controlaron a dicho hongo, sin ser similar a los resultados obtenidos donde se obtuvo valores altos de incidencia con el polisulfuro de calcio (68,8 %, 56,3 % y 50 % con polisulfuro de calcio al 2,5 %, 7,5 % y 5 % respectivamente) pero relativamente bajo con el químico (31,3 % Cantus) . Aunque los resultados de la investigación realizada no son los esperados (incidencia nula) existen investigaciones como los realizados por Ochoa y otros (2017) en los que obtuvieron una inhibición completa del desarrollo del hongo inoculado con *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao al utilizar polisulfuro de calcio y silicosul-focálcico al 10 %. Según Ayala y Navia (2010) con el uso de fungicidas químicos en combinación con las labores culturales obtuvieron porcentaje de incidencia del 26.74% en frutos de cacao con una



mezcla de: tega 75+ antracol 70+ silvacur 300+ antracol 70, en la presente investigación realizada se obtuvo que el tratamiento control (boscalid) obtuvo una incidencia del 31.3 % indicándonos un valor relativamente alto a comparación del trabajo citado.

6.2. Análisis de la severidad de *Botrytis cinerea* ante la aplicación de polisulfuro de calcio y boscalid (Cantus)

Los datos de la variable severidad analizados con ANOVA presento una diferencia significativa entre tratamientos con un valor $p=0.0405$ (Tabla 11). Mediante la prueba de rangos de Tukey ($\alpha = 0,05$) el tratamiento testigo boscalid (Cantus) presentó una menor severidad, diferenciándose únicamente del tratamiento con polisulfuro de calcio (PDC) al 2.5 %, pero sin diferenciarse de los tratamientos con PDC al 5 y 7.5 % (Tabla 12).

Tabla 11. ANOVA para la variable severidad de *Botrytis cinerea*

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	830.08	3	276.69	3.78	0,0405
Tratamientos	830.08	3	276.69	3.78	0,0405
Error	878.91	12	73.24		
Total	1708.98	15			

Tabla 12. Medias de los tratamientos de la variable severidad

Tratamientos	Medias	Rangos
0.5 g/L Cantus	7,81	A
5 % Polisulfuro de calcio	17,19	A B
7.5 % Polisulfuro de calcio	18,75	A B
2.5 % Polisulfuro de calcio	28,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Referente a los resultados obtenidos para la severidad de la enfermedad (*Botrytis cinerea*) entre tratamientos con polisulfuro de calcio y testigo (boscalid) no se ha encontrado investigaciones similares; sin embargo, un trabajo realizado por Paredes M. (2016) en el cual se evaluó el fungicida ADVANCE 1.25 cc/L y el polisulfuro de calcio



al 10 % aplicados con una frecuencia de 15 días como manejo fitosanitario preventivo de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) trabajo en el cual no hubo diferencias significativas entre tratamientos referente a la severidad interna y externa en frutos de cacao cosechados, la investigación realizada se puede apreciar que no hay diferencia significativa entre los valores más altos con polisulfuro de calcio al 7,5 y 5 % con 18,75 y 17,19 % respectivamente del testigo 28,13 % de severidad. El estudio realizado por Ayala y Navia (2010) donde combinan el uso de fungicidas químicos con labores culturales obteniendo una severidad del 12.05 % en frutos de cacao con tega 75+ antracol 70+ silvacur 300+ antacol 70, la presente investigación realizada muestra que el tratamiento testigo (Cantus) presento una severidad del 7,81 % lo que corrobora que no influye las labores culturales mientras se maneje correctamente el control de la enfermedad.

Según González, López, Hernández, Ulloa, y Moreno (2011) obtuvieron excelentes resultados al disminuir la severidad (interna y externa) con la aplicación de polisulfuro de calcio al 10 % en frutos de cacao inoculados con *Moniliophthora roreri*, siendo este de cero (0) muy diferente a los valores más bajos obtenidos en la presente investigación que alcanzo valores de 17,19 y 7,81 % en el tratamiento con polisulfuro de calcio al 5 % y testigo (boscalid) respectivamente.

