

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

EVALUACIÓN DE PRODUCTOS QUIMICOS BACTERICIDAS PARA CONTROLAR PECA
BACTERIANA (*Pseudomonas syringae pv tomate*) EN TOMATE.

POR:

ODANNI ISAI ROMERO SEVILLA



CATACAMAS, OLANCHO.

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2026

EVALUACIÓN DE PRODUCTOS QUIMICOS BACTERICIDAS PARA CONTROLAR
PECA BACTERIANA (*Pseudomonas syringae pv tomate*) EN TOMATE

POR:

ODANNI ISAI ROMERO SEVILLA

JOSE ANDRES PAZ M.sc
Asesor principal

PRACTICA PROFECIONAL SUPÈRVISADA

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO.

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de la Práctica Profesional Supervisada certificamos que:

El estudiante **ODANNI ISAI ROMERO SEVILLA** del IV Año de Ingeniería Agronómica presentó su informe intitulado:

El cual a criterio de los evaluadores, _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los __ del mes de j u n i o del año dos mil veintiséis.

M.Sc. JOSE ANDREZ PAZ

Asesor Principal

M.Sc. ISRAEL RDAS

Asesor Auxiliar

Ph.D. Santiago Maradiaga

Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A DIOS todo poderoso, a mi santa madre la virgen de Suyapa que me dio la fuerza y fortaleza para llegar hasta aquí.

A mis padres ANIBAL ROLANDO ROMERO MARADIAGA y YADIRA LIZETN SEVILLA GIRÓN que me apoyaron siempre y confiaron en mí.

A mi hermana HELEN GUADALUPE ROMERO SEVILLA.

A mis a ABUELOS (@) TIOS (@) PRIMOS (@) Y AMIGOS

“Los que sembraron con lágrimas, con regocijo segarán.

Irán andando y llorando el que lleva la preciosa semilla;
mas volverá a venir con regocijo, trayendo sus gavillas.” (Salmo 126:5-6).

AGRADECIMIENTO

A DIOS todo poderoso por darme la fuerza cada día para salir adelante.

A MIS PADRES, ANIBAL ROLANDO ROMERO, YADIRA LIZETH SEVILLA GIRÓN por el apoyo incondicional que me han ofrecido, por que confiaron en mí, siempre estaré agradecidos y orgulloso de ustedes, a mi hermana, abuelos(as), tíos(as), primos(as), amigos(as) y conocidos que me apoyaron con oraciones y consejos, estoy muy agradecido.

A LA UNIVERCIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA, por darme la oportunidad de salir adelante en mi vida profesional.

A LOS ASESORES DE TESIS ING JOSE ANDREZ PAZ, ING. SANTIAGO MARADIAGA, ING. ISRAEL RODAS, por brindarme el apoyo con sus conocimientos, recomendaciones y sugerencias durante la realización de la investigación, y como docentes.

A MIS COMPAÑEROS DE CUARTO, Rafael Sanchez, Fabricio Rosales, Harold Sanchez, Carlos Romero, Christian Salgado, por los bonitos momentos vividos como familia en la universidad, compañeros C12 HM, el burro les desea muchas bendiciones para sus vidas colegas.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ISTA DE TABLAS	8
I. INTRODUCCIÓN	12
II- OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo general	13
III. REVISIÓN DE LITERATURA	14
4.1. Generalidades del tomate	14
4.1.1. Taxonomía del tomate.....	14
4.2 Caracteres morfológicos	15
4.3 Peca bacteriana <i>Pseudomonas syringae</i> pv <i>tomate</i>	15
4.3.1 Clasificación Taxonómica:	16
4.4. Identificación y clasificación de <i>Pseudomonas syringae</i>	16
4.5. Sintomatología en las plantas	17
4.6. Epidemiología de la enfermedad	19
4.6.1. Temperatura y humedad.....	19
4.7. Mancha bacteriana del tomate	20
4.8. Razón de la mancha bacteriana del tomate	20
4.9. Tizón bacteriano del tomate	21
4.9.1. Descripción de la enfermedad.....	22
4.10. Respuestas inmunes de las plantas contra <i>Pseudomonas syringae</i>	22
4.11. Métodos actuales de control de <i>Pseudomonas syringae</i> y sus principales limitaciones	23
4.12. Manejo integrado de la enfermedad	23
4.13. Ingredientes activos para el control de enfermedades bacterianas del tomate	24
4.14. Control en tomate	24
4.15. Control químico	25
4.15.1 Tacre p cu nir	25
4.15.2. Phyton gold	26
4.15.3. Agrimycin	26
4.15.4. Bela plus.....	27
4.16. Control con bacterias	27
4.17. Principales enfermedades del cultivo de tomate	28

4.17.1. Marchitamiento bacteriano	28
4.17.1.1. Taxonomía y clasificación	28
4.17.2. Podredumbre húmeda del tallo causada por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	30
4.17.2.1. Clasificación Taxonómica.....	30
4.17.3. Mal de talluelo <i>damping-off</i>	31
4.18. Manejo químico directo	32
4.19. Innovación y Resistencia (Antibióticos e Inductores SAR)	34
4.20. Factores Críticos, Fenología y Clima	37
4.21. Fitotoxicidad y Riesgos	41
IV. MATERIALES Y METODOS	43
4.1. Descripción del sitio del experimento	43
4.2. Material y equipo	43
4.3. Seguimiento fitosanitario del cultivo	44
4.4. Periodo de duración de la practica	44
4.5. Manejo agronómico	44
4.5.1. Preparación de la Tierra	44
4.5.2. Arado.....	44
4.5.3. Rastreo	44
4.5.4. Encamado.....	44
4.5.5. Trasplante.....	46
4.5.7. Fertilización química:	46
4.5.8. Riego por goteo.....	47
4.5.9. Manejo integrado de plagas	47
4.5.10. Control de Malezas	47
4.5.11. Control químico	48
4.6. Enfermedades observadas durante el ciclo del cultivo	50
4.7. Productos químicos en campo utilizados contra peca bacteriana (<i>Pseudomonas syringae pv tomat</i>)	51
4.7.1. Cobres: fundamentales en el manejo de enfermedades bacterianas.....	51
4.7.2. Bela Plus (Bellrod Corporation)	52
4.7.3. Tacre P-Cu-Nir 32 SC (Bellrod Corporation).....	53
4.7.4. Phytan 24 SC (Marand & Asociados / MAIH).....	53
4.7.5. Agrimycin 16.5 WP (DuWest).....	54
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	58
VII. BIBLIOGRAFÍAS	60
VIII. ANEXOS	64

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de la enfermedad (<i>Pseudomonas syringae</i> pv, toamte).....	22

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representación de como ingresa la bacteria a las plantas de tomate. (Hirano y Upper, 2000; Melotto et al. 2008).....	17
Figura 2. Visualización de la enfermedad en hoja de tomate Como se puede observar, la imagen presenta diferentes manifestaciones de la peca bacteriana en las hojas, identificadas con letras. La letra A corresponde a peca bacteriana según (FHIA, 2014)	22
Figura 3. Daño por peca bacteriana Sintomatología en tomate según (CORNELL UNIVERSITY, 2025)	24
Figura 4. Mapa ubicación de la UNAG	43
Figura 5. Preparación del terreno.....	45
Figura 6. Encamado de la parcela.....	45
Figura 7. Estaqueado de bordas.....	45
Figura 8. Almacigo de tomate.....	46
Figura 9. Plantas con damping off.....	46
Figura 10. 15 días ddt.	47
Figura 11. 25 días ddt	48
Figura 12. 34 días ddt	48
Figura 13. Ensayo cultivo de tomate.	50
Figura 14. Planta de tomate con pudrición en la zona del cuello y raíces.....	51
Figura 15. Planta de tomate con síntomas avanzados de marchitez vascular.....	51
Figura 16. Daño por damping off (marchitamiento de plántulas).	51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Tabla Con ingredientes activos para control de peca bacteriana	64
Anexo 2. Tabla Taxonomía propuesta del complejo de especies <i>Pseudomonas syringae</i>	65
Anexo 3. Plan de fertilización.	67
Anexo 4. Tabla control de plagas	68
Anexo 5. Tabla muestreo a los 18 días	69
Anexo 6. Tabla muestreo a los 32 días	69
Anexo 7. Tabla muestreo a los 45 días	70

Romero Sevilla O.I 2026. Evaluación de productos químicos bactericidas para controlar peca bacteriana (*Pseudomonas syringae pv tomate*) en tomate (*Solanum lycopersicum*). Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura.

RESUMEN

La presente práctica profesional se realizó en la sección de hortalizas de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), ubicada en Catacamas, Olancho, Honduras. Tuvo como objetivo dar seguimiento al comportamiento de la peca bacteriana (*Pseudomonas syringae pv. tomato*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de campo abierto, así como recopilar y analizar información científica relacionada con los daños ocasionados por esta enfermedad y las alternativas químicas utilizadas para su manejo. Durante el período de práctica se efectuaron actividades de monitoreo del cultivo, observación de síntomas, registro de información de campo y recopilación de literatura científica especializada. Además, se realizó una revisión sistemática de publicaciones científicas enfocadas en la epidemiología, daños y estrategias de control de la peca bacteriana en tomate, con énfasis en el uso de productos bactericidas a base de cobre. Los resultados obtenidos permitieron identificar que la incidencia de la enfermedad fue baja durante el período de observación, posiblemente debido a las condiciones ambientales presentes en el área de estudio. Asimismo, la revisión bibliográfica evidenció que los compuestos cúpricos continúan siendo una de las principales herramientas para el manejo preventivo de la enfermedad, aunque su eficacia depende de factores como la oportunidad de aplicación, las condiciones climáticas y la presencia de cepas con tolerancia al cobre. Se concluye que el monitoreo constante del cultivo, junto con la implementación de prácticas de manejo integrado y el uso adecuado de productos bactericidas, constituyen estrategias fundamentales para reducir el impacto de la peca bacteriana en la producción de tomate.

Palabras clave: *Pseudomona syringae pv tomate*, (*Solanum lycopersicum*) peca bacteriana.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate *Solanum lycopersicum* es el segundo cultivo hortícola más importante (aunque técnicamente sea una fruta) después de la papa, con una producción mundial de aproximadamente 190 millones de toneladas de fruta fresca en 2021 (FAOSTAT, 2024). El tomate pertenece a la familia *Solanaceae*, que incluye más de 2700 especies con gran diversidad morfológica y de hábitats, como la papa, la berenjena, el tabaco y la petunia.

