



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Efecto de los fungicidas Mancozeb y Cymoxanil + Mancozeb en bacterias y hongos de la rizósfera de *Solanum tuberosum***”; desarrollada por el Bachiller **Ronaldo Rafael Herrera** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por el Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova y coasesorado por el Dr. Paúl Lama Isminio**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 9%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 21 de febrero de 2025.

Atentamente

M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias




RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2025

CO-01-2024-UIFCA-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

Ronaldo Rafael Herrera

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

-  INFORME DE TESIS 2025
-  PROYECTOS Y TESIS 2025
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3161988469

Fecha de entrega

21 feb 2025, 11:09 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

21 feb 2025, 11:24 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Informe_final_de_tesis_Ronaldo_Rafael_Herrera_-_T.docx

Tamaño de archivo

9.4 MB

103 Páginas

22,599 Palabras

114,382 Caracteres




9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
66 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	<1%
2	Internet	repositorio.untrm.edu.pe	<1%
3	Trabajos del estudiante	Seoul National University	<1%
4	Internet	www.coursehero.com	<1%
5	Internet	es.scribd.com	<1%
6	Internet	www.minsalud.gov.co	<1%
7	Internet	patents.google.com	<1%
8	Internet	docplayer.es	<1%
9	Internet	www.inifap.gob.mx	<1%
10	Internet	www.researchgate.net	<1%
11	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%

12	Internet	vdocuments.com.br	<1%
13	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
14	Internet	www.refertil.info	<1%
15	Internet	1library.co	<1%
16	Internet	www.argenpapa.com.ar	<1%
17	Internet	es.hmongwiki.com	<1%
18	Internet	qdoc.tips	<1%
19	Publicación	Alba Mondragón Valero. "Caracterización de materiales de almendro y mejora de..."	<1%
20	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
21	Trabajos del estudiante	Higher Education Commission Pakistan	<1%
22	Internet	pdffox.com	<1%
23	Internet	repositorio.upec.edu.ec	<1%
24	Publicación	Amy L. Turnbull, Yibin Liu, George Lazarovits. "Isolation of Bacteria from the Rhiz..."	<1%
25	Internet	repositorio.autonoma.edu.pe	<1%

26	Publicación	Carlos Antonio Anaya Merchant. "Métodos de laboratorio para el análisis de suel...	<1%
27	Internet	ediciones.inca.edu.cu	<1%
28	Internet	idus.us.es	<1%
29	Internet	issuu.com	<1%
30	Internet	www.jove.com	<1%
31	Internet	es.wikipedia.org	<1%
32	Internet	www.uady.mx	<1%
33	Internet	humagro.com	<1%
34	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
35	Publicación	ECO-TEC CONSULTORIA TECNOLOGICA Y AMBIENTAL E.I.R.L.. "Modificación y Actu...	<1%
36	Internet	documentop.com	<1%
37	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
38	Internet	www.tandfonline.com	<1%
39	Internet	www.theibfr.com	<1%

40	Publicación	Sugenith Margarita Arteaga Castillo. "Cultivos para el cambio climático: selección...	<1%
41	Internet	fdocuments.ec	<1%
42	Internet	idoc.pub	<1%
43	Internet	asamblea.racsa.co.cr	<1%
44	Internet	doczz.es	<1%
45	Internet	eagroagricultura.blogspot.com.es	<1%
46	Internet	untrm.edu.pe	<1%
47	Internet	www.asaprove.org.ar	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Señor de Sipan	<1%
49	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica de Trujillo	<1%
51	Publicación	Rocha, José Manuel Fernandes. "Dinâmicas do Solo em Áreas Ardidas: Alterações ...	<1%
52	Internet	archimer.ifremer.fr	<1%
53	Internet	ic.arc.nasa.gov	<1%

54	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
55	Internet	www.sidalc.net	<1%
56	Internet	www.tdx.cat	<1%
57	Trabajos del estudiante	University of North Georgia	<1%
58	Internet	acronyms.thefreedictionary.com	<1%
59	Internet	cipotato.org	<1%
60	Internet	rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com	<1%
61	Internet	americanae.aecid.es	<1%
62	Internet	ozone.unep.org	<1%
63	Internet	www.sagpya.gov.ar	<1%
64	Publicación	Marco Shizuo Owatari, Nicollas Breda Lehmann, Marina de Oliveira Pereira, Andr...	<1%
65	Publicación	Palomino Linares, Rosa Ysabel. "Comprensión inferencial de textos expositivos de...	<1%
66	Internet	academic.oup.com	<1%
67	Internet	cienciasagricolas.inifap.gob.mx	<1%

68	Internet	es.slideshare.net	<1%
69	Internet	onlinelibrary.wiley.com	<1%
70	Internet	repositorio.uchile.cl	<1%
71	Internet	revistas.upel.edu.ve	<1%
72	Internet	worldwidescience.org	<1%
73	Internet	www.redalyc.org	<1%
74	Publicación	Alexander Pérez-Cordero, Leonardo Chamorro-Anaya, Arturo Doncel-Mestra. "Ba...	<1%
75	Publicación	Carlos Arturo Betancourth, Juan-David Moran-Toro, Luz-Mery Portillo-Rosero, Lin...	<1%
76	Publicación	H. Gawronska. "Partitioning of photoassimilates by potato plants (Solanum tuber...	<1%
77	Publicación	Javier Gerardo Zuzunaga Rosas. "Evaluación del producto bioestimulante BALOX ...	<1%
78	Publicación	Md Huzzatul Islam, Shafiqul Islam, Md Mostafa Masud, Mamuna Mahjabin Mita, ...	<1%
79	Publicación	Ramón Gisbert Mullor. "Análisis de la variabilidad genética del género Capsicum f...	<1%
80	Internet	agris.fao.org	<1%
81	Internet	annymojica.blogspot.com	<1%

82	Internet	bad8d60d-d856-4827-bd8e-9d2ad84404d6.filesusr.com	<1%
83	Internet	bufadora.astrosen.unam.mx	<1%
84	Internet	google.redalyc.org	<1%
85	Internet	produccionbovina.com	<1%
86	Internet	repositorio.inta.gob.ar	<1%
87	Internet	repositorio.usanpedro.edu.pe	<1%
88	Internet	tesis.ipn.mx	<1%
89	Internet	uni-sql.de	<1%
90	Internet	www.alltech.com	<1%
91	Internet	www.monsanto.es	<1%
92	Internet	www.scinapse.io	<1%
93	Internet	www.slideshare.net	<1%
94	Publicación	"Especialización en micorrizas: factores ecológicos e implicancias macroevolutiva...	<1%
95	Publicación	H. W. Platt. "Controlling potato late blight with systemic-protectant fungicide co...	<1%

96	Publicación	KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "MEIA del Proyecto Minero Antamina por Incremen...	<1%
97	Publicación	MARIA HURTADO RICART. "MEJORA GENÉTICA DE LA BERENJENA.(S. melongena L.)...	<1%
98	Publicación	Sánchez, Ángel Velasco. "The Role of Soil Microorganisms in Enhancing Phosphor...	<1%
99	Internet	biogroup.usc.es	<1%
100	Internet	cabierta.uchile.cl	<1%
101	Internet	cibnor.repositorioinstitucional.mx	<1%
102	Internet	doaj.org	<1%
103	Internet	docs.lib.purdue.edu	<1%
104	Internet	doczz.net	<1%
105	Internet	dspace.ueb.edu.ec	<1%
106	Internet	inba.info	<1%
107	Internet	moam.info	<1%
108	Internet	prezi.com	<1%
109	Internet	repositorio.ucsm.edu.pe	<1%

110	Internet	repositorio.unah.edu.pe	<1%
111	Internet	slidelegend.com	<1%
112	Internet	www.cienciateca.com	<1%
113	Internet	www.embrapa.br	<1%
114	Internet	www.engormix.com	<1%
115	Internet	www.finanzasoxaca.gob.mx	<1%
116	Internet	www.mef.gob.pe	<1%
117	Internet	www.semillas.org.co	<1%
118	Internet	www.undp.org.cu	<1%
119	Internet	www.fertibox.net	<1%
120	Publicación	"The Potato Genome", Springer Science and Business Media LLC, 2017	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad Ambiental

Efecto de los fungicidas Mancozeb y Cymoxanil + Mancozeb en bacterias y hongos de la rizósfera de *Solanum tuberosum*

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTOR

Bach. Ronaldo Rafael Herrera

ASESOR

Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova

COASESOR

Dr. Paúl Lama Isminio

CHOTA – PERÚ

Enero, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

REG. N° 008-2025-FCA

Siendo las 10 horas, del día 30 de enero de 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada:

Efecto de los fungicidas Mancozeb y cymoxnil + mancozeb en bacterias y hongos de la rizósfera de Solanum Tuberosum

....., integrado por:

1. M.sc. Leyla Catherine Alarcón Alarcón Presidente
2. M.sc. Jim Jairo Villena Jelasquez Secretario
3. M.sc. Wilber Hugo Flores Rodriguez Vocal

Sustentada de manera presencial (), virtual () por el Bach. Ronaldo Rafael Herrera, con la finalidad de

obtener el Título Profesional de (Ingeniero Agroindustrial/Ingeniero Forestal y Ambiental)


Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, desaprobar) ... la tesis, calificándola con la nota de: (QUINCE - 15), se eleva la presente Acta al

Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Matara, 30 de enero del 2024


.....
Presidente
M.sc. Leyla Alarcón Alarcón


.....
Secretario
M.sc. Jim Jairo Villena Jelasquez


.....
Vocal
M.Sc. Wilber Hugo Flores Rodriguez

DEDICATORIA

A mis padres Napo Rafael Delgado y Doraliza Herrera Rubio, por su constante apoyo durante mi formación profesional y los valiosos valores que me inculcaron desde niño, su ejemplo de humildad y esfuerzo, me inspiraron a luchar por mis sueños y a superar los obstáculos que nos presentan en el camino, este logro no es solo mío sino también les corresponde. A mi hermano Yefersón Rafael Herrera, quien siempre está ahí para motivarme a dar lo mejor de mí. A mi tío José Beto Herrera Rubio, un hombre de buen corazón, que siempre demostró un amor incondicional hacia su familia. Su ejemplo, fortaleza y cariño me impulsaron a seguir mis metas académicas, este logro es un homenaje a su memoria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme por el camino de la superación. Por brindarme la fuerza necesaria para seguir adelante y afrontar con éxito las dificultades que se presenten en mi desempeño profesional.

A toda mi familia que, con sus múltiples esfuerzos, enseñanzas y consejos me inculcó los valores de la perseverancia, lucha y constancia; pues, sin ella no hubiese alcanzado este objetivo.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, por haberme formado en el campo científico y tecnológico, con la finalidad de adquirir el conocimiento, las competencias profesionales y servir mejor a la comunidad. Asimismo, a los miembros del jurado evaluador que, con sus observaciones y sugerencias, ayudaron a mejorar el proyecto y el informe final de la tesis.

Al Proyecto “Diagnóstico de la marchitez de la tara como punto de partida para el establecimiento de una Clínica Fitopatológica en Chota – Cajamarca” ganador del VII Concurso de Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica para Docentes de la UNACH, con Recursos de Canon, que contribuyeron con recursos económicos para la ejecución de este trabajo de investigación. Este proyecto hace parte de las actividades del Grupo de Investigación en Sanidad Vegetal (GISAN), del que hago parte en calidad de investigador junior, y está afiliado al Instituto de Investigación de Gestión del Medio Ambiente (IGMA) de la VPI de la UNACH.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A), porque a través de ella tuve acceso a la Clínica Fitopatológica de la UNTRM-A, que fue crucial para mi investigación y el enriquecimiento de mi experiencia profesional.

A mi asesor, el Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova, quién con su valioso tiempo, integridad y aporte profesional en el campo de los conocimientos teóricos y prácticos, ha permitido empezar, continuar y culminar satisfactoriamente este trabajo quien, además, colaboró con parte de los gastos como, el análisis de suelo y la compra de algunos equipos e insumos.

A mi coasesor, el Dr. Paúl Lama Isminio, por su asesoramiento, conocimientos y colaboración en la conducción del presente trabajo de investigación.

A la M.Sc. Aline Camila Caetano por su inestimable contribución, enseñanza y orientación de esta investigación, así como en el análisis estadístico de los datos. Su dedicación y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A la Ing. Fiorela Gaslac Culqui, asistente de investigación de la Clínica Fitopatológica, por su amistad y apoyo incondicional con la enseñanza de manejo de materiales y equipos para la realización de esta investigación durante la ejecución en la fase de laboratorio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	xix
Abstract.....	xxi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
1.5. Antecedentes	7
1.6. Bases teóricas-científicas	9
1.7. Marco conceptual.....	16
1.8. Hipótesis	17
1.9. Operacionalización de variables	17
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	19
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	19
3.2. Diseño de investigación	19
3.3. Métodos de Investigación	20
3.4. Población, muestra y muestreo	26
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	41
3.7. Aspectos éticos.....	41

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Descripción de los resultados.....	43
4.2. Contrastación de hipótesis	72
4.3. Discusión de resultados.....	72
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....	91
CAPITULO VII. ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación botánica de la papa cultivada</i>	13
Tabla 2 <i>Variables e indicadores del efecto de fungicidas en bacterias de la rizósfera de la papa</i>	17
Tabla 3 <i>Especificaciones de los tratamientos</i>	20
Tabla 4 <i>Caracterización fisicoquímica de la muestra de suelo</i>	23
Tabla 5 <i>Número de aplicaciones y dosificación de los fungicidas mancozeb y Cymoxanil+Mancozeb</i>	25
Tabla 6 <i>Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos</i>	30
Tabla 7 <i>Pesado de la muestra de suelo del segundo muestreo</i>	33
Tabla 8 <i>Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos</i>	34
Tabla 9 <i>Pesado de la muestra de suelo en el segundo muestreo</i>	35
Tabla 10 <i>Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos en el segundo muestreo</i>	36
Tabla 11 <i>Pesado de los tratamientos en el tercer muestreo</i>	37
Tabla 12 <i>Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos en el tercer muestreo</i>	38
Tabla 13 <i>Pesado del medio CYA, MEA y PDA</i>	39
Tabla 14 <i>Enumeración de actinomicetos ($\log \text{UFC.g}^{-1}$ de suelo) de la rizósfera (Rz) y el rizoplano (Rp) de la papa en la dilución 10^{-3} en el medio glicerol yeast agar</i>	44
Tabla 15 <i>Enumeración de bacterias ($\log \text{UFC.g}^{-1}$ de suelo) de la rizósfera y el rizoplano de la papa en la dilución 10^{-4} en el medio tryptone soya broth</i>	45
Tabla 16 <i>Enumeración de hongos ($\log \text{UFC.g}^{-1}$ de suelo) de la rizósfera (Rz) y el rizoplano (Rp) de la papa en la dilución 10^{-4} en el medio Sabouraud y PDA</i>	47
Tabla 17 <i>Enumeración de hongos de la rizósfera y el rizoplano de la papa en porcentaje con respecto al control</i>	47

Tabla 18 <i>Valores del número y peso de tubérculos por tratamientos</i>	60
Tabla 19 <i>Diámetro y altura (media \pm desviación estándar) del tallo de la papa en los diferentes tratamientos.....</i>	63
Tabla 20 <i>Total de folíolos, número de folíolos con rancha y porcentaje de rancha (media \pm desviación estándar) de la papa en los diferentes tratamientos.....</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones del proyecto de investigación sobre la aplicación de fungicidas en la rizósfera de <i>Solanum tuberosum</i>	19
Figura 2 Ubicación geográfica del centro poblado de Chucmar Alto, distrito de Tacabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.....	21
Figura 3 Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera y rizoplano en diferentes los medios durante el primer muestreo	48
Figura 4 Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera en los diferentes medios durante el segundo muestreo	49
Figura 5 Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) del rizoplano en los diferentes medios durante el segundo muestreo	50
Figura 6 Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera en los diferentes medios durante el tercer muestreo	51
Figura 7 Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) del rizoplano en los diferentes medios durante el tercer muestreo	52
Figura 8 Visualización en el estereoscopio de actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera y rizoplano en el segundo muestreo.....	53
Figura 9 Visualización en el estereoscopio de actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera y rizoplano en el tercer muestreo	54
Figura 10 Hongos del rizoplano (Rp) y de la rizósfera (Rz) del tratamiento Control en los medio CYA, MEA y actinomicetos de la rizósfera en PDA.....	55
Figura 11 Visualización de los microorganismos (A) antes y (B) después de los microcultivos a 400X.....	56
Figura 12 Hongos del rizoplano (Rp) y de la rizósfera (Rz) del tratamiento Man3X en los medio CYA, MEA y actinomicetos en PDA.....	56

Figura 13 <i>Visualización de los microorganismos (A) antes y (B) después de los microcultivos a 400X</i>	57
Figura 15 <i>Visualización de los microorganismos antes (A) y después (B) de los microcultivos a 400X</i>	58
Figura 14 <i>Hongos en los medio CYA, MEA y actinomicetos en PDA, para el tratamiento Man14X</i>	58
Figura 16 <i>Hongos en los medio CYA, MEA y actinomicetos en PDA, para el tratamiento Cym+Man3X</i>	59
Figura 17 <i>Visualización de los microorganismos antes (A) y después (B) de los microcultivos a 400X</i>	60
Figura 18 <i>Promedio del diámetro del tallo de papa en influencia de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb</i>	61
Figura 19 <i>Promedio de (A) número de folíolos (B) número de folíolos con rancha y (C) porcentaje del número de folíolos con rancha de la papa con aplicación de los fungicidas mancozeb (Man) y cymoxanil + mancozeb (Cym+Man) con frecuencias de aplicación de 3 y 14</i>	64
Figura 20 <i>Temperatura, humedad relativa y el punto de rocío durante el periodo 18 de abril al 7 de junio de 2023</i>	67
Figura 21 <i>Análisis de caracterización de suelo, el Laboratorio de Investigación de Suelo y Agua (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas</i>	117
Figura 22 <i>Proceso de preparación del suelo e instalación de la investigación, a) material vegetal (amarilis), b) estructura del ambiente, c) mezcla y tamización de suelo para el sembrado, d) distanciamiento entre tubérculos en el sembrado, e) distribución entre maceta; Proceso de pulverizaciones de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb, f) pesado</i>	

de los fungicidas, g) colocación del fungicida en el atomizador, h) volumen de agua requerido, i) pulverización con Mancozeb, j) pulverización con cymoxanil + mancozeb ... 118

Figura 23 *Medición de altura y diámetro de la planta de papa y monitorea de condiciones ambientales, a) medición del diámetro con la utilización de un vernier, b) medición del diámetro con una cinta métrica, c) se utilizó datalogger para el registro de las condiciones ambientales 118*

Figura 24 *Muestreo y traslado al laboratorio, a) extracción de la planta con la utilización de un machete, b) envolvimiento de la parte foliar con papel higiénico, c) embolsado y codificación de las muestras de suelo y la parte foliar 118*

Figura 25 *Preparación de la muestra de suelo y medio de cultivo, a) preparación de las muestras suelo rizósfera y rizoplano, b) pesado de las muestras se suelo, c) preparación de los medios para cada microorganismo, d) dilución de los medios con un agitador de vidrio y una plancha de calentamiento, e) medición del pH con un potenciómetro, f) esterilizados en una autoclave a 121 °C durante 15 minutos, g) colocación de los medios en el baño maría a 45 °C, h) agregado de antibiótico a los medios 118*

Figura 26 *Procedimiento de la dilución y técnica de vertido en placa, a) dilución de la muestra de suelo, b) micropipeta de 1 ml y 0.1 ml, c) agregado de 1 ml del frasco 1 al frasco 2, d) transferencia del frasco de dilución a la placa Petri, e) colocación del medio de cultivo a las placas Petri, f) sellado de las placas Petri, g) incubación de las placas a 25 °C 118*

Figura 27 *Procedimiento de enumeración de los microorganismos, a) conteo de colonias con puntos en las placas de Petri, b) con ayuda líneas separadas aproximadamente de 1.5 cm, creando múltiples divisiones para facilitar el conteo, c) un contador mecánico de colonias 118*

Figura 28 Producción en la cosecha, a) producción del tratamiento Control repetición 2, b) tratamiento Man3X repetición 2, c) tratamiento Man14X repetición 2, d) tratamiento Cym +Man3X repetición 3 118

Figura 29 Diagrama de cajas del diámetro del tallo de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 10 (A), 11 (B) y 12 (C), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Man3x en comparación con el control..... 118

Figura 30 Diagrama de cajas de la altura del tallo de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 12 (A) y 13 (B), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Man3x en comparación con el control..... 118

Figura 31 Diagrama de cajas del total de foliolos de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 1(A), 6 (B), 11 (C) y 16 (D), donde no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. 118

Figura 32 Diagrama de cajas de los foliolos con rancha de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 3 (A), 4 (B), 5 (C) y 6 (D), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Cym+Man3X en comparación con el control .. 118

Figura 33 Diagrama de cajas del porcentaje de la rancha de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres

aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 3 (A), 4 (B), 5 (C) y 6 (D), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Cym+Man3X en comparación con el control. .118

Resumen

El uso de fungicidas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) es común para controlar enfermedades fúngicas, pero su aplicación indiscriminada puede afectar la microbiota del suelo, la sostenibilidad y el ambiente. Este estudio estimó el efecto de los fungicidas en la cantidad de bacterias y hongos de la rizósfera y rizoplano de *S. tuberosum*. Muestras de suelo fueron obtenidas antes, después de la tercera aplicación y al momento de la cosecha. Los tratamientos fueron: tres aplicaciones de mancozeb (Man3X), 14 aplicaciones de mancozeb (Man14X) y tres aplicaciones de cymoxanil + mancozeb (Cym+Man3X), con dosis recomendadas, y se incluyó un tratamiento control (sin aplicaciones). Para la enumeración de los microorganismos se utilizó la técnica de dilución seriada y la siembra en profundidad. Los actinomicetos disminuyeron a nivel de la rizósfera y del rizoplano tras las aplicaciones de fungicidas; al momento de la cosecha el Cym+Man3X presentó menor número de actinomicetos en comparación con el control; la enumeración de bacterias fue mayor tras las aplicaciones de fungicidas; la enumeración de hongos fue menor en comparación del Control en rizósfera y rizoplano. La incidencia del tizón fue mayor en el Cym+Man3X y Man14X. El Man3X mostró la mayor relación costo-beneficio (4.65), con un estimado de ingreso por hectárea de s/ 29,214.87.

Palabras clave: rizósfera, rizoplano, microbiota, fungicida, enumeración

Abstract

The use of fungicides in potato (*Solanum tuberosum*) is common to control fungal diseases, but their indiscriminate application can affect soil microbiota, sustainability and the environment. This study estimated the effect of fungicides on the amount of bacteria and fungi in the rhizosphere and rhizoplane of *S. tuberosum*. Soil samples were obtained before, after the third fungicide application and at harvest. Treatments were: three applications of mancozeb (Man3X), 14 applications of mancozeb (Man14X) and three applications of cymoxanil + mancozeb (Cym+Man3X), with recommended doses, and a control treatment (no applications) was included. For enumeration of the micro-organisms, the serial dilution technique and depth seeding were used. Actinomycetes decreased at rhizosphere and rhizoplane after fungicide applications; at harvest time Cym+Man3X showed lower numbers of actinomycetes compared to the control; bacterial enumeration was higher after fungicide applications; fungal enumeration was lower compared to the control in rhizosphere and rhizoplane. Blight incidence was higher on Cym+Man3X and Man14X. Man3X showed the highest cost-benefit ratio (4.65), with an estimated income per hectare of s/ 29,214.87.

Keywords: rhizosphere, rhizoplane, microbiota, fungicide, enumeration.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La expansión demográfica mundial demanda de mayor cantidad de alimentos, ocasionando la apertura de nuevas áreas agrícolas visando la obtención de mejores rendimientos con un mayor uso de agroquímicos (Khudhur & Sarmamy, 2018) que son principalmente utilizados para el control de malezas, plagas y enfermedades (Walia et al., 2014). Sin embargo, el uso desmedido de estos productos viene generando problemas de degradación ambiental y dificultades en los ecosistemas agrícolas, así como en la salud del suelo (Mandal et al., 2020); además de efectos adversos en la salud humana (Devi et al., 2022) ya que, los agroquímicos tienen una permanencia prolongada en que afecta gravemente a los microorganismos del suelo (Pratibha & Shachi, 2016).

Es ampliamente conocido que los microorganismos del suelo juegan un papel importante en la mineralización de la materia orgánica (Hünninghaus et al., 2017) y disponibilidad de nutrientes para las plantas, ayudando en la fijación de nitrógeno y promoviendo a la neutralización o eliminación de los contaminantes orgánicos e inorgánicos (Kaviya et al., 2019); así como en las transformaciones bioquímicas como la amonificación, nitrificación y solubilización del fósforo (Hussain et al., 2009) manteniendo la estructura, la salud y la fertilidad del suelo (Hemkemeyer et al., 2021; Wani et al., 2015). Los hongos son organismos que se encargan de la descomposición de restos vegetales (Bridge & Spooner, 2001), reciclando carbono y nutrientes a través del suelo, agua y atmósfera para el beneficio a la planta (Floudas et al., 2012; Van der Wal et al., 2013). Las bacterias también se encargan de la descomponer los residuos orgánicos, forman asociaciones con las plantas, como las fijadoras de nitrógeno y algunas de estas especies son importantes por la capacidad de degradar contaminantes (Hoorman, 2009). Los actinomicetos, que se encuentran clasificados como bacterias, mejoran la disponibilidad de nutrientes y minerales con reciclaje de la materia orgánica. Asimismo, contribuyen a la

síntesis de reguladores de crecimiento y participan en solubilización de fosfato, producción de sideróforos y la fijación de nitrógeno (Bhatti et al., 2017).

Diversos estudios describen el efecto nocivo de los agroquímicos sobre la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo (Ingram et al., 2005; Littlefield-wyer et al., 2008; Prasetyo et al., 2019; Roman et al., 2021; Steiner et al., 2024), donde su actividad depende del tipo de pesticidas utilizados, las cantidades o dosis y condiciones del suelo (Subhani et al., 2000). Las pulverizaciones de los fungicidas primordialmente es para erradicar hongos patógenos (Zubrod et al., 2019). Sin embargo, su uso constante también generan daños sobre las poblaciones microbianas benéficas del suelo como bacterias, hongo, actinomicetos, etc., contribuyendo significativamente en la fertilidad suelo y productividad de los cultivos, ya que intervienen en múltiples interacciones complejas, como la mineralización del suelo, alterando el equilibrio dinámico de la microflora existente (Huang et al., 2021; Pratibha & Shachi, 2016). Este problema es más acentuado con el uso inadecuado de estos productos debido a que genera cambios en cuanto a la alteración de la abundancia y funcionamiento de la microbiota del suelo. Además, de los ciclos bioquímicos como del nitrógeno, del carbono, del fósforo y del azufre (Bácmaga & Wyszowska, 2024).

La papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los cultivos alimentarios más importantes ampliamente consumido. Además de ello, es una fuente significativa de ingreso económico para muchos pequeños agricultores. No obstante, muchos de ellos son afectados por falta de acceso a semillas certificadas, precios bajos, prácticas agrícolas inadecuadas y enfermedades fúngicas como el tizón tardío (Agong et al., 2021); enfermedad que es una amenaza constante para la seguridad alimentaria, pese a que, que realizado muchas avances históricos con soluciones sostenibles (Haas et al., 2009).

La rizósfera, área alrededor de la raíz de la planta, tiene una gran cantidad de microorganismos debido a la liberación de exudados radiculares especialmente como aminoácidos, ácidos

inorgánicos, azúcares y polisacáridos, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas (Hartmann et al., 2008; Shengjing et al., 2016). Así también, la presencia de micorrizas que presentan una simbiosis con las plantas tiene como principal función el suministro de nutrientes (Barea, 2000; Marschner, 2011). Por otro lado, el rizoplano, que es la zona que se encuentra en contacto directo entre la superficie de la raíz y el suelo, es una de las principales regiones que promueve la transformación de nutrientes en la rizósfera (Philippot et al., 2013; Reinhold-Hurek et al., 2015). Por lo tanto, la rizósfera y el rizoplano constituyen áreas radicales que acogen una gran diversidad microbiana interactuando con el sistema radicular de la planta en una relación simbiótica, colaborando en la obtención de nutrientes, la protección ante agentes patógenos y otros servicios que fomentan la salud y la productividad de las plantas (Iqbal et al., 2023; Reinhold-Hurek et al., 2015; Yang et al., 2022). El desequilibrio o la afectación de estas zonas, además de la aplicación de fungicidas es dado también por otros factores como, variaciones de las condiciones ambientales, por prácticas agrícolas tradicionales y por la rotación de cultivos (Clairmont et al., 2018; Mandal et al., 2020; Mardanova et al., 2019).

Los fungicidas mancozeb y la mezcla del cymoxanil + mancozeb, son comúnmente utilizados para controlar el tizón tardío de la papa. Sin embargo, la efectividad de los fungicidas y la resistencia duradera de las plantas ha conllevado a que la mayoría de los productores incrementen las dosis y frecuencia de aplicación de los fungicidas (Taylor et al., 2004), como es el caso del centro poblado de Chucmar, resaltando que la aplicación desmedida de estos fungicidas pueden alterar al suelo y a la población de microorganismos beneficiosos (Kalia & Gosal, 2011). Existen muchas investigaciones que respaldan esto como, (Cycoñ et al., 2010; Huang et al., 2021; Jagtap, 2012a; Khudhur & Sarmamy, 2018; Labanya et al., 2018; Pozo et al., 1994; Tkach et al., 2021; Walia et al., 2014). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb en los hongos y bacterias de la rizósfera del cultivo de *Solanum tuberosum*.

1.1. Planteamiento del problema

El suelo es un sistema vivo con una gran diversidad de microorganismos como hongos, bacterias y actinomicetos (Nannipieri et al., 2017) que desempeñan un papel muy importante en el equilibrio y disponibilidad de nutrientes del suelo para las plantas, el cual se ve perjudicado con el uso excesivo de agroquímicos (Dobrovol'skaya et al., 2015).

El uso agrícola de los plaguicidas ha incrementado considerablemente en todo el mundo en las últimas décadas (Sabatier et al., 2014). Esto debido al crecimiento demográfico mundial que ha dado lugar a una necesidad de producir mayores volúmenes de alimentos; conllevando a la expansión de la superficie agrícola y/o aumento de la productividad de cultivos. En consecuencia, ello también implica una mayor protección fitosanitaria de las plantas con un aumento en la utilización de agroquímicos. No obstante, las prácticas inadecuadas de su uso causan problemas en el ambiente, amenazando la población microbiana del suelo y salud humana (Dhananjayan et al., 2020; Kumar et al., 2019).

El volumen de agrotóxicos que alcanza directamente a las plagas o patógenos es menos del 0.1% en comparación al total aplicado (Pimentel & Burgess, 2011). De ello, el 99.9% se dispersan en el medio ambiente, ejerciendo un impacto negativo en la salud pública, agua, atmósfera y suelo donde es principalmente acumulado provocando alteraciones sobre la población microbiana, afectando de manera indirecta a la fertilidad del suelo y pérdida de la capacidad productiva de los cultivos (Kalia & Gosal, 2011; Wu et al., 2015).

En los últimos años, se han observado mayores problemas de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa en el Centro Poblado de Chucmar Alto, distrito de Tacabamba de la provincia de Chota. El cual viene generando perjuicios a la producción y rentabilidad del cultivo, incrementando el uso de agroquímicos de manera inadecuada por parte de los agricultores (principalmente fungicidas), debido al desconocimiento del uso adecuado de agroquímicos,

realizando aplicaciones superiores y dosis no recomendadas (Dhananjayan et al., 2020), que afectan directamente la microbiota del suelo y, probablemente alterando el equilibrio ecológico que con el paso del tiempo, podría conducir al agotamiento de la capacidad del suelo para sostener los cultivos (Singh & Dhumal, 2019).

En el caso de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb, estos productos son frecuentemente aplicados en periodos de cada ocho días desde el primer mes después de la siembra hasta un mes antes de la cosecha, generando un excesivo uso, con periodos cortos de aplicación de estos productos, sin seguir las recomendaciones de la etiqueta, ignorando el daño que pueden ocasionar en los microorganismos del suelo. Además de ello, cabe mencionar que son escasos los trabajos realizados e informaciones actuales sobre el efecto de los agroquímicos en las zonas productoras de papa de la región. Por ello, con el presente trabajo de investigación se pretendió determinar el efecto de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb en los hongos y bacterias de la rizósfera del cultivo de la papa, con la finalidad de comprender mejor el impacto de estos productos químicos sobre los microorganismos del suelo. Además, de contribuir a tomar decisiones más informadas sobre su uso y manejo adecuado.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los efectos de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb en bacterias y hongos en la rizósfera de *Solanum tuberosum*?

1.3. Justificación

El enorme uso de fungicidas está llevando a una grave contaminación del suelo, afectando a la gran diversidad microbiana del suelo y sus funciones primordiales. Que cumplen roles vitales importantes como, la descomposición de residuos orgánicos, reciclaje de nutrientes y el crecimiento de las plantas. Por otra parte, los productores utilizan métodos inadecuados y técnicas agresivas en la actividad agrícola, aplicando fungicidas desmedidamente que afectan

la productividad, fertilidad, degradación biológica de los suelos con el pasar de los años, causando baja rentabilidad y una disminución en la productividad de sus cultivos, esto debido principalmente a la falta de asesoramiento técnico especializado. Con esta investigación se buscó promover el uso, el periodo y la dosificación adecuada de los fungicidas con la finalidad de disminuir los daños causados en la microbiota del suelo, determinando el efecto del fungicida mancozeb y la aplicación combinada de cymoxanil + mancozeb sobre los hongos y bacterias de la rizósfera del cultivo de *Solanum tuberosum*, que pueden servir como base para futuros proyectos de investigación y a productores dedicados a la actividad agrícola. Asimismo, se espera que esta investigación impacte positivamente en la sostenibilidad y preservación de los suelos agrícolas a largo plazo, contribuyendo con el agricultor y una agricultura más respetuosa con el medio ambiente.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb en los hongos y bacterias de la rizósfera del cultivo de *Solanum tuberosum*.

Objetivos específicos

- ☞ Cuantificar los hongos y bacterias expuestos a diferentes frecuencias de aplicación de fungicidas.
- ☞ Evaluar aspectos de crecimiento y producción de la papa.
- ☞ Evaluar el costo beneficio de la aplicación de mancozeb y cymoxanil + mancozeb.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

1.5. Antecedentes

El insecticida profenofós mostró que las poblaciones de hongos y bacterias se redujeron inicialmente con dosis de 100 a 300 $\mu\text{g g}^{-1}$, pero luego se recuperaron rápidamente. Por otro lado, los fungicidas triadimefón y el propiconazol en concentraciones de 10 a 100 mg kg^{-1} afectaron las comunidades bacterianas a largo plazo (Taylor et al., 2009). En suelos con aplicación de los fungicidas mefenoxam y el metalaxil hubo una disminución de las poblaciones bacterias fijadoras de nitrógeno en dosis altas de 4,500, 12,500 y 15,800 $\mu\text{g g}^{-1}$ de suelo (Monkiedje et al., 2002).

Itelima et al. (2018) demostraron que el fungicida *Ridomil Gold* (ingredientes activos: 4 g de metalaxil-M + 64 g de mancozeb) tuvo un impacto considerable en la reducción de especies fúngicas en el suelo (0.32×10^5 a 0.70×10^5 UFC g^{-1}) respecto a los suelos tratados sin fungicida (4.80×10^5 y 5×10^5 UFC g^{-1}). De igual manera los fungicidas thiram y verdasan en dosis de 6.7 y 12.5 kg ha^{-1} , respectivamente, afectaron de forma negativa el número de hongos (Kuthubutheen & Pugh. G, 1979). Astaykina et al. (2020) demostraron que el fungicida benomyl afectó a corto plazo las comunidades fúngicas. Ya que, en las primeras semanas estimulo el contenido de la biomasa microbiana, causando daños en las poblaciones de hongos. Osta et al. (2011) encontraron que el fungicida *Prochloraz* (ingrediente activo: imidazol) tiene un efecto negativo sobre la población de hongos, pero no afectó negativamente la biodiversidad bacteriana. Los fungicidas protioconazol y clortalonil en suelos de arándanos también disminuyeron la diversidad de hongos (Lloyd et al., 2021).

Los fungicidas carbendazim y mancozeb en suelos cultivados de papa, aumentaron la población bacteriana y fúngica con concentraciones hasta 5.0 kg ha^{-1} en comparación con los controles,

y disminuyeron a partir de los 30 y 40 días de incubación. Con las dosis de 7.5 a 10 kg ha⁻¹ redujo drásticamente las poblaciones de bacterias y hongos (Bosmediano et al., 2018).

Ratna et al. (2017) evaluando el efecto de la aplicación de tres fungicidas (carbendazim, oxiclورو de cobre y mancozeb) en once especies de hongos con diferentes dosis de aplicación que van desde 0.5 y 1 L en tres cultivos diferentes, registraron que todos los fungicidas causaron una disminución significativa en la población microbiana. Sin embargo, el fungicida mancozeb fue identificado como el más perjudicial para la población de hongos. Por otro lado, Çiğdem et al. (2016) en un estudio realizado en condiciones de laboratorio sobre los efectos del mancozeb, carbendazim y tebuconazol en la actividad biológica del suelo encontraron que estos fungicidas afectaron a la población de hongos y actinomicetos del suelo mientras que las poblaciones de bacterias aumentaron.