6.3. Análisis de los costos de los tratamientos

Los diferentes tratamientos fueron evaluados en base al costo de los materiales utilizados y al tiempo empleado para su preparación, para la elaboración de 10 L de polisulfuro de calcio, habiéndose empleado un total de \$ 9.74 (Tabla 13) dándonos un estimado de \$ 0.97 por litro de caldo.

**Tabla 13.** Costos para la elaboración de 10 L de polisulfuro de calcio

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio U.S.\$	Total
Hidróxido de calcio	Kg	1	0.5	0.5
Azufre al 99,5%	Kg	2	2	4
Agua	L	10	0,1	1
Leña	m3	0,1	5	0,5
Mano de obra (tiempo)	horas	2	1.87	3.74
TOTAL U.S.\$				9.74

Elaboración: Pesantez, 2021

Para el tratamiento testigo (boscalid-cantus) se dividió el costo del producto (\$10,00) para los gramos en los que viene la presentación (0.1 Kg) con un valor de \$ 0.10 por gramo. Los costos totales de cada tratamiento se detallan en la siguiente (Tabla 14).

Tabla 14. Costos de los tratamientos

Tratamiento	Cantidad aplicada (L)	N° de aplicaciones	Total aplicado	Costo por L U.S.\$	Total U.S.\$
PDC 2,5%	0,1	12	1,2	0,97	1,16
PDC 5%	0,2	12	2,4	0,97	2,32
PDC 7,5%	0,3	12	3,6	0,97	3,49
Cantus	2 (g)	12	24 (g)	0,1	2,4

Elaboración: Pesantez, 2021

Según los resultados obtenidos anteriormente con los diferentes tratamientos de polisulfuro de calcio, el tratamiento que presentó mejores resultados fue el PDC al 5 % con 50 % incidencia, 17 % severidad y un costo de \$ 2.32 por ciclo de producción en 3,25 m².

Con los resultados obtenidos del tratamiento con PDC al 5% se obtuvo un valor de \$ 2.32, mientras que el químico (boscalid) el valor fue de \$ 2.4 dólares en 3.25 m². Aunque no se ha logrado obtener información similar a la realizada, Quiroga y Arbeláez (2004) obtubieron un costo de aplicacion medio de \$ 1.49 en 40 m² en el cultivo de rosas variedad Charlotte con los fungicidas: Aliette® 80WP, Ridomil® Gold 68WP, Fosetal® 80WP y



Forum® 500WP para el control de mildiu veloso (*Peronospora sparsa*). Según la investigación realizada por Reinoso (2015) quien aplico encuestas a productores de tomate riñón del canton Paute sobre el uso de plaguicidas para la prevención y control de plagas y enfermedades, obtuvo resultados del 100 % de productores que no miden el daño causado por el uso irracional de dichos productos anteponiendo el interés económico (debido a que no quieren obtener pérdidas en la producción); en la presente investigación se obtuvo una severidad con PDC al 5 % relativamente baja con el 17 % sin diferenciarse del tratamiento químico (boscalid) con el 8%, referente a los costos de producción no hay una diferencia exagerada en sus costos (PDC= \$ 2,32 y Boscalid= \$ 2.4), esto indica que el polisulfuro de calcio es una alternativa frente al uso de fungicidas sintéticos (causa daños irreversibles a productores) además de brindar otros beneficios como controlador de ácaros u otros hongos fitopatógenos, fertilizante foliar, entre otros (Soto, Pallini, y Venzon, 2013). Espín (2010) aplicó productos inmunisadores (alternativos) como milsana (2 cc/L) y bioclean (2cc/L) al cultivo de mora (*Rubus glaucus*) para la prevención de oidio (*Oidium sp*) obteniendo excelentes resultados a los diferentes días (21 d, 42 d y 63 d) con bioclean, ya que alcanzó una incidencia de 2.22 %, 5.93 %, 9.63 % y severidad de 2 %, 5 %, 8.91 % respectivamente a los días observados con una media de costos de aplicación de \$ 4.44 por 14.4 m², resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo con el polisulfuro de calcio que fue de \$ 2.32 por 3.25 m².