La peca bacteriana, causada por *Pseudomonas syringae pv. tomato*, es una de las enfermedades más importantes del tomate a nivel mundial, incluyendo Honduras. Esta bacteria afecta significativamente el rendimiento y la calidad del fruto, lo que resulta en pérdidas económicas considerables para los productores. (DICTA, 2005). El control de la enfermedad se basa principalmente en el uso de bactericidas, pero su eficacia puede variar dependiendo del producto, la dosis y el momento de aplicación. La peca es una bacteria fitopatógena perteneciente a la clase *Gammaproteobacteria*, causante de enfermedades en monocotiledóneas, herbáceas y dicotiledóneas leñosas a nivel mundial. Por lo tanto, es fundamental evaluar la eficacia de diferentes bactericidas para controlar la peca bacteriana en tomate y proporcionar a los productores opciones efectivas y sostenibles para el manejo de la enfermedad. (Kennelly *et al.* 2007; Buttimer *et al.* 2017; Hirano y Upper, 2000).

La presente práctica profesional se desarrolló con el propósito de dar seguimiento al comportamiento de la peca bacteriana del tomate, causada por *Pseudomonas syringae pv. tomato*, bajo condiciones de campo abierto en la sección de hortalizas de la Universidad Nacional de Agricultura. Además, se recopiló y analizó información técnica y científica relacionada con diferentes productos químicos bactericidas utilizados para el manejo de esta enfermedad, con el fin de conocer sus características, mecanismos de acción y su importancia en el control fitosanitario del cultivo de tomate.

II- OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evidenciar el progreso y los daños ocasionados por la peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) utilizando productos para la prevención en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el manejo fitosanitario bajo condiciones agroecológicas de campo abierto en Catacamas, Olancho.

2.2. Objetivos específicos

1. Documentar, Monitorear y registrar la incidencia, severidad y comportamiento epidemiológico de la peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) en el cultivo de tomate bajo las condiciones agroecológicas de campo abierto de la sección de hortalizas.
2. Comparar las prácticas fitosanitarias ejecutadas en la parcela experimental con la literatura técnica especializada para la prevención de la peca bacteriana, analizando la influencia de los factores climáticos y la efectividad de los productos químicos utilizados.
3. Analizar las características y los mecanismos de acción de los diferentes productos químicos bactericidas (compuestos cúpricos y antibióticos) recomendados en la literatura técnica para el control de la enfermedad.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades del tomate

Según DICTA, (2005). El tomate es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria. El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El tomate en fresco se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito. En mucha menor escala se utiliza como encurtido.

4.1.1. Taxonomía del tomate

Familia	Solanaceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre científico	<i>Solanum lycopersicum</i>
Nombre común	Tomate, jitomate

Fuente: Infoagro

Tipo de Planta: La planta de tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas, e ilimitado en las indeterminadas. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá. La semilla: Es aplanada, con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. Una semilla de calidad deberá tener un porcentaje de germinación arriba del 95%. (DICTA, 2005).

4.2 Caracteres morfológicos

Según Agroes.es, (s.f). Se trata de un cultivo que puede durar varios años, aunque su cultivo la convierte en anual. Es una planta herbácea con un sistema radicular amplio que desarrolla entre los 50-60 cm de profundidad. Se compone de una raíz principal desde la que parten una gran cantidad de ramificaciones.

El tallo es anguloso y recubierto de una vellosidad perfectamente visible. Muchos de estos pelos son de origen glandular y dotan a la planta de un olor característico. En un principio es de porte erguido, pero cuando alcanza un determinado desarrollo, y debido al peso, se vuelve rastrero. Las hojas son compuestas e imparipinnadas. Generalmente se constituyen por 7-9 foliolos lobulados que también están recubiertas de pequeñas vellosidades.

La floración se produce en forma de racimos dispuestos en diferentes pisos. En cada inflorescencia suele haber entre 3 y 10 flores. Son de polinización autógama. El fruto se trata de una baya globosa de color rojo en la maduración habitualmente. Estas bayas pueden ser lisas o acostilladas, según las variedades. En el interior de la baya se diferencian claramente los lóculos carpelares que pueden variar de 2 a 30. El tamaño de los frutos también es variable, desde 3 cm de diámetro hasta 16 cm.

4.3 Peca bacteriana *Pseudomonas syringae* pv *tomate*

Este patógeno fue identificado por primera vez en Chile en el año 1988 por Latorre y Lolas, aunque posteriormente se reportó una nueva variante (Besoain, 2004). Existen diferentes razas de esta bacteria, que se relaciona con la resistencia de variedades de tomate. Nuestras investigaciones demostraron que en Chile está presente la raza 1, que afecta tanto a tomate fresco como a tomate industrial. La peca bacteriana se manifiesta como manchas oscuras en hojas y frutos, lo que afecta la calidad comercial del tomate. Es causada por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* y se disemina principalmente a través de semillas y salpicaduras de agua. Para su control, se recomienda el uso de semillas certificadas libres de patógenos, rotación de cultivos y aplicaciones de productos a base de cobre.

4.3.1 Clasificación Taxonómica:

Dominio: Bacteria

Filo: Pseudomonadota (anteriormente Proteobacteria)

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Pseudomonadales

Familia: Pseudomonadaceae

Género: *Pseudomonas*

Especie: *Pseudomonas syringae*

Patovar: *tomato* (Okabe)

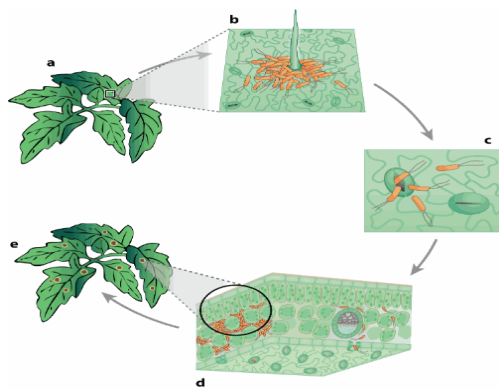
4.4. Identificación y clasificación de *Pseudomonas syringae*

Según Córdova *et al.* (2023, p. 3), *Pseudomonas syringae* se describió por primera vez en 1902 como una especie patógena de la lila. Desde entonces, *P. syringae* se ha reconocido como parte de un complejo filogenético (complejo de especies de *P. syringae*, Pssc) de cepas ubicuas que viven en múltiples sustratos, más allá de los cultivos de interés económico. En condiciones ambientales favorables (p. ej., lluvias intensas, alta humedad, temperatura moderada), *P. syringae* puede multiplicarse con gran agresividad en una planta hospedante susceptible. La fase más agresiva de la multiplicación de *P. syringae* in planta ocurre en ausencia de muerte celular aparente de la planta hospedante. Sin embargo, en la fase tardía de la patogénesis (a menudo después de que las bacterias hayan alcanzado prácticamente su máxima población en los tejidos infectados), las células del huésped mueren y los tejidos infectados presentan una necrosis extensa.

Moore (2023) explica que la bacteria *Pseudomonas syringae* es responsable de varias enfermedades de gran importancia económica en el noroeste del Pacífico. Esta bacteria puede infectar una amplia variedad de frutas, verduras y plantas ornamentales. Es necesario considerar varios factores importantes sobre estas enfermedades antes de implementar medidas de control. Este artículo se centrará en los síntomas, la susceptibilidad de las plantas, las fuentes

y la propagación de la bacteria. Una vez que se conozcan estos factores, los métodos de manejo cultural, biológico y químico podrán ser eficaces. *P. syringae* se describe mejor como un patógeno hemibiotrófico de infección local. Infecta principalmente las partes aéreas de las plantas, como hojas y frutos. La infección suele limitarse a unos pocos milímetros de los puntos de infección iniciales y no se propaga a otras partes de la planta.

En un ciclo de enfermedad exitoso, las cepas de *P. syringae* generalmente presentan dos estilos de vida interconectados espacial y temporalmente: una fase epifítica inicial al llegar a la superficie de una planta sana y una fase endofítica en el espacio apoplástico tras ingresar a la planta a través de aberturas naturales y heridas accidentales (Beattie y Lindow, 1995; Hirano y Upper, 2000; Melotto *et al.* 2008). **Ver Figura 1**



Xin X-F, He SY, 2013.
Annu. Rev. Phytopathol. 51:473-98

Figura 1. Representación de como ingresa la bacteria a las plantas de tomate. (Hirano y Upper, 2000; Melotto *et al.* 2008).

4.5. Sintomatología en las plantas

Durante la infección, *P. syringae*, presenta dos fases principales de crecimiento interconectadas: la fase epifítica, en la que las bacterias viven en la superficie de los tejidos vegetales, generalmente en las partes aéreas, como hojas, tallos, flores y frutos; y la fase endofítica, en la que las bacterias penetran en el tejido vegetal y colonizan el espacio apoplasto intercelular. La sintomatología aparece únicamente después de que las bacterias ingresan a la planta y se multiplican en el apoplasto durante la fase endofítica. Diversos estudios han demostrado la capacidad de *P. syringae* para sobrevivir en el ambiente fuera de sus plantas hospedantes. Así, se han aislado varios patovares de *P. syringae* tanto de plantas enfermas como de hábitats no agrícolas, como ríos e incluso nieve (Monteil *et al.* 2016).

Se ha sugerido que esta capacidad de crecer en el ambiente es uno de los factores que podrían explicar la evolución de *P. syringae* y la aparición de nuevas cepas altamente devastadoras de este patógeno vegetal. En el ambiente, las poblaciones epifitas, la infección latente, los sitios de hibernación en los hospedantes infectados, la cobertura vegetal de los huertos, las malezas y las partes de plantas desprendidas constituyen reservorios de inóculo para *P. syringae*. La bacteria se dispersa por el viento, la lluvia, los insectos, las yemas infestadas y las plantas de vivero infectadas (Vanneste *et al.* 2015).