Cycoń et al. (2010) registraron que la mezcla del mancozeb (MB) al 60% y dimetomorf (DT) al 9% en suelos arenosos, a concentración de 1500 mg kg⁻¹ aumentó el número total de bacterias cultivables y disminuyó el número de hongos. Sin embargo, en suelos cultivables de tomate, la combinación de mancozeb + carbendazim con los pesticidas cipermetrina y clorpirifós en concentraciones altas (7.5 y 10 kg ha⁻¹) también resultó tóxica para las poblaciones de hongos y bacterias (Srinivasulu & Ortiz, 2017). El metalaxil + mancozeb en el suelo rizosférico del tabaco afectó las comunidades bacterianas en relación con el Control (You et al., 2016). La mezcla de cymoxanil + dimetomorf en tres concentraciones (mínimas, máximas y 10 máximas), de acuerdo con las normas de investigación por el Ministerio de Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Ucrania, provocaron una disminución en el número de microorganismos de diferentes grupos ecotróficos (Tkach et al., 2021).

La aplicación de mancozeb en suelos cultivados con caña de azúcar en dosis de 250 µg ml⁻¹ pueden reducir la abundancia de grupos funcionales bacterianos en suelos y la colonización de micorrizas (Vuyyuru et al., 2018). Sin embargo, Huang et al. (2021) encontraron un efecto

distinto en el caso del mancozeb aplicado en el cultivo de cítricos a una dosis de 1.333 g mg^{-1} , en frecuencias de 2 a 8 veces durante un año, aumentando la abundancia de algunas especies bacterianas asociadas a la rizósfera del suelo.

En un estudio realizado en el cultivo de soja se demostró que después de la aplicación del mancozeb al 0.02 %, se observó el recuento bacteriano significativamente más bajo con 40×10^6 UFC (Unidades Formadoras de Colonia) con respecto al Control, ($49,33 \times 10^6$) la enumeración de las poblaciones de hongos también se vio afectada al momento de la cosecha obteniendo 35×10^3 UFC y los actinomicetos disminuyeron 31% con 40.66×10^4 UFC en comparación con el Control con 62×10^4 UFC al momento de la cosecha se recuperaron (Jagtap, 2012). Labanya et al. (2018) mostraron que el mancozeb disminuyó la población de hongos (10.42×10^4 UFC) respecto al control con 10.85×10^4 UFC. Los actinomicetos (8.5×10^6 UFC) y las bacterias (7.95×10^6 UFC) de la rizósfera aumentaron en comparación con el Control, con 10.04×10^5 UFC y 7.95×10^6 UFC, respectivamente.

Walia et al. (2014) observó que las concentraciones menores a 1000 ppm de mancozeb en suelos recolectados de huertos de manzana fueron nocivas para las poblaciones de hongos y actinomicetos, mientras que las concentraciones más altas (1000 y 2000 ppm) resultaron perjudiciales para las bacterias del suelo. Por otro lado, Pozo et al. (1994) mencionó que la dosis 2.0 a 10.0 kg ha^{-1} de mancozeb en suelos agrícolas no tuvo un efecto consistente en las poblaciones bacterianas, pero resultaron perjudiciales para las comunidades fúngicas. Khudhur & Sarmamy (2018) en suelos tratados con mancozeb a dosis recomendadas, perjudicaron las poblaciones de actinomicetos y hongos, pero las poblaciones de bacterias aumentaron.

1.6. Bases teórico-científicas

Según Pandey et al. (2018) los microorganismos del suelo se pueden clasificar en los siguientes grupos:

1.6.1. Microorganismos de estudio

Bacterias. Las bacterias del suelo son células procariotas microscópicas (4-5 μm de longitud). En el suelo se caracterizan básicamente por tener forma de bastones, esferas o cocos y espirales en colonias, estas constituyen a la mayor cantidad y biomasa de todos los microorganismos existentes en el suelo (Yang et al., 2022; Zhou et al., 2017). Son muy importantes debido a que tienen un control vital en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, principalmente para las raíces de las plantas (Kar et al., 2017). Las bacterias intervienen en las reacciones de oxidación y reducción del suelo, también son capaces de realizar procesos bioquímicos que dan lugar a la fijación del nitrógeno que será utilizado por las plantas; también son capaces de sintetizar y descomponer la materia orgánica para reciclarlo (Rosabal Ayan et al., 2021).

Actinomicetos. Los actinomicetos son filamentos del grupo de las bacterias Grampositivas que predominan en los suelos con abundante contenido de humus y humedad. Los procesos metabólicos de estos organismos conllevan a la obtención de nutrientes en el suelo. Por ejemplo, son capaces de fijar nitrógeno en asociación con algunas plantas leguminosas. También cumplen una función primordial en el reciclaje de la materia orgánica (Heber & Quiñones, 2016; Ramírez et al., 2006; Zhou et al., 2017).

Hongos. Los hongos son organismos microscópicos que dominan mayormente el perfil superior del suelo. Estos organismos son unicelulares y multicelulares, que suelen desarrollarse con una larga estructura en forma de hilo llamada hifa. Existen hongos conocidos como micorrizas que tienen una relación simbiótica con las raíces de las plantas (Pandey et al., 2018). Desarrollan funciones importantes, como participar en el proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica que favorece el desarrollo y crecimiento de las plantas (Pfenning & Abreu, 2011).

1.6.2. Funciones de los microorganismos en el suelo

Muchos de los microorganismos son parásitos que pueden causar diversas enfermedades en las plantas. Asimismo, muchos de ellos son esenciales para conservar la fertilidad del suelo mediante diversas funciones que cumplen en los ciclos de la naturaleza. Algunas de estas funciones son: la mineralización, la nitrificación, la desnitrificación y la fijación de nitrógeno (Pandey et al., 2018).

1.6.3. Clasificación de los fungicidas

Según Rouabhi (2010), los fungicidas se pueden clasificar en los dos grupos siguientes:

a. Fungicidas de base biológica (biofungicidas)

Este tipo de fungicida está conformado por microorganismos (bacterias, hongos) que actúan contra los patógenos y plagas. Además, pueden indirectamente induciendo resistencia en las plantas (Köhl et al., 2019).

b. Fungicidas de base química

Son fungicidas químicos utilizados para el tratamiento de enfermedades de las plantas que actúan de diversas maneras, inhibiendo la biosíntesis de esteroides, ensamblaje de microtúbulos y la cadena respiratoria mitocondrial (Hayes et al., 2014).

Estructura química. Los fungicidas están relacionados químicamente entre sí. Esto quiere decir que todos los fungicidas de un mismo grupo suelen combatir las mismas enfermedades (Rouabhi, 2010).

De acuerdo con la actividad tóxica se pueden clasificar en los siguientes tipos:

Fungicida de contacto: es aquel que tiene un impacto preventivo y actúa solamente en la superficie de la planta, es decir, no será absorbido. La acción de contacto tiene derivados del ácido ditiocarbamato, agentes a base de azufre, cobre, etc. Este tipo de fungicidas solo se

pueden usar como protectores. Ejemplo: nitrilos, ditiocarbamatos, peróxidos y otros (Baibakova et al., 2019).

Fungicidas penetrantes localizados: estos son absorbidos al interior de la planta a través de las hojas. Su desplazamiento dentro de la hoja es de corta distancia, por lo que no son capaces de movilizarse a otra hoja y no son absorbidos por las raíces. Dichos fungicidas controlan los hongos en la superficie y en el interior de las hojas tratadas. Ejemplo: dicarboximidas y estrobilurinas (Rouabhi, 2010).

Fungicidas penetrantes acropétalos: son capaces de penetrar las raíces, los brotes y las hojas. Estos son absorbidos a través de la xilema moviéndose hacia arriba en las plantas. Controlan los hongos en la superficie y en el interior de las plantas que se encuentran sobre la superficie tratada. Ejemplo: benzimidazoles, triazoles, pirimidinas y otros (Rouabhi, 2010).

Fungicidas sistémicos: son aquellos que son absorbidos a través del xilema y floema y tienen la capacidad de desplazarse hacia abajo y hacia arriba en las plantas. Estos pueden inhibir a los hongos en la superficie y en el interior de la planta que están por encima o por debajo de la superficie tratada. Ejemplo: los fosfatos (Gikas et al., 2022).

b.3. Modo de acción

El modo de acción de los fungicidas en las células fúngicas se clasifica en dos grupos: los inhibidores específicos del sitio, estos se dirigen a procesos individuales dentro del hongo, y los inhibidores multisitio, que se dirigen a distintos sitios o procesos en cada célula fúngica (Claassen et al., 2022; Rouabhi, 2010).

1.6.4. Resistencia a los fungicidas

La resistencia a los fungicidas se refiere a un proceso heredable de los organismos fúngicos, donde consiguen adaptarse a distintas condiciones agronómicas adversas, logrando la sobrevivencia. Esto conlleva a que algunas especies se multipliquen y propaguen pese a haber

estado expuestos al fungicida que normalmente era efectiva en esa población (Hobbelen et al., 2014).

1.6.5. El cultivo de papa

Origen. El origen de la papa (*Solanum tuberosum*) está en los Andes, en América del Sur, cerca del Lago Titicaca (Bolivia - Perú), que se encuentra sobre los 3,800 msnm (Cartagena et al., 2021; Ezeta, 2001).

Taxonomía. La papa pertenece a la gran familia *Solanaceae* que incluye 95 géneros. El género *Solanum* es el más grande, en el cual, 200 especies producen tubérculos. Cuenta con un número de cromosomas base de 12 y la mayor parte de especies son diploides, existiendo también especies tetraploides y decaploides (Brandreen & Haynes, 2011; Machida-Hirano, 2015). La taxonomía de la papa en detalle se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación botánica de la papa cultivada

Familia	<i>Solanaceae</i>
Subfamilia	<i>Solanoideae</i>
Tribu	<i>Solaneae</i>
Género	<i>Solanum L.</i>
Subgénero	<i>Potatoe (G. Don) D'Arcy</i>
Sección	<i>Petota Dumortier</i>
Subsección	<i>Patata G. Don</i>
Superseries	<i>Rotata Hawkes</i>
Serie	<i>Tuberosa (Rydb.) Hawkes</i>
Especie	<i>Solanum tuberosum L.</i>
Subespecie	<i>Tuberosum</i>

Fuente: Tomado de Brandreen & Haynes (2011).

Morfología. La papa es una planta herbácea, suculenta y de vida corta. Los tubérculos se engendran bajo tierra como protuberancias a lo largo de tallos modificados llamados estolones. Las hojas son pinnadas compuestas y se alternan a lo largo de tallos. Las flores son hipóginas y actinomorfas con corolas fusionadas de cinco lóbulos. Su color varía de blanco a morado oscuro y rosado; el cáliz es gamosépalo lobulado. El color de la corola varía de blanco a morado oscuro y rosado. El producto de la fertilización es pequeño (1 – 2 mm de dimensión máxima), plano, de forma ovalada a riñonada, y de color amarillento a bronceado. El fruto es una baya esférica con una forma redondeada, alargada y ovalada (Brandreen & Haynes, 2011).

Enfermedades y plagas de la papa. El cultivo de la papa está expuesto a una amplia variedad de más de 40 tipos diferentes de plagas y enfermedades provocadas por insectos, nematodos, bacterias, hongos y virus. Estos patógenos se transmiten a través del aire y el suelo, causando daños en todas partes de la planta. Por ejemplo, las que son causadas por virus mayormente afectan la parte foliar y tubérculos, los nematodos provocan lesiones radiculares. Estos daños, causados por estos patógenos afectan el desarrollo del cultivo y una reducción en el rendimiento. Las condiciones favorables para que se desarrollen estas enfermedades se dan en las mismas condiciones ambientales óptimas para el cultivo de la papa: temperaturas de 10 a 25 °C, alta humedad, pH entre 6.0 y 7.5, entre otras condiciones. Algunas de las principales enfermedades son: la sarna polvorienta, distintas virosis, el tizón tardío o rancha de la papa y la marchitez como la causada por *Verticillium* (Claassen et al., 2022; Fiers et al., 2012).

1.6.6. Fungicidas evaluados y modos de acción

Mancozeb. Es un fungicida que pertenece al grupo de los bisditiocarbamatos de etileno capaz de reducir las enfermedades rápidamente después de su aplicación. La incidencia de la luz, el contacto con el agua o la acción biológica son capaces de descomponer este fungicida, siendo el etilentiourea el principal compuesto formado (Xu, 2000). Es un fungicida de acción de contacto que inhibe la germinación de las esporas y el desarrollo germinativo del patógeno

(Enyiukwu et al., 2021). En líneas de células, mancozeb induce la disfunción mitocondrial, el daño en el ADN y la apoptosis en células de ratas, así como en linfocitos humanos. Aunque el modo de acción no está completamente elucidado, se atribuye tanto al etilen-bis-ditiocarbamato como a los componentes de manganeso (Calviello et al., 2006; Domico et al., 2007).

Cymoxanil + mancozeb. Es un fungicida agrícola que está conformado por dos ingredientes activos: el cymoxanil y el mancozeb. El fungicida cymoxanil es un cianoacetoamida, sistémico foliar que se usa ampliamente en combinación con otros fungicidas. El mancozeb es un ditiocarbamato que tiene una actividad de contacto y es utilizado como fungicida protector con actividad inhibidora multisitio contra patógenos. Actúa como un reactivo tiol no específico y es eficaz en el manejo de enfermedades cuando se aplica antes de la infección (Mills et al., 2004; Saha et al., 2017). El cymoxanil exhibe alta eficiencia, baja toxicidad y persistencia débil, logrando una actividad penetrante y curativa en las plantas tratadas. Sin embargo, la alta sensibilidad y la rápida degradabilidad del cymoxanil aún no están resueltas y dan como resultado una rápida pérdida de eficacia en el campo (Zhang et al., 2021). Los autores describen que el uso de ambos ingredientes activos (cymoxanil + mancozeb) en conjunto presenta un efecto sinérgico en el control de patógenos, utilizando menos cantidad del pesticida en las aplicaciones (Chaudhary et al., 2021).

1.6.7. Costo-beneficio

El análisis costo-beneficio es una técnica que permite analizar y derivar a una decisión, cuyo propósito es cuantificar los beneficios que puede obtener de una acción específica, expresadas en términos financieros, luego deducir los costos sociales y financieros estimados para que los resultados de la acción puedan ser evaluados, valorados y expresarse en términos monetarios (Jeuland, 2015).

1.7. Marco conceptual

Suelo. El suelo es un componente natural primordial para el desarrollo de vida terrestre, ya que provee aire, agua y nutrimentos, es reserva genética por la gran diversidad biológica de organismos que cumplen muchas funciones importantes como: la transformación de los residuos en nutrientes, aporta nutrimentos esenciales para el crecimiento de las plantas y también mantiene la calidad del suelo (Chaves-Bedoya et al., 2013; Rosabal Ayan et al., 2021).

Rizósfera. Es esa estrecha zona del suelo que es influenciada por la raíz, albergando una infinidad de microorganismos e invertebrados, considerándose una de las interfaces más dinámicas de la tierra (Philippot et al., 2013).

Rizoplano. El rizoplano es la zona que se encuentra en la superficie radicular donde se establecen los microorganismos, mediante el uso de flagelos, fimbrias o polisacáridos de la superficie celular (Johri et al., 2003).

Microbiota. La microbiota del suelo está constituida por una gran diversidad de microorganismos como hongos, bacterias, protozoos y otros organismos (de Souza & Procópio, 2021).

Fungicida. Son sustancias químicas que se emplean para eliminar o evitar el crecimiento y desarrollo de los hongos y sus esporas (Ratna Kumar et al., 2017; Sparks & Sparks, 2013).

Ingrediente activo. Es cualquier sustancia química o biológica de un producto que se encuentra en estado puro y que genera la acción principal del producto (Esimbekova et al., 2022).

Agroquímico. Los agroquímicos son aquellas sustancias orgánicas e inorgánicas que se utilizan en el sector agrícola con la finalidad de mejorar e incrementar la producción de los cultivos. Estos productos agrícolas se suelen utilizar para la eliminación inmediata de plagas y

enfermedades (Ren et al., 2020). Los agroquímicos, según su función, se clasifican en insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematocidas (Sparks & Sparks, 2013).

1.8. Hipótesis

Los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb disminuyen la cantidad de bacterias y hongos en la rizósfera de *Solanum tuberosum*.

1.9. Operacionalización de variables

A continuación, en la tabla 2 se muestran las variables identificadas en la investigación.

Tabla 2

Variables e indicadores del efecto de fungicidas en bacterias de la rizósfera de la papa

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente		
Mancozeb	Dosis	kg ha ⁻¹
Cymoxanil + mancozeb	Frecuencia	Días
	Período	Días
Variable dependiente		
Bacterias	Cantidad de células	UFC ml ⁻¹
Hongos	Cantidad de propágulos	UFC ml ⁻¹
Actinomicetos	Cantidad de propágulos	UFC ml ⁻¹

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

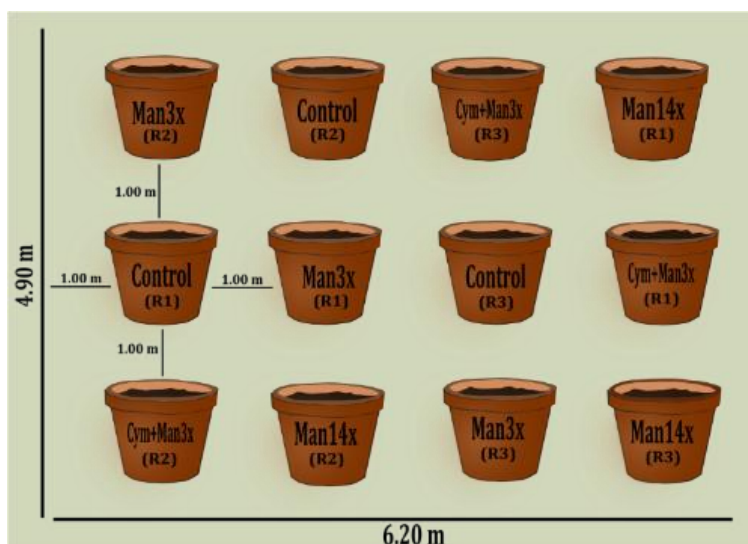
Esta investigación es de enfoque cuantitativo de tipo experimental (Hernández et al., 2014), porque buscó evaluar, explicar y comparar los efectos de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb en los microorganismos del suelo.

3.2. Diseño de investigación

La investigación es de un diseño experimental, porque se manipulan las variables independientes para analizar las consecuencias de la manipulación sobre las variables dependientes (Hernández et al., 2014). Donde se realizó la aplicación de los fungicidas de manera controlada para evaluar su efecto en la cantidad poblacional de hongos y bacterias de la rizósfera de la papa. Para evitar contaminación cruzada por deriva, las plantas fueron cultivadas en macetas, las pulverizaciones se realizaron fuera del área e inmediatamente las macetas fueron retornadas al lugar de forma aleatorizada. En la Figura 1, se presenta la disposición de los tratamientos y repeticiones.

Figura 1

Croquis de distribución de los tratamientos y repeticiones del proyecto de investigación sobre la aplicación de fungicidas en la rizósfera de Solanum tuberosum



El agua de riego fue asperjada con regadora, simulando las lluvias, sobre las hojas de la planta con un volumen controlado de 1.5 L por maceta cada dos días, dependiendo de las condiciones ambientales y la exigencia del cultivo.

Las muestras se obtuvieron antes y después de las aplicaciones de fungicidas. En el último caso, el análisis se realizó después de la tercera aplicación y un análisis final en el momento que fue la cosecha. Además, se monitoreó la temperatura y humedad durante el periodo de exposición de las plantas a los fungicidas y se evaluó el crecimiento, el desarrollo y la producción de las plantas. La identificación y cuantificación de los hongos y bacterias de la rizósfera del suelo se realizó mediante dilución y cultivo en medios selectivos.

La investigación utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones (Tabla 3).

Tabla 3

Especificaciones de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
Control	Control, sin aplicación de fungicidas
Man3X	Mancozeb con tres aplicaciones
Man14X	Mancozeb con 14 aplicaciones
Cym+Man3X	Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones

3.3. Métodos de Investigación

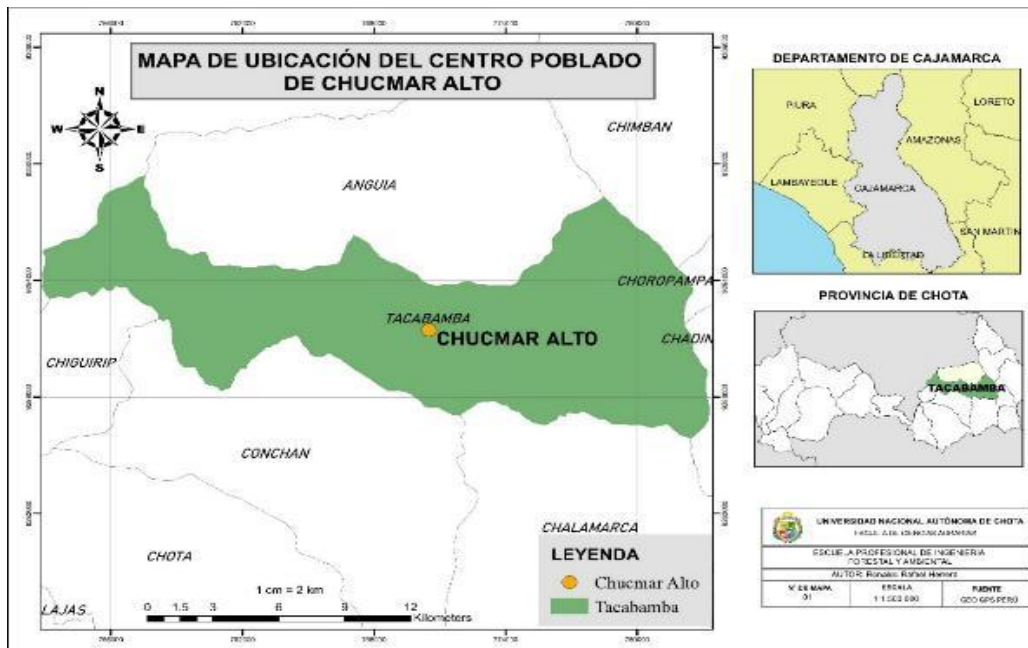
3.3.1. Fase de campo

Ubicación. El estudio fue realizado en un vivero en el centro poblado de Chucmar Alto que se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Tacabamba, provincia de Chota en el departamento de Cajamarca, a 45 min aproximadamente de la ciudad de Tacabamba.

Geográficamente, se encuentra en la zona 17S, con coordenadas de Este (X): 770319.20 m y Norte (Y): 9291824.47 m, a una altitud de 2 998 msnm (Figura 1).

Figura 2

Ubicación geográfica del centro poblado de Chucmar Alto, distrito de Tacabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca



Los análisis de cuantificación de microorganismos y de suelos se llevaron a cabo en el Área de la Clínica Fitopatológica, Laboratorio de Investigación en Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Obtención del material vegetal. La variedad de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada en esta investigación fue la amarilis, esta variedad de semilla fue proveniente de una cosecha en la que se emplearon los métodos y prácticas tradicionales de la localidad. Esto consistió en la utilización de un motocultor agrícola para el arado del suelo, para el sembrado la distancia entre surcos fue de un metro aproximadamente, y entre semilla de tubérculos de 35 a 40 cm, para el abonamiento, se aplicó 10 quintales de gallinaza por cada un quintal de semilla de papa

sembrada, 49 kg de fertilizante químico que contenía 24% de fósforo, 14% potasio, 2% magnesio, 5% azufre y 15% nitrógeno. Uno a dos semillas por golpe fue sembradas, Posteriormente, de 15 días de la siembra se aplicó un herbicida (*glifosato*) y pasado un mes se inició con la fumigación de fungicidas *Evitane* (mancozeb) y *Attack* (cymoxanil + mancozeb) cada ocho días, hasta uno o dos meses antes de la cosecha. También fue aplicado insecticida (*matrix*) al menos una vez y, a partir de los tres meses, se fumigó con fertilizante foliar (*multi frut*) con 4 aplicaciones hasta el cuarto mes aproximadamente. Además, se realizó un deshierbo a los dos meses y un aporque a los tres meses aproximadamente. De la cosecha, se obtuvieron 20 kg de semilla de tubérculo para el trabajo de investigación, los cuales se almacenaron en condiciones adecuadas durante cuatro meses para su germinación. Durante este periodo de reposo no se aplicó ningún insecticida, que es una práctica habitual en la región. Al cabo de los cuatro meses se seleccionaron 36 semillas de tubérculos en buen estado y con las mejores características como: uniformidad de tamaño, presencia de brotes a partir de las yemas y en óptimas condiciones como se muestra en la Figura 22.

Área de experimentación. La estructura del ambiente tuvo una dimensión de 5 m de ancho por 7 m de largo, con una altura de 2 m. Se utilizó madera de aliso y eucalipto, con malla Raschel verde alrededor y con techo translúcido de plástico (Figura 22). Esta área estuvo ubicada a 2998 msnm, a 10 m de una vivienda y a 500 metros aproximadamente de los campos de cultivos de papa. En el transcurso de este había pastizales y algunas cercas de alisos. El terreno presentaba pendiente leve, donde se eliminaron las malezas y el suelo fue compactado.

Preparación del suelo, análisis e instalación de la investigación. Se recolectaron muestras de suelo de varios puntos de un área que no había sido cultivada por más de 15 años aproximadamente, durante este tiempo sirvió para pastoreo. La superficie del suelo estaba cubierta por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), trébol (*Trifolium sp.*), raigrás (*Lolium sp.*) y rumex (*Rumex sp.*). La profundidad para la extracción de suelo se realizó en un rango de 5 a

30 cm, para esto se utilizó una pala y costales para el traslado al lugar de experimentación. El muestreo se llevó a cabo en zig-zag tomando en cada punto una muestra representativa a una profundidad de 0 a 30 cm por debajo de la superficie de acuerdo con (Pennock & Yates, 2008). Posteriormente, se mezclaron todas las muestras recolectadas de diferentes puntos para formar una muestra compuesta, la cual fue enviada al laboratorio de investigación de suelos y aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas para su respectivo análisis de caracterización. Se determinó la textura con el método del hidrómetro, la salinidad a través de la conductividad eléctrica, el pH con un potenciómetro, la materia la orgánica con el método de Walkley y Black, el fósforo con el método de Oslen modificado, el potasio mediante la extracción con acetato amoniaco, y la capacidad de intercambio catiónico a través de la saturación con acetato amónico (Alef & Sparling, 1995).

La textura del suelo es franco arenoso, con un pH fuertemente ácido. Tiene niveles altos de materia orgánica, fósforo, potasio, carbono y nitrógeno. La conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico con bajos. En la Tabla 4 se muestra la caracterización fisicoquímica del suelo y en la Figura 21 (anexos), el resultado original del análisis.

Tabla 4

Caracterización fisicoquímica de la muestra de suelo

pH	CE	P	K	C	MO	N	Arena	Limo	Arcilla	CIC
	(dS.m ⁻¹)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(meq.100g ⁻¹)
5.36	0.48	47.79	504.94	3.58	6.18	0.31	58	28	14	9.60

Nota. Conductividad eléctrica (CE), Fósforo (P), Potasio (K), Carbono (C), Materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El suelo para las macetas fue extraído de lugares aledaños de donde se realizó el muestreo para su caracterización. El suelo se colocó sobre una lona, donde se mezcló y se tamizó manualmente para eliminar los terrones de mayor tamaño. Se utilizaron 12 macetas de la marca PROTEK, modelo PK 18, de color negro, fabricadas de polipropileno recuperado (R1), con medidas de diámetro y altura de 300×300 mm, totalizando un volumen de 18 L. Las macetas fueron llenadas con el sustrato aproximadamente hasta la mitad y fueron golpeadas para que el suelo se asiente uniformemente sin espacios de aire (Fließbach & Mäder, 2004). Todas las macetas fueron pesadas para verificar que contengan 12 kg, sin considerar el peso de las macetas.

Sembrado. Tres tubérculos de semilla de papa se sembraron sobre el sustrato a una distancia equidistante entre ellos y luego se cubrieron con 10 cm de suelo, dejando 7 cm sin llenar desde el borde de la maceta, sin aplicar ningún tipo de fertilizantes orgánicos ni químicos. Las macetas fueron ordenadas a un distanciamiento de 1 m entre sí y se utilizó 1.5 L de agua para regar cada maceta.

Aplicación de los fungicidas. Los fungicidas fueron adquiridos de proveedores comerciales del centro poblado de Chucmar Alto. Se utilizarán dos productos comerciales diferentes. El mancozeb con el nombre comercial EVITANE® y el cymoxanil + mancozeb con el nombre comercial de ATTACK®. Se aplicarán en frecuencias y dosis recomendadas de mancozeb (0.8 kg en 200 L de agua) y cymoxanil + mancozeb (0.5 kg en 200 L de agua), excepto por el tratamiento Man14X, que será utilizado con mayor frecuencia, 14 aplicaciones simulando el uso indiscriminado usualmente realizado en algunas zonas paperas. El tratamiento Man3X y Cym+Man3X fueron aplicados tres veces, la primera aplicación se iniciará después de los 41 días del sembrado y desde este día se aplicó cada ocho días. Las dosis de los fungicidas dependieron del volumen de agua que requirió cada planta durante su desarrollo y crecimiento

como se muestra en la Tabla 5. La aplicación de ambos será realizada hasta el punto de goteo (Figura 22 en anexos).

Tabla 5

Número de aplicaciones y dosificación de los fungicidas mancozeb y Cymoxanil+Mancozeb

Tratamiento	Número de aplicaciones	Volumen de agua (ml)	Promedio de dosis mancozeb g/200 L	Promedio de dosis Cymoxanil+Mancozeb g/200 L
Man3X	1	100	0,817	
Man3X	2	110	0,802	
Man3X	3	110	0,808	
Man14X	1	100	0,815	
Man14X	2	110	0,808	
Man14X	3	110	0,807	
Man14X	4	60	0,815	
Man14X	5	60	0,824	
Man14X	6	70	0,815	
Man14X	7	70	0,812	
Man14X	8	75	0,812	
Man14X	9	75	0,818	
Man14X	10	80	0,812	
Man14X	11	80	0,809	
Man14X	12	85	0,811	
Man14X	13	85	0,805	
Man14X	14	90	0,781	
Cym+Man3X	1	100		0,512
Cym+Man3X	2	110		0,502
Cym+Man3X	3	110		0,501

Nota. Control (sin aplicaciones), Man3x (mancozeb con tres aplicaciones), Man14x (mancozeb con 14 aplicaciones) y Cym+Man3x (cymoxanil+mancozeb con tres aplicaciones)

Mantenimiento de las plantas. Para el riego, 1,5 L de agua de grifo por cada maceta, fue aplicado con la ayuda de una regadera, cada 48 horas. En el transcurso del crecimiento de la planta el clima era muy cambiante, por lo que en algunos casos varió la cantidad y el tiempo de aplicación del riego. En total se utilizó 83 L por maceta durante toda la investigación. Es importante destacar que el riego comenzó desde el primer día de la siembra.

Raleo. De las tres plántulas desarrolladas en cada maceta, se realizó el raleo escalonado coincidentes con los momentos del muestreo, de forma que al final del experimento permaneció una planta original de un solo tubérculo.

3.3.2. Fase de laboratorio

Medios utilizados y análisis microbiano. Para la estimación de los microorganismos se utilizó la técnica de dilución seriada y el método de técnica de vertido en placa (Brown & Smith, 2014; Cappuccino & Welsh, 2017). El medio Agar Tryptone Soya Broth fue usado en el caso de las bacterias, para la estimación de hongos, el medio agar Sabouraud y PDA, y para la enumeración de actinomicetos el Glycerol Yeast Agar (Cappuccino & Welsh, 2017; Sułowicz & Piotrowska-Seget, 2016).

Dilución en serie y técnica de vertido en placa. El procedimiento se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Cappuccino & Welsh (2017).

3.4. Población, muestra y muestreo

Población. La población estuvo representada por la gran diversidad de bacterias y hongos en los suelos del centro poblado de Chucmar Alto. En dicho lugar los pobladores en su mayoría se dedican a la agricultura, principalmente al cultivo de papa, y para confrontar diferentes plagas, enfermedades y malezas utilizan productos fitosanitarios. En el caso de los fungicidas, usualmente estos se aplican después de un mes de la siembra y hasta antes de un mes de la cosecha de los tubérculos. El intervalo de aplicación varía entre ocho a cada 15 días

dependiendo de las condiciones ambientales. No cuentan con riego tecnificado, dependiendo de las lluvias.

Muestra. La muestra estuvo constituida por suelo extraído de un campo de producción no expuesto a fungicidas de la misma localidad. Este suelo fue homogenizado, zarandeado y distribuido de forma uniforme en las macetas donde se sembrarán las plantas de papa y se aplicarán los tratamientos respectivos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Fase de campo

Monitoreo y muestreo. Muestras de suelo de 0.5 kg fueron recolectadas de la rizósfera en tres momentos. La primera se tomó de la maceta poco antes de las pulverizaciones, a los 31 días después del sembrado, de una de las tres plantas sacrificadas. La segunda muestra se obtuvo después de la tercera aplicación de pulverización, a los 59 días después del sembrado y la última se obtuvo en la cosecha, a los 157 días después de la siembra. Eso quiere decir que se tenía tres plantas por maceta, siendo la primera sacrificada al inicio como una especie de raleo. La segunda de ellas fue extraída durante la segunda toma de muestras de suelo después de la tercera aplicación del fungicida, también se recolectó el tallo y se evaluó el peso fresco y seco. Además, a partir de este momento se inició con la medición de la altura y diámetro de tallos semanalmente desde el trasplante. Para el tercer muestreo se aprovechó la cosecha para obtener el suelo circundante. El suelo se analizó microbiológicamente para el recuento total de colonias y la caracterización de bacterias y hongos.

Toma de datos meteorológicos. Para monitorear y registrar las condiciones ambientales del área de experimentación, se instaló un datalogger en la parte céntrica de la estructura en que estaban las macetas y a una altura de 60 cm desde la superficie del suelo, de forma que el registro fue representativo (Figura 23).

Medición de altura y diámetro de planta. El diámetro del tallo fue realizado, con la ayuda un vernier y se midió al ras del suelo. Las mediciones comenzaron a los 41 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaban una altura de 7 cm aproximadamente, la mayoría de las plantas presentaba entre uno y dos tallos, por lo cual, se seleccionaron al tallo más robusto y libre se síntomas de tizón tardío para realizar la medición. La altura de planta fue medida con la ayuda de una wincha desde la base del tallo principal hasta el ápice de la hoja más tierna y completamente formada y extendiéndolas, como mostrado en la Figura 23 (Olszyk *et al.*, 2010).

Monitoreo de plagas y enfermedades. Estas fueron monitoreadas cada ocho días, desde las primeras germinaciones, donde se registraron cualquier signo de infección o daños provocados por plagas, como deformaciones en las hojas y presencia de insectos en las plantas.

3.5.2. Primer muestreo

Muestreo y traslado a laboratorio. La colecta de la muestra se llevó a cabo con un machete, cortando alrededor de la planta. La parte foliar se cortó con una tijera en el punto donde se dividía la parte aérea y subterránea, se envolvieron en abundante papel higiénico y se colocaron en una bolsa de plástico con papel higiénico, para poder absorber la humedad y proteger de daños mecánicos durante el transporte. La raíz con el suelo se introdujo en otra bolsa. Se recolectaron dos plantas por cada tratamiento y una por cada maceta: del Control (R2; R3), Man3X (R1; R3), Man14X (R1; R2) y del Cym+Man3X (R2; R3) (Figura 24). En total se recolectaron ocho muestras, cada una de las muestras fue codificada y depositada en una caja de poliestireno expandido (Tecnopor) sin gel pack congelados para el traslado. Los espacios dejados en las macetas tras la recolección de las muestras fueron rellenados con suelo guardado que se utilizó al inicio para el llenado de macetas. El tiempo entre el momento de muestreo, desde el área del experimento hasta su destino final, la Clínica Fitopatológica de la UNTRM, se tardó 28 h aproximadamente.

3.5.3. Fase de laboratorio

Tanto las muestras foliares como de suelos fueron separadas para ser pesadas y posteriormente guardadas juntamente con bloques de hielo dentro de la caja de poliestireno expandido.

Pesado seco de la parte foliar. El pesado se realizó en una balanza gramera de cuatro dígitos, cada planta fue pesada dentro de papel Kraft sin tirarlo y se codificaron. El secado se realizó en una estufa a 70 °C por 48 h. Después de este tiempo se volvió a pesar y se calculó el peso seco.

Preparación de las muestras de suelo. Las muestras de suelo de todos los tratamientos se mezclaron en una bandeja. Se desprendió la tierra de la raíz, manteniendo un poco de suelo impregnadas a ellas. Se obtuvo dos tipos de muestras: una de la rizósfera, correspondiente al suelo circundante a las raíces, y otra del rizoplano, obtenida del suelo adherido en la superficie radicular mediante el uso de un pincel. De cada uno de ellos se extrajo una porción considerable para pesarlo, alcanzando 1.0005 g para rizósfera y 1.0029 g del rizoplano.