7. CONCLUSIONES

- Al concluir la investigación con la aplicación de polisulfuro de calcio se obtuvieron valores de incidencia relativamente elevados a comparación de las investigaciones citadas.
- Referente a la severidad, se obtuvo mejores resultados significativos destacándose el tratamiento control (boscalid) de los aplicados con polisulfuro de calcio.



- En cuanto a los costos en 3,25 m², entre el polisulfuro de calcio al 5 % con un valor de \$ 2.32 y el testigo cantus (boscalid) \$ 2.4, se puede apreciar una diferencia de 0.08 ctvs. a favor del producto alternativo, lo cual redunda en un ligero beneficio económico para el productor.

8. RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio de control de *Botrytis cinerea* en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, con el fin de verificar el control del polisulfuro de calcio con dosis diferentes a esta investigación.
- Debido a que se obtuvo valores altos de incidencia y severidad de la enfermedad, en futuras investigaciones se debería utilizar un mayor número de repeticiones con el fin de disminuir el error experimental.
- Se recomienda repetir la investigación con diferentes variedades de tomate debido a la escasa información del producto (PDC) en este cultivo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. (1998). *Fitopatología*. México: Limusa.
- Agrios, G. N. (1997). *Plant pathology*. New York.
- AGRIPAC, S. A. (2000). *Producción de tomate bajo invernadero*. Quito, Ecuador. Quito.
- Agrizon. (30 de Agosto de 2020). Obtenido de <https://www.e-agrizon.com/producto/cantus-wg-100-gr/>
- Aramendy, R. (2011). *Un Glosario para el AGROECOLOGISTA*.
- Ayala, M., & Navia, D. (2010). *Manejo integrado de moniliasis (Moniliophthora roreri) en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L) mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales*. Guayaquil.
- Ayala, Q. A., Cortez, E., Apodaca, M. A., Leal, V. M., Valenzuela, F. A., & Palacios, C. A. (2015). *Efectividad de fungicidas convencionales y biorracionales sobre Sclerotinia sclerotiorum in vitro*. México.



- Bernal, R. (2010). *ENFERMEDADES DE TOMATE (Lycopersicum esculentum Mill.) EN INVERNADERO EN LAS ZONAS DE SALTO Y BELLA UNIÓN*. Uruguay.
- Campanhola, C., & Bettioli, W. (2013). Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. *REDALYC*, 12.
- Capelo, G. C., & Roche, J. U. (2010). *EVALUACIÓN DE 10 FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE Botrytis cinerea Pers.: Fr. EN EL CULTIVO DE FRESA (Fragaria virginiana Var. Diamante) A NIVEL DE LABORATORIO*". Cuenca.
- Cardenas, G. (2012). *Manual para el cultivo de hortalizas*. Bogotá.
- Carla, C. (2021). *Evaluación de las variables microclimáticas de invernaderos y correlación con variables fisiológicas del tomate de mesa (Solanum lycopersicum) en la zona de Paute-Guachapala*. Guachapala.
- Chicaiza, A. L. (2014). *CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN EL CULTIVO DE TOMATE HORTICOLA (Solanum lycopersicum) SECTOR PATAIN COTOPAXI 2014*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2556/1/T-UTC-00092.pdf>
- Colango, A. (2017). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CUATROVARIEDADES DE TOMATE RIÑÓN (Solanum lycopersicum L.) EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN LA GRANJA YUYUCOCHA, IBARRA*.
- Daughtrey, M., Wick, R., & Peterson, J. (1995). *Compendium of Flowering Potted Plant Diseases*.
- Díaz, L. (2010). *Estudio de impacto ambiental producido en la granja agrícola "El Romeral"*. Cuenca.
- Edifarm. (2008). *Vademécum Agrícola, Décima Edición*. Quito.
- Edifarm. (13 de 05 de 2021). *BASF*. Obtenido de <https://agriculture.basf.com/mx/es/proteccion-de-cultivos-y-semillas/productos/cantus.html>
- Espín, W. (2010). *PREVENCIÓN DE OIDIO (Oidium sp.) EN EL CULTIVO ESTABLECIDO DE MORA (Rubus glaucus Benth) MEDIANTE EL EMPLEO DE INMUNIZADORES* . Cevallos.
- Esterio, M., & Auger, J. (1977). *Botrytis: nuevas estrategias de control cultural, biologico y quimico en uva de mesa*.
- FAO. (2002). *Buenas prácticas agrícolas - BPA en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*.
- FAO. (2013). *EL CULTIVO DE TOMATE CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA*.
- FAOSTAT. (24 de 05 de 2020). *FAOSTAT*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#home>