Diversos síntomas se asocian a la infección por el patovar *P. syringae*. Entre los más frecuentes se encuentran la marchitez de las flores, la muerte de yemas latentes, manchas necróticas en las hojas, decoloración o ennegrecimiento de las nervaduras y pecíolos, manchas y ampollas en los frutos, muerte regresiva de las puntas de los brotes y chancros en el tallo. Sin embargo, la sintomatología puede variar según el hospedero, la cepa de *P. syringae* y las condiciones ambientales. Por ejemplo, en árboles leñosos, la infección del tejido leñoso y la formación de chancros pueden llegar a estrangular y matar las ramas, lo que provoca la pérdida de la superficie fructífera e incluso la muerte del árbol. Los síntomas suelen aparecer primero, y son más comunes, en las hojas jóvenes más susceptibles, aunque también pueden presentarse primero en las hojas más viejas. (Pscheidt y Moore, 2023).

Las manchas foliares tienen un aspecto acuoso al inicio de su desarrollo y durante los periodos de lluvia. Son de color marrón oscuro a negro, a veces con un halo amarillo, y generalmente pequeñas (hasta 6 mm de ancho). Sin embargo, en las hojas jóvenes en desarrollo, las manchas suelen ser más grandes, de forma irregular y provocan deformaciones e incluso desgarros en las hojas. A medida que la enfermedad progresa, las manchas se unen formando grandes áreas marrones irregulares. Los márgenes de las hojas pueden ponerse marrones, extendiéndose a veces hacia el interior de la hoja y formando una cuña de tejido marrón. Las hojas gravemente afectadas suelen volverse amarillas y finalmente mueren (CORNELL UNIVERSITY, 2025).

Estos hallazgos están respaldados por (Morris *et al.* 2017) quienes proponen que las denominaciones de patovares no se corresponden con la biología subyacente de *P. syringae* y resultan engañosas. Para la identificación de cepas de Pssc, (Guilbaud *et al.* 2010) diseñaron

un método fiable basado en PCR denominado reacción en cadena de la polimerasa específica para *Pseudomonas syringae* (Psy-PCR), que puede utilizarse directamente con células de colonias. Este método demostró que la precisión y la sensibilidad podían mejorarse en un 97 % con el método touchdown, identificando los 13 filogrupos propuestos por (Berge *et al.* 1979).

4.6. Epidemiología de la enfermedad

4.6.1. Temperatura y humedad

Las condiciones favorables para el desarrollo de peca bacteriana son alta humedad relativa alta (> 80%) y bajas temperaturas (18-24 °C). en cambio (Latorre, 1990). Afirma que el desarrollo de la enfermedad se ve beneficiado por el clima frío (13-25 °C) siendo un óptimo, temperaturas menores a 23°C, lluvioso, o en áreas donde se riega por aspersión Generalmente, la hoja solo requiere permanecer mojada.

Durante un día para desarrollar la enfermedad. La mancha bacteriana normalmente se da en climas áridos donde se usa el riego por aspersión, sin embargo, es raro que se desarrollen en áreas donde se utilice el riego por goteo o por surcos (Dotson *et. al.* 2007).

Los síntomas de la enfermedad se hacen presentes 8 a 10 días después de la inoculación, señalan que esta enfermedad es muy dañina en épocas lluviosas o bajo invernadero, por generarse condiciones demasiado húmedas (Dotson *et. al.* 2007).

4.6.1. Diseminación y sobrevivencia

El agente causal puede penetrar por heridas, estomas y que se puede transmitir por semilla contaminada y a través del suelo. Se dispersa por efecto del salpicado producido por la lluvia o por el sistema de riego por aspersión. Posiblemente sea movilizad a largas distancias en semillas infectadas (Latorre, 1990). Además, puede sobrevivir en la rizósfera y en restos vegetales, en forma epifita en tomate y malezas. Dotson *et.al.* (2007) concuerdan con lo citado en el párrafo anterior ya que argumentan que el organismo puede sobrevivir en el suelo y en

hojas de muchos cultivos y malezas, además de semillas que también pueden infectarse. Sin embargo, señalan que la transmisión por semilla es usualmente de menor importancia.

4.7. Mancha bacteriana del tomate

La mancha bacteriana en las hojas del tomate, una enfermedad infectada por la bacteria *Pseudomonas syringae pv.* La mancha angular de la hoja es una enfermedad bacteriana del tomate que causa pequeñas marcas negras con un halo amarillo en las hojas, los tallos y los frutos. Cuando estas manchas afectan el desarrollo de la planta, las plantas a menudo se vuelven menos saludables y la producción de frutos disminuye. Estas manchas son especialmente dañinas durante los períodos activos, causando una destrucción significativa de los frutos, lo que finalmente lleva a menores rendimientos y a una reducción del valor de mercado de los tomates (NOVOBAC, 2024).

4.8. Razón de la mancha bacteriana del tomate

La mancha bacteriana en las hojas del tomate, una enfermedad infectada por la bacteria *Pseudomonas syringae pv.* La mancha angular de la hoja es una enfermedad bacteriana del tomate que causa pequeñas marcas negras con un halo amarillo en las hojas, los tallos y los frutos. Entre las prácticas de manejo cultural se encuentran diferentes sistemas de formación y poda, dosis adecuadas de fertilización y riego, control de las condiciones del suelo, cauterización de los tejidos infectados y el uso de plantas resistentes seleccionadas (Krasnovskaya *et al.* 2020; Mauri *et al.* 2016).

Según PLANT PATHOLOGY, (2025) estos son los problemas por parte de *Pseudomona syringae pv tomate*, en las plantas:

A) Infecciones en las plantas:

- Manchas grasosas-acuosas en las hojas.
- Las manchas en las hojas son inicialmente de color marrón y negro rodeadas por halos amarillos.
- Las manchas aumentan de tamaño formando grandes áreas irregulares de tejido muerto.

- Las manchas también pueden aparecer en los tallos.
- Infecciones severas pueden causar que la planta pierda sus hojas.

B) Infecciones en la fruta:

- Manchas negras, puntiformes, y con bordes definidos que aparecen en la fruta verde.
- Las manchas son pequeñas (<0.2 centímetro) y se ven como "puntitos" o "pecas" en la fruta.
- Las manchas son superficiales y pueden ser fácilmente raspadas de la superficie de la fruta con la uña.

Como lo indica NOVOBAC, (2024). Estos son algunos métodos de cómo podemos inhibir la enfermedad:

- Semilla contaminada: La mancha del suelo puede provenir de semillas contaminadas y persistir en el suelo silenciosamente hasta que comienza el proceso de siembra.
- Salpicaduras de agua: Como consecuencia, las prácticas de riego que provocan salpicaduras de tierra del suelo infectado o material vegetal pueden ser la razón de la propagación de la bacteria.
- Material vegetal: Manipular plantas o usar bolsas contaminadas con bacterias puede transferir el patógeno de una planta a otra, facilitando la transmisión de la enfermedad

4.9. Tizón bacteriano del tomate

El tizón bacteriano es causado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. Esta enfermedad produce manchas oscuras y acuosas en las hojas que, con el tiempo, pueden unirse y causar necrosis en grandes áreas de la planta. Los frutos también pueden presentar manchas de aspecto grasoso que afectan su comercialización (Porres y Cuxil, 2024). **Ver Figura 2**

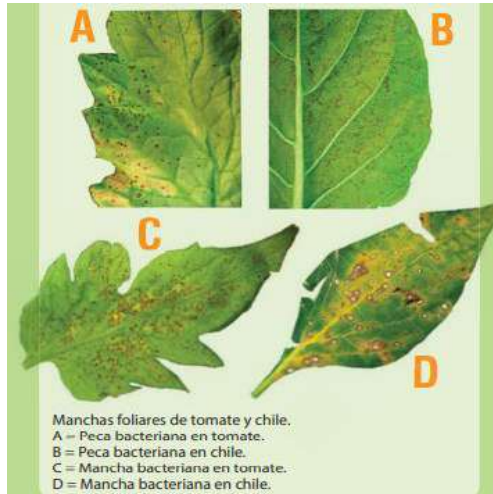


Figura 2. Visualización de la enfermedad en hoja de tomate Como se puede observar, la imagen presenta diferentes manifestaciones de la peca bacteriana en las hojas, identificadas con letras. La letra A corresponde a peca bacteriana según (FHIA, 2014)

4.9.1. Descripción de la enfermedad

De acuerdo con AUSVEG, (s.f.), en la siguiente **Tabla 1** se proporcionan un ejemplo de la enfermedad bacteriana común de los cultivos de hortalizas con algunos síntomas típicos.

Tabla 1. Descripción de la enfermedad (*Pseudomonas syringae pv. toamte*).

Mancha bacteriana (<i>Pseudomonas syringae pv. tomato</i>)	Humedad y riego por aspersion.	Tomate.	Pequeñas manchas oscuras rodeadas por un halo amarillo en las hojas; motas oscuras en relieve en los frutos.
--	--------------------------------	---------	--

4.10. Respuestas inmunes de las plantas contra *Pseudomonas syringae*

En las últimas dos décadas, se han producido avances significativos en la comprensión de la respuesta inmune de las plantas a *P. syringae*, los cuales se han revisado en otras publicaciones (Abramovitch et al. 2006; Chisholm et al. 2006). En resumen, las plantas parecen poseer al menos dos vías de señalización inmune: la inmunidad desencadenada por patrones moleculares

asociados a patógenos (PAMP) (PTI) y la inmunidad desencadenada por efectores (ETI).

La PTI se inicia tras la detección de PAMP por receptores de reconocimiento de patrones (PRR) localizados en la membrana plasmática (MP) (Boller y Felix, 2009; Schwessinger y Ronald, 2012). Para contrarrestar la supresión de la PTI por parte de los patógenos, las plantas han desarrollado la ETI. La ETI se activa mediante el reconocimiento de efectores, directa o indirectamente, por complejos proteicos de resistencia a enfermedades (R). La mayoría de las proteínas R contienen dominios de unión a nucleótidos y/o repeticiones ricas en leucina (c Si bien se cree que la PTI es suficiente para impedir la proliferación agresiva de microorganismos no patógenos en la planta, la ETI es necesaria para evitar que los patógenos virulentos causen enfermedades en genotipos vegetales específicos.