Esterilización de los materiales. Se esterilizaron seis frascos con tapa rosca conteniendo 99 mL de agua destilada para la dilución stock, cuatro frascos de 1 L, puntas de micropipetas de 1000 y 100 μ L, tres pipetas de vidrio de 1 mL y dos pinceles. Se colocaron todos los materiales en la autoclave, por 15 minutos, a 121 °C. Seguidamente 32 placas de Petri fueron esterilizadas a seco a 180 °C por 2 h.

Preparación de los medios de cultivo selectivos. Para la preparación de papa dextrosa agar (PDA) se seleccionó un tubérculo de uno de los tratamientos, tras pelarlo, se cortó en pequeños cubos. Se pesó 40 g en una balanza analítica, se midió 150 mL de agua destilada en una probeta y todo fue transferido a un vaso de precipitación. El contenido se llevó a ebullición durante 15 min agitando constantemente. Se coló con una gasa a otro vaso de precipitación para obtener solamente el líquido con el almidón. Para los otros medios de cultivo, se pesaron los

componentes para los medios de cultivo *Glycerol Yeast Agar*, *Trypticase Soy Agar*, *Sabouraud Agar* y, la dextrosa y el agar para el PDA, correspondiendo a los medios para actinomicetos, bacterias y los dos últimos medios para hongos, tal como se muestra en la Tabla 6. Se prepararon cuatro vasos de precipitación cada uno con agua destilada. Se calentó y disolvió cada componente del medio en su respectivo vaso agitando constantemente (Figura 25). En el caso del *Trypticase Soy Agar*, se incorporaron tripticasa y cloruro de sodio.

Tabla 6

Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos

Microorganismos	Medio	Peso (g)	pH	Temperatura (°C)
Actinomicetos	Glicerol	1.3364	7.08	34.3
	Yeast extract powder	0.4060		
	Di-potassium hydrogen orthophosphate	0.2030		
	Agar	3.0058		
Bacterias	Trypticase	3.0051	7.3	39.2
	Phytone (soytone)	-		
	Sodium Chloride	1.0137		
	Agar	3.0072		
Hongos 1	Peptona	2.0052	5.63	39.4
	Dextrosa	8.0087		
	Agar	3.0015		
Hongos 2	Papa	40.0228	5.55	27.4
	Dextrosa	8.0112		
	Agar	3.0015		

El pH de los medios fue realizado con un potenciómetro previamente calibrado. En caso del medio *Glycerol Yeast Agar*, su pH resultó por debajo al rango óptimo, por lo que se procedió

a su corrección con la adición de 0.1 N de hidróxido de sodio (NaOH). Por otro lado, el pH del PDA fue alto, por lo que se aplicó 2 M de ácido clorhídrico (HCl). Se utilizó una probeta para medir el volumen final de cada medio para alcanzar 200 ml. Tras añadir la cantidad faltante de agua, se calentó cada vaso individualmente. Se agregó el agar, asegurándose de disolverlo completamente y, una vez disuelto, el medio fue transferido a frascos con tapa rosca. Los cuatro frascos con tapa rosca, debidamente codificados, fueron esterilizados en una autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Posteriormente, se dejaron enfriar con tapa sin apretar, luego se taparon bien y fueron llevados a un baño maría a 45 °C (Figura 25). Utilizando pipetas de vidrio, se agregó 1 mL de nistatina al medio *Trypticase Soy Agar* para bacterias, 2 mL de tetraciclina en el medio *Glycerol Yeast Agar* para actinomicetos y en el medio Sabouraud agar para hongos y 1 mL de rosa de bengala + estreptomina al medio PDA.

Procedimiento de la dilución en serie y técnica de vertido en placa. Se dividieron las placas en cuatro grupos de cuatro, esto tanto para rizósfera (Rz) y rizoplano (Rp), las cuales fueron codificadas, de la siguiente manera: *Glycerol Yeast Agar*: 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} (para la enumeración de actinomicetos); *Trypticase Soy Agar*: 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} (para la enumeración de bacterias); Sabouraud Agar y PDA: 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} (para la enumeración de hongos). Se etiquetaron también los frascos como Rz 1, Rz 2, Rz 3 para rizósfera y Rp 1, Rp 2, Rp 3 para rizoplano, cada una de ellas con 99 mL de agua estéril. Se agregó 1 g de suelo al frasco Rz 1, se agitó vigorosamente aproximadamente 30 veces la dilución de 10^{-2} . Con una micropipeta estéril de 1 mL, se transfirió 1 mL al frasco Rz 2, se agitó y se obtuvo la dilución de 10^{-4} . Nuevamente se transfirió 1 ml de la dilución 2 al frasco Rz 3 se agitó y se obtuvo la dilución de 10^{-6} . De la misma manera se realizó para rizoplano (Figura 26). Utilizando micropipetas con puntas estériles de 1 y 0.1 mL, en un ambiente estéril utilizando cuatro mecheros, se agregó la cantidad adecuada de cada dilución en cada placa de Petri de la siguiente manera: para actinomicetos, en placas etiquetadas con *Glycerol Yeast Agar*: se transfirió 0.1

mL del frasco Rz 1 a la placa de dilución 10^{-3} , del frasco Rz 2 se transfirió 1 mL a las placas de dilución 10^{-4} , 0.1 mL a las placas de dilución 10^{-5} y 1 mL del frasco Rz 2 a la placa de dilución 10^{-6} . Para bacterias, las placas fueron etiquetadas con *Trypticase Soy Agar*: se transfirió 1 mL del frasco Rz 2 a la placa de dilución 10^{-4} , 0.1 mL a las placas de dilución 10^{-5} . Del frasco Rz 3 se transfirió 1 mL a la placa de dilución 10^{-6} y 0.1 mL a la placa de dilución 10^{-7} . Por último, tanto para Sabouraud Agar y PDA: se transfirió 1 mL del frasco Rz 1 a la placa de dilución 10^{-2} y 0.1 mL a las placas de dilución 10^{-3} , del frasco Rz 2 se transfirió 1 mL a la placa de dilución 10^{-4} y 0.1 mL a la placa de dilución 10^{-5} . Los medios mantenidos en el baño maría fueron retirados solamente al momento de verterlos en las placas las cuales se giraron suavemente para garantizar una buena distribución de las células en el medio y se selló las placas Petri con filme PVC. Las placas con medios para bacterias fueron incubadas de forma invertida, para los demás microorganismos (actinomicetos y hongos) las placas fueron incubadas con la tapa hacia arriba a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (+1) en una estufa (Figura 26).

3.5.4. Segundo muestreo

Para el segundo muestreo, se siguió el mismo procedimiento del primer muestreo, con algunas modificaciones.

Muestreo y traslado al laboratorio. Para este análisis se recolectaron 12 plantas, tres por cada tratamiento y una por cada repetición, quedando solamente una planta para el tercer muestreo. A diferencia del primer muestreo, se agregó gel pack congelados a la caja con las muestras, para el traslado. Las muestras tardaron 26 h en llegar a la Clínica Fitopatológica.

Preparación de las muestras de suelo. Las muestras de suelo se mezclaron en una bandeja por cada tratamiento. Se obtuvo dos tipos de muestras por cada tratamiento como se describe en la Tabla 7.

Esterilización de los materiales

Se esterilizaron 24 frascos con tapa rosca con 99 mL de agua destilada para la dilución stock, ocho frascos de 1 L, puntas de micropipetas de 1000 y 100 μ l, nueve pipetas de vidrio de 1 mL, dos pinceles y 128 placas de Petri.

PDA del tubérculo de la papa

Se requirió 120 g de papa, la cual fue seleccionada de uno de los cuatro tratamientos y, se cocinó en 500 mL de agua destilada.

Tabla 7

Pesado de la muestra de suelo del segundo muestreo

Tratamiento	Rizósfera (g)	Rizoplano (g)
Control	1.0085	1.00029
Man3X	1.0048	1.0069
Man14X	1.0033	1.00008
Cym+Man3X	1.0092	1.0036

Pesado y procedimiento de los medios de cultivos. Se utilizó *Tryptone Soya Broth* para bacterias, tal como se muestra en la Tabla 8. Cuatro vasos de precipitación con 400 mL de agua destilada fueron utilizados. Se empleó una solución de HCL para los medios *Glycerol Yeast Agar*, *Sabouraud Agar* y *PDA* cuyo pH resultó superior al rango óptimo. Para este muestreo se trabajó con un volumen de medio de 800 mL. Sin embargo, para el medio *Tryptone Soya Broth*, no fue agregado el agar por error.

Tabla 8*Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos*

Microorganismos	Medio	Peso (g)	pH	Temperatura (°C)
Actinomicetos	Glicerol	1.3364	7.08	7.70
	Yeast extract powder	0.4060		
	Di-potassium hydrogen orthophosphate	0.2030		
	Agar	3.0058		
Bacterias	Tryptone Soya Broth	2.4201	7.3	26.5
Hongos 1	Peptona	8.0120	5.62	28.5
	Dextrosa	32.0126		
	Agar	12.0022		
Hongos 2	Papa	8.0120	5.65	37.4
	Dextrosa	32.0126		
	Agar	12.0022		

Se agregó 6 mL de nistatina al medio *Tryptone Soya Broth* para bacterias, 4 mL de tetraciclina en el medio *Glycerol Yeast Agar* para actinomicetos y en el medio Sabouraud Agar para hongos y, 4 mL de rosa de bengala + estreptomicina al medio PDA.

Procedimiento de la dilución en serie y técnica de vertido en placa. Este procedimiento se realizó de la misma manera que en el primer muestreo, cambiando lo siguiente: se utilizaron 32 placas Petri para cada tratamiento, de las cuales cuatro se destinaron a cada tipo de medio de cultivo. Esto se realizó tanto para las muestras de rizósfera (Rz) y rizoplano (Rp), que fueron codificadas indicando el tratamiento, la muestra de suelo y el tipo de microorganismo de la siguiente manera: Actinomicetos (A) con medio *Glycerol Yeast Agar*: Control Rz A 10^{-3} , Control Rz A 10^{-4} , Control Rz A 10^{-5} , y Control Rz A 10^{-6} ; bacterias (B) con medio *Tryptone*

Soya Broth: Control Rz B 10^{-4} , Control Rz B 10^{-5} , Control Rz B 10^{-6} y Control Rz B 10^{-7} ; hongos 1 (H) con medio Sabouraud Agar: Control Rz H 10^{-2} , Control Rz H 10^{-3} , Control Rz H 10^{-4} y Control Rz H 10^{-5} y para hongos 2 (PDA) con medio PDA: Control Rz PDA 10^{-2} , Control Rz PDA 10^{-3} , Control Rz PDA 10^{-4} y Control Rz PDA 10^{-5} , realizando el mismo etiquetado para todo los tratamientos y muestras de suelo. Se codificaron también los frascos teniendo en cuenta los tratamientos y muestra de suelo, como, por ejemplo: Control Rz 1, Control Rz 2, Control Rz 3 para rizósfera y Control Rp 1, Control Rp 2 y Control Rp 3 para rizoplano, siguiendo la misma lógica para los demás tratamientos.

En el proceso de dilución en placa, accidentalmente se pasó el medio Sabouraud Agar a las placas de actinomicetos y después de agregar a las placas, se observó que en el medio *Tryptone Soya Broth* no había solidificado debido a la falta de agar. Por lo que se tomaron en cuenta únicamente los resultados obtenidos con el medio PDA.

En este sentido se volvió a realizar el procedimiento solo para los medios *Glycerol Yeast Agar*, *Tryptone Soya Broth* y Sabouraud Agar, con datos diferentes del pesado de muestra de suelo (Tabla 9), las cuales fueron guardadas en el refrigerador a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, y de los medios de cultivo, como se presenta en la Tabla 10.

Tabla 9

Pesado de la muestra de suelo en el segundo muestreo

Tratamiento	Rizósfera (g)	Rizoplano (g)
Control	1.0069	1.0393
Man3X	1.0217	1.0160
Man14X	1.0180	1.0298
Cym+Man3X	1.0064	1.0094

Tabla 10*Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos en el segundo muestreo*

Microorganismos	Medio	Peso (g)	pH	Temperatura (°C)
Actinomicetos	Glicerol	4.0596	7.06	33.4
	Yeast extract	1.6042		
	Dipotassium phosphate	0.8055		
	Agar	12.0129		
Bacterias	Tryptone Soya Broth	2.4095	7.3	42.2
	Agar	12.0225		
Hongos	Peptona	8.0458	5.67	38.6
	Dextrosa	32.0563		
	Agar	12.0344		

3.5.5. Tercer muestreo

Cosecha. Para la cosecha se inició con el descarte de la maleza en la superficie del suelo de cada maceta. La extracción de los tubérculos se realizó manualmente escarbando el suelo y separando los tubérculos de las raíces. El suelo que se encontraba junto con las raíces se reservó para el muestreo, el tallo, las raíces y el suelo se mantuvieron en las macetas. Posteriormente se contabilizaron los tubérculos de cada maceta y se midió sus dimensiones (lado horizontal y vertical) con un vernier. Todos los tubérculos fueron codificados y guardados en bolsas plásticas para el posterior pesado.

Muestreo y traslado a laboratorio. Se realizaron siguiendo el mismo procedimiento en los muestreos anteriores, pero en esta ocasión se trasladaron las muestras de los tubérculos y pulgones. El transporte duró 28 h, los resultados del pesado de las muestras de suelo se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Pesado de los tratamientos en el tercer muestreo

Tratamiento	Rizósfera (g)	Rizoplano (g)
Control	1.0024	1.0054
Man3X	1.0034	1.0083
Man14X	1.0022	1.0117
Cym+Man3X	1.0145	1.0087

Preparación de los medios de cultivo y materiales. La esterilización de los materiales y PDA del tubérculo de la papa se realizaron de la misma manera que en el segundo muestreo al igual que el pesado y procedimiento de los medios de cultivos. Los datos del peso del medio se muestran en la Tabla 12. Para los medios *Glycerol Yeast Agar*, Sabouraud agar y PDA (Tabla 13) cuyo pH resultó superior al rango óptimo, se ajustó mediante la adición de una solución de ácido clorhídrico (HCl). El procedimiento de la dilución en serie y técnica de vertido en placa para el tercer muestreo fue de la misma manera que la descrita en el segundo muestreo.

Cálculo del recuento viable total. En el recuento de microorganismos se utilizó un estereoscopio de la marca Zeiss, en el cual se observaron las placas de cultivo para la enumeración de colonias. Se trazaron líneas separadas aproximadamente de 1.5 cm, creando múltiples divisiones que facilitaron el conteo. Así también, se utilizó un contador mecánico de colonias, que permitió estimar de manera más eficiente el número de colonias en cada una de las placas (Figura 27 en anexo). Se empezaron a la enumeración de los microorganismos después de 12 horas de la incubación aproximadamente, durante 3 días. Solamente se contabilizó las placas que se encontraban en un rango de 30 a 300 colonias (UFC). Las placas con más de 300 colonias (UFC) y que no se podían contar fueron designadas como demasiado numerosas para contar (DNPC); las placas con menos de 30 colonias se designaron como demasiado pocas para contar (DPPC). Con base en ello se determinó el número de

microorganismos por mililitro de cultivo original en todas las placas que no fueron las designadas como DNPC o DPPC multiplicando el número de colonias contadas por el factor de dilución utilizado (Cappuccino & Welsh, 2017).

Tabla 12

Peso de los medios para actinomicetos, bacterias y hongos en el tercer muestreo

Microorganismos	Medio	Peso (g)	pH	Temperatura (°C)
Actinomicetos	Glicerol	4.1399	7.06	40.08
	Yeast extract poder	1.6084		
	Di-potassium hydrogen orthophosphate	0.8124		
	Agar	12.0125		
Bacterias	Tryptone Soya Broth	2.4152	5.65	37.4
Hongos 1	Agar	12.0195	5.64	34.5
	Peptona	8.0189		
	Dextrosa	32.0116		
Hongos 2	Agar	12.0736	5.65	29.9
	Papa	120.0685		
	Dextrosa	12.0189		
	Agar	12.0174		

Aislamientos de microorganismos. Para el aislamiento se prepararon los medios MEA (*Malt Extract Agar*) y CYA (*Czapek Yeast Agar*) para hongos y el medio PDA para actinomicetos como se muestra en la tabla 13. Para la dilución de los medios, estas fueron colocados dentro de un vaso de precipitación con 100 mL de agua destilada e inmediatamente se procedió a calentarlo sobre una plancha. Posteriormente se midió el pH y la temperatura. El contenido se transfirió en una probeta para verificar cuanto de agua destilada le falta para 250 mL,

nuevamente se colocó sobre la plancha y se agregó el agua destilada junto con el agar. El medio previamente diluido se vertió en matraces, los cuales se cubrieron con papel Kraft y se esterilizaron en autoclave durante 15 minutos a una temperatura de 121 °C.

Tabla 13

Pesado del medio CYA, MEA y PDA

Medio	Componentes	Requerido	Pesado	pH	Temperatura (°C)
CYA	K ₂ HPO ₄	0.25 g	0.2518 g	6.78	45.7
	Czapeck Concentrate	2.5 mL	2.5 mL		
	Trace Metal Solución	0.25 mL	0.25 mL		
	Yeast Extract	1.25 g	1.2503 g		
	Sucrase	7.5 g	7.0069 g		
	Agar	3.75 g	3.7013 g		
	Agua destilada	250 ml			
MEA	Extracto de malta	5 g	5.0052 g	5.66	39.54
	Peptona	0.25 g	0.2548 g		
	Glucosa	5 g	5.0457 g		
	Agar	5 g	5.0149 g		
	Agua destilada	250 mL			
PDA	Papa	50 g	50.0022 g	5.69	34.56
	Agar	5 g	5.0145 g		
	Dextrosa	5 g	5.0075 g		
	Agua destilada	250 mL			

El vertido del medio a la placa se realizó en una cámara de flujo, utilizando mecheros de Bunsen y alcohol al 70%. Al finalizar todas las placas se pusieron a refrigerar a 10 °C. Por otro lado, se extrajeron microorganismos de las placas de actinomicetos, hongos 1 y hongos 2, de los cuales sólo se seleccionaron microorganismos que presentaban diferencias visibles en las

placas; estos se conservaron en tubos de ensayos pequeños con tapa que contenía semilíquido al 0.05% y con ayuda de un asa de platino los microorganismos fueron extraídos y colocados en los tubos.

Para realizar el aislamiento, se prepararon los medios PDA, CYA y MEA, los tubos, los mecheros, el alcohol y un asa de platino con una circunferencia en la punta. Los tubos se agitaron en un agitador para asegurar una mezcla homogénea. Posteriormente se procedió al sembrado tomando una muestra con un asa de platino para ser sembradas en tres puntos diferentes, en forma de triángulo, dentro de las placas, manteniendo una distancia considerable (el mismo procedimiento fue realizado para todas las placas). Finalmente se incubaron a 25 °C durante 7 días. Pasado el tiempo se realizaron montajes para la observación de los microorganismos.

Microcultivos. Para la preparación de las placas Petri, se hicieron cortes circulares de papel toalla para ser colocados en la base de la placa Petri. El papel fue humedecido con agua destilada y sobre esta se colocó un soporte de vidrio en forma de V y una lámina porta objeto. Con una lámina de bisturí se tomó aproximadamente 0.6 cm³ del medio PDA para actinomicetos, MEA y CYA para hongos. Se inoculó el microorganismo de interés y se colocó sobre el portaobjetos de forma que el micelio pudiese crecer también sobre el vidrio, luego con el cubre objetos fue colocado sobre el cubo que contenía el microorganismo, se selló a la placa con cinta film PVC y se incubó a 25 °C durante 7 días (Fernandez, 1993).

Montaje y visualización en el microscopio. Se colocó una muestra de microorganismos con un asa de platino en el centro de un portaobjetos limpio y seco. Para ello se utilizó alcohol etílico al 70% y azul de metileno para hacer el montaje, se cubrió con un cubreobjetos evitando la formación de burbujas de aire. La lámina montada fue colocada en la platina del microscopio marca Zeiss donde se utilizaron los objetivos de aumento de 4X, 10X y 40X para su visualización.

3.5.6. Costo-beneficio

El análisis de costo-beneficio se realizó considerando las prácticas de los agricultores de la zona. Fue incluido el costo de los fungicidas, y el mano de obra para realizar las prácticas agronómicas (preparación de la tierra, siembra, deshierbe, aporque, cosecha y pulverizaciones). Para la determinación de los ingresos por la venta de tubérculos se consideraron los precios actuales de la zona por los intermediarios, los costos y beneficios se obtuvieron tanto por tratamiento y por hectárea dividiendo los beneficios sobre los costos (Kassaw et al., 2021).

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para evaluar la confiabilidad y uniformidad de los resultados en la enumeración de los microorganismos, se realizó un análisis estadístico descriptivo, donde se calcularon el promedio, la desviación y el error estándar. Todo esto se llevó a cabo utilizando el software Microsoft Excel 2016.

Para los resultados de diámetro y altura de la planta, así como para el número total de folíolos, el número de folíolos con racha y el porcentaje de racha en las plantas, se realizó el análisis de varianza (ANOVA), luego de confirmar y cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los residuos para cada variable observada. En los casos que no cumplieron los supuestos, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis (análogo al ANOVA). Todos los ensayos fueron realizados por triplicado y analizados con el paquete estadístico del software R (R Development Core Team, 2020).

3.7. Aspectos éticos

La semilla de papa se obtuvo de los mismos agricultores, con su consentimiento, dándoles a conocer cuál sería el propósito de la investigación. Los fungicidas fueron utilizados teniendo en cuenta las buenas prácticas de su uso y exclusivamente para el experimento, para no

incrementar el impacto en medio ambiente ni afectar a las personas de la localidad donde se realizó dicho estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de los resultados

4.1.1. Efecto de los fungicidas en la enumeración de Actinomicetos, Bacterias y Hongos

Como lo indicado en la metodología, además de las bacterias y hongos, fue evaluada también el efecto de los fungicidas en los actinomicetos, debido a su importancia en la ecología del suelo y las plantas. La enumeración de los actinomicetos fue realizada en todas las diluciones mencionadas en la metodología, pero se presentan los resultados solamente de la dilución en la que, en su mayoría, los resultados estaban dentro de lo esperado para una enumeración adecuada, que es entre 30 a 300 UFC por placa de Petri. En el caso de la primera enumeración se obtuvo solamente un dato, porque las muestras obtenidas de las unidades experimentales dentro de cada tratamiento fueron analizadas como una sola. A pesar de que inicialmente se contempló evaluar sólo a nivel del rizoplano, se decidió investigar también la respuesta de los microorganismos a nivel del rizoplano por la posibilidad de que podría haber un efecto indirecto más pronunciado en el ambiente más próximo a las raíces de las plantas, principalmente en el caso del fungicida sistémico.

Enumeración de Actinomicetos. En la Tabla 14 se aprecia que el número de colonias antes de las pulverizaciones fue mayor. Después de las aplicaciones de los fungicidas en el segundo muestreo se registró una aparente disminución en la enumeración de actinomicetos en todos los tratamientos, ya que los valores para la rizósfera oscilaron entre 5.4 y 5.36 log UFC g⁻¹ para Man3X y Man14X, respectivamente. En el caso de la zona del rizoplano se registraron valores de 4.70 log UFC g⁻¹ para Man3X y 5.08 log UFC g⁻¹ para el tratamiento Cym+Man3X y el Control. Al momento de la cosecha, se encontró una mayor reducción en la cantidad de actinomicetos, especialmente en el tratamiento Cym+Man3X, que presentó valores de 5.18 y 4.60 log UFC.g⁻¹ en la rizósfera y rizoplano respectivamente.

Tabla 14

Enumeración de actinomicetos (log UFC.g⁻¹ de suelo) de la rizosfera y el rizoplano de la papa en la dilución 10⁻³ en el medio glicerol yeast agar

Tratamientos	Tipo	Primer muestreo	Segundo muestreo		Tercer muestreo	
		Antes de la pulverización	Cinco días después de la tercera pulverización	Porcentaje respecto al control	Al momento de la cosecha	Porcentaje respecto al control
Control	Rizosfera	5.53	5.15		5.48	
Man3X			5.04	-2.14	5.43	-0.91
Man14X			5.36	4.08	4.95	-9.67
Cym+Man3X			5.26	2.14	5.18	-5.47
Control	Rizoplano	5.59	5.08		5.00	
Man3X			4.70	-7.48	5.61	12.20
Man14X			4.85	-4.53	5.51	10.20
Cym+Man3X			5.08	0.00	4.60	-8.00

En la misma tabla se observa que, en el segundo muestreo, el tratamiento Man3X mostró la mayor reducción porcentual en el rizoplano, con un -7.48%, mientras que Man14X presentó el mayor incremento, alcanzando un 4.08%. Por otro lado, en el tercer muestreo, en la rizósfera, todos los tratamientos registraron disminuciones porcentuales, siendo Man14X el que presentó la mayor reducción, con un -9.67%. En el rizoplano, Man3X mostró el mayor incremento porcentual, con un 12.20%, mientras que el tratamiento Cym+Man3X evidenció una disminución del -8.00% en comparación con el control.

Enumeración de Bacterias. Tanto para la rizósfera como para el rizoplano el número de UFC antes de las pulverizaciones fue considerablemente mayor. Después disminuyeron, inclusive en el control, lo que lleva a la interpretación de que la causa no fueron los fungicidas, en ese caso. Valores ligeramente menores en el control, con respecto a los tratamientos con aplicación de fungicidas, son aparentes al inicio de las pulverizaciones y a la cosecha, con 5.73 y 5.32 log UFC.g⁻¹, respectivamente a nivel de la rizósfera. Entonces, los fungicidas parecen haber

causado un aumento de UFC bacterianas de la rizósfera. En el caso del rizoplano, esa tendencia parece ocurrir de manera similar que en la rizósfera (Tabla 15).

Tabla 15

Enumeración de bacterias (log UFC.g⁻¹ de suelo) de la rizósfera y el rizoplano de la papa en la dilución 10⁻⁴ en el medio tryptone soya broth

Tratamientos	Tipo	Primer muestreo		Segundo muestreo		Tercer muestreo	
		Antes de la pulverización	Cinco días después de la tercera pulverización	Porcentaje respecto al control	Al momento de la cosecha	Porcentaje respecto al control	
Control			5.73		5.32		
Man3X	Rizosfera	DNPC	6.19	8.03	6.20	16.54	
Man14X			6.24	8.90	6.39	20.11	
Cym+Man3X			6.13	6.98	6.39	20.11	
Control				5.74		5.63	
Man3X	Rizoplano	DNPC	6.01	4.70	6.10	8.35	
Man14X			5.69	-0.87	6.03	7.10	
Cym+Man3X			5.83	1.57	5.98	6.22	

Nota: Demasiado numerosas para contar (DNPC)

En la misma tabla se observa que, en el segundo muestreo, todos los tratamientos mostraron un aumento tanto en la rizósfera como en el rizoplano. El mayor incremento porcentual correspondió al tratamiento Man14X con 8.90%, seguido de Man3X con 8.03% de la rizósfera. Sin embargo, en el rizoplano, Man14X presentó una disminución porcentual de -0.87%. En el tercer muestreo, todos los tratamientos mostraron incrementos en ambas muestras, destacándose Man14X y Cym+Man3X, ambos con el mayor porcentaje de aumento, alcanzando un 20.11% en comparación con el control.

Enumeración de Hongos. Antes de la aplicación de fungicidas hubo mayor UFC en el medio Sabouraud con 9.48 log UFC.g⁻¹ en la rizósfera y el rizoplano, diferente del medio PDA, con valores muy inferiores, de 3.76 y 3.84 log UFC.g⁻¹ para rizósfera y rizoplano respectivamente. Después de la aplicación de los fungicidas, los valores se uniformizaron, indicando un resultado

inesperado en los valores antes mencionados en el medio Sabouraud. En el segundo muestreo hubo una reducción en la enumeración de hongos en el medio Sabouraud en comparación con los datos iniciales sin pulverizaciones. En la rizósfera el Control muestra una cantidad de 3.49 log UFC.g⁻¹ en el medio Sabouraud y 3.96 log UFC.g⁻¹ en el medio PDA. Los tratamientos Man3X, Man14X y Cym+Man3X presentaron valores de menores al del Control en ambos medios, en el rizoplano el Control tuvo 3.74 log UFC.g⁻¹ en el medio Sabouraud y 3.58 log UFC.g⁻¹ en el medio PDA, obteniendo los valores más altos en comparación a los demás tratamientos. En la cosecha los valores de la enumeración la rizósfera y en el rizoplano muestra una ligera recuperación en base al segundo muestreo, pero siguen siendo menores a los valores iniciales con excepción en el medio PDA. En la rizósfera el tratamiento Man3X obtuvo el menor recuento en el medio Sabouraud con 3.54 log UFC g⁻¹ y en el medio PDA el tratamiento Man14X con 3.51 log UFC g⁻¹, en el rizoplano, el tratamiento Man14X con 3.38 y 3.79 log UFC g⁻¹ en el medio Sabouraud y en el medio PDA respectivamente, mientras que en el Control fue el tratamiento con mayor enumeración respecto a los demás (Tabla 16).

En la Tabla 17 se observa que, en el segundo y tercer muestreo, todos los tratamientos mostraron una disminución porcentual en ambas muestras. En el medio Sabouraud, el tratamiento Man14X presentó la mayor reducción en el tercer muestreo, con un -15.50%, mientras que Man3X alcanzó un -14.44% en el segundo muestreo, ambos en el rizoplano. Por otro lado, en el medio PDA, Man3X registró el mayor porcentaje de disminución en el rizoplano durante el segundo muestreo, con un -18.99%, seguido de Man14X, que presentó una reducción de -12.03% en la rizósfera durante el tercer muestreo, en comparación con el control.

Tabla 16

Enumeración de hongos (log UFC.g⁻¹ de suelo) de la rizósfera y el rizoplano de la papa en la dilución 10⁻⁴ en el medio Sabouraud y PDA

Tipo	Tratamientos	Primer muestreo		Segundo muestreo		Tercer muestreo	
		Enumeración antes de la pulverización del fungicida		Enumeración 5 días después de la tercera pulverización		Enumeración al momento de la cosecha	
	Medio	Sabouraud	PDA	Sabouraud	PDA	Sabouraud	PDA
Rizosfera	Control			3.49	3.96	4.03	3.99
	Man3X	DNPC	3.76	3.26	3.32	3.54	3.96
	Man14X			3.32	3.26	3.65	3.51
	Cym+Man3X			3.45	3.51	3.77	3.87
Control					3.74	3.58	4.00
Rizoplano	Man3X	DNPC	3.84	3.20	2.90	3.58	3.79
	Man14X			3.36	3.60	3.38	3.79
	Cym+Man3X			3.56	3.30	3.64	3.93

Nota: Demasiado numerosas para contar (DNPC)

Tabla 17

Enumeración de hongos de la rizósfera y el rizoplano de la papa en porcentaje con respecto al control

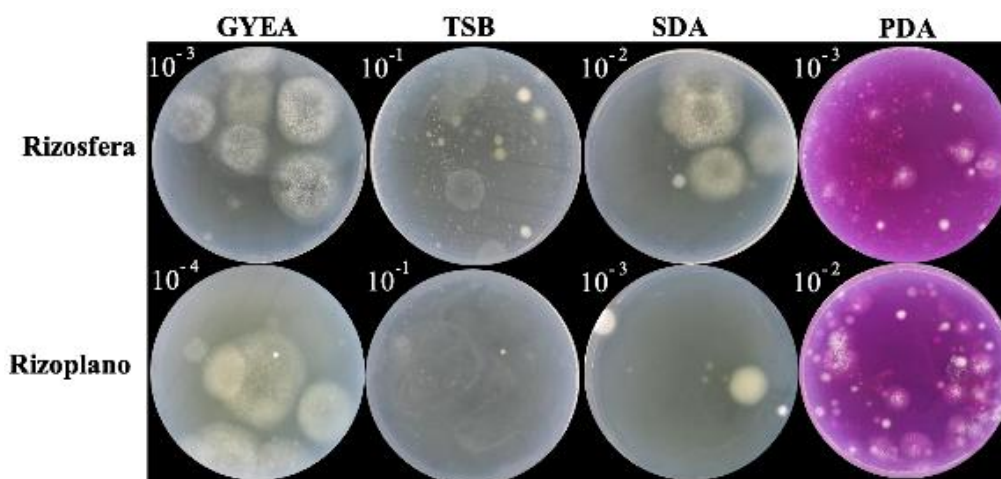
	Tratamiento	Segundo muestreo (%)		Tercer muestreo (%)	
		SDA	PDA	SDA	PDA
Rizosfera	Man3X	-6.59	-16.16	-12.16	-0.75
	Man14X	-4.87	-17.68	-9.43	-12.03
	Cym+Man3X	-1.15	-11.36	-6.45	-3.01
Rizoplano	Man3X	-14.44	-18.99	-10.50	-10.40
	Man14X	-10.16	0.56	-15.50	-10.40
	Cym+Man3X	-4.81	-7.82	-9.00	-7.09

Registro de observaciones microscópicas y macroscópicas en distintos medios de cultivo

En la Figura 3 se observa el crecimiento de las colonias de actinomicetos en el medio glycerol yeast agar (GYEA), bacterias en tryptone soya broth (TSB), y hongos en sabouraud agar (SDA) y papa dextrosa agar (PDA), en muestras de rizósfera y rizoplano, obtenidas durante el primer muestreo.

Figura 3

Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera y rizoplano en diferentes los medios durante el primer muestreo



Nota. Glycerol Yeast Agar (GYEA), Tryptone Soya Broth (TSB), Sabouraud Agar (SDA) y PDA

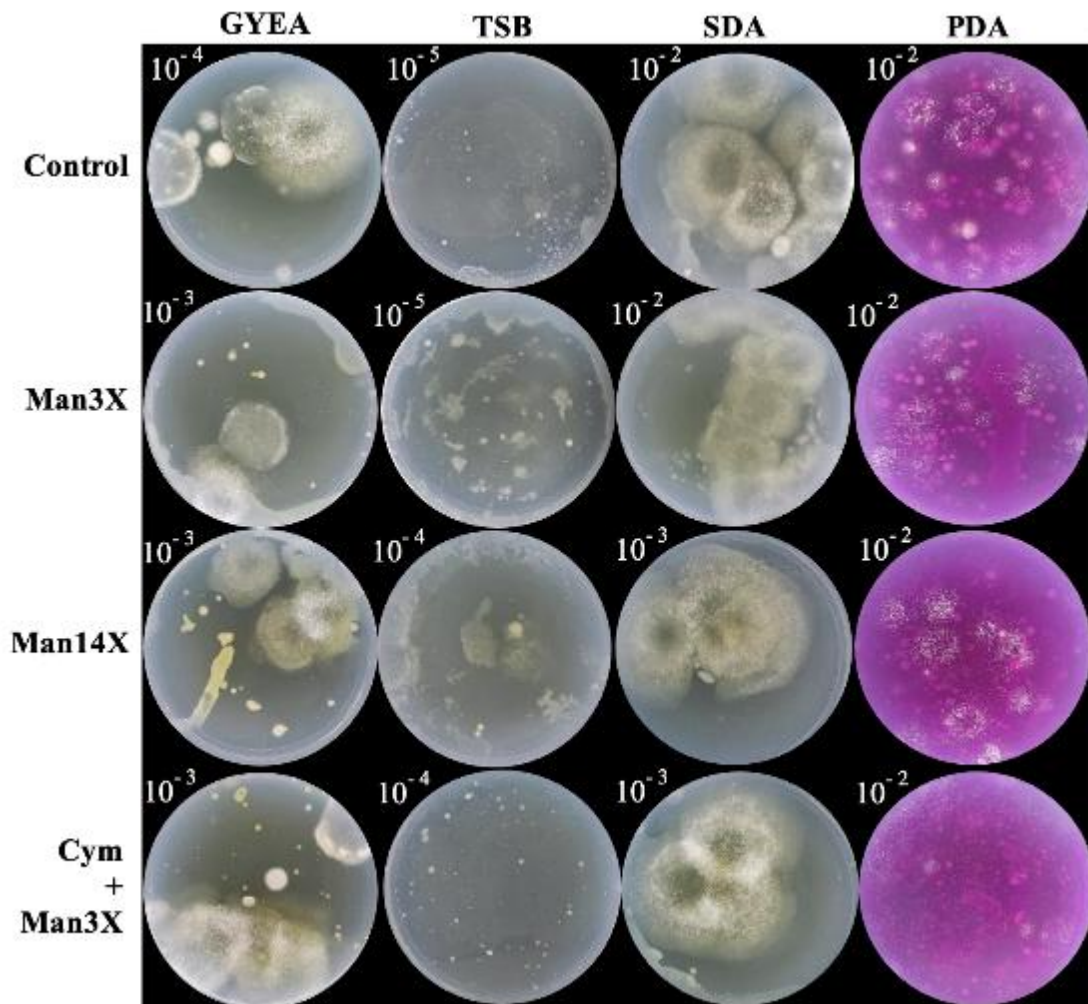
4.1.2. Visualización en el estereoscopio de los diferentes microorganismos en rizósfera y rizoplano

En la Figura 4, se muestran las fotografías, pero diferenciados por cada tratamiento, para rizósfera. En la Figura 5 para rizoplano, ambas corresponden al segundo muestreo, y en las Figuras 6 y 7, se observan las fotografías para rizósfera y rizoplano, respectivamente, durante el tercer muestreo.