- González, S., López, O., Hernández, T., Ulloa, S., & Moreno, J. (2011). *El polisulfuro de calcio en el manejo de la moniliasis Moniliophthora roreri (Cif & Par). Evans et al. del cacao Theobroma cacao L.*
- Guanoluisa Yupa, R. H. (Julio de 2014). *Evaluación fenológica y rendimiento de dos sistemas de producción bajo invernadero, en suelo alcoholchado e hidropónico, para 2 cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum, Mill).* Recuperado el 30 de Marzo de 2019, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8469/3/CD-5735.pdf>
- Hazera. (27 de 02 de 2020). *Hazera*. Obtenido de Seeds of Growth: <https://www.hazeralatinamerica.com/>
- Holb, & Schnabel. (2008). *The benefits of combining elemental sulfur with a DMI fungicide to control Monilinia fructicola isolates resistant to propiconazole.*
- INEC. (1965 - 1997). *Encuesta Nacional de Superficie y Producción Agropecuaria por Muestreo y Área*. Quito.
- INEC. (2002). *Censo Nacional Agropecuario; resultados nacionales incluye resúmenes provinciales*. Quito.
- INIA. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. Obtenido de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>
- Jaramillo, S., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Antioquía.
- Jarvis, W. (1977). *Botryotinia and Botrytis species: taxonomy, physiology and pathogenicity*.
- Jenkins, J. A. (1948). *The origin of the cultivated tomato*.
- Jimenez, C., Pantoja, A., & Ferney, H. (2016). *Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca "La Pila"*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v18n3/v18n3a03.pdf>
- López, L. (2016). *MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum*.
- Narayanasamy, P. (2006). *Postharvest Pathogens and Disease Management*. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Ochoa, E., Ramírez, S., López, O., Espinoza, S., Alvarado, A., & Alvarez, F. (2017). *Control in vivo de Moniliophthora roreri en Theobroma cacao, utilizando polisulfuro de calcio y silicosulfocálcico*. Colombia.
- Paredes, A. (2009). *Manual del cultivo de tomate de invernadero*.