4.11. Métodos actuales de control de *Pseudomonas syringae* y sus principales limitaciones

Se han probado diversos métodos para el manejo de *P. syringae*, incluyendo el manejo cultural (como la poda adecuada), el uso de plantas resistentes, el control biológico con antagonistas microbianos (por ejemplo, ungüentos biológicos comerciales como Nacillus®) y el manejo químico basado en compuestos de cobre (sulfato de cobre pentahidratado de alta solubilidad, cobres de baja solubilidad y caldo bordelés), antibióticos (estreptomina, gentamicina y clorhidrato de oxitetraciclina) y reguladores del crecimiento, entre otros (Pscheidt *et al.* 2022). En cuanto a los métodos de manejo actualmente empleados, se ha observado que las prácticas culturales pueden influir, directa o indirectamente, en el desarrollo de la enfermedad, dado que está relacionada con condiciones ambientales permisivas como la temperatura, la humedad, la presencia de puntos de entrada y las características genéticas y fisiológicas de la planta hospedante, entre otras (Mauri, Cellini, y Spinelli, 2016).

4.12. Manejo integrado de la enfermedad

El manejo del tizón bacteriano del tomate requiere un enfoque integrado que combine prácticas culturales, como el espaciamiento adecuado entre plantas, el control de la humedad mediante un riego eficiente y el uso de fungicidas a base de cobre. Es fundamental eliminar las plantas infectadas para evitar la propagación de la enfermedad (Porres y Cuxil, 2024).

4.13. Ingredientes activos para el control de enfermedades bacterianas del tomate

La prevención es clave para reducir el impacto de las enfermedades bacterianas en los cultivos de tomate. La aplicación de productos químicos como el oxiclورو de cobre y el hidróxido de cobre son eficaces para controlar la mayoría de las enfermedades bacterianas. Es importante seguir las recomendaciones de dosis y frecuencia de aplicación para evitar la resistencia (Porres y Cuxil, 2024). A continuación, se presenta una tabla con los principales ingredientes activos utilizados para controlar las enfermedades bacterianas del tomate y sus beneficios. **Ver anexo 3**

4.14. Control en tomate

Controle la mancha bacteriana seleccionando variedades resistentes. Actualmente hay pocas disponibles. Limpie y desinfecte antes de sembrar, incluyendo las mesas y bandejas del invernadero, así como cualquier otro material de siembra que se vaya a reutilizar. Utilice semillas que hayan sido analizadas o tratadas contra la bacteria que causa la mancha. Si utiliza semillas propias o de una fuente no comercial, trátelas con agua caliente antes de sembrar, siguiendo cuidadosamente las instrucciones, para aumentar las probabilidades de éxito y evitar dañarla. **Ver Figura 3**



Figura 3. Daño por peca bacteriana Sintomatología en tomate según (CORNELL UNIVERSITY, 2025)

Inspeccione cuidadosamente los trasplantes al momento de la compra: seleccione plantas sin manchas en las hojas, pero tenga en cuenta que las plantas sin síntomas podrían estar infectadas.

Rote los cultivos de tomate para que haya al menos dos años entre siembras. Elimine cualquier planta de tomate espontánea. Controle las malezas de la familia de las solanáceas. Utilice riego por goteo en lugar de riego por aspersión. Cubrir la base de las plantas con paja o plástico minimiza el riesgo de que las bacterias presentes en los restos vegetales salpiquen del suelo a las plantas. El enrejado mejorará la circulación de aire alrededor de las plantas, lo que favorece el secado y reduce el tiempo que el tejido vegetal permanece húmedo y susceptible a infecciones (CORNELL UNIVERSITY, 2025).

4.15. Control químico

4.15.1 Tacre p cu nir

Como señala BELLROD, (2018). Es un Fungicida-Bactericida en formulación líquida, con acción sistémica a base de Sulfato de Cobre Pentahidratado más Oxitetraciclina, con efecto preventivo y curativo para una amplia gama de enfermedades causadas por hongos y bacterias. Tacre P-Cu-Nir 32SC es un fungicida-bactericida sistémico y preventivo/curativo, formulado con Sulfato de Cobre Pentahidratado y Oxitetraciclina, diseñado para controlar hongos y bacterias en diversos cultivos. Se aplica vía aspersión foliar, generalmente a una dosis de 400-750 cc/Mz, siendo esencial un buen mojado, compatibilidad con otros agroquímicos y un periodo de espera de 14 días a la cosecha.

Aspectos clave de la aplicación:

- **Modo de Acción:** Sistémico (penetra y se mueve en la planta), con alto espectro contra enfermedades fúngicas y bacterianas.
- **Dosis recomendada:** Generalmente de 400 a 500 cc/mz, con recomendaciones de hasta 750 cc/mz en cultivos específicos como arroz.
- **Aplicación:** Se debe preparar una premezcla y añadir al tanque con agua y agitación constante, realizando aspersiones uniformes al follaje.
- **Compatibilidad:** Es compatible con la mayoría de fitosanitarios de uso común.

- **Seguridad:** Requiere un periodo de reingreso al área tratada de 4 horas y 14 días de espera antes de la cosecha.

4.15.2. Phyton gold

PHYTON GOLD, es un fungicida sistémico que tiene acción preventiva y curativa. Inhibe la germinación de las esporas de los hongos. Es absorbido por la planta y transportado por la corriente de savia de tal manera que el ingrediente activo protege las plantas de enfermedades y no es lavado por las lluvias. El PHYTON tiene dos tipos de movimiento o sistemía (acropetal y basepetal).

PHYTON GOLD, una vez dentro de la planta en los conductos de xilema y floema, donde se alojan los patógenos (hongos y bacterias), el producto entra en contacto con ellos y por una diferencia de permeabilidad, al momento de tocar la pared celular de estos organismos esta se rompe y el patógeno muere.

Categoría: Fungicidas y Bactericidas

4.15.3. Agrimycin

Según DUWEST, (s.f) Agri-mycin® 500 (y formulaciones afines) es un potente bactericida y fungicida agrícola de amplio espectro y acción sistémica, diseñado para prevenir y curar enfermedades bacterianas en diversos cultivos. Actúa inhibiendo la síntesis de proteínas de patógenos, ofreciendo protección interna y externa al ser absorbido rápidamente por la planta, lo que mejora la salud fitosanitaria y el desarrollo del cultivo.

Descripción y Características Principales:

- **Acción Sinérgica:** Generalmente combina estreptomycin y oxitetraciclina, a menudo junto con cobre (como en Agrimycin 500), para un control más efectivo contra bacterias y hongos que los productos por separado.
- **Sistémico:** Se absorbe rápidamente a través de la superficie foliar y se trasloca a otras partes de la planta, incluyendo raíces, proporcionando protección interna.
- **Uso:** Se aplica principalmente vía foliar para combatir enfermedades como manchas bacterianas, tizones, y canchros en hortalizas, frutales y ornamentales.

- **Efecto:** Funciona como bacteriostático, deteniendo el desarrollo y reproducción de microorganismos patógenos.
- **Bajo Impacto:** Diseñado para tener un bajo impacto ambiental cuando se aplica bajo las recomendaciones técnicas.

4.15.4. Bela plus

Es un producto altamente eficaz para inhibir el desarrollo y el crecimiento de la gran mayoría de las bacterias y hongos Fito patógenos. Para obtener una mayor efectividad, la aplicación debe lograr un total cubrimiento de la hoja tanto en el haz como en el envés. Su período de protección varía de 10 hasta 15 días después de la aplicación. Inhibe la acción de las enzimas fundamentales a nivel de la pared de la bacteria, del micelio y de los cuerpos fructíferos de los hongos mediante 3 acciones principales: Desnaturalización enzimática que genera cambios en la forma de las enzimas, de tal manera que no embone con el sustrato. Interferencia entre la enzima y el sustrato. Inhibición de la acción enzimática INTRAKAM, (S.F.)

Como indica keinath, (2022), los cuatro programas redujeron la gravedad de la mancha bacteriana en el tomate en dos estudios realizados en la Universidad de Florida durante varios años.

1. Ningún producto tiene actividad curativa; todos los programas de control químico deben iniciarse antes de que se puedan observar los síntomas de las manchas bacterianas.
2. Comience las aplicaciones de pulverización dos semanas después del trasplante en primavera y una semana después del trasplante en otoño.
3. Rocíe semanalmente.
4. Utilice cobre en la dosis máxima indicada en la etiqueta. No mezcle cobre con Actigard® debido a la fitotoxicidad de la mezcla.

4.16. Control con bacterias

El uso de bacterias como agentes de control biológico (ACB) se ha investigado ampliamente, debido a que los análisis genéticos y bioquímicos, así como la producción masiva de bacterias

(o productos bacterianos), son mucho más accesibles que los de hongos. Se han descrito varios ACB pertenecientes a los géneros *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Alcaligenes* y *Streptomyces*, entre otros, y se prevé que este tipo de biocontrolador tenga un gran potencial en la agricultura ecológica. En los efectos protectores de estos microorganismos contra los fitopatógenos intervienen diferentes mecanismos (Anexo 2), como el parasitismo, la protección cruzada, la antibiosis y la competencia (Shoda, 2000).

Se han realizado varios estudios utilizando bacterias como agentes de control biológico (ACB) para *P. syringae*. Por ejemplo, las bacterias antagonistas *Lactobacillus plantarum* PM411 y TC92 se utilizaron en ensayos de campo para controlar *P. syringae* pv *.actinidae* (Psa). Los resultados mostraron que los ACB impidieron que la bacteria patógena infectara a la planta hospedera. Además, la capacidad de biocontrol de *L. plantarum* PM411 y TC92 fue comparable a la de los productos comerciales amylo-X (*Bacillus amyloliquefaciens* D747) y Serenade Max (*B. subtilis* QST713) (Daranas, 2018), cuyo modo de acción está asociado a la producción de lipopéptidos que permeabilizan la membrana de la planta hospedera (Patel *et al.* 2011).

4.17. Principales enfermedades del cultivo de tomate

4.17.1. Marchitamiento bacteriano

4.17.1.1. Taxonomía y clasificación

Reino: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Betaproteobacteria

Orden: Burkholderiales

Familia: Ralstoniaceae

Género: *Ralstonia*

Especie: *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi et al. 1993.