La Figura 8 presenta fotografías del crecimiento de los actinomicetos, bacterias y hongos de la rizósfera y rizoplano en los diferentes medios, obtenidos durante el segundo muestreo (A) y del tercer muestreo (B), observados a través de un estereoscopio.

Figura 4

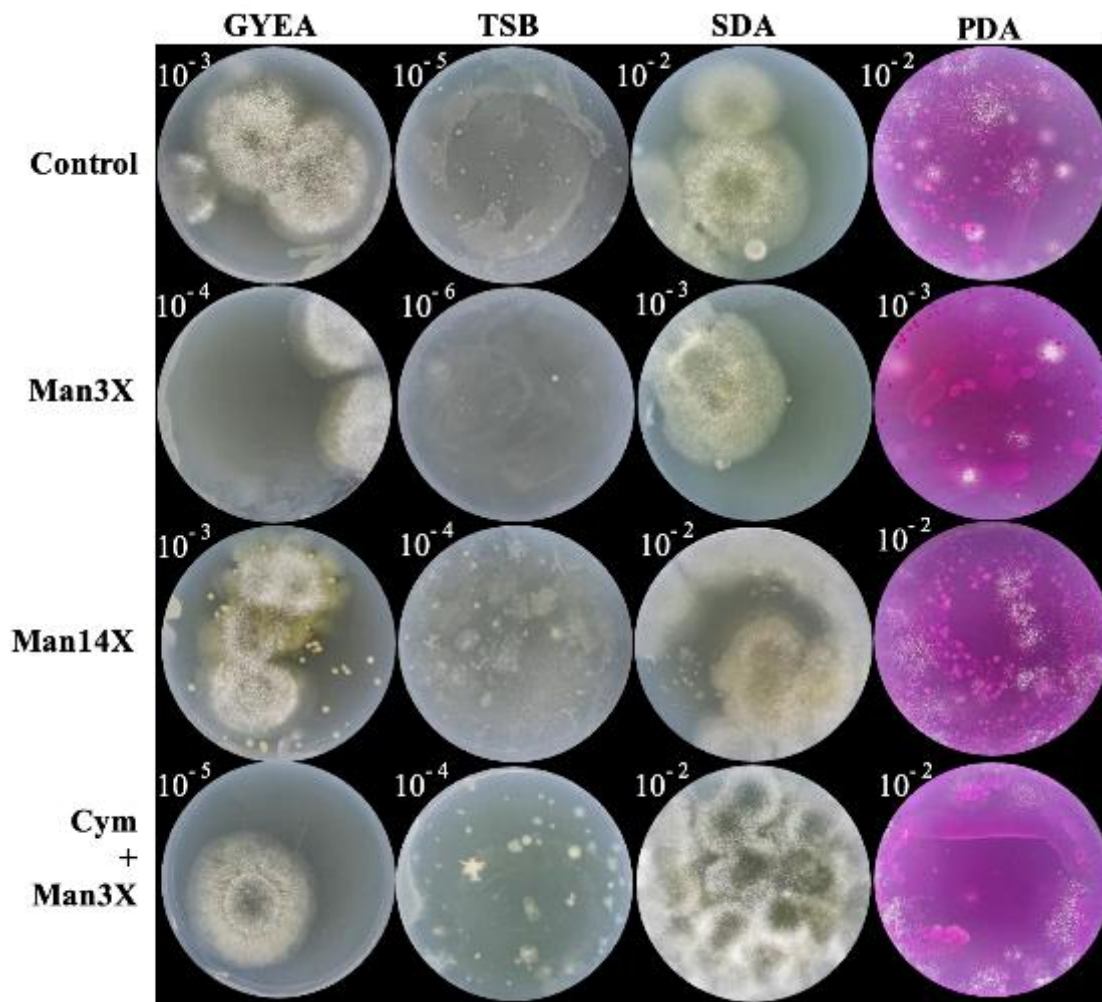
Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera en los diferentes medios durante el segundo muestreo



Nota. Glycerol Yeast Agar (GYEA), Tryptone Soya Broth (TSB), Sabouraud Agar (SDA) y PDA

Figura 5

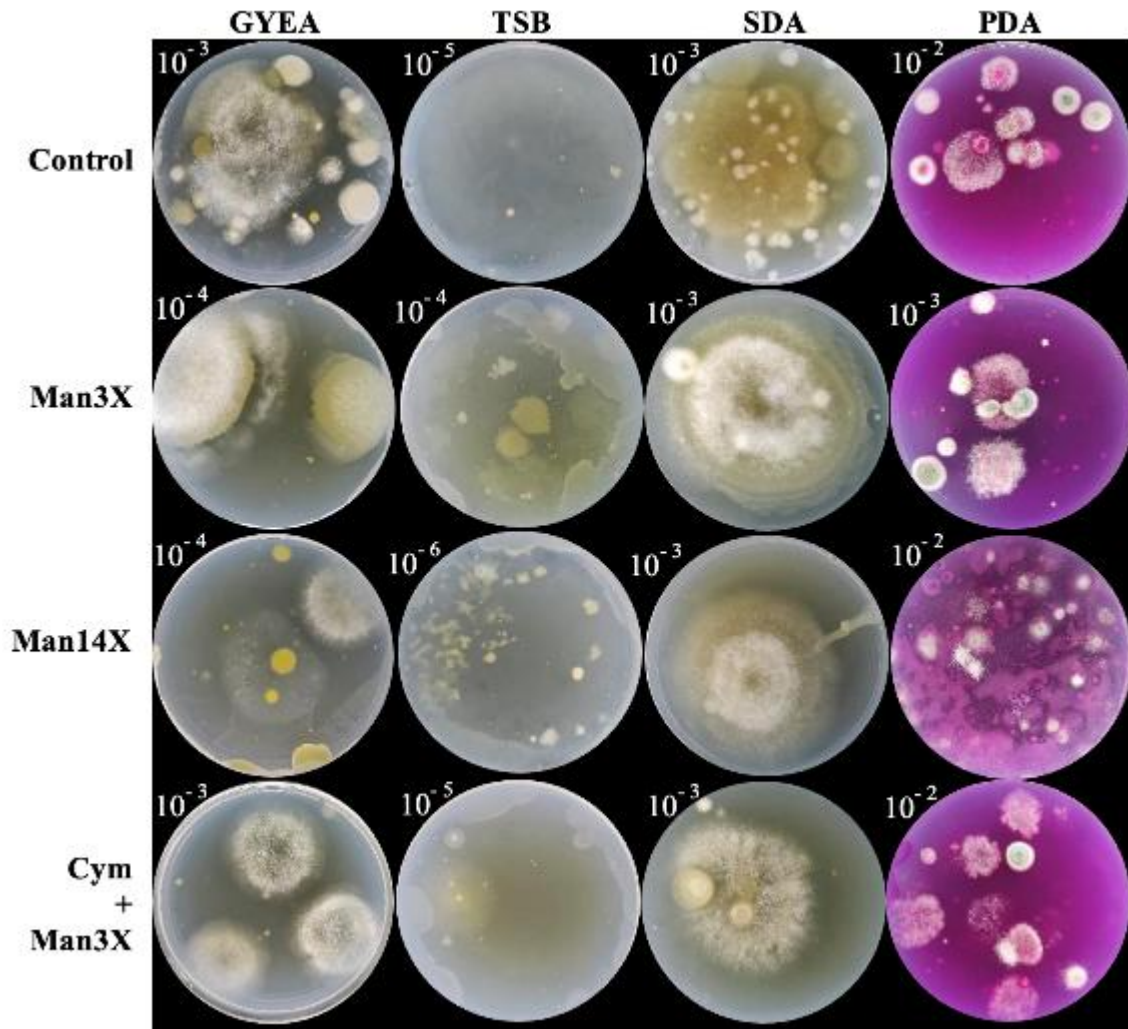
Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) del rizoplano en los diferentes medios durante el segundo muestreo



Nota. Glycerol Yeast Agar (GYEA), Tryptone Soya Broth (TSB), Sabouraud Agar (SDA).

Figura 6

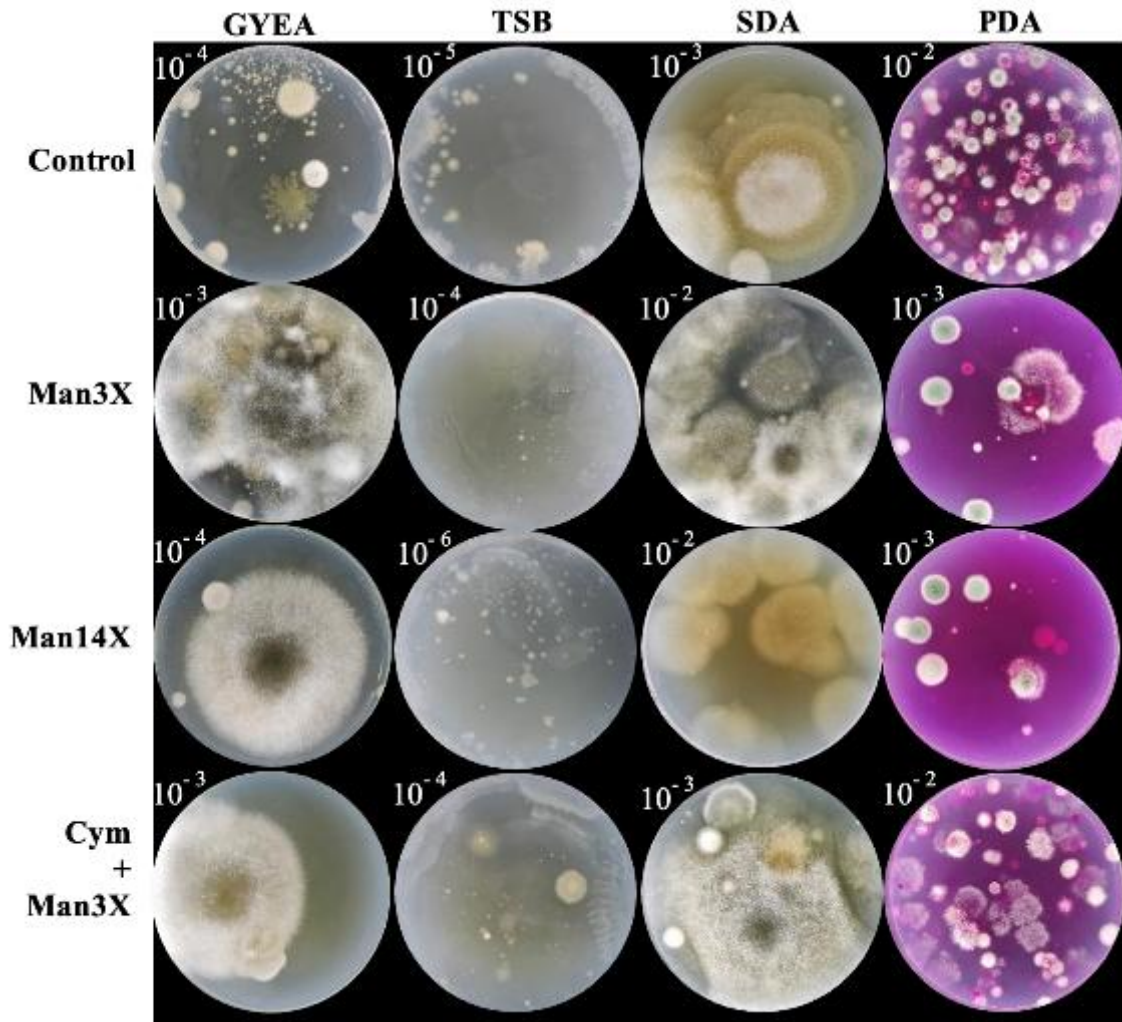
Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera en los diferentes medios durante el tercer muestreo



Nota. Glycerol Yeast Agar (GYEA), Tryptone Soya Broth (TSB), Sabouraud Agar (SDA) y PDA.

Figura 7

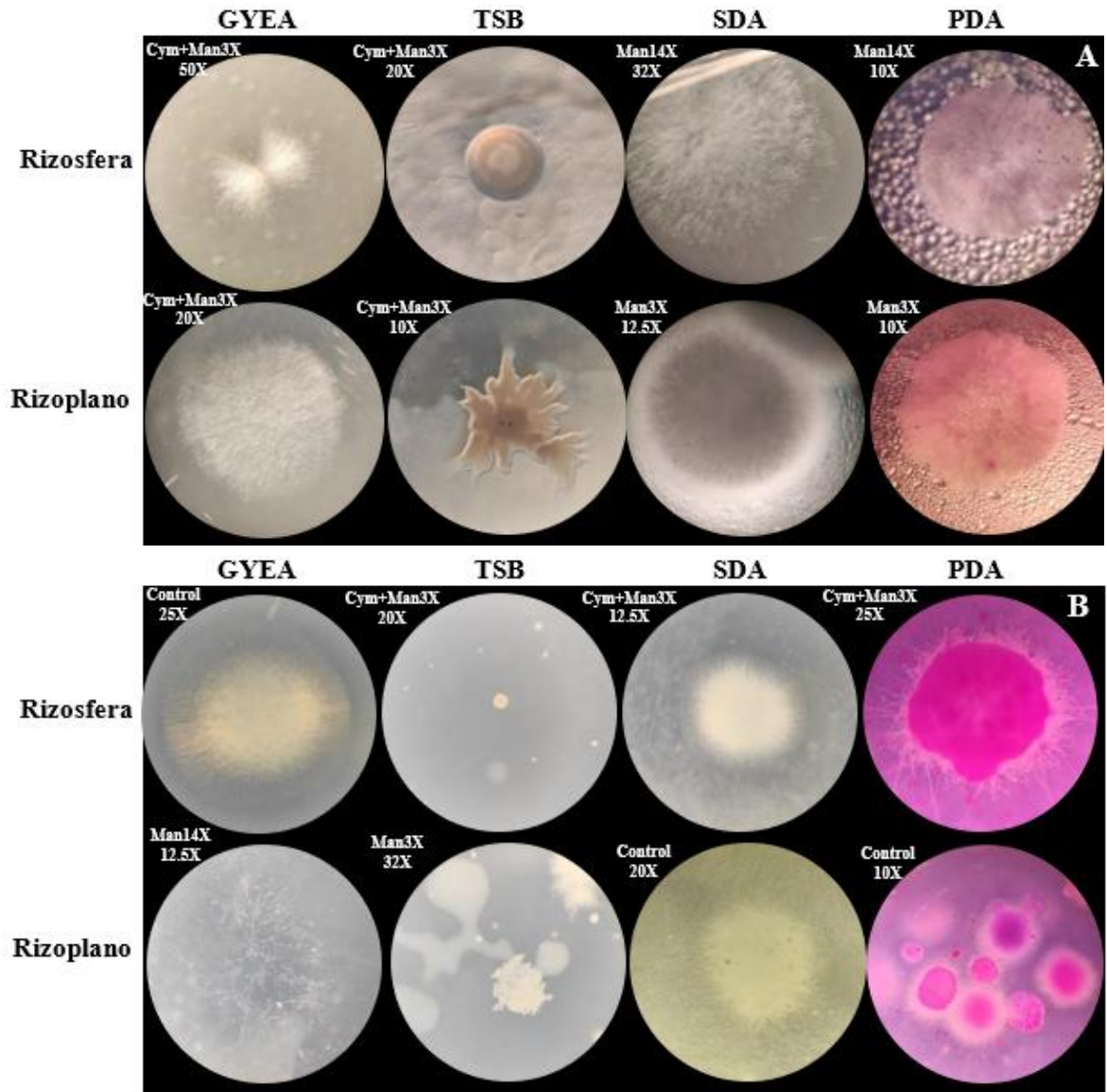
Actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) del rizoplano en los diferentes medios durante el tercer muestreo



Nota. Glycerol Yeast Agar (GYEA), Tryptone Soya Broth (TSB), Sabouraud Agar (SDA) y PDA.

Figura 8

Visualización en el estereoscopio de actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera y rizoplano en el segundo muestreo

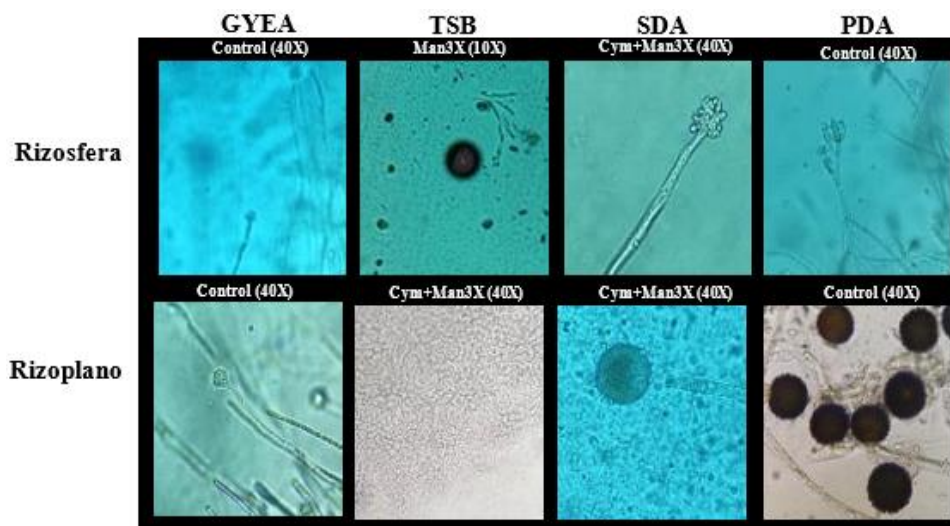


4.1.3. Visualización en el microscopio de los diferentes microorganismos en la rizósfera y rizoplano

En la Figura 9 se muestran fotografías del segundo muestreo de los diferentes microorganismos encontrados en la rizósfera y rizoplano de la papa que incluyen actinomicetos, bacterias y hongos en los diferentes medios. Las imágenes fueron obtenidas con aumento de 40X para GYEA, SDA Y PDA, y 10X para TSB, microorganismos obtenidos del Control y el Cym+Man3X.

Figura 9

Visualización en el estereoscopio de actinomicetos (GYEA), bacterias (TSB) y hongos (SDA y PDA) de la rizósfera y rizoplano en el tercer muestreo



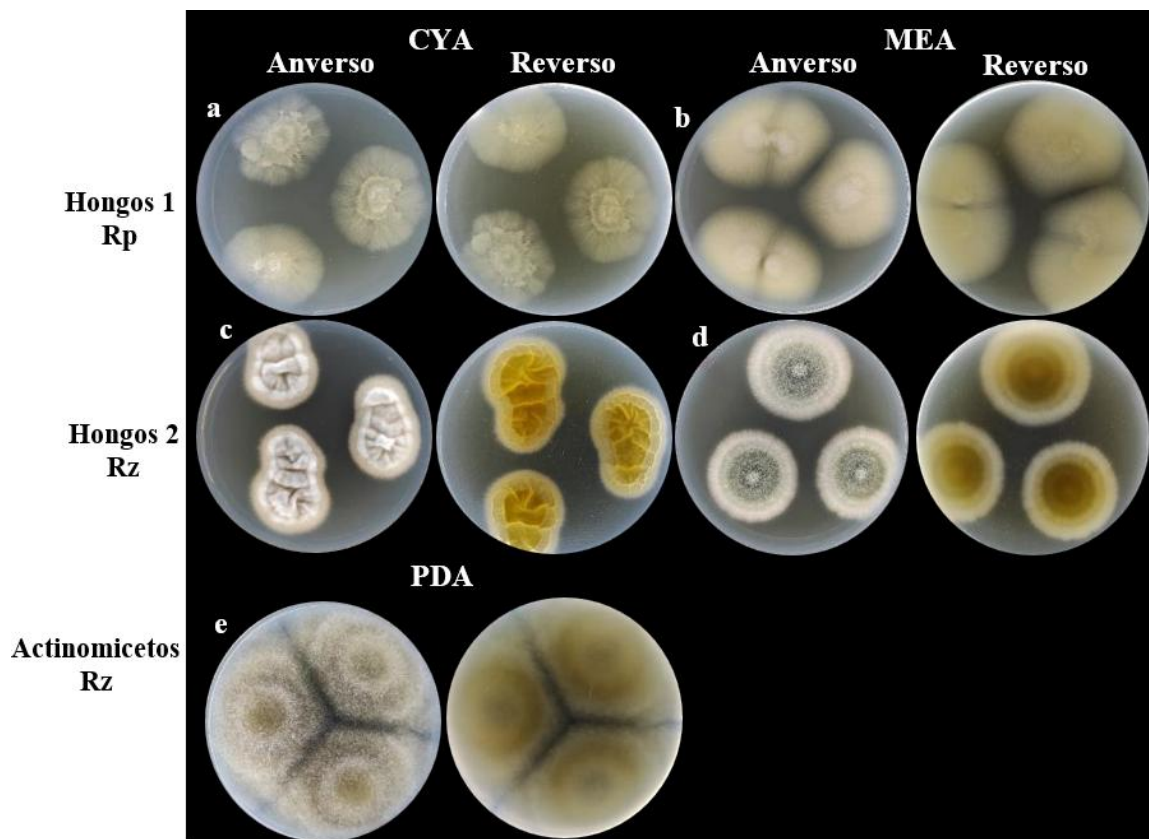
4.1.4. Comparación de medios en placas Petri de microorganismos a partir de los aislamientos realizado en el tercer muestreo

En la Figura 10, se aprecia fotografías del anverso como del reverso de las placas, de los hongos en los medios CYA y PDA después de los 7 días en incubación que fueron extraídas del tratamiento Control, de las placas con muestras de hongos 1 del medio SDA y para hongos 2 del PDA, en rizósfera y rizoplano y los actinomicetos de la rizósfera en el medio PDA. En la

Figura 11 se muestra fotografías antes (A) y después (B) de los microcultivos de los diferentes microorganismos encontrados en la rizósfera y rizoplano del tratamiento control que incluyen hongos y actinomicetos de los distintos medios.

Figura 10

Hongos del rizoplano (Rp) y de la rizósfera (Rz) del tratamiento Control en los medio CYA, MEA y actinomicetos de la rizósfera en PDA



En la Figura 12, se observa fotografías del anverso y del reverso de las placas de los hongos en los medios CYA y PDA que fueron extraídas del tratamiento Man3X, tanto de rizósfera como de rizoplano y de actinomicetos de la rizósfera en el medio PDA.

Figura 11

Visualización de los microorganismos (A) antes y (B) después de los microcultivos a 400X

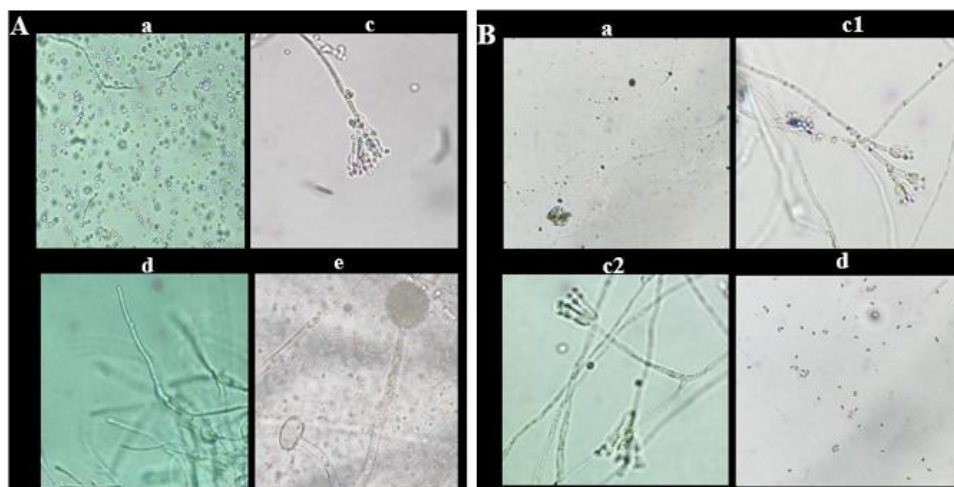
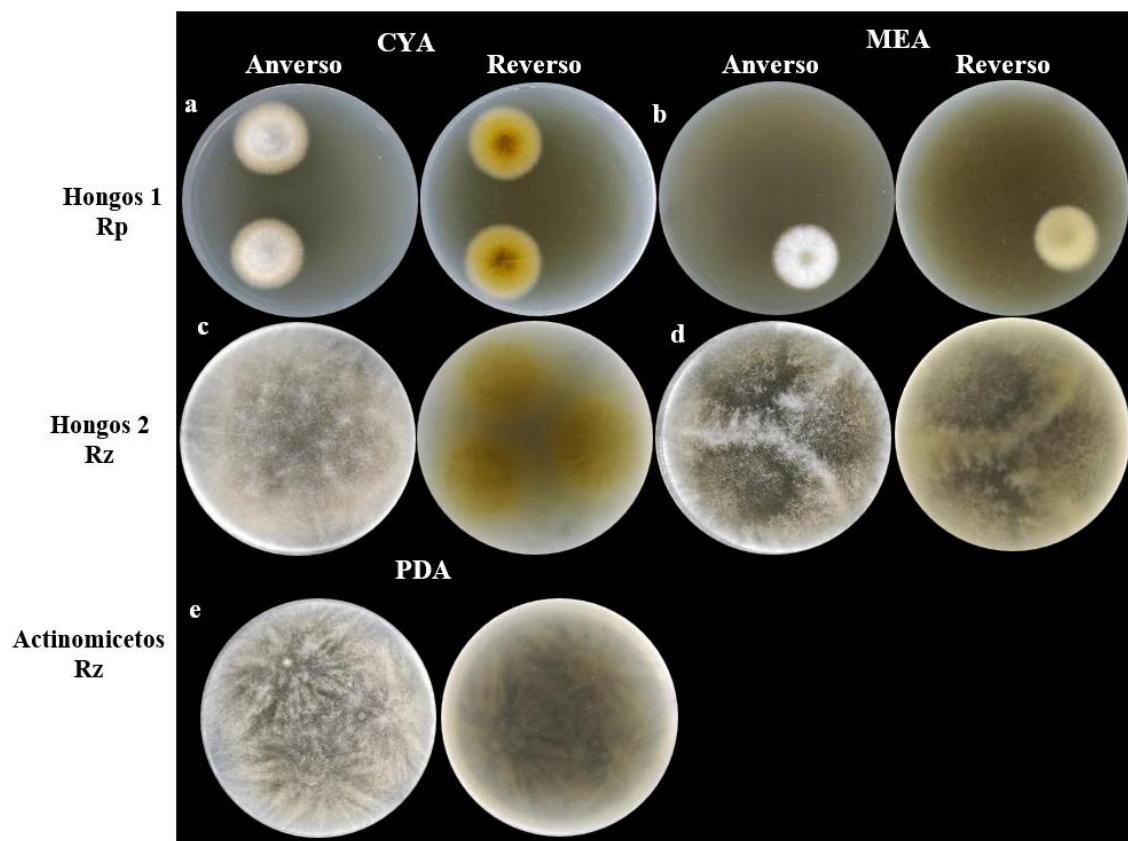


Figura 12

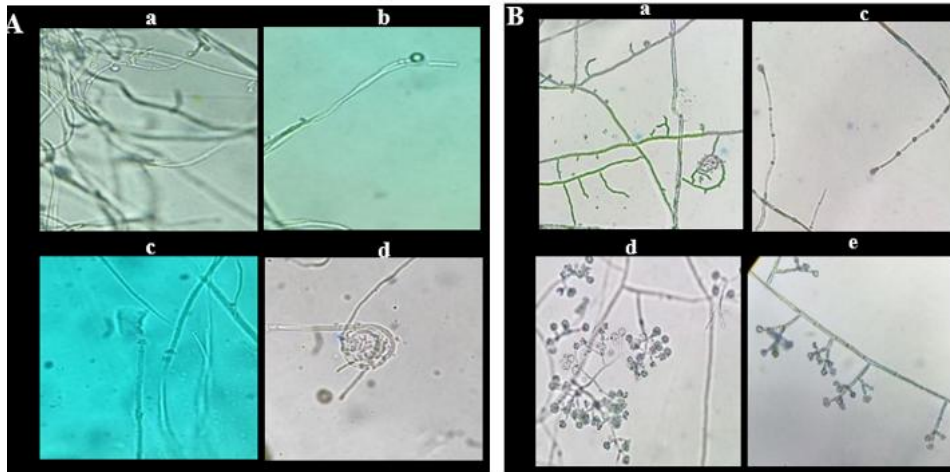
Hongos del rizoplano (Rp) y de la rizósfera (Rz) del tratamiento Man3X en los medio CYA, MEA y actinomicetos en PDA



En la Figura 13 se muestran fotografías antes (A) y después (B) del montaje de los microcultivos de los diferentes microorganismos encontrados en la rizósfera y rizoplano del tratamiento Man3X.

Figura 13

Visualización de los microorganismos (A) antes y (B) después de los microcultivos a 400X



En la Figura 14, se observa fotografías del anverso y del reverso de las placas de los hongos en los medios CYA y PDA que fueron extraídas del tratamiento Man14X, de las placas con muestras de hongos 2 del medio PDA para rizoplano y de actinomicetos de la rizósfera en el medio PDA.

En la Figura 15 se muestran fotografías antes (A) y después (B) de los microcultivos de los diferentes microorganismos encontrados en el rizoplano del tratamiento Man14X.

En la Figura 16, se observa fotografías del anverso como del reverso de las placas, de los hongos en los medios CYA y PDA que fueron extraídas del tratamiento Cym+Man3X, para rizoplano y de actinomicetos del rizoplano en el medio PDA.

Figura 14

Hongos en los medio CYA, MEA y actinomicetos en PDA, para el tratamiento Man14X

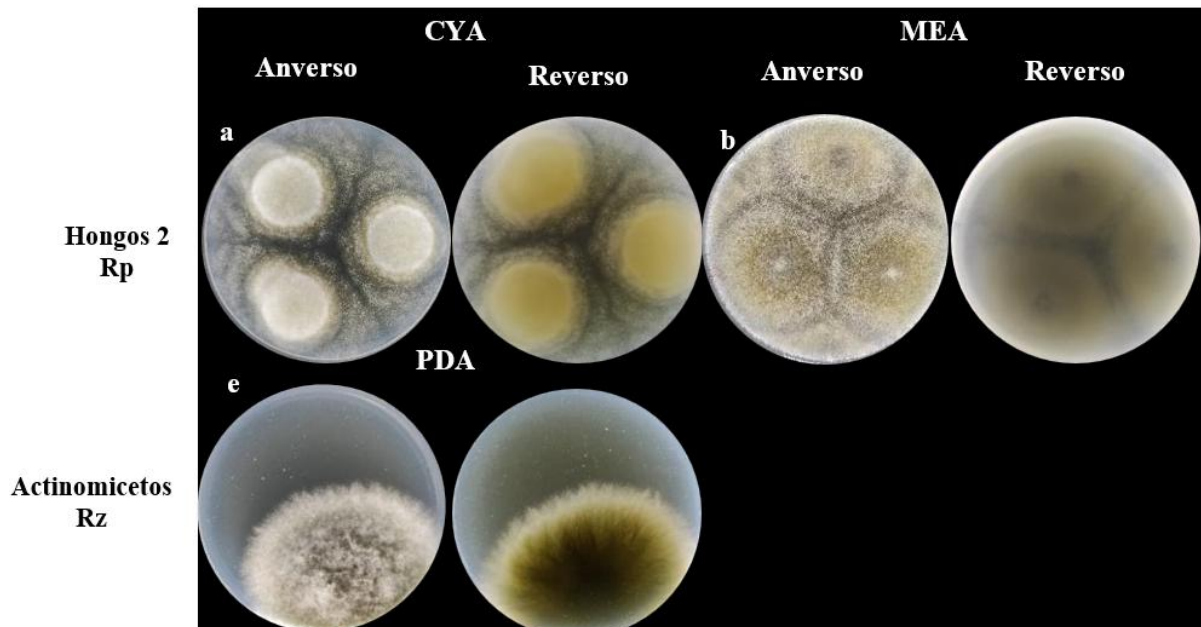
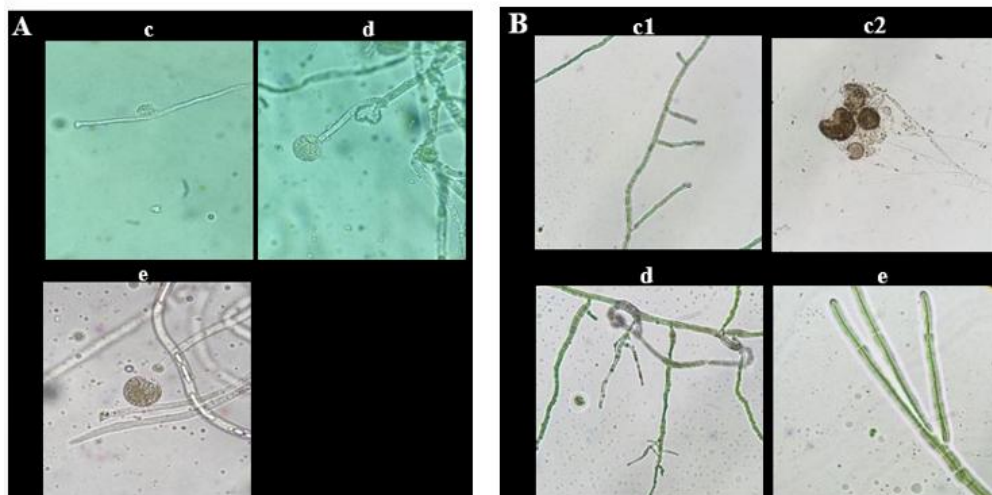


Figura 15

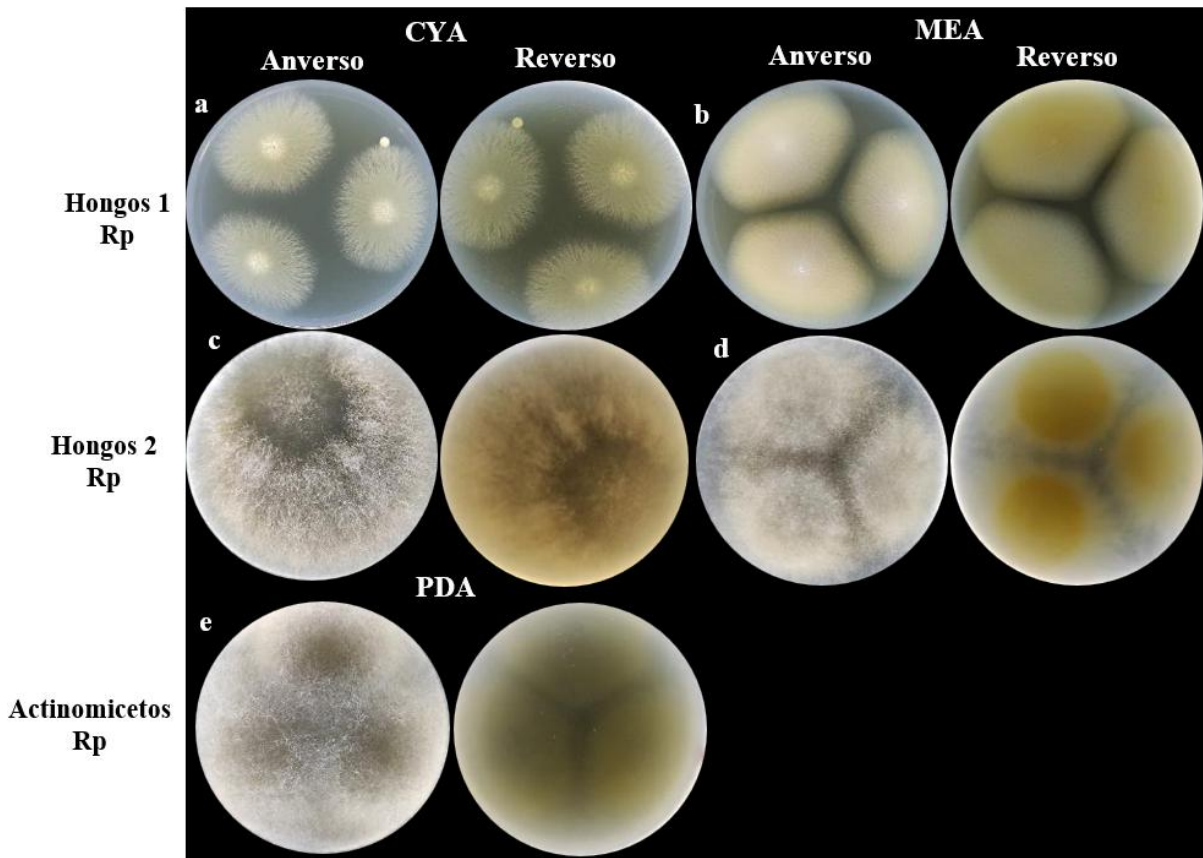
Visualización de los microorganismos antes (A) y después (B) de los microcultivos a 400X



En la Figura 17, se muestra fotografías antes y después de los microcultivos de los diferentes microorganismos encontrados en el rizoplano del tratamiento Cym+Man3X.