- Paredes, M. O. (2016). "EL MANEJO FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao* L.) Y EL RENDIMIENTO DEL MISMO, EN LA ASOCIACIÓN KALLARI". Ambato.
- Peralta, I. E., & Spooner, D. M. (2007). *History, Origin and Early Cultivation of Tomato (Solanaceae)*. .
- Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., & Larín, M. (2014). *Guía Técnica CULTIVO DE TOMATE*. San Salvador .
- Perrin, R., Winkelmann, D., Moscardi, E., & Anderson, J. (1983). *FORMULACION DE RECOMENDACIONES A PARTIR DE DATOS AGRONOMICOS*. Mexico.
- Planificación estratégica Granja El Romeral*. (2019).
- Quiroga, J., & Arbeláez, G. (2004). *Evaluación de la eficacia de fungicidas aplicados al suelo y al follaje para el control de mildew veloso, ocasionado por Peronospora sparsa en un cultivo comercial de rosa*. Bogotá.
- Reinoso, J. (2015). *Diagnóstico del uso de plaguicidas en el cultivo de tomate riñón en el Cantón Paute*. Cuenca.
- Restrepo, J. (2007). *Manual práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*.
- Rick, C. M., & Fobes, J. F. (1975). *Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species*.
- Rodriguez, A., Suarez, S., & Palacio, D. (2014). *Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010
- Rojas, E. (2014). *EVALUACIÓN DE POLISULFURO DE CALCIO EN EL CONTROL DE "Neonectria ditissima" CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD CANCRO EUROPEO DEL MANZANO*.
- Sanchez, G. A. (2007). *COMPORTAMIENTO DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES COMERCIALES DE TOMATE DE MESA (Lycopersicon Esculentum Mill) AL PARASITISMO DE LOS NEMATODOS "NUDO DE LA RAÍZ" (Meloidogyne Incognita) Y "ROSARIO DE LA RAIZ" (Nacobbus aberrans) EN IBARRA - IMBABURA*. Ibarra. Recuperado el 19 de Abril de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=jlwzAQAAMAAJ>
- SINAGAP . (2013). Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/sinagap/>
- Smilanick , J., & Sorenson, D. (2013). Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide. *REDALYC*.
- Sokal, R., & Rohlf, F. (1986). *Introducción a la bioestadística*.
- Soto, A., Pallini, A., & Venzon, M. (2013). *EFICACIA DEL CALDO SULFOCÁLCICO EN EL CONTROL DE LOS ÁCAROS Tetranychus evansi Baker & Pritchard Y Tetranychus urticae Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)*. Manizales.



Soto, G. (2008). AGRICULTURA SUSTENTABLE UNA ALTERNATIVA DE ALTO RENDIMIENTO .
REDALYC, 6.

Suquilanda, M. (2003). *Producción orgánica de hortalizas*.

Towsend, G., & Heuberger, J. (1943). *Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments*.

Velez, R., & Proaño, J. (30 de Mayo de 2020). *PROGRAMACION DEL FERTIRRIEGO EN SIETE HIBRIDOS DE TOMATE INDETERMINADO, BAJO INVERNADERO, EN L ZONA DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS*. Recuperado el 7 de Febrero de 2019, de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/15.-Programacion-del-Fer.pdf>

Vergani, R. (2002). "*Lycopersicum esculentum*" una breve historia del tomate.

10.ANEXOS

Anexo 1. Tratamientos polisulfuro de calcio y cantus



Imagen 3. Cantus y Polisulfuro de calcio usados para los tratamientos.

Anexo 2. Aislamiento del hongo *Botrytis cinerea* siembra en medio agar papa dextrosa



Imagen 4. Purificación de *Botrytis cinerea* y elaboración de agar papa dextrosa



Imagen 5. Siembra de *Botrytis cinerea* en medio agar papa dextrosa

Anexo 3. Elaboración de polisulfuro de calcio



Imagen 6. Materiales para la elaboración de polisulfuro de calcio



Imagen 7. Coloración óptima del polisulfuro de calcio y envasado

Anexo 4. Inoculación de *Botrytis cinerea*



Imagen 8. Inoculación del cultivo con esporas de *Botrytis cinerea*

Anexo 5. Crecimiento del cultivo a lo largo de la investigación





Imagen 9. Desarrollo del cultivo en el transcurso del experimento

Anexo 6. Sintomatologías ocasionadas por *Botrytis cinerea*





Imagen 10. Síntomas de *Botrytis cinerea*