Ralstonia solanacearum se encuentra principalmente en regiones tropicales, semitropicales y templadas cálida. Es muy común en muchos países de Asia (China,

Japón, Malasia, Filipinas, Pakistán, Tailandia, Vietnam, India), América (Estados Unidos, México, Brasil, Argentina) y África (tanto del norte como de la India). Sur). Esta bacteriosis está ahora bien establecida en Europa: la cepa tolerante al frío (Filotipo IIB-1 históricamente raza 3 biovar 2) se ha informado allí en la mayoría de los países miembros, incluidos los Países Bajos, Bélgica, Alemania, Gran Bretaña, Francia, Italia, España, y Grecia. Nc state extencion, (s.f)

El marchitamiento bacteriano, provocado por *Ralstonia solanacearum*, es una enfermedad devastadora que afecta el sistema vascular de la planta. Los síntomas iniciales son marchitamiento parcial seguido por colapso total de la planta. Las medidas de control incluyen la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes y prácticas de saneamiento riguroso (Cambiagro, 2024). La enfermedad se desarrolla a altas temperaturas (superiores a 29 °C) y en suelos húmedos, y es muy persistente una vez introducida. El patógeno penetra a través de heridas microscópicas (a menudo causadas por insectos, cultivo o trasplante) en plantas hospedantes susceptibles bajo condiciones favorables para la enfermedad. La bacteria obstruye el tejido vascular del tallo e impide el paso del agua y los nutrientes por toda la planta, lo que finalmente provoca su muerte.

Síntomas

Las etapas iniciales de la enfermedad incluyen un aspecto marchito en las hojas más jóvenes. Por lo general, las plantas afectadas por la marchitez bacteriana mostrarán síntomas de marchitamiento mientras aún están verdes y pueden aparecer repentinamente. A medida que la enfermedad progresa, la base de la planta puede mostrar chancros marrones, pudrición de la raíz y un corte transversal de un tallo infectado puede mostrar una decoloración marrón del tejido vascular.

Gestión de la enfermedad

La marchitez bacteriana puede ser muy difícil de controlar una vez presente en el campo. No existen métodos de control químico eficaces. Las prácticas culturales pueden contribuir a controlar la incidencia de la enfermedad. La rotación de cultivos y la siembra de cultivos de

cobertura de plantas no susceptibles (como maíz, centeno, frijoles y repollo) pueden reducir las poblaciones del patógeno en el suelo. Si se detecta marchitez bacteriana en un campo, retire inmediatamente las plantas infectadas. Puede colocarlas en una bolsa de basura u otro recipiente para evitar que la tierra y las bacterias se propaguen a otras plantas. Nota: Se desconoce hasta qué punto la eliminación de las plantas infectadas reduce por completo la enfermedad en el futuro si el patógeno ya se ha propagado a plantas adyacentes asintomáticas. (Cambiagro, 2024).

4.17.2. Podredumbre húmeda del tallo causada por *Sclerotinia sclerotiorum*

4.17.2.1. Clasificación Taxonómica

Reino: Fungi

División (Filo): Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Sclerotinia*

Especie: *S. sclerotiorum* (Lib.) de Bary, (1884)

Descripción biológica

Argentina.gob.ar, (s.f) afirma que *S. sclerotiorum* es un hongo del filo Ascomycota, con un amplio rango de hospederos. El patógeno sobrevive principalmente en el suelo y en los residuos de cultivos infectados mediante esclerocios, estructuras de resistencia que pueden permanecer viables durante varios años. Bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, los esclerocios germinan de dos maneras: de forma miceliogénica, produciendo micelio que infecta tejidos basales como tallos y raíces, o de forma carpogénica, dando origen a apotecios que liberan ascosporas, las cuales constituyen la principal fuente de inóculo primario. Las ascosporas son diseminadas por el viento y las salpicaduras de lluvia, e infectan preferentemente flores, pétalos senescentes o tejidos lesionados, desde donde el hongo coloniza órganos reproductivos como el capítulo. Durante la infección se desarrolla abundante micelio

y se forman nuevos esclerocios en los tejidos afectados, que retornan al suelo al desintegrarse el tejido vegetal, asegurando la continuidad del ciclo.

Signos y síntomas / Daños

Se manifiesta por los síntomas que ocasiona en el tallo a nivel del suelo, produciendo una mancha color castaño oscuro o negruzco que va extendiéndose formando un anillo que estrangula la planta y le ocasiona la muerte. En la parte aérea, provoca el amarillamiento pronunciado de las hojas inferiores y el decaimiento de la planta en horas de temperaturas elevadas. *S. sclerotiorum* se caracteriza por un micelio blanco algodonoso con presencia de esclerocios oscuros de tamaño reducido.

Condiciones predisponentes

El desarrollo y la infección por *Sclerotinia sclerotiorum* se ven favorecidos por altos niveles de humedad, períodos prolongados de mojado foliar y temperaturas moderadas (aprox. 10–25 °C). Suelos húmedos o mal drenados y la presencia de rastrojos infectados incrementan la supervivencia de esclerocios y la producción de apotecios. Canopias densas, alta fertilización nitrogenada, rotaciones cortas con hospedantes susceptibles y floración coincidente con lluvias favorecen la colonización de pétalos senescentes y la infección de tejidos. La escasa aireación y la sombra prolongan la humedad relativa, aumentando la liberación y deposición de ascosporas y, en consecuencia, la severidad de la enfermedad.

4.17.3. Mal de talluelo *damping-off*

Según Bayer, (2017) El *damping-off* o mal del talluelo es una enfermedad común que ataca a todos los cultivos de hortalizas en las fases iniciales de la siembra; precisamente, durante el proceso de germinación. No existe un solo agente causal, pues puede ser uno o varios microorganismos, pero principalmente son hongos.

¿Cuáles son sus síntomas?

Los síntomas de esta enfermedad se dividen en dos clases: los que aparecen antes de que las

semillas germinen, y los que aparecen después (post-emergencia). Durante la primera, las semillas pueden simplemente no germinar y comenzar a pudrirse, o bien comenzar a germinar (emitir raíz) y que ésta se pudra antes de que los cotiledones emerjan. El patógeno que infectará depende de la temperatura. Por ejemplo, *Pythium* se desarrolla en suelos cálidos y mojados. Por el contrario, *Thelaviopsis* prefiere suelos fríos. Finalmente, *Rhizoctonia* puede desarrollarse tanto en suelos fríos como cálidos. Esta enfermedad se puede dar tanto en campo (siembra directa) como en semilleros. Las estructuras reproductivas de estos patógenos pueden permanecer en el suelo por varios ciclos o en materia orgánica.

¿Cuáles son las medidas de manejo?

- ✓ Plantar las semillas en semillero o campo cuando las condiciones son óptimas para su desarrollo. Esto dependerá de la especie.
- ✓ Cuida los niveles de humedad en tu semillero o en campo, ya que esta enfermedad se propicia por suelos demasiado mojados.
- ✓ Utiliza semilla de la más alta calidad, ya que tendrá más vigor y uniformidad.
- ✓ Compra semilla que esté tratada. En Seminis tenemos varias opciones de tratamiento para que obtengas el mejor desempeño.
- ✓ Procura que el drenaje en tu parcela sea el adecuado.
- ✓ Cuando siembres en almácigo o semillero, asegúrate que la mezcla de germinación sea esterilizada previamente por el fabricante.

4.18. Manejo químico directo

Valdivia Morales (2023) México, destaca que el estándar de oro en el control químico directo de bacterias fitopatógenas sigue recayendo en las formulaciones de cobre y su capacidad para desnaturalizar proteínas celulares al contacto. Sin embargo, su estudio subraya que la eficacia agronómica depende críticamente del calendario de aplicación, iniciando preferentemente a los pocos días del trasplante y manteniendo una frecuencia de 7 a 14 días. El autor enfatiza que estas aplicaciones deben ser preventivo-curativas para evitar que la bacteria colonice los tejidos internos, donde la acción de los productos de contacto se ve severamente limitada.

En cuanto a la resistencia al cobre, Valdivia Morales (2023) reporta que el uso continuado de hidróxido y oxiclورو de cobre ha generado una presión de selección que favorece la supervivencia de cepas tolerantes en campo. Para contrarrestar este fenómeno, el autor evalúa el uso de mezclas sinérgicas con fungicidas-bactericidas que optimizan la liberación de iones Cu^{2+} . Este enfoque busca romper la barrera de resistencia genética de las bacterias mediante una mayor biodisponibilidad del ingrediente activo en la superficie foliar, permitiendo controlar poblaciones que anteriormente no respondían a dosis estándar.

Respecto a las variables técnicas y fitotoxicidad, el autor documenta que dosis elevadas de sulfato de cobre pentahidratado, aunque efectivas, pueden comprometer la integridad del follaje. Valdivia Morales (2023) registra que las aplicaciones realizadas bajo condiciones de alta humedad relativa o temperaturas extremas aumentan el riesgo de quemaduras marginales en los folíolos del tomate. Por ello, concluye que el registro sistemático de estos daños es vital para ajustar los protocolos químicos de campo, asegurando que la erradicación de la bacteria no resulte en una pérdida neta de rendimiento por daño fisiológico al cultivo.

Según la investigación de Arreaga (2014), la mezcla de hidróxido de cobre con fungicidas del grupo de los ditiocarbamatos, específicamente el mancozeb, constituye la estrategia química más robusta frente a poblaciones resistentes. El autor demuestra que esta combinación sinérgica incrementa la biodisponibilidad de los iones de cobre libre en la superficie de la planta, logrando una mayor eficacia en el control de la peca bacteriana en condiciones de campo abierto. El estudio detalla que la adición de mancozeb permite penetrar las barreras de defensa de aquellas cepas que presentan una tolerancia moderada al cobre aplicado de forma individual.

Asimismo, el autor destaca que la frecuencia de aplicación, establecida entre 7 y 10 días, es un factor determinante para asegurar la protección de los sépalos del fruto y mantener el rendimiento. Se enfatiza que cualquier tejido nuevo que emerja entre aplicaciones queda vulnerable, por lo que el calendario químico debe ser inflexible, especialmente tras eventos de lluvia o granizo. El documento concluye que el manejo químico basado en Cobre + Mancozeb es la herramienta más efectiva para fincas con historial de enfermedad severa. No obstante, se advierte sobre la necesidad de monitorear la acumulación de residuos metálicos en el suelo tras aplicaciones intensivas.