Figura 16

Hongos en los medio CYA, MEA y actinomicetos en PDA, para el tratamiento Cym+Man3X



4.1.5. Producción de tubérculos

En la Tabla 18, se aprecia que en el tratamiento Cym+Man3X tuvo el mayor número total de tubérculos (27) y también el promedio más alto de tubérculos por planta (9.00 ± 0.58). El Man3X obtuvo el menor número de tubérculos (15), pero el mayor en peso total (530.20 g). El Control que mostró los datos más bajos tanto para el promedio de número de tubérculo (3.00 ± 1.53) como para el peso de los tubérculos (77.90 g) y el Man14X mostró datos intermedios. En la figura 28 se muestra fotografías de las producciones de tubérculos.

Figura 17

Visualización de los microorganismos antes (A) y después (B) de los microcultivos a 400X

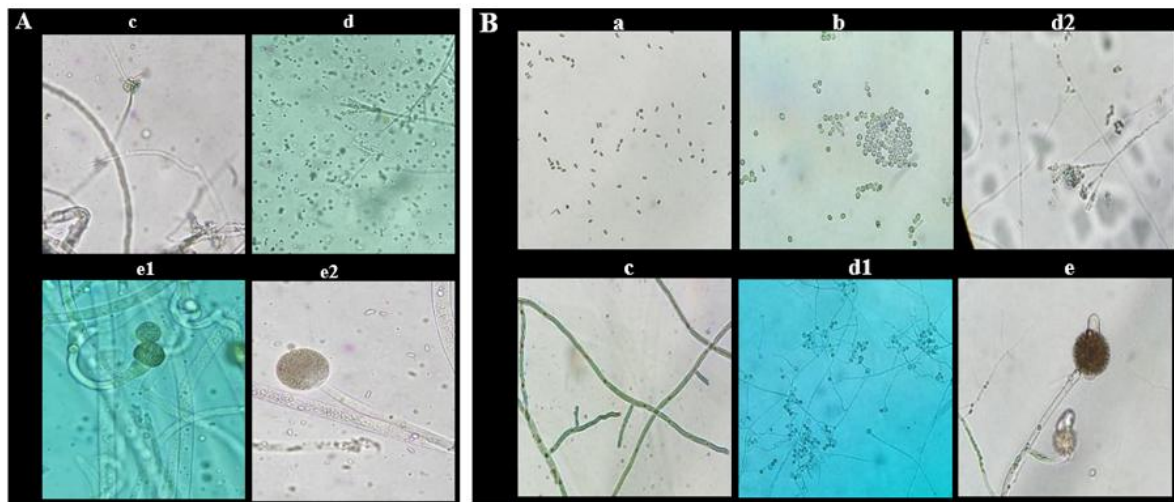


Tabla 18

Valores del número y peso de tubérculos por tratamientos

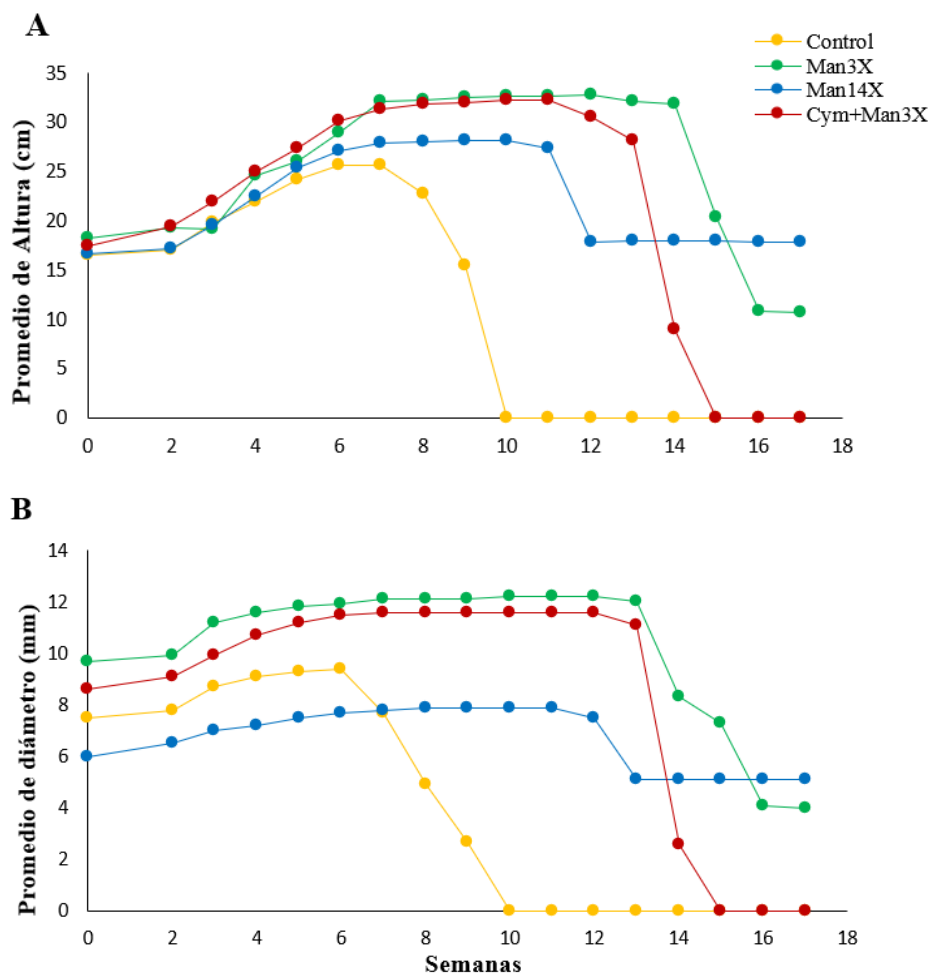
Tratamiento	Número de tubérculos	Peso total (g)	Peso total por hectárea (kg)	Número de tubérculo promedio \pm error estándar	Peso por tubérculo promedio (g) \pm Error estándar
Control	21	77.90	2225,71	3.00 \pm 1.53	6.04 \pm 3.38
Man3X	15	530.20	15148,57	5.67 \pm 0.88	37.49 \pm 1.53
Man14X	22	491.16	14033,14	6.67 \pm 1.76	27.43 \pm 7.76
Cym+Man3X	27	520.40	0,5204	9.00 \pm 0.58	19.39 \pm 0.93

4.1.6. Crecimiento de las plantas

En las Figuras 18 sintetizan las variables de crecimiento de las plantas de papa utilizadas en los experimentos, se muestra que el tratamiento Control inició con un crecimiento ascendente hasta alcanzar 25.7 cm de altura (A) aproximadamente en la semana seis y disminuyó drásticamente. Los tratamientos Man3X, Man14X y Cym+Man3X muestran alturas superiores de 28.2, 32.3 y 32.8 cm respectivamente, en comparación del Control, destacando el Man3X. No obstante, el tratamiento Cym+Man3X tuvo una gran disminución a partir de la semana 12.

Figura 18

Promedio del diámetro del tallo de papa en influencia de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb



El tratamiento Man3X tuvo el mayor diámetro (B) alcanzando aproximadamente a los 12 mm, seguido del tratamiento Cym+Man3X con 11 mm. Ambos se mantuvieron constantes hasta la semana 12 y luego disminuyeron, en comparación con el Control que obtuvo 9 mm aproximadamente. El Man14X obtuvo un incremento moderado por debajo del Control con 7 mm.

En la tabla 19 se observa que los datos no presentaron una alta variabilidad. Sin embargo, se identificaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro en las semanas 10, 11 y 12 y para la altura en las semanas 12 y 13. En estas semanas, el tratamiento Man3X mostro diferencias significativas en comparación con el control, mientras que en los demás tratamientos no hubo diferencias significativas. Estos coinciden con los análisis descriptivos realizados, donde el Man3x obtuvo mayores promedios tanto en diámetro como en altura en comparación con el control. En las Figuras 29 y 30 se muestran los diagramas tanto de diámetro como de altura respectivamente.

4.1.7. Intensidad de la racha

En las Figuras 19, del promedio de los folíolos con racha y promedio total de folíolos, se observa la incidencia y severidad de la racha en los tratamientos. Asimismo, en la Figura 19C se observa el porcentaje de la racha en las plantas de los tratamientos estudiados. En la Figura 19A se percibe un aumento en el número de folíolos de todos los tratamientos hasta la semana 3, destacando el Man14X con 186 folíolos. El Control se mantuvo con bajo número de folíolos, el Man3X, Man14X y el Cym+Man3X tuvieron un incremento hasta la semana 8, pero a partir de la semana 10 disminuyeron. El Cym+Man3X presentó menor cantidad de folíolos en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 19

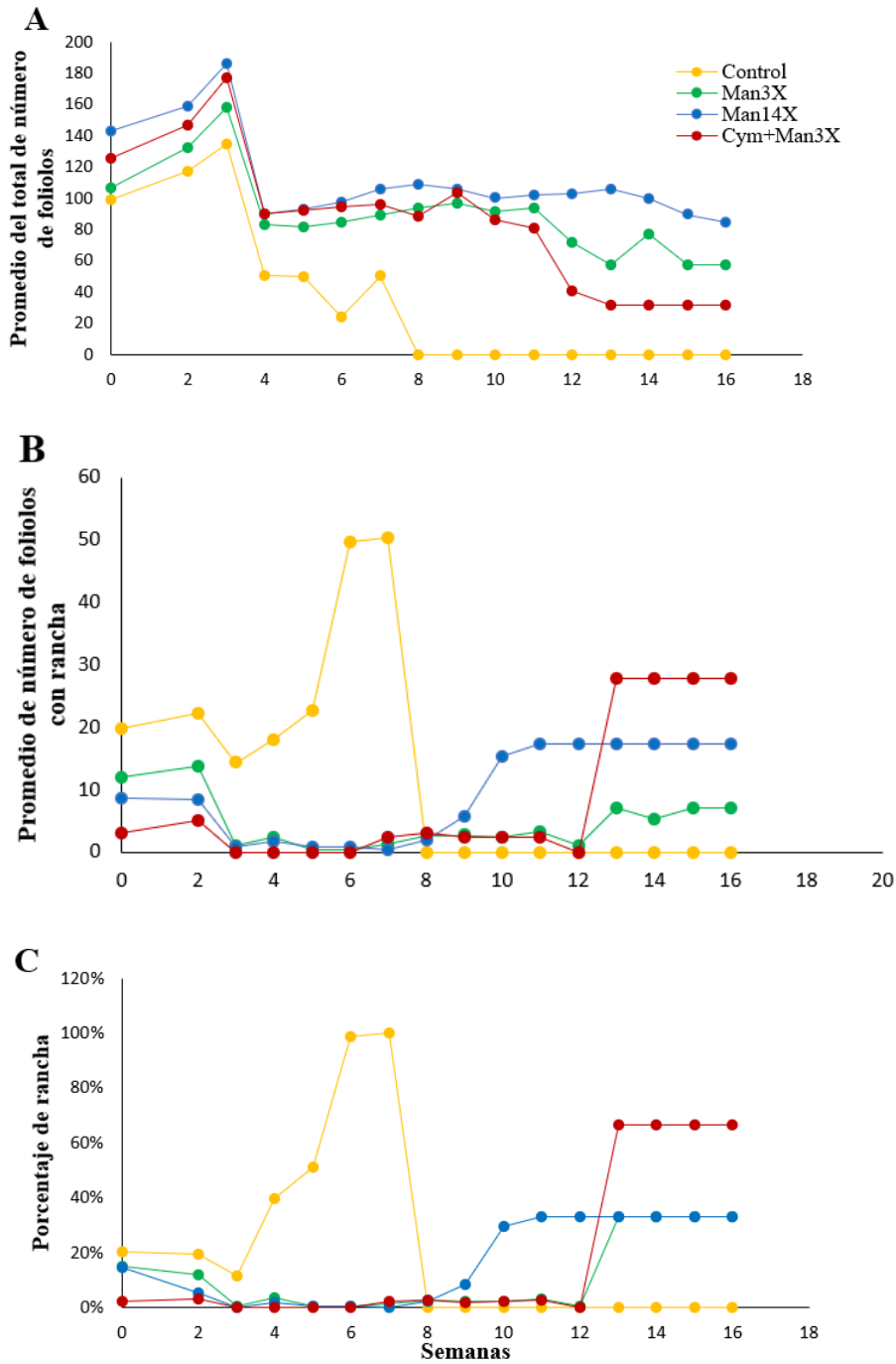
Diámetro y altura (media ± desviación estándar) del tallo de la papa en los diferentes tratamientos

	Diámetro				Altura			
	Control	Man3X	Man14X	Cym+Man3X	Control	Man3X	Man14X	Cym+Man3X
Semana 1	7.50 ± 1.74 ^a	9.69 ± 1.88 ^a	5.96 ± 1.35 ^a	8.60 ± 0.95 ^a	16.53 ± 1.71 ^a	18.33 ± 1.63 ^a	16.63 ± 2.70 ^a	17.47 ± 2.67 ^a
Semana 2	7.83 ± 1.85 ^a	9.25 ± 1.81 ^a	6.54 ± 1.66 ^a	9.15 0 ± 0.82 ^a	17.13 ± 2.05 ^a	19.30 ± 0.79 ^a	17.23 ± 3.06 ^a	19.43 ± 2.51 ^a
Semana 3	8.67 ± 1.72 ^{ab}	11.17 ± 0.64 ^a	6.96 ± 1.65 ^b	9.93 ± 0.71 ^{ab}	19.83 ± 1.78 ^a	21.50 ± 1.40 ^a	19.63 ± 2.35 ^a	22.03 ± 1.46 ^a
Semana 4	9.07 ± 1.36 ^{ab}	11.59 ± 0.62 ^a	7.21 ± 1.29 ^b	10.68 ± 1.19 ^a	22.00 ± 2.33 ^a	24.63 ± 2.80 ^a	22.47 ± 2.80 ^a	24.97 ± 1.50 ^a
Semana 5	9.34 ± 1.31 ^{ab}	11.84 ± 0.67 ^a	7.47 ± 1.16 ^b	11.21 ± 1.47 ^a	24.17 ± 3.09 ^a	26.03 ± 2.72 ^a	25.43 ± 3.76 ^a	27.37 ± 1.31 ^a
Semana 6	9.45 ± 1.29 ^{ab}	11.95 ± 0.49 ^a	7.69 ± 0.97 ^b	11.47 ± 1.52 ^a	25.73 ± 4.35 ^a	29.00 ± 2.23 ^a	27.10 ± 3.73 ^a	30.13 ± 1.70 ^a
Semana 7	7.68 ± 1.20 ^b	12.10 ± 0.52 ^a	7.83 ± 0.97 ^b	11.57 ± 1.50 ^a	23.47 ± 3.92 ^a	32.07 ± 0.21 ^a	27.93 ± 4.27 ^a	31.30 ± 1.93 ^a
Semana 8	4.9 ± 0.55 ^c	12.12 ± 0.54 ^a	7.85 ± 0.99 ^b	11.57 ± 1.50 ^a	22.73 ± 3.25 ^a	32.17 ± 0.21 ^a	27.97 ± 4.30 ^a	31.90 ± 2.10 ^a
Semana 9	2.71 ± 2.35 ^c	12.14 ± 0.55 ^a	7.92 ± 1.04 ^b	11.57 ± 1.50 ^{ab}	15.50 ± 13.44 ^a	32.50 ± 0.36 ^a	28.17 ± 4.48 ^a	32.00 ± 2.09 ^a
Semana 10	0.00 ± 0.00 ^b	12.15 ± 0.57 ^a	7.93 ± 1.05 ^{ab}	11.59 ± 1.51 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^a	32.60 ± 0.36 ^a	28.23 ± 4.53 ^a	32.27 ± 2.06 ^a
Semana 11	0.00 ± 0.00 ^b	12.15 ± 0.57 ^a	7.94 ± 1.06 ^{ab}	11.59 ± 1.51 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^a	32.67 ± 0.31 ^a	27.30 ± 3.96 ^a	32.30 ± 2.08 ^a
Semana 12	0.00 ± 0.00 ^b	12.16 ± 0.57 ^a	7.47 ± 0.97 ^{ab}	11.59 ± 1.51 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b	32.77 ± 0.21 ^a	17.93 ± 16.01 ^{ab}	30.63 ± 1.18 ^{ab}
Semana 13	0.00 ± 0.00 ^a	11.97 ± 0.90 ^a	5.10 ± 4.51 ^a	11.10 ± 1.30 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	32.10 ± 0.95 ^a	18.00 ± 16.07 ^{ab}	28.10 ± 0.40 ^{ab}
Semana 14	0.00 ± 0.00 ^a	10.71 ± 3.04 ^a	5.10 ± 4.51 ^a	2.57 ± 4.46 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	31.77 ± 1.53 ^a	18.00 ± 16.07 ^a	9.00 ± 15.59 ^a
Semana 15	0.00 ± 0.00 ^a	7.71 ± 6.49 ^a	5.10 ± 4.51 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	20.30 ± 17.72 ^a	18.03 ± 16.08 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
Semana 16	0.00 ± 0.00 ^a	4.13 ± 7.16 ^a	5.10 ± 4.51 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	10.80 ± 18.71 ^a	17.87 ± 15.86 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
Semana 17	0.00 ± 0.00 ^a	3.97 ± 6.88 ^a	5.09 ± 4.50 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	10.70 ± 18.53 ^a	17.83 ± 15.82 ^a	0.00 ± 0.00 ^a

Nota. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar de tres repeticiones. Las diferentes letras en la misma línea para cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos.

Figura 19

Promedio de (A) número de folíolos (B) número de folíolos con racha y (C) porcentaje del número de folíolos con racha de la papa con aplicación de los fungicidas mancozeb (Man) y cymoxanil + mancozeb (Cym+Man) con frecuencias de aplicación de 3 y 14



En la figura 19B el tratamiento Control se aprecia un aumento considerable de folíolos llegando a 50.3 folíolos con racha en la semana 6, desde este momento la planta muere debido a la propagación total de la racha. Los tratamientos Man3X y Cym+Man3X obtuvieron bajos niveles de infección por la racha hasta la semana 12. El Man3X llegó hasta los 7 folíolos afectados y el Cym+Man3X hasta los 27 folíolos aproximadamente. En el caso del Man14X mostró un aumento desde la semana 8 llegando al máximo de 17 folios con racha.

En la Figura 19C se aprecia que el Control tuvo 100% de racha, en la semana 6, luego la planta muere. El Man3X muestra un aumento hasta un 15% en las dos primeras semanas, luego disminuye hasta la última semana. El Man14X presenta un aumento del 33% hasta la semana 10 y el Cym+Man3X presenta un incremento superior en la semana 12 con 67% en comparación con los tratamientos Man3X y Man14X.

En la tabla 20 se observa que los datos presentaron una baja variabilidad. Se identificó que, en el total de folíolos, no hubo diferencias estadísticas significativas. Para el número de folíolos con racha y para el porcentaje de racha, en las semanas 3, 4, 5 y 6. En estas semanas, el tratamiento Cym+Man3X mostro diferencias significativas en comparación con el control. En las Figuras 31, 32 y 33 se muestran los diagramas del número de folíolos, folíolos con racha y porcentaje de racha, respectivamente.

Tabla 20

Total de folíolos, número de folíolos con rancha y porcentaje de rancha (media ± desviación estándar) de la papa en los diferentes tratamientos

	Total de número de Folíolos				Número de Folíolos con Rancha				Porcentaje de Rancha			
	Control	Man3X	Man14X	Cym+Man3X	Control	Man3X	Man14X	Cym+Man3X	Control	Man3X	Man14X	Cym+Man3X
Semana 1	99.00 ± 11.53 ^a	107 ± 49.00 ^a	143.00 ± 10.82 ^a	126.00 ± 9.64 ^a	19.67 ± 10.50 ^a	12.00 ± 8.54 ^a	8.67 ± 11.72 ^a	3.00 ± 2.00 ^a	0.21 ± 0.13 ^a	0.15 ± 0.14 ^a	0.07 ± 0.09 ^a	0.02 ± 0.02 ^a
Semana 2	117.33 ± 13.65 ^a	132.67 ± 49.36 ^a	159.33 ± 9.02 ^a	147.00 ± 7.94 ^a	22.33 ± 12.01 ^a	13.67 ± 6.51 ^a	8.33 ± 11.15 ^a	5.00 ± 1.00 ^a	0.2 ± 0.12 ^a	0.1 ± 0.08 ^a	0.06 ± 0.07 ^a	0.0 ± 0.01 ^a
Semana 3	134.67 ± 21.13 ^a	158.33 ± 45.54 ^a	186.00 ± 13.23 ^a	177.33 ± 10.69 ^a	14.33 ± 10.12 ^a	1.00 ± 1.00 ^{ab}	0.67 ± 1.15 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b	0.12 ± 0.10 ^a	0.01 ± 0.01 ^{ab}	0.00 ± 0.01 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b
Semana 4	51.00 ± 12.12 ^a	83.00 ± 38.57 ^a	90.00 ± 9.54 ^a	90.33 ± 3.06 ^a	18.00 ± 8.72 ^a	2.33 ± 1.53 ^{ab}	1.67 ± 2.08 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b	0.40 ± 0.30 ^a	0.04 ± 0.03 ^{ab}	0.02 ± 0.03 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b
Semana 5	50.00 ± 13.75 ^a	81.67 ± 43.62 ^a	93.00 ± 9.54 ^a	92.33 ± 13.20 ^a	22.67 ± 13.43 ^a	0.33 ± 0.58 ^{ab}	0.67 ± 1.15 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b	0.51 ± 0.42 ^a	0.01 ± 0.01 ^{ab}	0.01 ± 0.01 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b
Semana 6	50.33 ± 14.29 ^a	84.67 ± 46.20 ^a	97.67 ± 12.42 ^a	94.33 ± 15.14 ^a	49.67 ± 13.20 ^a	0.33 ± 0.58 ^{ab}	0.67 ± 1.15 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b	0.99 ± 0.42 ^a	0.01 ± 0.01 ^{ab}	0.01 ± 0.01 ^{ab}	0.00 ± 0.00 ^b
Semana 7	50.33 ± 14.29 ^a	89.00 ± 52.05 ^a	106.00 ± 18.52 ^a	96.33 ± 17.01 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	1.33 ± 1.15 ^b	0.33 ± 0.58 ^b	2.33 ± 4.04 ^b	1.00 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.02 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.04 ^a
Semana 8	50.33 ± 14.29 ^a	94.00 ± 50.27 ^a	108.67 ± 23.29 ^a	101.00 ± 18.08 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	2.67 ± 2.31 ^b	2.00 ± 2.65 ^b	3.00 ± 2.65 ^b	1.00 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.03 ^a	0.02 ± 0.03 ^a	0.03 ± 0.03 ^a
Semana 9	50.33 ± 14.29 ^a	97.00 ± 50.24 ^a	106.00 ± 35.59 ^a	103.67 ± 16.04 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	2.67 ± 3.06 ^b	5.67 ± 9.81 ^b	2.33 ± 2.08 ^b	1.00 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.02 ^a	0.09 ± 0.15 ^a	0.02 ± 0.02 ^a
Semana 10	50.33 ± 14.29 ^a	91.33 ± 47.44 ^a	100.33 ± 42.10 ^a	86.00 ± 13.45 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	2.33 ± 2.52 ^a	15.33 ± 26.56 ^a	2.33 ± 2.08 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.02 ^a	0.29 ± 0.51 ^a	0.02 ± 0.02 ^a
Semana 11	50.33 ± 14.29 ^a	94.00 ± 45.90 ^a	102.33 ± 43.62 ^a	81.33 ± 14.29 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	3.33 ± 3.06 ^a	17.33 ± 30.02 ^a	2.33 ± 2.08 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.03 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.03 ± 0.02 ^a
Semana 12	50.33 ± 14.29 ^a	72.00 ± 52.03 ^a	103.33 ± 44.47 ^a	40.67 ± 1.53 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	1.00 ± 1.73 ^a	17.33 ± 30.02 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.01 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
Semana 13	50.33 ± 14.29 ^a	57.33 ± 31.66 ^a	106.33 ± 47.12 ^a	32.00 ± 16.46 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	7.00 ± 12.12 ^a	17.33 ± 30.02 ^a	27.67 ± 23.97 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.67 ± 0.58 ^a
Semana 14	50.33 ± 14.29 ^a	59.00 ± 32.92 ^a	99.67 ± 42.36 ^a	32.00 ± 16.46 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	7.00 ± 12.12 ^a	17.33 ± 30.02 ^a	27.67 ± 23.97 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.67 ± 0.58 ^a
Semana 15	50.33 ± 14.29 ^a	57.67 ± 31.90 ^a	89.67 ± 34.93 ^a	32.00 ± 16.46 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	7.00 ± 12.12 ^a	17.33 ± 30.02 ^a	27.67 ± 23.97 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.67 ± 0.58 ^a
Semana 16	50.33 ± 14.29 ^a	57.67 ± 31.90 ^a	85.00 ± 31.61 ^a	32.00 ± 16.46 ^a	50.33 ± 14.29 ^a	7.00 ± 12.12 ^a	17.33 ± 30.02 ^a	27.67 ± 23.97 ^a	1.00 ± 0.00 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.33 ± 0.58 ^a	0.67 ± 0.58 ^a

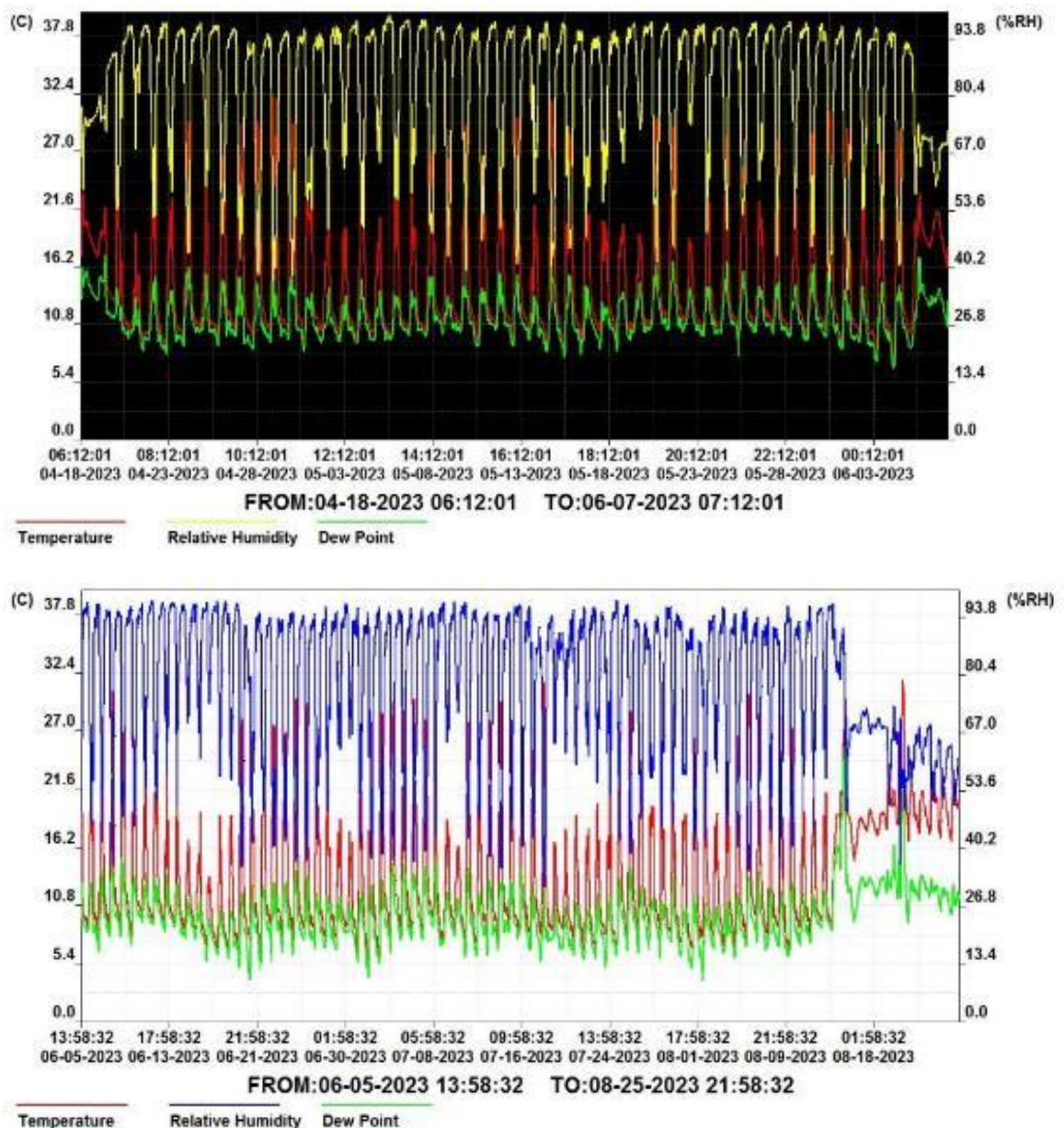
Nota. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar de tres repeticiones. Las diferentes letras en la misma línea para cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos.

4.1.8. Factores ambientales durante el experimento

Se observó que, durante del periodo del experimento, entre el 18 de abril hasta el 06 agosto del 2023, la temperatura alcanzó el máximo de 32.4 °C y el mínimo de 10.8 °C, la humedad relativa varió desde 26.8 hasta un máximo de 93.8% y con el punto de rocío entre 5.4 y 16.2 °C, por lo que muestra una variabilidad menor como se observan en la figura 20.

Figura 20

Temperatura, humedad relativa y el punto de rocío durante el periodo 18 de abril al 7 de junio de 2023



4.1.9. *Peso seco y cantidad de humedad del tallo de la papa*

En la Tabla 21 se observa que en primer muestreo sin aplicación de los fungicidas el tratamiento Cym+Man3X obtuvo el mayor peso seco con 5.65 g y el mayor promedio de cantidad de humedad 10.1 g, en comparación con el Control con un promedio de humedad de 10 g, y el tratamiento Man14X registró la menor cantidad de cantidad de humedad con 5.9 g, en general obteniendo menor cantidad de humedad y peso seco en comparación del segundo muestreo después de la tercera aplicación de los fungicidas. El Cym+Man3X obtuvo también la mayor cantidad de humedad (36.9 g) en comparación del Control (20 g), pero obteniendo el mismo peso seco con los tratamientos Control y Man14X de 9.3 g, el Man14X obtuvo el menor peso seco (8.1 g), el Control registro la menor cantidad de humedad. Para el tercer muestreo no se realizó el procedimiento, ya que las hojas sobrevivientes se ocuparon para la incubación del corte de hoja.

Tabla 21

Promedio del peso seco y el promedio de la cantidad de humedad para cada tratamiento en el primer y segundo muestreo.

Tratamiento	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	Peso seco (g)	Humedad (g)	Peso seco (g)	Humedad (g)
Control	4.35	10	9.3	20.0
Man3X	4.25	8.95	8.1	24.1
Man14X	3	5.9	9.3	33.5
Cym+Man3X	5.65	10.1	9.3	36.9

Sostenibilidad económica en función de los tratamientos y comentarios sobre los efectos en el microbioma

Costos de los fungicidas en soles. En el centro poblado de Chucmar la costumbre agrícola para la siembra de la papa, las semillas, los tubérculos se siembran a separación de un metro entre surcos y a 35 cm entre semillas, entonces para calcular el número de plantas por hectáreas se multiplicó la distancia entre los surcos. Los precios de los fungicidas se ajustaron según el mercado local. Los fungicidas mancozeb con el nombre comercial EVITANE® y el cymoxanil + mancozeb con el nombre comercial de ATTACK® fueron adquiridos y en la Tabla 22 se describe la cantidad y los costos utilizados.

Tabla 22

Costos de los fungicidas en cada tratamiento en soles

Fungicidas	Precio del fungicida por kilogramo	Tratamiento	Cantidad utilizada (kg)	Costo	Costo por hectárea
	0	Control	0	0	0
Evitane	21	Man3X	0.0039	0.0815	2328.96
Evitane	21	Man14X	0.0140	0.2933	8379.78
Attack	55	Cym+Man3X	0.0024	0.1331	3804.27

Costo del jornal en soles. Los cálculos se realizaron considerando las prácticas de los agricultores de la zona (Tabla 23) que realizan desde el sembrado hasta la cosecha. Para el sembrado y mantenimiento de 49 kg de papa, se requiere de un peón o trabajador agrícola que además realizará los trabajos de preparación del suelo, siembra, deshierbo, aporque, pulverizaciones y cosecha. Para cada una de estas etapas se requiere de un día de trabajo y, en el centro poblado, el valor de un jornal es de S/ 40.00. Aclarando que cada pulverización costó S/ 5.00. Estos datos fueron tomados como base para obtener el costo por tratamiento y por hectárea.

Tabla 23

Actividades agrícolas realizadas con su respectivo costo en soles.

Tratamientos	Cantidad de papa (kg)	Preparación de suelo	Gasto Siembra	Gasto deshierbe	Gasto aporque	Gasto cosecha	Pulverización	Total
Control	49	40	40	40	40	40	0	200
Man3X	49	40	40	40	40	40	15	215
Man14X	49	40	40	40	40	40	50	250
Cym+Man3X	49	40	40	40	40	40	15	215

Tabla 24

Costos del jornal para cada tratamiento en soles

Tratamientos	Costo para el experimento	Costo por hectárea
Control	5.51	5.800
Man3X	5.92	6.235
Man14X	6.89	7.250
Cym+Man3X	5.92	6.235

Cada semilla sembrada en el experimento pesaba aproximadamente 150 g. Para cada tratamiento se utilizó nueve semillas, tres semillas para cada repetición, lo que equivale a 1350 g o 1.35 kg. Para una hectárea se requirió 24 quintales de 49 kg de semilla, totalizando 1421 kg (Tabla 24).

Tabla 25

Ingreso bruto en soles obtenido de los tubérculos por tratamiento

Tratamientos	Peso de papa (kg)	Precio por kg	Ingreso por Tratamiento	Ingreso por hectárea
Control	0.0779	1.5306	0.1192	4292.41
Man3X	0.5302	1.5306	0.8115	29214.87
Man14X	0.4912	1.5306	0.7518	27063.70
Cym+Man3X	0.5204	1.5306	0.7965	28674.87

Ingreso bruto obtenido de los tubérculos por tratamiento

En la localidad, los intermediarios compran la papa por sacos. Un saco corresponde a dos quintales, un quintal tiene un peso aproximado de 49 kg. El 23 de julio del 2024, se realizó una consulta a varios intermediarios para determinar el precio actual de un saco, resultando en un promedio de 150 soles. En la Tabla 25, se ha calculado el precio de S/ 75.00 por 49 kg.

4.1.9.1. Relación costo beneficio por tratamiento y por hectárea

En la Tabla 26 se observa que el tratamiento Control en relación costo beneficio fue el más bajo con 0 y 0.74, el Man3X mostró el mejor costo beneficio por tratamiento con 4.65 y por hectárea con 3.41 con el mayor ingreso por hectárea de S/ 29214.87. El tratamiento Man14X tiene el mayor costo total por hectárea resultando en una relación de 1.20 y el tratamiento Cym+Man3X tiene una relación costo beneficio de 2.79 por tratamiento y un ingreso por hectárea cercano al Man3X. El tratamiento Man3X tiene la mejor relación costo beneficio.

Tabla 26

Relación costo beneficio por tratamiento y por hectárea en soles

Tratamientos	Costo total por tratamiento	Costo total por hectárea	Ingreso total por tratamiento	Ingreso total por hectárea	Relación costo beneficio por tratamiento	Relación costo beneficio por hectárea
Control	0.0000	5800.00	0.0556	4292.1	0.00	0.74
Man3X	0.0815	8563.96	0.3787	29214.87	4.65	3.41
Man14X	0.2933	15629.78	0.3508	27063.70	1.20	1.73
Cym+Man3X	0.1331	10039.27	0.3717	28674.87	2.79	2.86

4.2. Contrastación de hipótesis

La hipótesis que se planteó en esta investigación fue que los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb disminuyen la cantidad de bacterias y hongos en la rizósfera de *Solanum tuberosum*. Los resultados confirman la validez de la hipótesis, ya que se encontró más UFC de bacterias antes de las pulverizaciones, después de las aplicaciones de los fungicidas, las poblaciones aumentaron en todos los tratamientos en comparación al Control tanto en rizósfera como el rizoplano, pero seguían siendo inferiores a los datos iniciales. Los hongos disminuyeron después de las pulverizaciones en todos los tratamientos en comparación al Control en ambas muestras (rizósfera y rizoplano) y medios (Sabouraud y PDA).

4.3. Discusión de resultados

En la presente investigación se determinó los efectos de los fungicidas mancozeb y la mezcla de cymoxanil + mancozeb sobre los actinomicetos, bacterias y hongos de la rizósfera y rizoplano del cultivo de la papa, ya que en estas áreas del suelo son encontradas una gran diversidad de comunidades microbianas (Zhang et al., 2017), establecidos en las raíces de diversas plantas (Lettice, 2019). Esto, posiblemente favorecido por la presencia de altas concentraciones de nitrógeno y carbono así como de otros nutrientes y minerales aledaños a las raíces (Volkogon et al., 2021) lo que a su vez contribuyen a la gran diversidad de comunidades microbianas (Weinert et al., 2011). Es así que Lutfulin et al. (2020) encontraron que la papa desarrolla distintas comunidades bacterianas en la rizósfera y rizoplano con diferentes conteos. No obstante, la afectación de estos microorganismos en estas zonas pueden deberse a factores, como las condiciones ambientales y a la calidad del agua (Clairmont et al., 2018), por prácticas agrícolas tradicionales y como la rotación de cultivo (Mardanova et al., 2019). La aplicación de agroquímicos como los fungicidas es utilizada para inhibir enfermedades transmitidas por hongos pero a medida que son aplicados también perjudican a otros microorganismos que son benéficos (Mandal et al., 2020).