De acuerdo con el informe del Técnico Agrícola (s.f.), en Colombia, la intervención química en el tomate debe ser precoz, iniciando apenas a los 10 días del trasplante para frenar el establecimiento del inóculo. El autor propone el uso de oxiclورو de cobre por su alta persistencia y adherencia, lo que resulta fundamental en zonas con alta pluviosidad donde otros productos se lavan fácilmente. El manejo busca minimizar la propagación de la bacteria desde las hojas basales hacia los estratos superiores del dosel, protegiendo así el área fotosintéticamente activa. La disciplina en el calendario de aspersiones es, según el autor, el factor que define el éxito comercial.

Adicionalmente, el documento propone el uso de fosfitos como complementos químicos que, aunque actúan como nutrientes foliares, refuerzan las barreras celulares de forma similar a los inductores SAR. Al combinarse con el cobre, estos compuestos mejoran la respuesta estructural de la planta, dificultando mecánicamente la penetración de las células bacterianas en el parénquima. En zonas de monocultivo donde la resistencia al cobre es prevalente, el documento advierte que la omisión de estos reforzadores químicos resulta en una pérdida severa del control. La integración de estas herramientas permite reducir la carga total de bactericidas tradicionales sin comprometer la sanidad de la cosecha final.

4.19. Innovación y Resistencia (Antibióticos e Inductores SAR)

El informe técnico emitido por SENASICA en México, aborda la relevancia de *Pseudomonas syringae pv. tomato* desde una perspectiva de sanidad nacional, catalogándola como una amenaza prioritaria para la seguridad agroalimentaria. El documento describe que la enfermedad se caracteriza por la aparición de lesiones necróticas con halos cloróticos, cuya progresión puede derivar en defoliación severa y pérdidas totales en el rendimiento. Se identifica que la dispersión geográfica del patógeno se ve favorecida por el comercio de semillas no certificadas y el movimiento de maquinaria contaminada entre regiones productoras. Esta situación exige una vigilancia epidemiológica robusta para contener brotes que puedan desestabilizar el mercado interno. (SENASICA, 2023)

La capacidad del patógeno para sobrevivir de forma epífita en malezas y residuos de cosecha

constituye uno de los mayores desafíos para los programas de erradicación. El informe resalta que las condiciones de humedad extrema y el manejo deficiente del riego por aspersión actúan como catalizadores de la infección. Se subraya que la prevención es el pilar fundamental de la estrategia fitosanitaria, instando a los productores a adoptar protocolos de bioseguridad rigurosos desde la etapa de semillero. La coordinación entre los organismos de inspección y los agricultores es señalada como un factor crítico para la detección oportuna de nuevas cepas en territorio nacional. (SENASICA, 2023)

Por su parte, el Centro de Investigación (s.f.) en México sostiene que la elección del ingrediente activo debe ajustarse estrictamente a la fenología del cultivo para evitar daños colaterales. Se recomienda el uso de sulfato de cobre pentahidratado en etapas sensibles como la floración y el cuajado debido a su alta solubilidad y menor índice de fitotoxicidad en comparación con las sales fijas tradicionales. El objetivo primordial de estas aplicaciones es reducir la carga bacteriana epífita antes de que ocurran eventos climáticos favorables para la infección sistémica. El documento resalta que una dosificación técnica precisa es la base para un control sanitario eficiente y seguro.

Además, el reporte introduce la integración de inductores de resistencia sistémica adquirida (SAR), como el Acibenzolar-S-metil, como un cambio de paradigma en el manejo químico. Estos compuestos no actúan directamente sobre la bacteria, sino que activan las rutas metabólicas de defensa de la planta, permitiendo una protección interna que complementa la barrera externa de los productos cúpricos. Según este reporte, el manejo químico moderno no puede depender de una única molécula de contacto, sino de un esquema híbrido. Esta estrategia combinada busca reducir la presión de selección de resistencia al alternar el ataque directo al patógeno con el fortalecimiento del sistema inmunológico vegetal. Centro de Investigación (s.f.)

Nafarrete Vázquez (2018) en México, centra su análisis en la evaluación de bactericidas sistémicos y de contacto, como la estreptomina y el oxiclورو de cobre, en condiciones de campo abierto. El autor explica que el manejo químico debe ser dinámico, adaptándose a la fenología del cultivo para proteger las etapas más susceptibles de la infección. Sus datos demuestran que el inicio temprano de las aplicaciones es determinante para reducir la tasa de propagación, especialmente cuando se emplean antibióticos agrícolas que actúan interfiriendo

directamente en la síntesis proteica de las bacterias en desarrollo.

El problema de la resistencia bacteriana es un eje central en el trabajo de Nafarrete Vázquez (2018), quien señala que las poblaciones de *Pseudomonas* en zonas productoras intensivas han mostrado una sensibilidad decreciente a los tratamientos químicos tradicionales. El autor propone la alternancia rigurosa de ingredientes activos con diferentes sitios de acción para preservar la vida útil de las moléculas disponibles. Su revisión sugiere que el estatus de resistencia del lote debe determinar la dosis y la mezcla química, priorizando el uso de antibióticos solo en momentos de alta presión epidemiológica para mitigar la selección de cepas súper-resistentes.

Finalmente, sobre la fitotoxicidad y manejo técnico, Nafarrete Vázquez (2018) observa que la acumulación de residuos químicos en el follaje tras aplicaciones frecuentes puede generar estrés oxidativo en la planta. El autor advierte que el síntoma de "quemado" es una variable que debe cuantificarse en los ensayos de eficacia, ya que influye directamente en la calidad del fruto. La investigación concluye que el éxito del manejo químico no solo se mide por la reducción de la enfermedad, sino por la capacidad de mantener un follaje sano y productivo bajo un esquema de aplicación intenso.

Bajo la perspectiva de Zaci Chan (2020), la resistencia de *P. syringae* al cobre está mediada por sofisticados sistemas de expulsión celular que requieren una respuesta química diversificada. El autor sostiene que la evaluación de la compatibilidad química en las mezclas de tanque es un paso crítico que suele omitirse, provocando la inactivación de los bactericidas antes de tocar la hoja. Se propone el uso de la kasugamicina como una rotación clave debido a su capacidad de inhibir la síntesis de proteínas bacterianas de manera específica. Este enfoque farmacológico busca atacar diferentes puntos vitales de la bacteria para superar sus mecanismos de defensa adquiridos.

En cambio, se discute el balance necesario entre la eficacia del tratamiento y el riesgo de fitotoxicidad en los tejidos jóvenes. El autor advierte que dosis excesivas de oxiclورو de cobre bajo condiciones de estrés hídrico pueden causar quemaduras que terminan facilitando la entrada de patógenos oportunistas. Por ello, el manejo químico debe ser calibrado según las

condiciones ambientales del sitio experimental, priorizando formulaciones quelatadas en momentos de alta radiación. El estudio concluye que la comprensión de la interacción química entre el producto y la fisiología vegetal es la única vía para lograr un control sanitario que sea efectivo y respetuoso con la integridad del cultivo.

4.20. Factores Críticos, Fenología y Clima

La investigación de la Universidad Rafael Landívar en Guatemala, evalúa la eficacia de diversas intervenciones químicas frente a la peca bacteriana en el cultivo de tomate, bajo condiciones de alta humedad relativa. Los autores señalan que el uso de bactericidas cúpricos sigue siendo el estándar en la industria, a pesar de las limitaciones impuestas por la resistencia de las cepas de *Pseudomonas syringae*. El estudio resalta que las pérdidas económicas son más severas cuando el manejo es reactivo y no preventivo. Por ello, se propone una reevaluación de los programas de aplicación actuales para optimizar el uso de recursos. (Quisquina, 2022)

Los resultados experimentales indican que las aplicaciones en etapas fenológicas tempranas logran una reducción significativa en la incidencia y severidad de la enfermedad. Se observó que la eficacia del control aumenta cuando se integran coadyuvantes que mejoran la cobertura del follaje y la adherencia del producto. La investigación subraya que el monitoreo constante permite ajustar las frecuencias de aplicación según el riesgo climático detectado. De este modo, la integración de datos meteorológicos con el control químico mejora sustancialmente la sostenibilidad del tratamiento. (Quisquina, 2022)

Un hallazgo crítico del estudio es la importancia de la rotación de ingredientes activos para mitigar el desarrollo de poblaciones bacterianas resistentes. Los autores explican que la dependencia exclusiva de un solo grupo químico reduce la vida útil de las herramientas de control disponibles. Además, se sugiere complementar la intervención química con la desinfección de herramientas y la gestión adecuada de residuos de cosecha. Estas prácticas reducen la presión del patógeno y prolongan la efectividad de las aplicaciones químicas en el largo plazo. (Quisquina, 2022)

Por otro lado, la Guía de Campo (s.f.) establece que la lixiviación por lluvia es el mayor desafío logístico para la persistencia del manejo químico en el tomate. Se exige la reaplicación

inmediata de los protectantes químicos tras eventos pluviales superiores a los 10 mm, ya que el lavado del producto deja el tejido vulnerable por salpicadura. El documento enfatiza que la protección debe ser total, cubriendo tanto el haz como el envés de las hojas, donde se localiza la mayor densidad de estomas. El manejo químico se define aquí como una carrera de resistencia contra el clima para mantener la barrera de cobre activa.

El documento posiciona al Acibenzolar-S-metil como la frontera tecnológica para evadir la resistencia al cobre de manera sostenible en el tiempo. Al no ejercer una presión de muerte directa sobre la bacteria, este inductor sistémico ofrece una ventana de protección que no se ve afectada por los plásmidos de resistencia. La guía termina reafirmando que el futuro del manejo de la peca bacteriana depende de la reducción de la presión selectiva mediante programas integrados. La combinación de bajas dosis de cobre con inductores y el uso estratégico de antibióticos de diferentes familias es la única vía para gestionar la resistencia a nivel de campo.

El estudio desarrollado por la Universidad Zamorano, en Honduras, analiza la prevalencia de la peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) en sistemas hortícolas, destacando que esta fitopatología compromete la calidad externa e interna del fruto. La investigación subraya que la supervivencia del patógeno está estrechamente vinculada a su capacidad de persistencia en semillas contaminadas y restos de cosechas previas, lo que facilita su dispersión en periodos de alta humedad. El impacto económico se describe como significativo, afectando no solo el rendimiento por hectárea sino también el valor comercial del tomate en mercados exigentes. Ante este escenario, se identifica la necesidad de implementar protocolos de diagnóstico temprano para mitigar la propagación del inóculo en el campo. (Zamorano, s.f.)

Desde una perspectiva epidemiológica, se detalla que los síntomas se manifiestan inicialmente como pequeñas lesiones necróticas que reducen la capacidad fotosintética de la planta. El documento enfatiza que la dispersión se acelera mediante vectores físicos como el agua de lluvia, el viento y el uso de herramientas de poda no desinfectadas. Esta dinámica de contagio requiere que el productor mantenga una vigilancia fitosanitaria constante para evitar brotes epidémicos. Asimismo, se resalta que el manejo inadecuado de las labores culturales puede actuar como un catalizador para la expansión de la bacteria hacia áreas sanas del cultivo. (Zamorano, s.f.)

En cuanto a las estrategias de control, se recomienda un enfoque preventivo basado en el uso de bactericidas cúpricos, aunque se advierte sobre la creciente presión de selección que deriva en resistencia bacteriana. La investigación sugiere que el control químico debe ser complementado obligatoriamente con prácticas culturales, tales como la rotación de cultivos y la eliminación rigurosa de tejidos infectados. Se destaca que la adopción de semillas certificadas es una barrera crítica para interrumpir el ciclo biológico del patógeno desde su origen. Estas medidas preventivas son fundamentales para reducir la carga de inóculo ambiental. (Zamorano, s.f.)

El estudio técnico desarrollado por Blanco-Meneses et al. (2023) en Costa Rica, analiza la situación actual del manejo químico de enfermedades bacterianas en las principales zonas productoras de tomate de Costa Rica. La investigación revela que el control de patógenos como *Ralstonia solanacearum* y *Xanthomonas* spp. depende de una limitada oferta de ingredientes activos. Los productores locales recurren principalmente a tres grupos de productos: antibióticos, compuestos a base de cobre y fungicidas protectantes como el clorotalonil y el mancozeb. Esta dependencia química se debe a la intensidad del cultivo y a la agresividad de las bacterias en climas tropicales, lo que obliga a aplicaciones frecuentes que pueden superar los límites técnicos recomendados.

En cuanto a los ingredientes activos específicos, Blanco-Meneses et al. (2023) identifican que los antibióticos más utilizados son la estreptomina, la oxitetraciclina y la gentamicina. Estos compuestos se aplican frecuentemente en mezclas comerciales diseñadas para aumentar la eficacia del control preventivo y curativo en el campo. Un hallazgo relevante es que el 100% de los productores encuestados en regiones como el Valle Central Occidental utiliza antibióticos dentro de su programa fitosanitario. La preferencia por estas moléculas radica en su capacidad sistémica, lo que permite una protección interna de la planta que los productos de contacto, como el cobre, no pueden ofrecer de manera aislada.

El eje de la resistencia es abordado por Blanco-Meneses et al. (2023) al advertir sobre el uso excesivo e inadecuado de estas moléculas sintéticas en la agricultura. El diagnóstico señala que muchas aplicaciones se realizan de forma rítmica sin considerar el umbral de daño económico, lo que acelera la presión de selección sobre las poblaciones bacterianas. Desde la perspectiva de los productos cúpricos, Blanco-Meneses et al. (2023) mencionan que el cobre

sigue siendo el estándar base, pero se utiliza cada vez más en combinación con otros químicos para mejorar su desempeño. El estudio reporta que los agricultores suelen mezclar el hidróxido o el oxiclورو de cobre con inductores de resistencia o fungicidas sistémicos para tratar de frenar ataques severos. Esta práctica refleja un intento por compensar la pérdida de sensibilidad de las bacterias hacia el cobre metálico, fenómeno que ya se observa en diversas regiones tomateras del mundo. La integración de estos datos permite documentar cómo la mezcla de ingredientes activos se ha vuelto la estrategia de defensa estándar ante la ineficacia de los tratamientos simples.

Otro aspecto crítico que destacan Blanco-Meneses et al. (2023) es la falta de conocimiento técnico de los productores sobre la rotación de grupos químicos. El diagnóstico revela que muchos agricultores aplican productos comerciales de manera empírica, basándose en la tradición o la disponibilidad en el mercado local, sin comprender que están usando repetidamente los mismos ingredientes activos bajo diferentes nombres. Esta carencia de asesoría profesional específica sobre los mecanismos de acción de los bactericidas favorece la selección de cepas multirresistentes en el campo. Por lo tanto, el estudio sugiere que el manejo químico actual en regiones tropicales no solo es ineficiente en términos de costos, sino que también es una práctica de alto riesgo para la sostenibilidad de los cultivos de tomate frente a patógenos bacterianos persistentes.

Así mismo, Blanco-Meneses et al. (2023) subrayan que el control químico por sí solo, aunque predominante, es insuficiente para garantizar la sanidad del cultivo de tomate a largo plazo si no se acompaña de una vigilancia técnica. La investigación concluye que es necesario establecer un marco regulatorio más estricto y programas de capacitación que enseñen al productor a identificar el momento oportuno para la aplicación de antibióticos y cobres. La dependencia extrema de estas moléculas sintéticas ha creado un círculo vicioso donde se aumentan las dosis para compensar la pérdida de eficacia, agravando el problema de la resistencia química.

Blanco-Meneses et al. (2023) concluyen que es urgente implementar programas de manejo integrado que reduzcan el "antibiótico-dependencia" en el sector agrícola. Los autores enfatizan que el conocimiento de los productores sobre el modo de acción de los bactericidas es limitado, lo que lleva a rotaciones ineficientes entre grupos químicos.

4.21. Fitotoxicidad y Riesgos

Valenzuela et al. (2019) en Ecuador evaluaron la eficacia directa de diversos bactericidas químicos, resaltando que la combinación de cobre con inductores de resistencia (SAR) como el Acibenzolar-S-metil representa una frontera avanzada en el manejo químico. Los autores explican que, mientras el cobre actúa de forma bactericida directa en la superficie, los inductores químicos "encienden" el metabolismo secundario de la planta, creando una barrera dual. Este enfoque integrado en campo busca no solo matar a la bacteria presente, sino blindar químicamente los tejidos adyacentes contra nuevas colonizaciones.

En relación a la resistencia al cobre, el estudio de Valenzuela et al. (2019) confirma que la eficacia de los productos basados exclusivamente en metales pesados es insuficiente ante cepas altamente agresivas. Los autores abogan por el uso de mezclas que incluyan antibióticos como la kasugamicina para asegurar una acción letal directa sobre el metabolismo bacteriano. Su investigación subraya que en campos con estatus de resistencia comprobado, la dosis del ingrediente activo debe ser monitoreada para evitar que aplicaciones subletales aceleren el desarrollo de tolerancia en las poblaciones locales de *Pseudomonas*.

Sobre la fitotoxicidad y formulación, Valenzuela et al. (2019) destacan que la elección entre polvos mojables (WP) y suspensiones concentradas (SC) impacta tanto en la cobertura como en la seguridad del cultivo. Los autores reportan que las formulaciones líquidas suelen ser más amigables con el follaje, reduciendo la incidencia de necrosis en comparación con los polvos que tienden a acumularse en los bordes de las hojas. Este hallazgo es fundamental para tu revisión, ya que establece que la tecnología de la formulación es tan importante como la dosis del ingrediente activo para evitar daños fitotóxicos durante la erradicación directa.

Según el Manual Técnico (s.f.), en Chile afirma que la evolución de las formulaciones químicas hacia gránulos dispersables (WG) ha mejorado significativamente la estabilidad y dosificación de los principios activos en el campo. El texto argumenta que los antibióticos agrícolas deben ser tratados exclusivamente como herramientas de rescate ante epidemias descontroladas y no como la base del programa preventivo. El uso indiscriminado de estas moléculas ha derivado en una invalidación de su eficacia en las principales zonas tomateras del mundo. Por tanto, la recomendación técnica se centra en el ajuste dinámico de las dosis de

cobre, elevando la concentración solo en periodos de susceptibilidad crítica.

Por otro lado, el documento sostiene que la gestión del inóculo es un proceso continuo que requiere una vigilancia constante de la calidad del agua de aplicación. Un pH inadecuado o la presencia de sedimentos pueden inactivar los iones de cobre, permitiendo que la bacteria se establezca a pesar de los tratamientos realizados. El autor sugiere que el manejo químico debe ser visto como una gestión de riesgos, donde se seleccionan los productos con base en su persistencia y capacidad de cubrir los nuevos brotes de crecimiento. La sostenibilidad del sistema productivo depende de evitar la sobreexposición de la bacteria a una sola familia química, promoviendo la rotación técnica constante.

Según el análisis de Ingeniería Agronómica (s.f.), en Argentina afirma que el éxito del manejo químico en campo está directamente ligado a factores técnicos como el volumen de aplicación y el pH del caldo. Se sugiere mantener un valor de pH cercano a 6.5 para optimizar la liberación de iones de cobre sin provocar quemaduras en el tejido foliar, lo cual es común en aplicaciones mal calibradas. El autor identifica a la kasugamicina como una alternativa química esencial ante la obsolescencia de la estreptomicina en diversas regiones. Esta transición hacia nuevos antibióticos con distintos modos de acción se presenta como la respuesta técnica frente a la pérdida de sensibilidad.

En cuanto a la resistencia, el documento advierte que la población de *P. syringae* posee una gran plasticidad genética, lo que facilita la transferencia de resistencia entre diferentes lotes. Por esta razón, se recomienda que los programas químicos incluyan rotaciones obligatorias entre bactericidas de contacto e inductores sintéticos para romper el ciclo evolutivo del patógeno. El autor sostiene que la eficacia de un producto no depende solo de su ingrediente activo, sino de la estrategia global de alternancia que se implemente durante el ciclo. El manejo debe ser proactivo, utilizando los datos de sensibilidad local para seleccionar las moléculas más efectivas y evitar el desperdicio de insumos químicos ineficaces.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Descripción del sitio del experimento

La presente práctica profesional se realizó en los lotes de producción de hortalizas en la universidad nacional de agricultura. La (UNAG) está ubicada en la ciudad de Catacamas, departamento de Olancho en el km 216 carretera hacia Culmi, el campus ronda a 450 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas geográficas aproximadas son 14.8239° N, -85.8411° W. También cuenta con un aproximado de 10 ha solo el área de hortalizas, cabe recalcar que esta ciudad se caracteriza por tener un clima cálido que rondan los 26 a 35 °C, con un porcentaje de humedad relativa del 80% teniendo periodos de lluvia en determinados momentos.