El rendimiento y la calidad del tubérculo de la papa son influenciados por factores bióticos y abióticos, entre ellos la disponibilidad de agua, de nitrógeno, la concentración de fósforo en el suelo y el microbioma de la rizósfera (Iwama, 2008). El tizón tardío (*Phytophthora infestans*) es uno de los agentes bióticos más mortífero en el cultivo de la papa (Ristaino, 2002). Por consiguiente, la utilización de los fungicidas y la resistencia de las plantas han sido una apertura muy importante para la disminución de las epidemias de esta enfermedad (Ritchie et al., 2018). Sin embargo, en el centro poblado de Chucmar Alto, el mancozeb y el cymoxanil + mancozeb son los fungicidas comúnmente utilizados para controlar el tizón tardío, donde muchas veces son utilizados en dosis más altas a las recomendadas y aplicados hasta 14 veces en intervalos de ocho días a lo largo de toda la etapa de desarrollo del cultivo de papa. Eso se hace con la finalidad de incrementar su rendimiento, debido a la inefectividad de los fungicidas y la resistencia duradera de las plantas (Taylor et al., 2004). El uso indiscriminado de los fungicidas podría estar afectando a la ecología del suelo alterando su microflora beneficiosa (Kalia & Gosal, 2011). En un estudio en que el mancozeb y el cymoxanil fue combinado con un fungicida de contacto demostró un impacto negativo sobre los actinomicetos, bacterias y hongos, reduciendo la absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta de manzano (Walia et al., 2014; Tkach et al., 2021).

En el presente trabajo, el efecto de los fungicidas en las colonias de actinomicetos en la rizósfera y rizoplano de las plantas de papa fue negativo en estos microorganismos beneficiosos al verificar que antes de la aplicación de los fungicidas, el número de colonias de actinomicetos era mayor. Después de la aplicación de los fungicidas, hubo una disminución en el número de actinomicetos en todos los tratamientos. En un trabajo similar, Walia et al. (2014) encontraron que concentraciones menores a 1000 ppm eran perjudiciales para la población de actinomicetos. La reducción de los actinomicetos, pudiendo llevar al desequilibrio en la disponibilidad de nutrientes y minerales, ya que los actinomicetos se encargan de la

degradación de polímeros complejos como, material vegetal, animal y fúngico muerto, produciendo muchas enzimas extracelulares que son muy beneficiosas para la producción del cultivo (Bhatti et al., 2017).

El tratamiento Man3X en rizoplano que, después de la aplicación se redujo a 4.70 log UFC g⁻¹ y un aumentó en el momento de la cosecha a 5.61 log UFC g⁻¹ en comparación al Control, fue similar a un estudio en campo de soja (*Glyceni max*) (Jagtap, 2012) donde encontraron que después de las aplicaciones de mancozeb las poblaciones de actinomicetos se redujeron a 40.66 × 10⁴ UFC, en comparación con el Control (62 × 10⁴ UFC) en la época de la cosecha el número de actinomicetos aumentó. Por otro lado, la aplicación del mancozeb aumentó la población de actinomicetos 10.58×10⁵ UFC en comparación con el Control (10.04 × 10⁵ UFC) utilizando el medio *Munair & Kenknight* (Labanya et al., 2018), en cambio, en el presente trabajo se utilizó el medio *Glycerol Yeast Agar* en lo cual se observó una disminución de las poblaciones de actinomicetos. Se observó una reducción adicional en el conteo de actinomicetos para el momento de la cosecha, especialmente en el tratamiento Cym+Man3X, lo que podría indicar una mayor efectividad o toxicidad de esta combinación de fungicida. La mezcla del mancozeb con otros fungicidas tienden a reducir las poblaciones microbianas del suelo. La combinación de carbendazim-mancozeb redujo significativamente la población de actinomiceto (Fawole et al., 2009). En suelos pulverizados con mancozeb se observó la disminución de actinomicetos después de la primera aplicación (Khudhur & Sarmamy, 2018). Çiğdem et al. (2016), en condiciones de laboratorio sobre los efectos de mancozeb en la actividad biológica del suelo, encontraron que este fungicida afectó a los actinomicetos. Los herbicidas, aunque su objetivo es controlar las malezas y no los microorganismos, también afectan a las poblaciones de actinomicetos; Santric et al. (2016) mencionaron que esto podría estar relacionado con las dosis de aplicación y periodo de exposición. En un estudio con la aplicación del herbicida paraquat en suelo rizosférico, las poblaciones de actinomicetos fueron perjudicadas inicialmente después

de las aplicaciones (Devashree et al., 2014). Esta reducción puede tener implicaciones para la salud del suelo y el crecimiento de las plantas (Bhatti et al., 2017).

La disminución en el número de colonias bacterianas después de la aplicación de los fungicidas puede estar relacionada con el impacto de estos productos químicos en la microbiota del suelo. afecta no solo a los hongos patógenos (objetivo de estos productos) sino también a bacterias beneficiosas (Bhatti et al., 2017). En un estudio se encontró que el mancozeb aplicado en huertos de manzana a concentraciones de 1000 y 2000 ppm resultaron ser nocivos para las bacterias del suelo (Walia et al., 2014). En suelos tratados con una mezcla de carbendazim + mancozeb a dosis respectivas de 1.67 y 2.34 mg kg⁻¹ de suelo también redujeron significativamente las poblaciones de bacterias nitrificantes fijadoras de nitrógeno (Fawole et al., 2009). Asimismo, Liao et al. (2022) observaron que el carbendazim redujo la diversidad y composición bacteriana del suelo. Wang et al. (2012) sugirieron que la aplicación repetida de carbendazim tiene un impacto negativo transitorio sobre la comunidad bacteriana cultivable del suelo. La comparación entre los diferentes tratamientos (Control, Man3X, Man14X, Cym+Man3X) muestra variaciones en la enumeración de bacterias. La menor reducción en UFC en el tratamiento Man14X sugiere que las aplicaciones de mancozeb pueden afectar menos a las bacterias o incluso tener un efecto protector o promotor del crecimiento bacteriano. Además, García-Delgado et al. (2018) demostraron que el uso de compost orgánico disminuye el efecto de herbicidas aplicados en el suelo. El aumento en la enumeración de bacterias al momento de la cosecha, especialmente en los tratamientos Man3X, Man14X y Cym+Man3X, podría indicarse como un signo de recuperación microbiológica o resiliencia de los microorganismos del suelo (Griffiths & Philippot, 2013). No obstante, Wang et al. (2019) observaron que la segunda aplicación del fungicida metalaxil inhibió los hongos, pero tuvo un ligero aumento, aunque pasajero, de actinomicetos y de las poblaciones bacterianas. Çiğdem et al. (2016) en un estudio realizado en condiciones de laboratorio sobre los efectos del

mancozeb, carbendazim y tebuconazol en la actividad biológica del suelo, encontraron que estos fungicidas disminuyeron la población de hongos y actinomicetos del suelo mientras que las poblaciones de bacterias aumentaron. Huang et al. (2021) reportaron que múltiples aplicaciones de mancozeb mejoraron significativamente la abundancia de algunas especies de bacterias como *Candidatus Saccharibacteria*, *Parcubacteria* y *Proteobacteria*. Es así que algunos grupos de bacterias resisten a las aplicaciones de este fungicida, ya que en dosis de 2.0 a 10.0 kg ha⁻¹ no resultaron perjudiciales (Pozo et al., 1994). Además, Labanya et al. (2018) registraron que el mancozeb aumentó el número máximo de bacterias de la rizósfera a 8.5×10⁶ UFC, en comparación con el Control (7.95×10⁶ UFC). Osta et al. (2011) encontraron que el fungicida *Prochloraz* (imidazol) no afectó negativamente la biodiversidad bacteriana. Los fungicidas a largo plazo también pueden afectar las comunidades bacterianas del suelo como es el caso del triadimefón y el propiconazol, en concentraciones de 10 a 100 mg kg⁻¹ (Taylor et al., 2009). Los fungicidas mefenoxam y metalaxil disminuyeron las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno (Monkiedje et al., 2002). Por otro lado, el fungicida metalaxil + mancozeb en el suelo rizosférico del tabaco influyeron en las comunidades bacterianas en relación con el Control (You et al., 2016). En la presente investigación los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb también influyeron, aumentando la cantidad de colonias bacterianas en todos los tratamientos respecto al Control.

La enumeración de colonias de hongos antes de la aplicación de los fungicidas fue mayor en el medio Sabouraud (SDA) que en el medio PDA tanto para rizósfera, como para el rizoplano. La razón por la que se utilizaron dos medios distintos en el caso de los hongos es que, a pesar de que son utilizados indistintamente en diferentes investigaciones o referencias, se supuso la posibilidad de diferencias en la respuesta. A pesar de haber encontrado diferentes valores de UFC antes de la aplicación de los fungicidas, la uniformidad posterior obtenida en el medio Sabouraud, con respecto a los resultados en medio PDA, indican que pueden ser utilizados de

forma indistinta, por lo menos para este tipo de condiciones. La razón de la diferencia inicial aún no ha sido entendida. Después de las pulverizaciones, en el segundo y tercer muestreo, se observó una disminución de las colonias de hongos en todos los tratamientos en la rizósfera y rizoplano de la papa. Según Itelima et al. (2018), esto podría estar influenciado por las dosis, los períodos de exposición y el tipo de pesticidas, ya que en su estudio demostraron que el fungicida *Ridomil Gold* (metalaxil-M + mancozeb) tuvo un impacto considerable en la reducción de especies fúngicas en el suelo (0.32×10^5 a 0.70×10^5 UFC g^{-1}) respecto a los suelos sin fungicida (4.80×10^5 y 5.00×10^5 UFC g^{-1}). Asimismo, Walia et al. (2014) encontraron que en concentraciones bajas de mancozeb (100 ppm) en huertos de manzana, hubo una reducción significativa en las poblaciones de hongos. Khudhur & Sarmamy (2018) observaron que en suelos pulverizados con mancozeb, las poblaciones fúngicas disminuyeron después de la primera aplicación. Labanya et al. (2018) mostraron que el mancozeb disminuyó la población de hongos, siendo 10.42×10^4 UFC en comparación con el tratamiento Control (10.85×10^4 UFC).

En suelos agrícolas tratados con mancozeb a concentraciones de 2.0 a 10.0 $kg\ ha^{-1}$, las poblaciones totales de hongos también disminuyeron significativamente (Pozo et al., 1994). Cycoñ et al. (2010) demostraron que la mezcla de fungicidas con mancozeb (MB) al 60% y dimetomorf (DT) al 9% añadidos a suelos arenosos a una concentración de 1500 $mg\ kg^{-1}$ de MB + DT disminuyeron el número de hongos. Asimismo, la aplicación de mancozeb, mefenoxam y azoxistrobina, redujeron la colonización de micorrizas (Vuyyuru et al., 2018). De igual manera, los fungicidas thiram y verdasan afectaron negativamente el número de hongos (Kuthubutheen & Pugh. G, 1979). Shamiyeh & Johnson (1973) observaron también que concentraciones de 25 y 100 $mg\ l^{-1}$ de heptacloro inhibieron el crecimiento de hongos. Astaykina et al. (2020) demostraron que el fungicida benomyl afectó a corto plazo las comunidades fúngicas. En el presente estudio, la enumeración en la rizósfera y en el rizoplano

en la cosecha mostraron una recuperación en comparación con el segundo muestreo, pero continuaron siendo menores a los valores iniciales. Esto podría estar influenciado por la aplicación de los fungicidas mancozeb y la mezcla del cymoxanil+ mancozeb. Este resultado se justifica por algunos autores (Jagtap, 2012a; Khudhur & Sarmamy, 2018; Pozo et al., 1994; Ratna Kumar et al., 2017; Walia et al., 2014) que evidenciaron que las aplicaciones de estos fungicidas disminuyeron las poblaciones fúngicas respecto a su Control.

Los tratamientos Man3X y Man 14X con dosis iniciales de 0.815 y 0.816 g/200L, respectivamente, en rizósfera y rizoplano de la papa, presentaron una menor enumeración fúngica en comparación con los demás tratamientos. No obstante, Bosmediano et al. (2018) en suelos de cultivo de papa con dosis menores de 5.0 kg ha⁻¹ de mancozeb aumentaron los microorganismos fúngicos, pero mientras la dosis aumentaba de 7.5 a 10 kg ha⁻¹ redujo drásticamente las poblaciones de hongos. Un estudio con el insecticida profenofós mostró que las poblaciones de hongos se redujeron inicialmente con dosis de 100 a 300 µg g⁻¹, pero luego se recuperaron rápidamente (Martinez-Toledo et al., 1992).

La combinación de mancozeb + carbendazim con los pesticidas cipermetrina y clorpirifós en concentraciones altas (7.5 y 10 kg ha⁻¹) resultó tóxica para las poblaciones de hongos (Srinivasulu & Ortiz, 2017). Ratna et al. (2017) evaluando el efecto del mancozeb en diferentes tasas de aplicación que van desde 0.5 y 1 L en tres cultivos diferentes, se observó que afecta perjudicialmente a los hongos. Por otro lado, Osta et al. (2011) encontraron que el fungicida procloraz (imidazol) tiene un efecto negativo sobre la población de hongos. Los fungicidas protioconazol y clortalonil en suelos de arándanos también disminuyeron la diversidad de hongos en el suelo (Lloyd et al., 2021). Estos fungicidas desde su primera aplicación pueden tener efectos perjudiciales como también mejoras en las poblaciones fúngicas (Sigler & Turco, 2002).

En la presente investigación, en cuanto a la producción de tubérculos, el tratamiento Cym+Man3X registró 27 tubérculos obteniendo el mayor número y el promedio más alto de tubérculos por planta (9). Esto podría ser resultado de la sinergia de los fungicidas cymoxanil + mancozeb tanto preventiva como curativa en el control de enfermedades, favoreciendo al rendimiento del cultivo (Chaudhary et al., 2021). Es así que Mhatre et al. (2021) demostraron que los fungicidas mancozeb-cymoxanil + mancozeb y clorotalonil-ametoctradiina + dimetomorf reducen la gravedad de la enfermedad y aumentan el rendimiento de la papa (Mhatre et al., 2021). El tratamiento Man3X tuvo el menor número de tubérculos (15), pero el mayor en peso total con 530.20 g, equivalente a 15148.57 kg ha⁻¹, presentando el mejor rendimiento. Fontem & Aighewi (1993) afirman que el mancozeb de los 5 fungicidas utilizados en su estudio, se destacó por tener el mejor rendimiento y un control eficaz del tizón tardío. Khadka et al. (2020) concluyeron que con la aplicación del mancozeb también tuvieron el mejor rendimiento del tubérculo de papa. Concordante con un estudio realizado con varios fungicidas del cual el diathane M45 80% (mancozeb 80%) demostró una disminución de la enfermedad y un mejor rendimiento del cultivo (Ahmed, 2010). Muchiri et al. (2009) afirmaron que la combinación del propamocarb HCL + mancozeb y el mancozeb aplicado individualmente, en diferentes dosis, se destacaron por tener un rendimiento significativamente mayor en comparación con las plantas no tratadas. Por otro lado, la pulverización del mancozeb no produjo el mejor rendimiento, ya que la combinación del metalaxyl + mancozeb tuvo mayor control contra la enfermedad y una mayor producción de tubérculos (Trehan et al., 1995).

En un experimento donde se aplicaron mancozeb, chlorothalonil, *Trichoderma* y dimethomorph se observó que todos ellos suprimían la aparición del tizón tardío, pero dimethomorph generó el mejor rendimiento (Pasmitta et al., 2018). Por otro lado, en condiciones de cultivo *in vitro* se demostró que el hexaconazol obtuvo mayor rendimiento (446.95 g planta⁻¹), seguido del mancozeb con un rendimiento de 428.03 g planta⁻¹ (Kumar

Yadav et al., 2018). Tadesse & Kesho (2023) sugirieron que los fungicidas *SuperPlus* (cymoxanil 3% + mancozeb 10% + oxiclورو de cobre 15%) y *Zorphic* pueden ser alternativos al mancozeb y al *Ridomil* (mefenoxam 4% + mancozeb 64%), normalmente utilizados, ya que obtuvieron mejores rendimientos de producción de papa. Es por ello que se evidencia que la pulverización del mancozeb es más efectiva cuando aplicado en regímenes o combinado con un fungicida sistémico. En la India propusieron un nuevo programa de pulverización de fungicidas para erradicar el tizón tardío de la papa y aumentar el rendimiento, demostrando que con el tratamiento con tres aplicaciones, la primera con mancozeb (0.2%) antes de la aparición de la enfermedad, la segunda con dimetomorf (0.2%) + mancozeb (0.3%) y la tercera pulverización con mancozeb (0.2%), se observó una buena reducción de la enfermedad y un rendimiento más alto (Gurjar et al., 2018). Otras investigaciones (Chakraborty & Banerjee, 2016; Bansode et al., 2020) corroboran esta forma de aplicar los fungicidas que se basaron en el mismo régimen y obtuvieron una reducción considerable de la enfermedad con un rendimiento mayor en el cultivo de papa. Sin embargo, en el presente trabajo, el tratamiento Cym+Man3X con tres aplicaciones de cymoxanil + mancozeb obtuvo un peso total de 520.4 g equivalente a 14868.57 kg ha⁻¹ siendo el segundo tratamiento con mejor rendimiento. Muchas investigaciones relacionadas al rendimiento del cultivo de papa con el uso de cymoxanil + mancozeb afirman que estos fungicidas tienen un control más efectivo contra el tizón tardío provocado por *Phytophthora infestan* y, consecuentemente, una mayor productividad. Mahi et al. (2017) reportaron que la aplicación de cymoxanil 8% + mancozeb 64% con tres aplicaciones en intervalos de 7 a 10 días en el cultivo de papa resultó en una producción de 28.12 t ha⁻¹ y un buen control de enfermedad. Sharma & Saikia (2013) encontraron que la mezcla de cymoxanil 8% + mancozeb 64% registró el mayor rendimiento con 73.20 q/ha q ha⁻¹, siendo un valor destacado entre los demás fungicidas utilizados en el estudio. Siddique et al. (2016) hallaron que el Sunoxanil 72 WP (cymoxanil 8% + mancozeb 64%) que contenía 3.5 mg/L se destacó

por tener el mayor rendimiento (26.68 ton ha⁻¹). Asimismo, el fungicida curzate M8 (cymoxanil + mancozeb) en comparación con otros fungicidas presentó el mayor rendimiento con 25.94 t ha⁻¹ (Islam et al., 2022), concordando con otros estudios (Peerzada et al., 2020; Sharma et al., 2020; Kilonzi et al., 2024; Kumar et al., 2018).

El diámetro del tallo de la papa es un factor muy importante ya que influye en el rendimiento del cultivo (Asghari-zakaria & Fathi, 2007). En el presente estudio el tratamiento Man3X tuvo un promedio de crecimiento mayor con 12 mm de diámetro y también el mejor rendimiento, seguido del tratamiento Cym+Man3X con 11 mm en comparación al Control. Los resultados son similares a los encontrados por Karpukhin & Keita (2021) que obtuvo un diámetro mayor del tallo (0.75 cm) con la aplicación del fungicida shirlan en comparación con el Control. Por otro lado, el crecimiento radial del diámetro del tallo de la papa está relacionado al espaciamiento entre hileras, o sea, mientras más amplio los espacios los tallos serán más gruesos y en hileras más estrechas, tallos más delgados (Tsfaye et al., 2012).

La altura del tallo de la papa es otro factor muy importante, principalmente, para el control de enfermedades y la eficacia de los fungicidas, que pueden ayudar a mejorar el crecimiento y obtener un mejor rendimiento. Kilonzi et al. (2024) encontraron que el tizón tardío redujo significativamente el crecimiento del cultivo de papa, tanto en altura como en número de tallos, donde en parcelas no protegidas en las variedades Dutch Robjin y Shangí, alcanzaron alturas de 35 y 42 cm y, en las parcelas protegidas, llegaron a 62 y 78 cm, respectivamente. En el presente trabajo se registró resultados similares, el Control obtuvo un promedio de altura máxima de 25.7 cm, y los tratamientos con aplicaciones de fungicidas alcanzaron alturas superiores, como es el caso del mancozeb que tuvo una altura de 28.2 (Man3X) y 32.3 cm (Man14X) y la mezcla del mancozeb + cymoxanil (Cym+Man3X) alcanzó una altura máxima de 32.8 cm. Similar al trabajo de Karpukhin & Keita (2021) donde el fungicida shirlan tuvo un efecto sobre la altura de la planta 49 días después de la siembra con 65 cm, valor mayor

al del Control que alcanzó 58 cm. Por otro lado, Lopes et al. (2013) observaron que los tratamientos con de methiram + pyraclotrobin presentaron promedios de longitud del tallo de papa superiores desde 37.2 hasta 44.5 cm en comparación con el tratamiento con aplicaciones de fluazinam que obtuvo 35.5 cm. Ifenkwe & Allen (1978) concluyeron que, al aumentar el número de plantas de papa, proporcionalmente aumenta la altura de la planta, ya que al aumentar la densidad de las plantas, aumenta la competencia por la absorción de la luz, por lo tanto, aumenta la altura. Sin embargo. Esmailpour et al. (2011) demostró que paclobutrazol provocó una disminución de la altura del tallo del cultivo de papa, en consecuencia, aumentó el peso seco de las hojas, el peso seco de los tubérculos y obtuvo un mejor rendimiento de los tubérculos.

La alta incidencia del tizón tardío o comúnmente conocido como rancha en muchas zonas paperas causa efectos devastadores en el crecimiento y en el rendimiento de la papa, especialmente en condiciones climáticas húmedas y templadas (Fry, 2008). El control o erradicación de la enfermedad solo es posible mediante la aplicación regular y adecuada de fungicida mejorando el rendimiento y la calidad de los tubérculos (Haverkort et al., 2009). Esto se puede reafirmar con los resultados encontrados, ya que el tratamiento Control obtuvo mayor número de folíolos con rancha llegando a un promedio de 50.3 folíolos afectados. En los tratamientos con aplicación de fungicidas fueron encontrados un menor número de folíolos afectados, como en el caso del tratamiento Man3X con 7 folíolos, el Man14X mostró 17 folios y el Cym+Man3X hasta los 27 folíolos. Eso quiere decir, que el Man3X logró la mayor reducción de afectación por el tizón tardío con 42.7% en comparación con el Control, seguido del tratamiento Man14X (32.9 %) y del Cym+Man3X (23%). Idéntico a un estudio donde el *Netcozeb 80 WP* y el *Diamond 80 WP*, ambos teniendo el mancozeb como ingrediente activo, redujeron la enfermedad a más de 80% en comparación con el Control (Anwar et al., 2015). Asimismo, Rahman et al. (2008) estudiaron 13 fungicidas de los cuales el *Filthane M-45*

(mancozeb) fue uno de los más efectivos para controlar el tizón tardío. Ahmed (2010) también afirmó que *Diathane M45* (mancozeb) ocupó uno de los primeros puestos en la disminución de la severidad de la enfermedad.

Sin embargo, Sari et al. (2021) demostró que a pesar de las concentraciones de mancozeb (2, 3 y 4 g l⁻¹) y en diferentes intervalos de aplicación (cada 4, 8 y 12 días), no se observó una reducción efectiva en la severidad del tizón tardío durante los meses húmedos. En ese sentido, la mayoría de agricultores tradicionalmente utilizan solo el mancozeb o la combinación con carbendaxim, para combatir el tizón tardío de la papa, pero su eficacia disminuye en condiciones ambientales desfavorables (Siddique et al., 2016). Por lo tanto, muchas investigaciones se enfocaron en realizar programas de aplicación de fungicidas. Por ejemplo, en un programa de tres aplicaciones de metalaxyl + mancozeb y de mancozeb cada 7 días, obtuvieron un mejor control (20%) de defoliación durante el inicio de la temporada (Platt, 1985). Muhinyuza et al. (2008) encontraron que el tizón tardío de la papa se controló eficazmente con el programa estándar de *Ridomil MZ* (metalaxil + mancozeb) alternado con *Dithane M-45* (mancozeb) aplicado en intervalos de 10 días. En otra investigación, se inició la aplicación con mancozeb al 0.2% seguida de una segunda pulverización con *Sectin* (fenamidon + mancozeb) al 0.3% y la 3 tercera con mancozeb al 0.2% donde se encontró la menor severidad de la enfermedad (21.3%) (Sharma, 2016). Aunque en el presente trabajo el tratamiento Cym+Man3X obtuvo un porcentaje de efectividad en el control de la enfermedad de 23%, que fue menor en comparación con el Control, muchos autores reportan que la mezcla de mancozeb + cymoxanil es más efectiva. Kilonzi et al. (2024) demostraron que el fungicida *Mistress®* (mancozeb 640 g kg⁻¹ + cimoxanilo 80 g kg⁻¹) redujo los síntomas del tizón al 54%. Mahi et al. (2017) afirmaron que la combinación cymoxanil al 8% + mancozeb al 64% con tres aplicaciones en intervalos de 7 a 10 días presentó un buen control de enfermedad. Sharma & Saikia (2013) encontraron que la mezcla de cymoxanil 8% + mancozeb 64% presentó una

protección del 100% contra el *Phytophthora infestans*. Otras investigaciones (Islam et al., 2022; Peerzada et al., 2020; Siddique et al., 2016) obtuvieron similares resultados. Las variaciones en condiciones ambientales inciden también en la proliferación del tizón tardío (Monjil & Ulfat, 2020). Lal et al. (2018) mencionan que un clima nublado, un ambiente fresco (12–15 °C) y con alta humedad (>90 %) con rocíos o lluvias fuertes alternadas con períodos cálidos y húmedos (18–20 °C) favorece el rápido desarrollo de la enfermedad. La infección y el desarrollo de la enfermedad se observan en un rango de 7.2–26.6 °C. En la presente investigación, las condiciones ambientales promovieron la propagación del tizón tardío, ya que se registraron temperaturas entre 10.8 y 32.4 °C y una humedad relativa máxima de 93.8%. Respecto a la temperatura el cultivo de papa crece bien alrededor de los 20 °C (Rykaczewska, 2013), además, se conoce que la temperatura óptima para el crecimiento de las hojas y tallos, y el engrasamiento de los tubérculos se da con temperaturas entre 20 a 25 °C y 15 a 20 °C, respectivamente (Van Dam et al., 1996). En este caso, la temperatura máxima fue de 32.4 °C y la mínima de 10.8 °C. Según Kim et al. (2019) este aumento podría haber afectado los procesos biológicos de la planta como, la fotosíntesis, la respiración y las actividades enzimáticas. Además, reduce el área foliar y retrasa la iniciación del tubérculo y la disminución del rendimiento de comparación tubérculo (Lee et al., 2020; Menzel, 1985; Timlin et al., 2006). No obstante, Rykaczewska (2013) afirma que esto depende de la etapa de crecimiento en la que se encuentra la planta. La temperatura afectará el crecimiento y el rendimiento de las plantas, principalmente, por el estrés combinado al calor y la falta de agua. Sin embargo, las bajas temperaturas reducen el número de hojas por tallo, pero las hojas individuales aumentan de tamaño y reducen las ramificaciones (Struik & Ewing, 1995).

La humedad relativa varió desde 26.8 hasta un máximo de 93.8%. Según Pastukhov et al. (2021), las condiciones más favorables de altos rendimientos y de mejor calidad del cultivo de papa, es tener una humedad relativa en la etapa de brotación de 65-70%, en la fase de brotación

y floración de 75-85% y desde la floración hasta la cosecha de 60-65%. En este sentido, las plantas que se desarrollan en ambientes con alta humedad relativa tienen menos capacidad para contrarlar la pérdida de agua en comparación con las plantas con baja humedad relativa. Esto particularmente se debe a la disfunción de los estomas y la mayor permeabilidad cuticular (Nejad & Meeteren, 2005) Además, también causa una pérdida excesiva de agua y la deshidratación de las hojas, cuando se presentan condiciones coexistentes de calor y humedad (Zhang, 2020). Por otro lado, Timothy & Yahaya (2020) demostraron que baja humedad relativa sobre el crecimiento y desarrollo causó el aumento de la tasa de evapotranspiración, provocando la disminución de la fotosíntesis, deshidratación de las hojas y retraso en el crecimiento (Timothy & Yahaya, 2020; Zhang et al., 2022).

El punto de rocío varió entre 5.4 y 16.2 °C, las variaciones de punto de rocío en el cultivo se debe a la evaporación del agua del suelo y de las plantas durante el día y la condensación en la noche. La humedad relativa tiende a ser muy alta durante la noche debido a la menor temperatura y la estabilización del aire facilitando la condensación, el aire cálido durante el día transportaba más vapor de agua y el punto de rocío es más alto durante el día (Wu & Wang, 2021; Y. Zhang et al., 2019).

El presente estudio determinó el costo-beneficio de todos los tratamientos, donde Man3X mostró la mejor relación costo-beneficio con 4.65/ha con 3.41 con el mayor ingreso por hectárea de S/ 29214.87, seguido del tratamiento Cym+Man3X que tiene una relación costo beneficio de 2.79 por tratamiento y un ingreso por hectárea cercano de 28674.87 en comparación con el Control. Esto podría deberse a que el fungicida mancozeb redujo la severidad del tizón tardío. Rahman et al. (2008) observaron que el mancozeb tuvo un eficaz control del tizón tardío y aumentó el rendimiento. Asimismo, Shailbala and Pundhir (1985) demostraron que con tres aplicaciones de mancozeb en la variedad Kufri Bahar dieron los mayores beneficios (1:12.08 y 1:12.88) en ambos periodos obteniendo la mejor relación costo-

beneficio respecto al Control. En otro estudio con cinco pulverizaciones de mancozeb un beneficio superior al del Control en la variedad Belete (Gedlu et al., 2023). Por otro lado, la mezcla del mancozeb con el cymoxanil también tiene una buena relación costo-beneficio, que en muchos estudios han demostrado un mayor control de la enfermedad y el mejor rendimiento en comparación con otras mezclas (Islam et al., 2022; Kilonzi et al., 2024; Peerzada et al., 2020; Siddique et al., 2016). Islam et al. (2022) registraron que la relación costo-beneficio más alta obtuvo la mezcla de *Curzate M8* (cymoxanil 8% + mancozeb 64%) con 1.02 en comparación de otras mezclas de fungicidas. Kumar et al. (2018) también encontraron que el cimoxanil 8% + mancozeb 64% presentó la mejor relación costo-beneficio (1.9) en comparación con otros fungicidas.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El fungicida Mancozeb con tres y 14 aplicaciones a dosis recomendada, afectó moderadamente la población de actinomicetos, ya que se observó una disminución después de las aplicaciones. En el segundo muestreo, en la rizósfera, Man14X presentó un aumento de 5.36 UFC, mientras que, en el rizoplano, Man3X mostró una disminución de 4.70 UFC. En el tercer muestreo, Man14X registró una disminución de 4.95 UFC en la rizósfera, mientras que Man3X evidenció un aumento de 5.61 UFC en comparación con su control. Asimismo, en términos porcentuales en el segundo muestreo, Man3X tuvo la mayor reducción en el rizoplano (-7.48%) y Man14X el mayor incremento (4.08%). En el tercer muestreo, Man14X destacó con la mayor reducción en la rizósfera (-9.67%), mientras que en el rizoplano Man3X aumentó (12.20%) y Cym+Man3X disminuyó (-8.00%) respecto al control.

Los tratamientos que utilizaron los fungicidas Man3X y Cym+Man3X aumentaron las poblaciones de bacterias antes de las pulverizaciones. En el segundo muestreo todos los tratamientos aumentaron en la rizósfera y en el rizoplano hubo una disminución en el tratamiento Man14X con 5.69 en comparación del control con 5.74 UFC. Para el tercer muestreo aumentaron en todos los tratamientos en comparación con el control. En términos porcentuales, en el segundo muestreo, el Man14X y Man3X destacaron en la rizósfera con aumentos de 8.90% y 8.03%, respectivamente, mientras que en el rizoplano Man14X disminuyó (-0.87%). En el tercer muestreo, Man14X y Cym+Man3X lograron el mayor incremento en ambas muestras (20.11%) respecto al control.

Por otro lado, estos fungicidas fueron más nociva sobre la población de hongos, ya que disminuyeron en todos los tratamientos, habiendo una mayor reducción en el tratamiento de Man14X y Man3X. En el segundo y tercer muestreo, todos los tratamientos mostraron disminuciones porcentuales. En el medio Sabouraud, Man14X tuvo la mayor reducción en el tercer muestreo (-15.50%), y Man3X alcanzó -14.44% en el segundo muestreo, ambos en el rizoplano. En el medio PDA, Man3X presentó la mayor disminución en el rizoplano (-18.99%) y Man14X en la rizósfera (-12.03%), en comparación con el control. Por lo tanto, la práctica agrícola de 14 aplicaciones mancozeb realizada en el centro poblado de Chucmar tiene un efecto perjudicial en los hongos y ligeramente en bacterias y actinomicetos de la rizósfera y rizoplano del cultivo de papa.

El tratamiento Man3X tuvo un impacto significativo en el crecimiento de las plantas, con aumentos estadísticamente relevantes en el diámetro durante las semanas 10, 11 y 12, y en la altura durante las semanas 12 y 13, en comparación con el control sin fungicidas. Esto indica que el uso de mancozeb favorece el desarrollo de las plantas.

El tratamiento Cym+Man3X redujo significativamente el número de folíolos con racha y el porcentaje de racha durante las semanas 3 a 6, aunque no afectó el total de folíolos. Esto demuestra su eficacia contra la enfermedad.

La mejor relación costo-beneficio lo obtuvo el tratamiento con Man3X, seguido del Cym+Man3X. El fungicida mancozeb presentó un mejor control del tizón tardío y un rendimiento considerable de tubérculos.

Recomendaciones

Seguir investigando este tema, ya que en este trabajo se consideró la dosis recomendada de los fungicidas (mancozeb y la mezcla del cymoxanil + mancozeb), solamente se incrementó el número de aplicaciones para el mancozeb recreando la práctica agrícola de la localidad.

Realizar análisis más detallados como el posible efecto de los fungicidas en las propiedades físico químicas del suelo posterior a la aplicación, así como más ensayos para verificar la replicabilidad de los resultados.

Difundir los hallazgos de esta investigación a las zonas dedicadas al cultivo de papa, especialmente en el centro poblado de Chucmar, promoviendo conciencia sobre el buen manejo de los fungicidas y los daños que pueden conferir a los microorganismos benéficos del suelo.

Realizar capacitaciones a los agricultores de la localidad por parte de profesionales capacitados y en coordinación con las municipalidades y/o instituciones públicas para el manejo adecuado de los fungicidas, ya que el conocimiento de los agricultores es en base a su experiencia. Además, la información sobre el uso de los pesticidas es proporcionada por los comerciantes, pudiendo haber otros intereses involucrados.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Agong, S., Mwangi, M., Kahuthia-gathu, R., & Waceke, W. (2021). Potato production practices and late blight management in nyandarua county , Kenya. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 75(2), 28–36.
- Ahmed, S. M. (2010). Impact of foliar applied fungicides on late blight disease, yield and yield components of three varieties of potatoes. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(8), 994–1001.
- Alef, K., & Sparling, G. P. (1995). Community structure. In *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry* (Issue April). <https://doi.org/10.1016/b978-012513840-6/50024-0>
- Anwar, M., Parveen, A., Hossain, M., Mahamud, N., & Roy, R. (2015). Efficacy of fungicides in controlling late blight of potato. *Progressive Agriculture*, 26(2), 103–108. <https://doi.org/10.3329/pa.v26i2.25963>
- Asghari-zakaria, R., & Fathi, M. (2007). Sequential path analysis of yield components in potato. *Potato Research*, 273–279. <https://doi.org/10.1007/s11540-007-9022-9>
- Astaykina, A. A., Streletskii, R. A., Maslov, M. N., Belov, A. A., Gorbatov, V. S., & Stepanov, A. L. (2020). The impact of pesticides on the microbial community of agrosoddy-Podzolic soil. *Eurasian Soil Science*, 53(5), 696–706. <https://doi.org/10.1134/S1064229320050038>
- Bácmaga, M., & Wyszowska, J. (2024). Response of soil microbiota , enzymes , and plants to the fungicide azoxystrobin. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms25158104>

- Baibakova, E. V., Nefedjeva, E. E., Suska-Malawska, M., Wilk, M., Sevriukova, G. A., & Zheltobriukhov, V. F. (2019). Modern fungicides: mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects. *Annual Research & Review in Biology*, 32(3), 1–16. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v32i330083>
- Bansode, G., Deshmukh, M., Sharma, S., & Mahajan. (2020). Effect of fungicide schedules against early blight *Alternaria solani* (Ell. and Mart.) Jones and Grot in potato *Solanum tuberosum* L. ~ 3291 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 3291–3294. www.phytojournal.com
- Barea, J. (2000). Rhizosphere and mycorrhiza of field crops. *Biological Resource Management Connecting Science and Policy*, 81–92. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04033-1_7
- Bhatti, A. A., Haq, S., & Bhat, R. A. (2017). Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis*, 111, 458–467. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>
- Bosmediano, J. M., Mohiddin, G. J., Srinivasulu, M., Llumiyinga, G., Almeida, G. L., & Morales, E. B. (2018). Influence of fungicides on bacterial and fungal populations in Ecuadorian potato (*Solanum tuberosum*) cultivated soils. *Ecology, Environment and Conservation*, 24(February), S437–S443.
- Brandreen, J., & Haynes, K. (2011). Introduction to potato. *Genetics, Genomics and Breeding of Potato*, 31–49. <https://doi.org/10.1201/B10881-6>
- Bridge, P., & Spooner, B. (2001). Soil fungi: diversity and detection Paul. *Plant and Soil*, 147–154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1010346305799>
- Brown, A., & Smith, H. (2014). *Benson's Microbiological Applications, Laboratory Manual*

in General Microbiology, Short Version (Thirteenth Edition).

<https://lib.hpu.edu.vn/handle/123456789/32674>

Calviello, G., Piccioni, E., Boninsegna, A., Tedesco, B., Maggiano, N., Serini, S., Wolf, F. I., & Palozza, P. (2006). DNA damage and apoptosis induction by the pesticide Mancozeb in rat cells: Involvement of the oxidative mechanism. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 211(2), 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2005.06.001>

Cappuccino, J. G., & Welsh, C. (2017). *Microbiology: A Laboratory Manual* (11th editi). Pearson.

Cartagena, Y., Araujo, A., Castillo, C., Cuesta, X., Monteros, C., Paula, N., Racines, M., Rivadeneira, J., & Velásquez, J. (2021). *Manual del cultivo de papa para la Sierra Sur. Manual No. 90* (M. Racines, X. Cuesta, & C. Castillo (eds.); 3 edición).

Chakraborty, A., & Banerjee, H. (2016). Effective management strategies against late blight of potato. *SAARC Journal of Agriculture*, 14(1), 111–117. <https://doi.org/10.3329/sja.v14i1.29581>

Chaudhary, S., Ghimire, M., Adhikari, N., Sah, A., Yadav, S. K., & Swar, P. (2021). Effect of fungicides on foliar blight of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in Morang, Nepal. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 07(04), 701–711. <https://doi.org/10.51193/ijaer.2021.7407>

Chaves-Bedoya, G., Ortíz-Moreno, M. L., & Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronomica*, 62(1), 66–72.

Çiğdem, K., Yeşilorman, D., & Cevheri, C. (2016). Effect of some fungicides on soil biological activities in laboratory conditions. *Adiyaman University Jouran of Science*,

6(December), 187–201.

Claassen, B. J., Wolfenbarger, S. N., & Gent, D. H. (2022). Fungicide Physical mode of action: Impacts on Suppression of hop powdery mildew. *Plant Disease*, *106*(4), 1244–1252. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-21-2131-RE>

Clairmont, L. K., Stevens, K. J., & Robin, M. (2018). Site-specific differences in microbial community structure and function within the rhizosphere and rhizoplane of wetland plants is plant species dependent Lindsey. *Rhizosphere*.
<https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.11.006>

Cycoń, M., Piotrowska-Seget, Z., & Kozdrój, J. (2010). Responses of indigenous microorganisms to a fungicidal mixture of mancozeb and dimethomorph added to sandy soils. *International Biodeterioration and Biodegradation*, *64*(4), 316–323.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.03.006>

de Souza, L. C., & Procópio, L. (2021). The profile of the soil microbiota in the Cerrado is influenced by land use. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *105*(11), 4791–4803.
<https://doi.org/10.1007/s00253-021-11377-w>

Devashree, Y., Dutta, B. K., Paul, S. B., & Choudhury, S. (2014). The effect of paraquat and fipronil on the soil and rhizosphere microflora of tea (*Camellia sinensis* (L) O . kuntze). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, *7*(4), 1534–1543.

Devi, P. I., Manjula, M., & Bhavani, R. V. (2022). *and Human Health*. 399–421.

Dhananjayan, V., Jayakumar, S., & Ravichandran, B. (2020). Conventional methods of pesticide application in agricultural field and fate of the pesticides in the environment and human health. *Controlled Release of Pesticides for Sustainable Agriculture*, 1–39.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-23396-9_1

- Dobrovol'skaya, T. G., Zvyagintsev, D. G., Chernov, I. Y., Golovchenko, A. V., Zenova, G. M., Lysak, L. V., Manucharova, N. A., Marfenina, O. E., Polyanskaya, L. M., Stepanov, A. L., & Umarov, M. M. (2015). The role of microorganisms in the ecological functions of soils. *Eurasian Soil Science* 2015 48:9, 48(9), 959–967.
<https://doi.org/10.1134/S1064229315090033>
- Domico, L. M., Cooper, K. R., Bernard, L. P., & Zeevalk, G. D. (2007). Reactive oxygen species generation by the ethylene-bis-dithiocarbamate (EBDC) fungicide mancozeb and its contribution to neuronal toxicity in mesencephalic cells. *NeuroToxicology*, 28(6), 1079–1091. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2007.04.008>
- Enyiukwu, D. N., Chukwu, L. A., Nwaogu, A. G., Bassey, I. N., & Nwaneri, J. A. (2021). Antifungal potentials of aqueous extracts of selected indigenous flora against leaf and stem blight (*Alternaria bataticola*) disease of sweet potato. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(8), 1493–1499. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v5i8.27>
- Esimbekova, E. N., Kalyabina, V. P., Kopylova, K. V., Lonshakova-Mukina, V. I., Antashkevich, A. A., Torgashina, I. G., Lukyanenko, K. A., & Kratasyuk, V. A. (2022). The effects of commercial pesticide formulations on the function of in vitro and in vivo assay systems: A Comparative Analysis. *Chemosensors*, 10(8).
<https://doi.org/10.3390/chemosensors10080328>
- Esmailpour, B., Hokmalipour, S., Jalilvand, P., & Salimi, G. (2011). The investigation of paclobutrazol effects on growth and yield of two potato (*Solanum tuberosum*) cultivars under different plant density. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(3–4), 289–294.
- Ezeta, F. N. (2001). Producción de Semilla de Papa en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.37066/ralap.v12i1.105>

- Fawole, B., Aluko, M., & Olowonihi, T. (2009). Effects of a carbendazim-mancozeb fungicidal mixture on soil microbial populations and some enzyme activities in soil. *Agrosearch, 1*, 65–73. <https://doi.org/10.4314/agrosh.v10i1-2.69831>
- Fernandez, M. R. (1993). Manual para laboratório de fitopatologia. *Embrapa*, 1–128.
- Fiers, M., Edel-Hermann, V., Chatot, C., Le Hingrat, Y., Alabouvette, C., & Steinberg, C. (2012). Potato soil-borne diseases. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 32, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0035-z>
- Fließbach, A., & Mäder, P. (2004). Short- and long-term effects on soil microorganisms of two potato pesticide spraying sequences with either glufosinate or dinoseb as defoliant. *Biology and Fertility of Soils, 40*(4), 268–276. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0776-9>
- Floudas, D., Binder, H. (2012). The Paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes. *Science, 336*(June), 1715–1719.
- Fontem, D. A., & Aighewi, B. (1993). Effect of fungicides on late blight control and yield loss of potato in the western highlands of cameroon. *International Journal of Pest Management, 39*(2), 152–155. <https://doi.org/10.1080/09670879309371781>
- Fry, W. (2008). *Phytophthora infestans*: The plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology, 9*(3), 385–402. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x>
- García-Delgado, C., Barba, V., Marín-Benito, J. M., Igual, J. M., Sánchez-Martín, M. J., & Rodríguez-Cruz, M. S. (2018). Simultaneous application of two herbicides and green compost in a field experiment: Implications on soil microbial community. *Applied Soil Ecology, 127*(March), 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.03.004>

- Gedlu, D., Hailu, N., & Kefelegn, H. (2023). Integrated management of potato late blight (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) through resistant varieties and fungicides in North Shewa, Ethiopia. *Journal of Plant Pathology*, *105*(1), 95–106.
<https://doi.org/10.1007/s42161-022-01269-x>
- Gikas, G. D., Parlakidis, P., Mavropoulos, T., & Vryzas, Z. (2022). Particularities of fungicides and factors affecting their fate and removal efficacy: A Review. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(7), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su14074056>
- Griffiths, B. S., & Philippot, L. (2013). Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *FEMS Microbiology Reviews*, 1–18.
<https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2012.00343.x>
- Gurjar, M. S., Kumar, R., Singh, D., & Bag, T. K. (2018). Development of fungicides spray schedule to manage the late blight of potato in north eastern Himalayan region of India. *Indian Phytopathology*, *71*(4), 505–512. <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0082-3>
- Haas, B. J., Kamoun, S., Zody, M. C., Jiang, R. H. Y., Handsaker, R. E., Cano, L. M., Grabherr, M., Kodira, C. D., Raffaele, S., Torto-alalibo, T., Bozkurt, T. O., Ah-fong, A. M. V., Alvarado, L., Anderson, V. L., Armstrong, M. R., Avrova, A., Baxter, L., Beynon, J., Boevink, P. C., ... Nusbaum, C. (2009). Genome sequence and analysis of the Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans*. *Nature*, *461*(September), 393–398. <https://doi.org/10.1038/nature08358>
- Hartmann, A., Rothballer, M., & Schmid, M. (2008). Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. *Plant and Soil*, *312*(1–2), 7–14.
<https://doi.org/10.1007/s11104-007-9514-z>
- Haverkort, A. J., Struik, P. C., Visser, R. G. F., & Jacobsen, E. (2009). Applied biotechnology to combat late blight in potato caused by *phytophthora infestans*. *Potato*

Research, 52(3), 249–264. <https://doi.org/10.1007/s11540-009-9136-3>

Hayes, B. M. E., Anderson, M. A., Traven, A., Van Der Weerden, N. L., & Bleackley, M. R. (2014). Activation of stress signalling pathways enhances tolerance of fungi to chemical fungicides and antifungal proteins. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 71(14), 2651–2666. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1573-8>

Heber, G., & Quiñones, J. (2016). Determinación de árboles de *Bertholletia escelsa* “Castaña”, candidatos a semilleros en una concesión castañera, distrito de Las Piedras, región Madre de Dios. *Repositorio Digital Del Ministerio Del Ambiente*. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/514>

Hemkemeyer, M., Schwalb, S. A., Heinze, S., Joergensen, R. G., & Wichern, F. (2021). Functions of elements in soil microorganisms. *Microbiological Research*, 252(July), 126832. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126832>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hobbelen, P. H. F., Paveley, N. D., & Van Den Bosch, F. (2014). The emergence of resistance to fungicides. *PLoS ONE*, 9(3), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091910>

Huang, Z., Wang, P., Pu, Z., Lu, L., Chen, G., Hu, X., Fayyaz, A., & Gai, Y. (2021). Effects of mancozeb on citrus rhizosphere bacterial community. *Microbial Pathogenesis*, 154(January), 104845. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104845>

Hünninghaus, M., Koller, R., Kramer, S., Marhan, S., Kandeler, E., & Bonkowski, M. (2017). Changes in bacterial community composition and soil respiration indicate rapid successions of protist grazers during mineralization of maize crop residues.

Pedobiologia, 62, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.03.002>

Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M., & Khalid, A. (2009). Impact of pesticides on soil microbial diversity , enzymes , and biochemical reactions. *Advances in Agronomy*, 102(09). [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01005-0)

Ifenkwe, O. P., & Allen, E. J. (1978). Effects of row width and planting density on growth and yield of two maincrop potato varieties: 2. Number of tubers, total and graded yields and their relationships with above-ground stem densities. *The Journal of Agricultural Science*, 91(2), 279–289. <https://doi.org/10.1017/S0021859600046360>

Ingram, C. W., Coyne, M. S., & Williams, D. W. (2005). Effects of commercial diazinon and imidacloprid on microbial urease activity in soil and sod. *Journal of Environmental Quality*, 1580, 1573–1580. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.0433>

Iqbal, A., Maqsood Ur Rehman, M., Usman, M., Sajjad, W., Niu, J., Degen, A. A., Rafiq, M., & Shang, Z. (2023). Unraveling the relationship between plant species and physicochemical properties on rhizosphere and rhizoplane fungal communities in alpine wet meadows. *Environmental Sciences Europe*, 35(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00823-3>

Islam, M. H., Islam, S., Masud, M. M., Mita, M. M., Islam, M. S., & Islam, M. R. (2022). Identification of potential chemical fungicides with diverse groups of active ingredient for controlling late blight of potato in Bangladesh. *Asian-Australasian Journal of Bioscience and Biotechnology*, 7(1), 23–35. <https://doi.org/10.3329/aaajbb.v7i1.59386>

Itelima, J., Ogboona, & Cletus. (2018). *Toxicological effect of some commonly used pesticides (herbicides , insecticides and Fungicides) on Soil Fungi*. 6(August), 212–219.

- Iwama, K. (2008). Physiology of the potato: New insights into root system and repercussions for crop management. *Potato Research*, 51(3–4), 333–353.
<https://doi.org/10.1007/s11540-008-9120-3>
- Jagtap. (2012a). Effect of agrochemicals on microflora in soybean rhizospheric soil. *Scientific Journal of Microbiology*, 1(April), 55–62.
<http://sjournals.com/index.php/SJMi/article/view/82>
- Jagtap, G. P. (2012b). Effect of agrochemicals on microflora in soybean rhizospheric soil
Citrus Biosecurity View project Effect of agrochemicals on microflora in soybean
rhizospheric soil. In *Scientific Journal of Microbiology* (Vol. 1, Issue 2).
www.Sjournals.com
- Jeuland, M. (2015). Cost-benefit analysis and costeffectiveness analysis. *Routledge Handbook of Water and Health*, 626–634. <https://doi.org/10.4324/9781315693606-76>
- Johri, B. N., Sharma, A., & Viridi, J. S. (2003). Rhizobacterial diversity in India and its influence on soil and plant health. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 84, 49–89. https://doi.org/10.1007/3-540-36488-9_2
- Kalia, A., & Gosal, S. K. (2011). Effect of pesticide application on soil microorganisms. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(6), 569–596.
<https://doi.org/10.1080/03650341003787582>
- Kar, G., Hilger, D., Schoenau, J. J., & Peak, D. (2017). Effects of plant growth and time on phosphorus speciation in a manure-amended Prairie soil under controlled conditions. *Rhizosphere*, 4, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.05.004>
- Karpukhin, & Keita. (2021). Features of potato tuber formation depending on the feeding area and the application of fungicides in the conditions of the Middle Urals. *Earth and*

Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/699/1/012052>

- Kassaw, A., Abera, M., & Belete, E. (2021). The response of potato late blight to potato varieties and fungicide spraying frequencies at meket, ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1870309>
- Kaviya, N., Upadhayay, V. K., Singh, J., Khan, A., Panwar, M., & Singh, A. V. (2019). Role of Microorganisms in Soil Genesis and Functions. *Mycorrhizosphere and Pedogenesis*, 25–52. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_2
- Khadka, R. B., Chaulagain, B., Subedi, S., Marasini, M., Rawal, R., Pathak, N., Gautam, I. P., Chapagain, T. R., Khatri, B. B., & Sharma-Poudyal, D. (2020). Evaluation of fungicides to control potato late blight (*Phytophthora infestans*) in the plains of Nepal. *Journal of Phytopathology*, 168(5), 245–253. <https://doi.org/10.1111/jph.12886>
- Khudhur, N. S., & Sarmamy, A. O. I. (2018). A study on microbial population under the effect of some pesticides in different soil orders and moisture contents. *Journal of Raparin University*, 5(14), 75–98.
- Kilonzi, J. M., Nyongesa, M. W., Amata, R. L., Pwaipwai, P., Githui, D., Omondi, S., Lusike, W., Kirugua, V., & Mafurah, J. J. (2024). Combined effects of fungicides formulations and potato varieties on late blight management, yield and net farm income in Kenya. *European Journal of Plant Pathology*, 169(3), 625–642. <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02862-9>
- Kim, Y., Lee, B., & Lee, B. (2019). Differential mechanisms of potato yield loss induced by high day and night temperatures during tuber initiation and bulking : Photosynthesis and Tuber Growth. *Frontiers in Plant Science*, 10(March), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00300>

- Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 10(July), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00845>
- Kumar, P., Singh, H. S., Lal, A. A., & Zacharia, S. (2018). Management of late blight of potato (*Solanum tuberosum* L.) through chemical under field conditions Allahabad Uttar Pradesh, India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 2497–2499.
- Kumar, Praveen, Sharma, T., Mulla, S. I., Kamyab, H., Pant, D., & Sharma, S. (2019). Let's Protect Our Earth: Environmental challenges and implications. *microbes and enzymes in soil health and bioremediation*, 1–10. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9117-0_1
- Kumar Yadav, V., Mani Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, A., Kumar, V., Mani, A., & Arghya Mani, C. (2018). Evaluation of fungicides, bio-control agents and plant extracts against early blight of potato caused by *Alternaria solani* Evaluation of fungicides, biocontrol agents and plant extracts against early blight of potato caused by *Alternaria solani*. *International Journal of Chemical Studies*, 6(1), 1227–1230.
<https://www.researchgate.net/publication/322909825>
- Kuthubutheen, A., & Pugh, G. (1979). The effects of fungicides fungal populations. *Soil Biology and Biochemistry*, 1, 297-303. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717\(79\)90075-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717(79)90075-0)
- Labanya, R., Kumar, N., & Bhatt, M. K. (2018). Effect of fungicides and bioagents on rhizosphere microbial population, microbial biomass carbon and dehydrogenase activity in soybean (*Glycine max* L. Merrill) soil. *Int. J. Fauna and Biological Stud*, 5(2), 102–107.
- Lal, M., Sharma, S., Yadav, S., & Kumar, S. (2018). Management of late blight of potato. *Potato - From Incas to All Over the World*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72472>

- Lee, Y., Sang, W., Baek, J., Kim, J., & Shin, P. (2020). *The effect of concurrent elevation in CO₂ and temperature on the growth, photosynthesis, and yield of potato crops*. 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241081>
- Lettice. (2019). The rhizosphere: Measuring the zone of interaction. *Annual Plant Reviews Online*, 2(1), 219–236. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0683>
- Liao, J., Luo, L., Zhang, L., Wang, L., Shi, X., Yang, H., Tan, S., & Tan, L. (2022). Comparison of the effects of three fungicides on clubroot disease of tumorous stem mustard and soil bacterial community. *Journal of Soils and Sediments*, 256–271. <https://doi.org/10.1007/s11368-021-03073-z>
- Littlefield-wyer, J. G., Brooks, P., & Katouli, M. (2008). Application of biochemical fingerprinting and fatty acid methyl ester profiling to assess the effect of the pesticide Atradox on aquatic microbial communities. *Environmental Pollution*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.08.016>
- Lloyd, A. W., Percival, D., & Yurgel, S. N. (2021). Effect of fungicide application on lowbush blueberries soil microbiome. *Microorganisms*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms9071366>
- Lopes, E. C., Jadoski, S. O., Saito, L. R., & Ramos, M. S. de. (2013). Plant morphological characteristics and yield of potato cv. Ágata in function to fungicides application. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada Nas Ciências Agrárias*, 6(1), 37–46. <https://doi.org/10.5935/paet.v6.n1.04>
- Lutfulin, M., Zaripova, D., Moiseeva, O., & Vologin, S. (2020). Characterization of bacterial communities of rhizosphere and rhizoplane of Early Zhukovsky potato. *In E3S Web of Conferences*, 2050, 0–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202050>

- Machida-Hirano, R. (2015). Diversity of potato genetic resources. *Breeding Science*, 65(1), 26–40. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.65.26>
- Mahi, L., Saurabh, Y., & B.P, S. (2017). Efficacy of new fungicides against late blight of potato in subtropical plains of India. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 599–603. <https://doi.org/https://doi.org/10.22207/JPAM.11.1.78>
- Mandal, A., Sarkar, B., Mandal, S., Vithanage, M., Patra, A. K., & Manna, M. C. (2020). Impact of agrochemicals on soil health. In *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation: Pesticides and Chemical Fertilizers*. LTD. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>
- Mardanova, A., Lutfullin, M., Hadieva, G., Akosah, Y., Pudova, D., Kabanov, D., Shagimardanova, E., Vankov, P., Vologin, S., Gogoleva, N., & Stasevski, Z. (2019). Structure and variation of root - associated microbiomes of potato grown in alfisol. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 3, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2761-3>
- Marschner, P. (2011). Rhizosphere Biology. In *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00015-7>
- Martinez-Toledo, Salmerón, & Gonzalez-López. (1992). Effect of an organophosphorus, insecticide, profenofos, on agricultural soil microflora. *Japanese Society of Biofeedback Research*, 19(I), 709–715. https://doi.org/10.20595/jjbf.19.0_3
- Menzel, C. M. (1985). Tuberization in potato at high temperatures: Interaction between temperature and irradiance. *Annals of Botany, Table 1*, 35–39.
- Mhatre, P. H., Lekshmanan, D. K., Palanisamy, V. E., Bairwa, A., & Sharma, S. (2021).

- Management of the late blight (*Phytophthora infestans*) disease of potato in the southern hills of India. *Journal of Phytopathology*, 169(1), 52–61.
<https://doi.org/10.1111/jph.12958>
- Mills, A. A. S., Platt, H. W., & Hurta, R. A. R. (2004). Effect of salt compounds on mycelial growth, sporulation and spore germination of various potato pathogens. *Postharvest Biology and Technology*, 34(3), 341–350.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.05.022>
- Monjil, M., & Ulfat, T. (2020). Severity of potato late blight under different weather conditions in Mymensingh region of Bangladesh. *Progressive Agriculture*, 31(2), 74–80.
<https://doi.org/10.3329/pa.v31i2.50711>
- Monkiedje, A., Ilori, M. O., & Spiteller, M. (2002). Soil quality changes resulting from the application of the fungicides mefenoxam and metalaxyl to a sandy loam soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(12), 1939–1948. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00211-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00211-0)
- Muchiri, F. N., Narla, R. D., Olanya, O. M., Nyankanga, R. O., & Ariga, E. S. (2009). Efficacy of fungicide mixtures for the management of *Phytophthora infestans* (US-1) on potato. *Phytoprotection*, 90(1), 19–29. <https://doi.org/10.7202/038983ar>
- Muhinyuza, J. B., Nyiransengiyumva, S., Nshimiyimana, J. C., & Kirk, W. W. (2008). The effect of the application frequency and dose of Mancozeb on the management of potato late blight in Rwanda. *Journal of Applied Biosciences*, 3, 76–81.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2017). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 68(1), 12–26. https://doi.org/10.1111/EJSS.4_12398

- Nejad, A. R., & Meeteren, U. Van. (2005). Stomatal response characteristics of *Tradescantia virginiana* grown at high relative air humidity. *Physiologia Plantarum*, 324–332.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00567.x>
- Olszyk, D., Pflieger, T., Lee, E. H., & Plocher, M. (2010). Potato (*solanum tuberosum*) greenhouse tuber production as an assay for asexual reproduction effects from herbicides. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(1), 111–121.
<https://doi.org/10.1002/etc.12>
- Osta, P., Parrado, J., Tejada, M., & Go, I. (2011). Ecotoxicology and environmental safety effects of prochloraz fungicide on soil enzymatic activities and bacterial communities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 1708–1714.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.04.016>
- Pandey, S. N., Abid, M., & Abid Ali Khan, M. M. (2018). *Diversity, Functions, and Stress Responses of Soil Microorganisms*. 1–19. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5514-0_1
- Pasmita, N., Ram, K. S., & Jiban, S. (2018). Efficacy of fungicides against late blight of potato. *Agricultura*, 51(3), 129.
- Pastukhov, V., Mogilnay, O., Bakum, M., Grabar, I., Melnyk, O., & Kyrychenko, R. (2021). Potato growth in moisture deficit conditions. *Ukrainian Journal of Ecology*, 184–190.
<https://doi.org/10.15421/2021>
- Peerzada, S., Viswanath, H., & Bhat, K. (2020). Impact of seed dressing and systemic fungicidal sprays in controlling the magnitude and spread of the late blight (*Phytophthora infestans*) disease in addition to augmenting the yield of superior grade potato tubers. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 2747–2756.
<https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2ap.9167>

- Pennock, D., & Yates, T. (2008). Soil chemical analysis. In *Soil Science Society of America Journal* (Vol. 22, Issue 3). <https://doi.org/10.2136/sssaj1958.03615995002200030025x>
- Pfenning, L. H., & Abreu, M. De. (2011). Hongos del suelo saprófitos y patógenos de plantas. *Manual de Biología de Suelos Tropicales*, 243–280.
- Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., & Van Der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 11(11), 789–799. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3109>
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2011). Small amounts of pesticides reaching target insects. *Environment, Development and Sustainability 2011 14:1*, 14(1), 1–2. <https://doi.org/10.1007/S10668-011-9325-5>
- Platt, H. W. (1985). Controlling potato late blight with systemic- protectant fungicide combinations of metalaxyl and mancozeb. *American Potato Journal*, 21(4), 162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02854396>
- Pozo, C., Rodelas, B., & Salmeron, V. (1994). Effects of fungicides maneb and mancozeb on soil microbial populations. *Toxicological & Environmental Chemistry, January 2015*, 37–41. <https://doi.org/10.1080/02772249409358024>
- Prasetyo, H. D., Santoso, I., Rahmani, N., Apriliana, P., Zainuddin, D. U., & Dachlan, A. (2019). Effect of pesticides on soil microorganisms. In *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1294/7/072007>
- Pratibha, P., & Shachi, S. (2016). Impact of fertilizers and pesticides on soil microfl ora in agriculture impact of fertilizers and pesticides on soil microfl ora in agriculture. *Sustainable Agriculture Reviews, April*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26777-7>
- R Development Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical

- computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. In *R Foundation for Statistical Computing* (Vol. 2).
- Rahman, M. M., Dey, T. K., Ali, M. A., Khalequzzaman, K. M., Hussain, M. A., Officer, S. S., Officer, P. S., Officer, S. S., Officer, P. S., & Agricultural, R. (2008). *Control of late blight disease of potato by using new fungicides*. 3(February), 10–15.
- Ramírez, N., Serrano R., J. A., & Sandoval T., H. (2006). Actinomicetos halófilos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37, 56–71.
<https://www.redalyc.org/pdf/579/57937307.pdf>
- Ratna Kumar, P. K., Shiny Niharika, P., & Hermanth, G. (2017). Impact of fungicides on the growth and distribution of soil mycoflora in agriculture fields at narasannapeta. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(1), 2337–2347.
<https://doi.org/10.21275/art20164650>
- Reinhold-Hurek, B., Büniger, W., Burbano, C. S., Sabale, M., & Hurek, T. (2015). Roots shaping their microbiome: global hotspots for microbial activity. *Annual Review of Phytopathology*, 53, 403–424. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102342>
- Ren, X., Kuo, Y., & Blumberg, B. (2020). Agrochemicals and obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 110926. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.110926>
- Ristaino, J. B. (2002). Tracking historic migrations of the Irish potato famine pathogen , *Phytophthora infestans*. *Microbes and Infection*, 4, 1369–1377.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)00010-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1286-4579(02)00010-2)
- Ritchie, F., Bain, R. A., Lees, A. K., Boor, T. R. W., & Paveley, N. D. (2018). Integrated control of potato late blight : predicting the combined efficacy of host resistance and fungicides. *Plant Pathology*, June, 1784–1791. <https://doi.org/10.1111/ppa.12887>

- Roman, D. L., Voiculescu, D. I., Filip, M., & Ostafe, V. (2021). Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil : A Review. *Agriculture*, 1–18.
- Rosabal Ayan, L., Macías Coutiño, P., Maza González, M., López Vázquez, R., & Guevara Hernández, F. (2021). Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia UCEVA*, 1(1), 104–119. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a14>
- Rouabhi, R. (2010). Introduction and Toxicology of Fungicides. *Fungicides*, May. <https://doi.org/10.5772/12967>
- Rykaczewska, K. (2013). The impact of high temperature during growing season on potato cultivars with different response to environmental stresses. *American Journal of Plant Sciences*, 2013(December), 2386–2393. <https://doi.org/DOI:10.4236/ajps.2013.412295>
- Sabatier, P., Poulénard, J., Fangeta, B., Reyss, J. L., Develle, A. L., Wilhelm, B., Ployon, E., Pignol, C., Naffrechoux, E., Dorioz, J. M., Montuelle, B., & Arnaud, F. (2014). Long-term relationships among pesticide applications, mobility, and soil erosion in a vineyard watershed. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(44), 15647–15652. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1411512111/-/DCSUPPLEMENTAL>
- Saha, S., Ashtekar, N. D., Rai, A. B., & Sharma, B. K. (2017). Performance appraisal of zoxamide in combination with cymoxanil and mancozeb in combating the blight diseases of tomato. *Applied Biological Research*, 40(17), 209–214. <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2017.00029.5>
- Santric, L., Radivojevic, L., Gajic-Umiljendic, J., Saric-Krsmanovic, M., & Djurovic-Pejcev, R. (2016). Effects of herbicides on growth and number of actinomycetes in soil and in

- vitro. *Pesticidi i Fitomedicina*, 31(3–4), 121–128. <https://doi.org/10.2298/pif1604121s>
- Sari, A. L., Hasanuddin, & Lubis, L. (2021). The effectiveness of contact fungicides mancozeb in controlling potato leaf blight disease (*Phytophthora infestans* (Mont) de Barry) in Karo District in the wet month and in the laboratory. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 782(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/4/042022>
- Shailbala and Pundhir. (1985). Integration of host resistance and fungicide use. *EPPO Bulletin*, 15(4), 563–570. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1985.tb00269.x>
- Shamiyeh, N. B., & Johnson, L. F. (1973). Effect of heptachlor on numbers of bacteria, actinomycetes and fungi in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 5(3), 309–314. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(73\)90078-3](https://doi.org/10.1016/0038-0717(73)90078-3)
- Sharma, P., & Saikia, M. (2013). Management of late blight of potato through fungicide scheduling. *Potato Journal*, 48(1), 48–51.
- Sharma, R. K., Patel, J. K., Patel, D. R., & Patel, R. N. (2020). Management of Early Blight of Potato (*Solanum tuberosum* L.) caused by *Alternaria solani* [(Ellis & Martin) Jones & Grout] through fungicides and its impact on yield. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(3), 1683–1693. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2020.903.196>
- Sharma, S. (2016). Management of late blight disease in kharif potato at Karnataka. *Potato Journal*, 43, 173–181.
- Shengjing, S., Nuccio, E. E., J., Z., Shi, He, Z., Jizhong Zhou 2, 4, 5, & Firestone, 9 and Mary K. (2016). The interconnected rhizosphere: High network complexity dominates rhizosphere. *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.12630>

- Shukla, A., Tiwari, B., & Mishra, R. (1987). Effect of benomyl, copper oxychloride and mancozeb on rhizosphere microflora of potato. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 273–278.
- Siddique, N., Aktar, M., & Swapon, N. (2016). Comparative Efficacy of Different Fungicides against Late Blight Diseases of Potato incited by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and its Management. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 7(7).
<https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000364>
- Sigler, W. V., & Turco, R. F. (2002). The impact of chlorothalonil application on soil bacterial and fungal populations as assessed by denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied Soil Ecology*, 21, 107–118. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00088-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00088-4)
- Singh, P., & Dhumal, G. (2019). Effect of pollution on physical and chemical properties of soil. In *Handbook of Research on Microbial Remediation and Microbial Biotechnology for Sustainable Soil*, 75–97. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9117-0_4
- Sparks, T. C., & Sparks, T. C. (2013). Insecticide discovery: an evaluation and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, May.
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.05.012>
- Srinivasulu, M., & Ortiz, D. R. (2017). Effect of pesticides on bacterial and fungal populations in Ecuadorian tomato cultivated soils. *Environmental Processes*.
<https://doi.org/10.1007/s40710-017-0212-4>
- Steiner, M., Falquet, L., Fragnière, L., Brown, A., & Bacher, S. (2024). Effects of pesticides on soil bacterial , fungal and protist communities , soil functions and grape quality in vineyards. *Ecological Solutions and Evidence*, February, 1–12.
<https://doi.org/10.1002/2688-8319.12327>

- Struik, P., & Ewing, E. E. (1995). Crop physiology of potato (*Solanum tuberosum*): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. In *Potato Ecology And Modelling of Crops under Conditions Limiting Growth: Proceedings of the Second International Potato Modeling Conference, Held in Wageningen*, 19–20.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-011-0051-9_2
- Subhani, A., El-ghamry, Changyong, & Jianming. (2000). Effects of pesticides (herbicides) on soil microbial biomass—a review. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 705–709.
- Sułowicz, S., & Piotrowska-Seget, Z. (2016). Response of microbial communities from an apple orchard and grassland soils to the first-time application of the fungicide tetraconazole. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 193–201.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.10.025>
- Tadesse, Y., & Kesho, A. (2023). Yield Loss assessment of potato late blight disease in central highland parts of Ethiopia. *American Journal of Plant Biology*, May.
<https://doi.org/10.11648/j.ajpb.20230803.14>
- Taylor, P., Nyankanga, R. O., Wien, H. C., Olanya, O. M., & Ojiambo, P. S. (2004). I Farmer’s cultural practices and management of potato late blight in Kenya Highlands : implications for development of integrated disease management. *International Journal of Pest Management*, November 2013, 37–41.
<https://doi.org/10.1080/09670870410001691812>
- Taylor, P., Yen, J., Chang, J., Huang, P., Wang, Y., Yen, J., Chang, J., Huang, P., & Wang, Y. (2009). Effects of fungicides triadimefon and propiconazole on soil bacterial communities. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, October 2014, 37–41. <https://doi.org/10.1080/03601230903163715>
- Tesfaye, G., Derbew, B., & Solomon, T. (2012). Yield and growth parameters of potato

(*Solanum tuberosum* L.) as influenced by intra row spacing and time of earthing Up: In Boneya Degem District, Central Highlands of Ethiopia.

<https://doi.org/10.3923/ijar.2012.255.265>

Timlin, D., Rahman, S. M. L., Baker, J., Reddy, V. R., Fleisher, D., & Quebedeaux, B.

(2006). Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in Potato as a Function of Temperature. *Agronomy Journal*, 1195–1203.

<https://doi.org/10.2134/agronj2005.0260>

Timothy, D., & Yahaya, M. (2020). Impact of a split-gable greenhouse microclimate on the yield of irish potato (*Solanum tuberosum* l.) under tropical conditions. *Journal of Agricultural Engineering and Technology*, 25(1), 70–85.

Tkach, Y., Bunas, A., Starodub, V., Pylypchuk, T., & Gumeniuk, I. (2021). The effect of chemicals of plant protection products on soil microbiocenoses. *Scientific Horizons*, 24(9), 26–35. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(9\).2021.26-35](https://doi.org/10.48077/scihor.24(9).2021.26-35)

Trehan, S. P., Sharma, K. K., & Grewal, J. S. (1995). Effect of soil and foliar application of micronutrients and fungicides on late blight (*Phytophthora infestans*) and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.*, 65(11), 836–841.

Van Dam, J., Kooman, P., & Struiki, P. (1996). Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Research*, 39, 51–62.

Van der Wal, A., Geydan, T. D., Kuyper, T. W., & De Boer, W. (2013). A thready affair: Linking Fungal diversity and community dynamics to terrestrial decomposition processes. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(4), 477–494. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12001>

- Volkogon, V. V., Dimova, S. B., Volkogon, K. I., Sidorenko, V. P., & Volkogon, M. V. (2021). Biological nitrogen fixation and denitrification in rhizosphere of potato plants in response to the fertilization and inoculation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(May), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606379>
- Vuyyuru, M., Sandhu, H. S., McCray, J. M., & Raid, R. N. (2018). Effects of soil-applied fungicides on sugarcane root and shoot growth, rhizosphere microbial communities, and nutrient uptake. *Agronomy*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy8100223>
- Walia, A., Mehta, P., Guleria, S., Chauhan, A., & Shirkot, C. K. (2014). Impact of fungicide mancozeb at different application rates on soil microbial populations, soil biological processes, and enzyme activities in soil. *Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/702909>
- Wang, F., Zhou, T., Zhu, L., Du, Z., & Li, B. (2019). Effects of successive metalaxyl application on soil microorganisms and the residue dynamics. *Ecological Indicators*, 103(March), 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.018>
- Wang, X., Song, M., Wang, Y., Gao, C., Zhang, Q., Chu, X., Fang, H., & Yu, Y. (2012). Ecotoxicology and environmental safety response of soil bacterial community to repeated applications of carbendazim. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 75, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.08.014>
- Wani, F. S., Ahmad, L., Ali, T., & Mushtaq, A. (2015). Role of microorganisms in nutrient mobilization and soil health - A review. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(2), 1401–1410.
- Weinert, N., Piceno, Y., Ding, G. C., Meincke, R., Heuer, H., Berg, G., Schloter, M., Andersen, G., & Smalla, K. (2011). PhyloChip hybridization uncovered an enormous bacterial diversity in the rhizosphere of different potato cultivars: Many common and

- few cultivar-dependent taxa. *FEMS Microbiology Ecology*, 75(3), 497–506.
<https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.01025.x>
- Wu, & Wang, K. (2021). Observed response of precipitation intensity to dew point temperature over the contiguous US. *Theoretical and Applied Climatology*, 144(3–4), 1349–1362. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03602-3>
- Wu, X. hu, Xu, J., Liu, Y. zhuo, Dong, F. shou, Liu, X. gang, Zhang, W. wen, & Zheng, Y. quan. (2015). Impact of fluxapyroxad on the microbial community structure and functional diversity in the silty-loam soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(1), 114–124. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60746-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60746-2)
- Xu, S. (2000). Environment fate of mancozeb. *Environmental Monitoring & Pest Management*, 1–10. <https://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/mancozeb.pdf>
- Yang, F., Wang, Y., Liu, Q., Xu, B., Chen, H., Li, Y., Wang, K., Liang, G., Zhang, R., Jiao, X., & Zhang, Y. (2022). High Prevalence and varied distribution of antibiotic-resistant bacteria in the rhizosphere and rhizoplane of citrus medica. *Microorganisms*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091708>
- You, C., Zhang, C., Kong, F., Feng, C., & Wang, J. (2016). Comparison of the effects of biocontrol agent *Bacillus subtilis* and fungicide metalaxyl – mancozeb on bacterial communities in tobacco rhizospheric soil. *Ecological Engineering*, 91, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.011>
- Zhang, P. (2020). Dissecting the combined effects of air temperature and relative humidity on water-use efficiency of barley under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1(December), 1–12. <https://doi.org/10.1111/jac.12475>
- Zhang, Y., Hao, X., Sun, H., Hua, D., & Qin, J. (2019). How *Populus euphratica* utilizes dew

in an extremely arid region. *Plant and Soil*, 443(1–2), 493–508.

<https://doi.org/10.1007/s11104-019-04244-1>

Zhang, Y., Xu, J., Riera, N., Jin, T., Li, J., & Wang, N. (2017). Huanglongbing impairs the rhizosphere-to-rhizoplane enrichment process of the citrus root-associated microbiome. *Microbiome*, 5(1), 97. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0304-4>

Zhang, Yang, X., Manevski, K., Li, S., Wei, Z., Andersen, M. N., & Liu, F. (2022). Physiological and growth responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to Air Temperature and Relative Humidity under Soil Water Deficits. *Plants*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/plants11091126>

Zhang, Z., Yang, J., Yang, Q., Tian, G., & Cui, Z.-K. (2021). Fabrication of Non-phospholipid liposomal nanocarrier for sustained-release of the fungicide cymoxanil. *Frontiers in Molecular Biosciences*. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.627817>


Zhou, X., Guo, Z., Chen, C., & Jia, Z. (2017). Soil microbial community structure and diversity are largely influenced by soil pH and nutrient quality in 78-year-old tree plantations. *Biogeosciences*, 14(8), 2101–2111. <https://doi.org/10.5194/bg-14-2101-2017>

Zubrod, J. P., Bundschuh, M., Arts, G., Brühl, C. A., Imfeld, G., Knäbel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J. J., Rohr, J., Scharmüller, A., Smalling, K., Stehle, S., Schulz, R., & Schäfer, R. B. (2019). Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science and Technology*, 53(7), 3347–3365. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392>


CAPITULO VII. ANEXOS

Figura 21

Análisis de caracterización de suelo, el Laboratorio de Investigación de Suelo y Agua (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas



LABIRAG



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS

Código:
CCFG - 008

Versión: 01

1. DATOS :
Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Departamento : CAJAMARCA
Provincia : CHOTA
Distrito : CHOTA

Casario : SIN
N. Pircolla : SIN
Cod. Muestra : 117
Fecha : 28/03/23

Página: 1 de 1

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	P ppm	K ppm	C %	M/D %	Análisis Mecánico		Clasificación textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	% de Cat. De Bases					
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ²⁺ Meq	Mg ²⁺ K			NH ₄ ⁺ Meq				
117	CHOTA	5.35	0.48	47.79	504.84	3.58	6.18	0.31	98.0	28.0	14.0	Fr.A.	9.80	2.85	1.40	1.30	0.21	0.29	6.24	5.95	62

A = Arena / A.F. = Arena Fina; F.A. = Franco Arenosa; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Linceo; L = Linceo; F.A.L. = Franco Anillo Arenoso; Fr.Ac. = Franco Anillo Arcilloso; F.L.A.L. = Franco Anillo Linceo; A.L. = Anillo Linceo; A.L. = Anillo Linceo; A. = Anillo

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra analizada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

M. JESUS ROSALBA BARRIOS
RESPONSABLE

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUA
LABISAG

Tulio Eider Chacabarro Vela
RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Rediti Conforme

Nombre: _____
CNI: _____
Fecha y Hora: _____

Firma de Conformidad

Calle Rigas Uno N° 142-144-256 - Calle Toribio Rodríguez N° 364 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
labisag@unata.edu.pe / labisag@rednetta.edu.pe

Figura 22

Proceso de preparación del suelo e instalación de la investigación, a) material vegetal (amarilis), b) estructura del ambiente, c) mezcla y tamización de suelo para el sembrado, d) distanciamiento entre tubérculos en el sembrado, e) distribución entre maceta; Proceso de pulverizaciones de los fungicidas mancozeb y cymoxanil + mancozeb, f) pesado de los fungicidas, g) colocación del fungicida en el atomizador, h) volumen de agua requerido, i) pulverización con Mancozeb, j) pulverización con cymoxanil + mancozeb



Figura 23

Medición de altura y diámetro de la planta de papa y monitoreo de condiciones ambientales, a) medición del diámetro con la utilización de un vernier, b) medición del diámetro con una cinta métrica, c) se utilizó datalogger para el registro de las condiciones ambientales

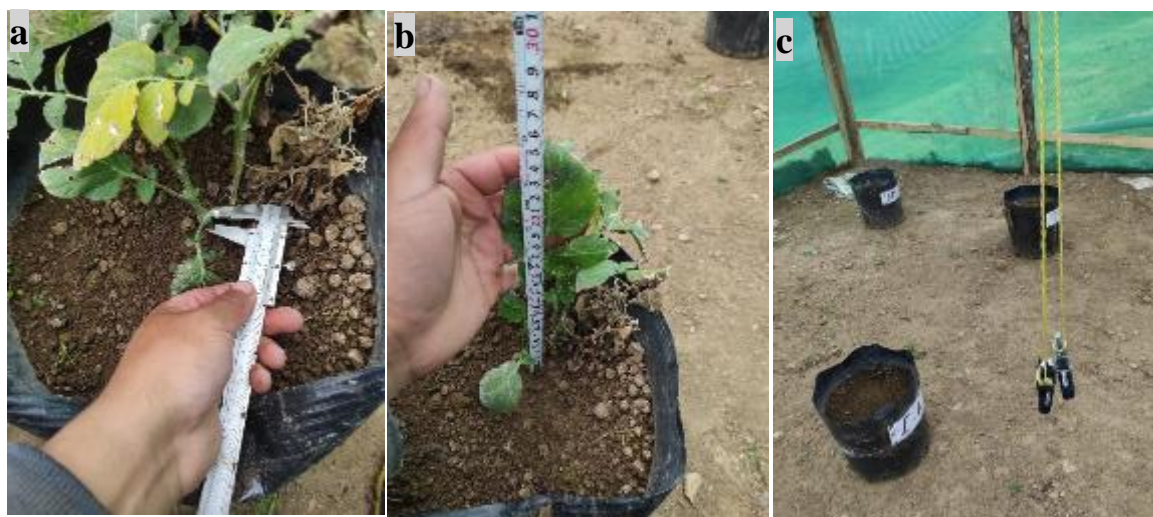


Figura 24

Muestreo y traslado al laboratorio, a) extracción de la planta con la utilización de un machete, b) envolvimiento de la parte foliar con papel higiénico, c) embolsado y codificación de las muestras de suelo y la parte foliar

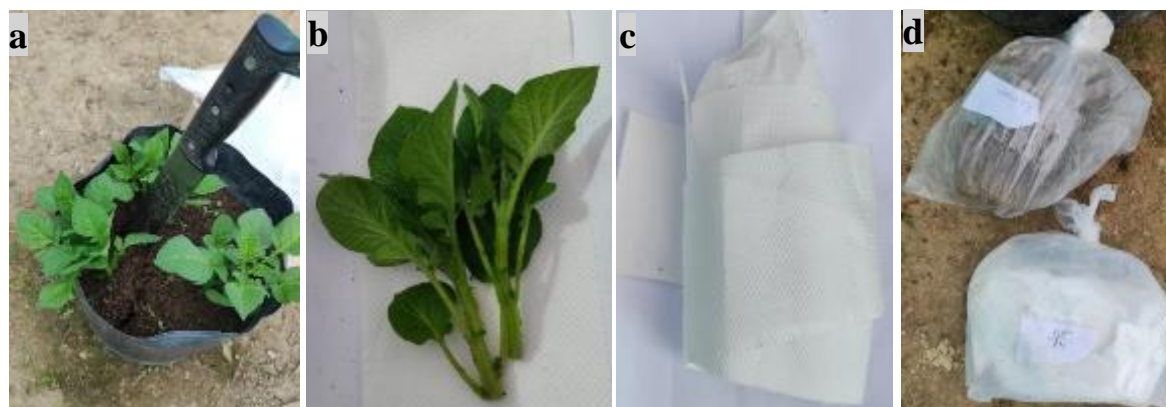


Figura 25

Preparación de la muestra de suelo y medio de cultivo, a) preparación de las muestras suelo rizósfera y rizoplano, b) pesado de las muestras de suelo, c) preparación de los medios para cada microorganismo, d) dilución de los medios con un agitador de vidrio y una plancha de calentamiento, e) medición del pH con un potenciómetro, f) esterilizados en una autoclave a 121 °C durante 15 minutos, g) colocación de los medios en el baño maría a 45 °C, h) agregado de antibiótico a los medios

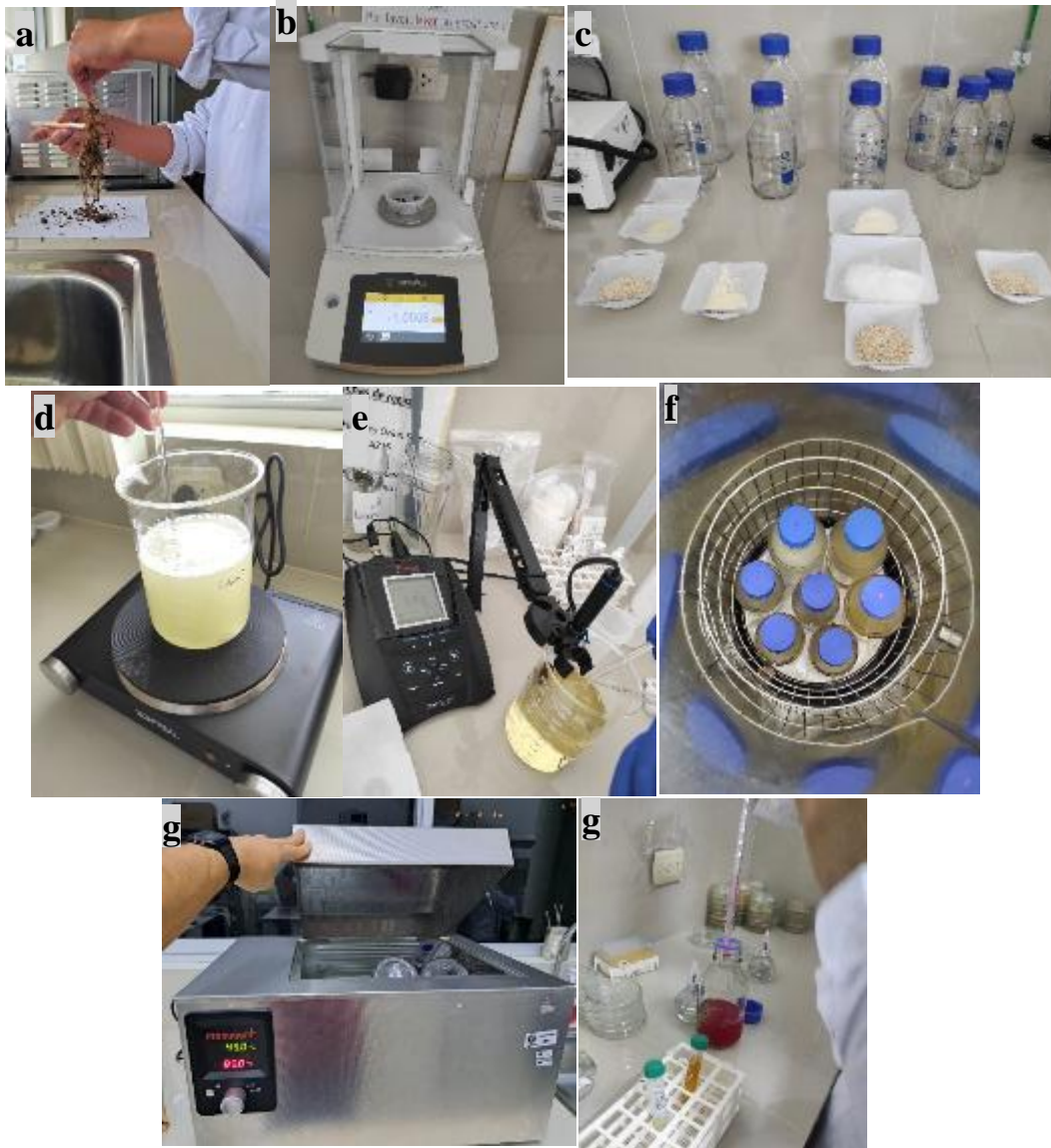


Figura 26

Procedimiento de la dilución y técnica de vertido en placa, a) dilución de la muestra de suelo, b) micropipeta de 1 ml y 0.1 ml, c) agregado de 1 ml del frasco 1 al frasco 2, d) transferencia del frasco de dilución a la placa Petri, e) colocación del medio de cultivo a las placas Petri, f) sellado de las placas Petri, g) incubación de las placas a 25 °C

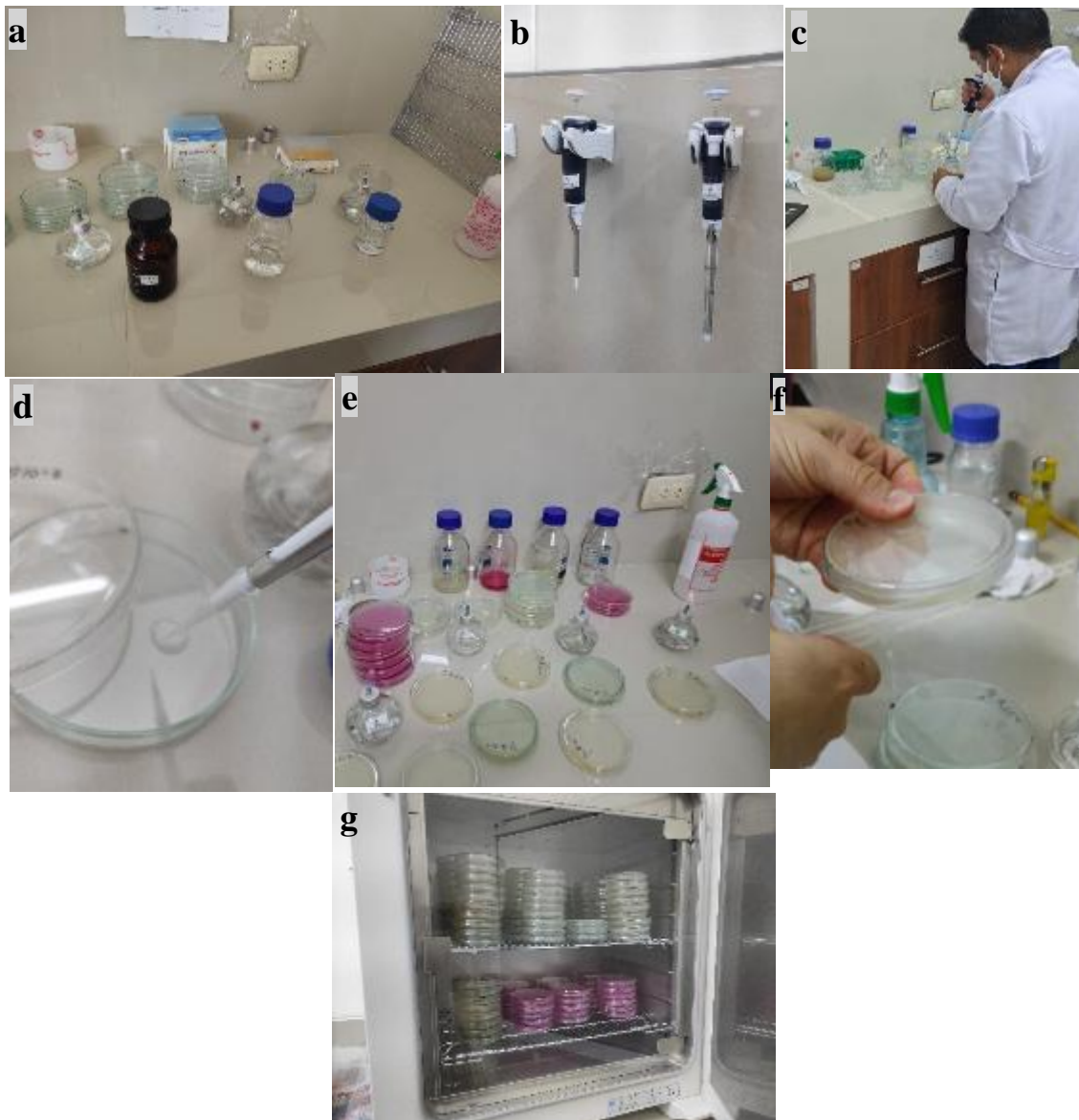


Figura 27

Procedimiento de enumeración de los microorganismos, a) conteo de colonias con puntos en las placas de Petri, b) con ayuda líneas separadas aproximadamente de 1.5 cm, creando múltiples divisiones para facilitar el conteo, c) un contador mecánico de colonias

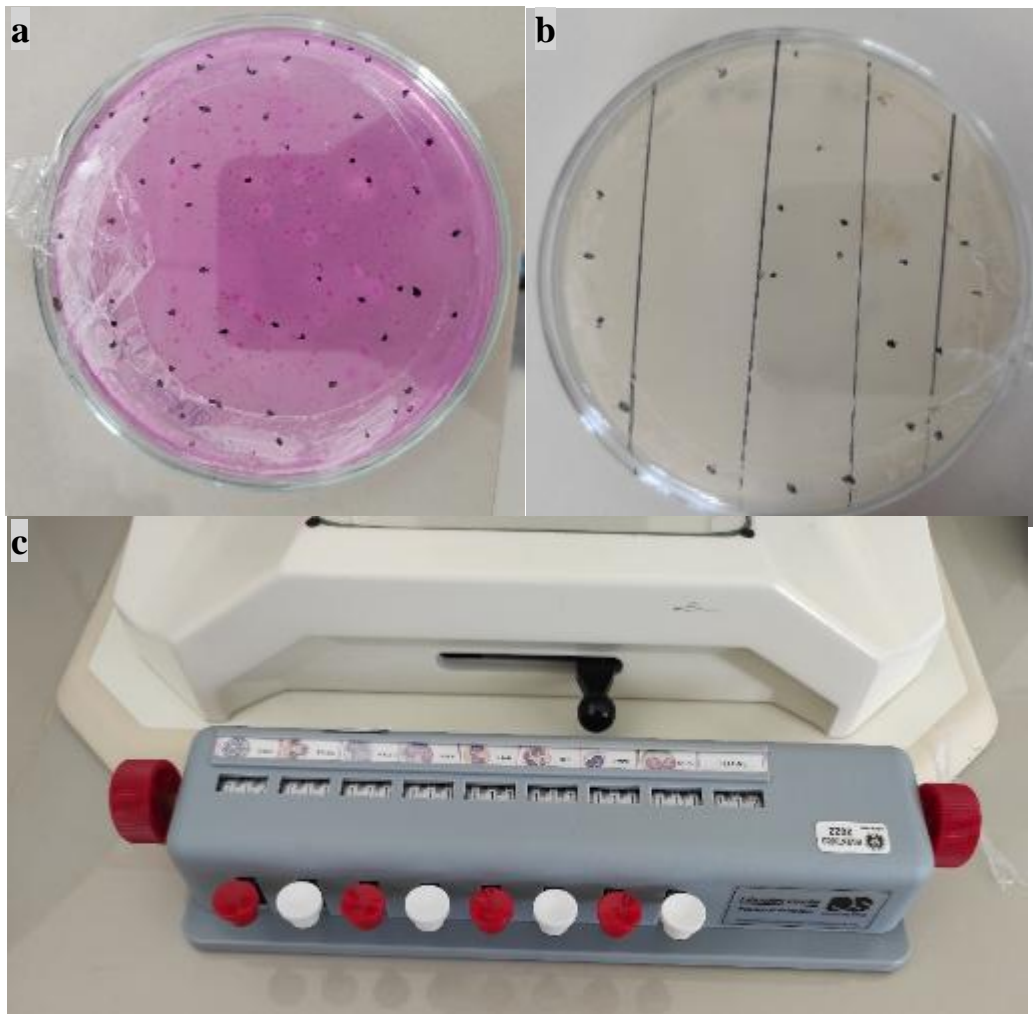


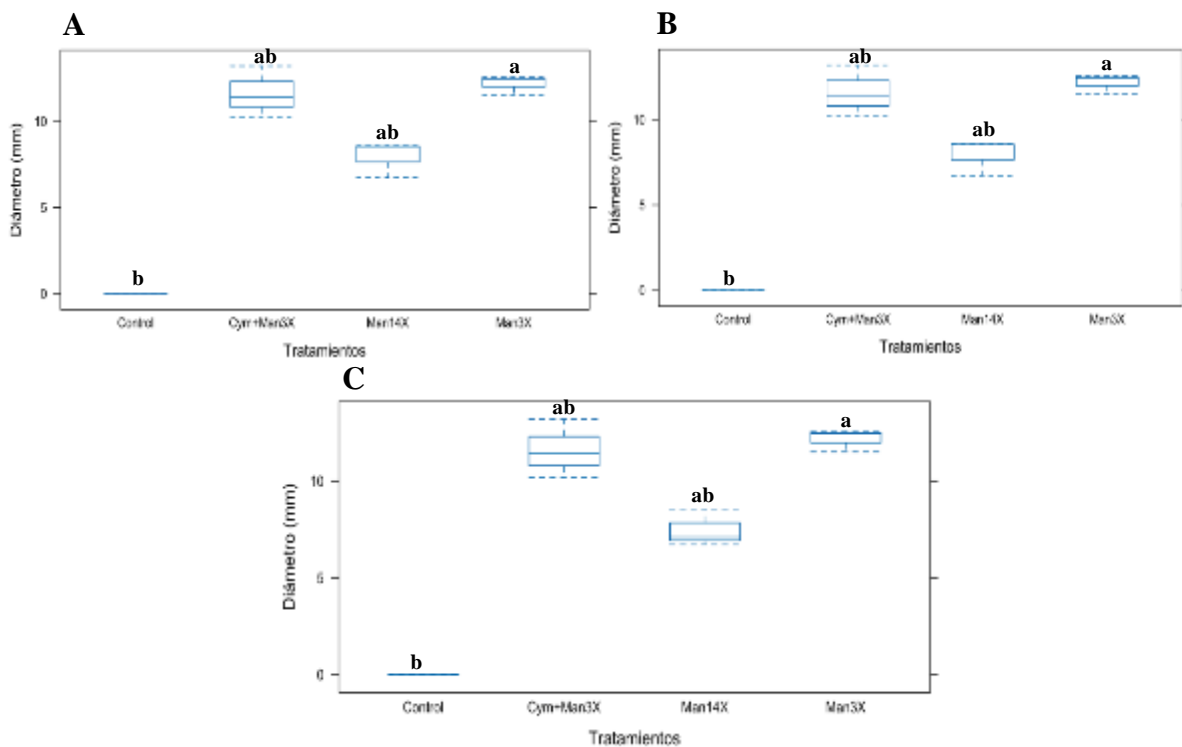
Figura 28

Producción en la cosecha, a) producción del tratamiento Control repetición 2, b) tratamiento Man3X repetición 2, c) tratamiento Man14X repetición 2, d) tratamiento Cym +Man3X repetición 3



Figura 29

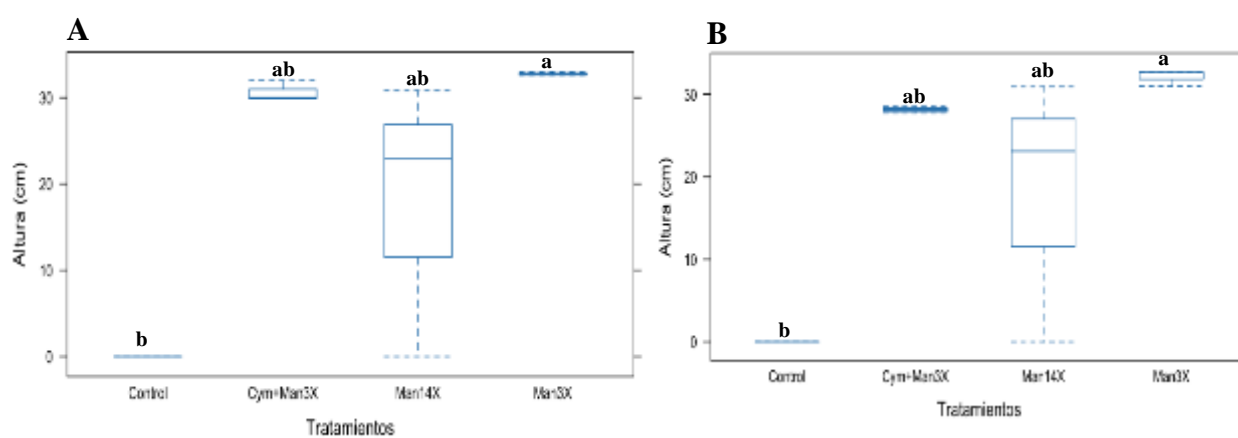
Diagrama de cajas del diámetro del tallo de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 10 (A), 11 (B) y 12 (C), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Man3x en comparación con el control.



Nota. Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas significativas a un 0.05 de probabilidad, de forma independiente para A, B y C.

Figura 30

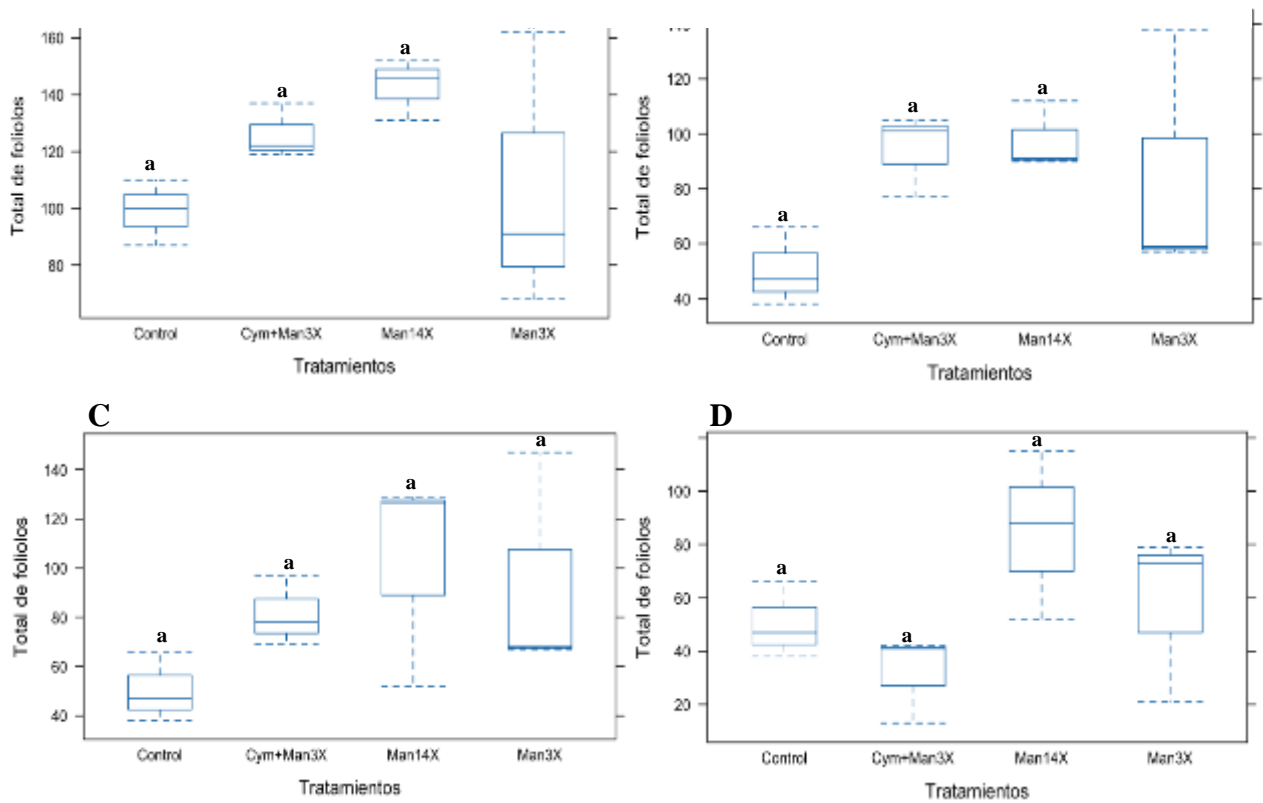
Diagrama de cajas de la altura del tallo de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 12 (A) y 13 (B), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Man3x en comparación con el control



Nota. Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas significativas a un 0.05 de probabilidad, de forma independiente para A y B.

Figura 31

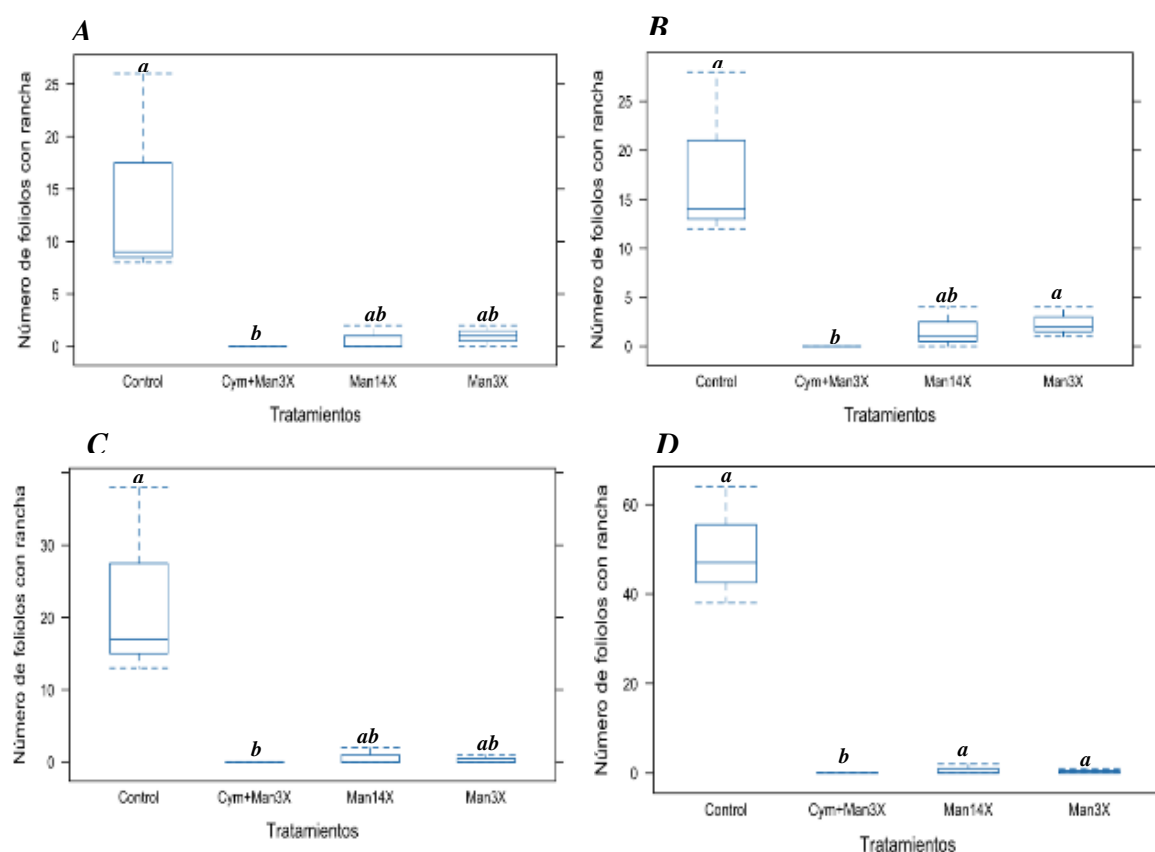
Diagrama de cajas del total de foliolos de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 1(A), 6 (B), 11 (C) y 16 (D), donde no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.



Nota. Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas significativas a un 0.05 de probabilidad, de forma independiente para A y B.

Figura 32

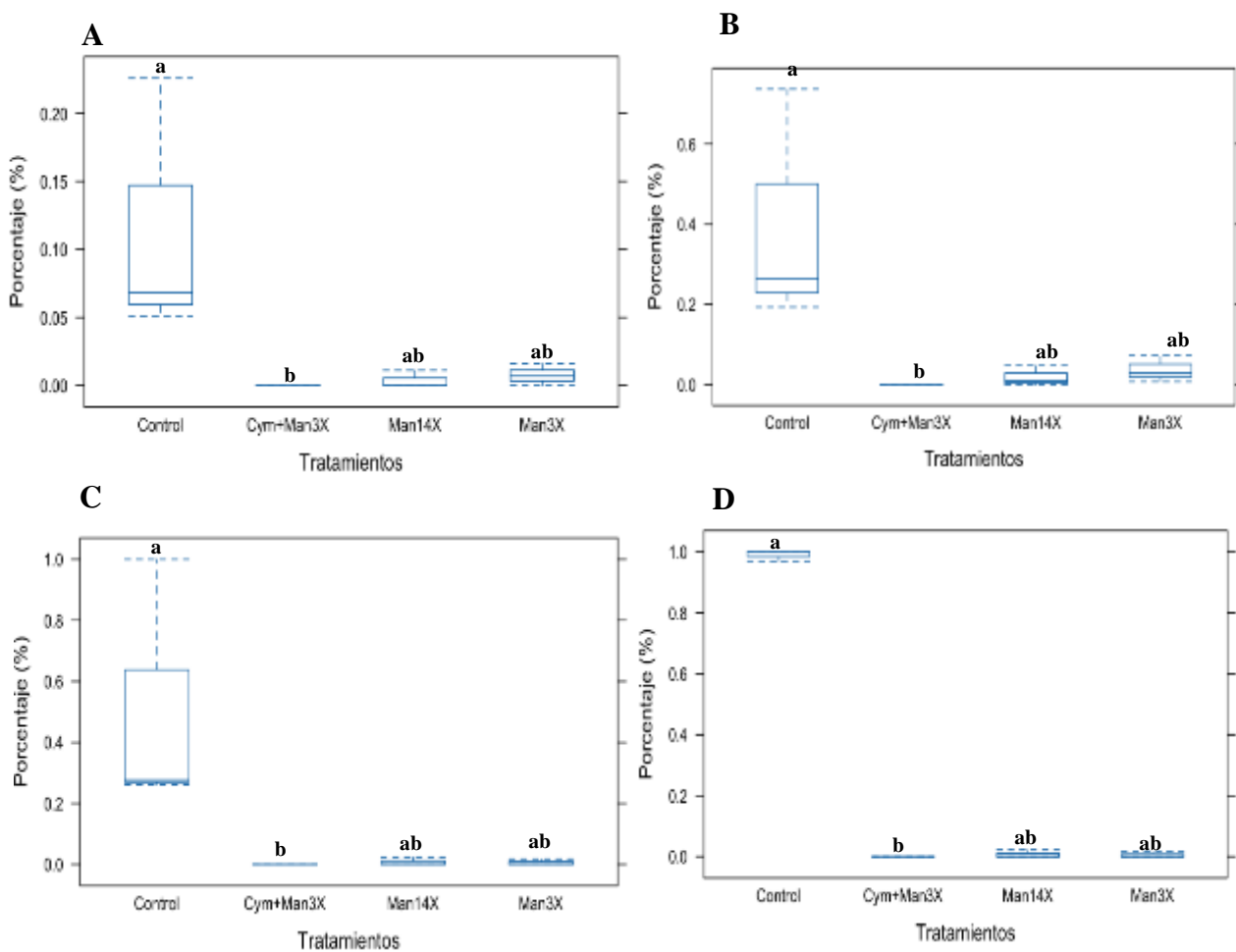
Diagrama de cajas de los foliolos con rancha de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 3 (A), 4 (B), 5 (C) y 6 (D), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Cym+Man3X en comparación con el control



Nota. Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas significativas a un 0.05 de probabilidad, de forma independiente para A, B, C y D.

Figura 33

Diagrama de cajas del porcentaje de la rancha de la papa, bajo diferentes tratamientos de los fungicidas: el control (sin fungicidas), Man3X (Mancozeb con tres aplicaciones), Man14X (Mancozeb con 14 aplicaciones) y el Cym+Man3X (Cymoxanil + mancozeb con tres aplicaciones) en las semanas 3 (A), 4 (B), 5 (C) y 6 (D), donde hubo diferencias significativas en el tratamiento Cym+Man3X en comparación con el control.



Nota. Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas significativas a un 0.05 de probabilidad, de forma independiente para A, B, C y D.