Figura 4. Mapa ubicación de la UNAG

Ubicación UNAG Fuente: Google map

4.2. Material y equipo

Se utilizó la variedad de tomate “Perseo”, pero por condiciones de problemas de sanidad se tuvo la pérdida de dicha variedad sustituyéndola por una variedad distinta de nombre “Corcel F1”. Se utilizaron herramientas como computadora, (azadón, piocha, pala, chancha machete) calculadora, cuaderno de apuntes, cintas para medir, sistema de riego, motor a gasolina, bomba de motor, bomba de mano (de 20 litros), estaca, cabuya (pita), agríbon, insumos, fertilizantes, copa Bayer de 25 cc.

4.3. Seguimiento fitosanitario del cultivo

“Durante la práctica profesional se realizó seguimiento al comportamiento fitosanitario del cultivo de tomate, observando la presencia de peca bacteriana y otras enfermedades bajo condiciones de campo abierto.

4.4. Periodo de duración de la practica

La duración del trabajo de práctica profesional tuvo una duración de tres meses dos semanas efectuando trabajo continuo coincidiendo con el ciclo de producción completo del cultivo, hecho a campo libre.

4.5. Manejo agronómico

4.5.1. Preparación de la Tierra

La preparación del suelo se realizó de forma mecánica, con financiamiento por parte de la universidad prestando un tractor agrícola.

4.5.2. Arado

Se preparó el suelo de forma homogénea tratando de voltear la parte superficial del suelo a profundidades que variaron hasta los 10 o 20 cm.

4.5.3. Rastreo

Se procedió a pulverizar los terrones que quedaron después de la aradura, cabe recalcar que el trabajo de arado se llevó dos días y dos días de rastreo y encamado.

4.5.4. Encamado

Se formaron 15 camas de 1.5 m de ancho por 24 m de largo haciendo un total de terreno equivalente a 562.5 m cuadrados. **Figura 5 y 6**



Figura 5. Preparación del terreno



Ç

Figura 6. Encamado de la parcela.



Figura 7. Estaqueado de bordas.

4.5.5. Trasplante



Figura 8. Almacigo de tomate.

El trasplante de la variedad “Perseo” se realizó el dos de marzo de marzo del 2026, cabe mencionar que el suelo estaba húmedo antes de la siembra, se contabilizo la cantidad de 720 plantas que fueron sembradas a un distanciamiento de 50 cm planta entre planta. Posterior a lo mencionado se hizo la aplicación de solución arrancadora drensh (1.3kg de 18-46-0 en un barril de 200 lts) aplicando una



Figura 9. Plantas con damping off.

dosis de 150 ml/planta. Por factores bióticos y abióticos, la parcela se vio afectada por pudrición de tallo (damping off), *Fusarium spp*, *Ralstonia solanacearum*, perdiéndose una gran densidad de plantas en los tratamientos, en cambio se determinó hacer un segundo trasplante utilizando la variedad “Corcel F1” el seis de marzo del 2026.

4.5.6. Fertilización

Las fertilizaciones se hicieron conforme a un plan de manejo de fertilización empírico, llevando consigo las anotaciones de lo que se le suplemento al lote de plantas durante todo el ciclo del cultivo. **Anexo 3**

4.5.7. Fertilización química:

A los 8 días después de trasplante se fertilizo con una fórmula de inicio TRIPLE 20-20.20, mas enraizador, las siguientes aplicaciones se hicieron con soluciones concentradas como el SULFATO MONO AMÓNICO (MPA) 12-62-0; NITRATO DE CALCIO al 25%, KCL 62%, SULFATO DE MAGNESIO, y la formula NPK 12-24-12. Se aplicaron un alrededor de cinco fertilizaciones foliares a base de productos como FITO MARE regulador de crecimiento, el METALOSIL POTASIO para el engorde de la fruta, PENTAMINS calcio-boro cuajado y

amarre de flor, FOLTROM PLUS favorece al brote de flores, estos productos se aplicaron con base a la etapa fenológica del cultivo.

4.5.8. Riego por goteo

El riego que se utilizó para efectos de tener mejores resultados fue el riego por goteo, con cinta espaciada de 0.10 m de emisor a emisor, descargando 1 litro de agua por hora.

4.5.9. Manejo integrado de plagas

No se utilizaron trampas manuales, en cambio se efectuaron fumigaciones constantes para el control de plagas. **Anexo 4**

4.5.10. Control de Malezas

A los 10, 25 y 34 días se realizarón controles de maleza de maleza manual y con azadón, para evitar sobrepoblación de malas hiervas y pelea de nutrientes, contrarrestando la desnutrición del cultivo.



Figura 10. 10 días ddt.



Figura 11. 25 días ddt



Figura 12. 34 días ddt

4.5.11. Control químico

Se aplicaron insecticidas a base de ingredientes activos lambda cihalotrina y clorpirifos de nombre PIRAÑA y CURAGRO insecticida organofosforado con ingredientes activos benzoilurea, profenofos, lufenrol al momento de trasplantar, para controlar gusano falso medidor entre otros. Seis días después se aplicó UNIFORM, un fungicida a base de ingredientes activos azoxistrobin y metalaxyl-M (mefenoxam) que ayudo a controlar mal de talluelo (damping-off) y Fusarium spp.

Descripción de los fungicidas bactericidas aplicados

Tacrepecunir: Es un Fungicida-Bactericida en formulación líquida, con acción sistémica a base de Sulfato de Cobre Pentahidratado más Oxitetraciclina, con efecto preventivo y curativo para una amplia gama de enfermedades causadas por hongos y bacterias.

Phyton gold: Es un fungicida sistémico que tiene acción preventiva y curativa. Inhibe la germinación de las esporas de los hongos. Es absorbido por la planta y transportado por la corriente de savia de tal manera que el ingrediente activo protege las plantas de enfermedades y no es lavado por las lluvias. El Phytón tiene dos tipos de movimiento o sistemia (acropetal y basepetal).

Agrimicyn: Es un potente bactericida y fungicida agrícola de amplio espectro y acción sistémica, diseñado para prevenir y curar enfermedades bacterianas en diversos cultivos.

Bela plus: Es un producto altamente eficaz para inhibir el desarrollo y el crecimiento de la gran mayoría de las bacterias y hongos Fito patógenos. Para obtener una mayor efectividad, la aplicación debe lograr un total cubrimiento de la hoja tanto en el haz como en el envés.

La eficiencia en el uso de herbicidas, fungicidas y bactericidas dependió del buen manejo, dosis, cantidad de agua para su aplicación y boquilla utilizada para su aplicación. Para controlar hongos, bacterias y malezas, se aplicaron las cantidades adecuadas siguiendo las instrucciones de la etiqueta.

Aplicaciones de los bactericidas

La aplicación se hizo a los 27 días ddt con las siguientes dosis:

Agrimicyn 12 gramos en bomba 20 litros

Tacrepecunir 50 cc en bomba 20 litros

Bela plus 33 ml en bomba de 20 litros

Phyton 42 ml en bomba de 20 litros

4.6. Enfermedades observadas durante el ciclo del cultivo

Durante el desarrollo del cultivo se observaron diversas condiciones que influyeron en su comportamiento general. La peca bacteriana *Pseudomonas syringae* pv *tomate* se presentó de manera esporádica durante el desarrollo del cultivo. Entre los aspectos más relevantes, se identificó la presencia de enfermedades como *Fusarium*, *Ralstonia solanacearum*, *Sclerotinia sclerotiorum* y el complejo conocido como damping off, las cuales se presentaron en diferentes etapas fenológicas del cultivo. Estas enfermedades son ampliamente reconocidas por afectar el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos, especialmente bajo condiciones no favorables de humedad, pero con un manejo agronómico adecuado.



Figura 13. Ensayo cultivo de tomate.

En términos generales, las observaciones realizadas en campo permitieron evidenciar síntomas característicos como marchitez (**Figura 14**), pudriciones (**Figura 15**), y muerte de plántulas (**Figura 16**), lo cual sugiere una afectación directa sobre la sanidad del cultivo. Asimismo, se pudo notar que la incidencia de estas enfermedades no fue uniforme, presentándose variaciones en su aparición a lo largo del área sembrada. **Ver Figura 14,15,16.**



Figura 14. Planta de tomate con síntomas avanzados de marchitez vascular.



Figura 15. Planta de tomate con pudrición en la zona del cuello y raíces.



Figura 14. Daño por damping off (marchitamiento de plántulas).

A pesar de ello, las observaciones cualitativas realizadas constituyen una base importante para interpretar el comportamiento del cultivo bajo las condiciones en las que se desarrolló el ensayo. La presencia de los patógenos mencionados sugiere que existieron condiciones predisponentes para su desarrollo, lo cual pudo haber influido en la respuesta general del cultivo. En este sentido, es importante destacar que la falta de datos cuantitativos representa una limitante en la profundidad del análisis de resultados, por lo que las conclusiones derivadas deben considerarse con precaución.

4.7. Productos químicos en campo utilizados contra peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv *tomate*)

4.7.1. Cobres: fundamentales en el manejo de enfermedades bacterianas.

Jaw W, 2011 Las palabras cáncer bacterial, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, canchros, enfermedades de la madera y PSA son ya conocidas por todos los actores involucrados en el mundo frutícola de la zona central y centro sur de nuestro país. Cuantiosos son los daños que pueden ocasionar tanto en forma directa (como muerte de ramas y planta entera) como indirectos (debilitamiento de plantas, disminución de rendimiento) en las plantaciones frutícolas.

Dentro de las estrategias de manejo para estos problemas, es fundamental el uso de los bactericidas-fungicidas en base a cobres, ya que representan una parte importante del programa fitosanitario para controlar estas enfermedades. El cobre en solución se encuentra como ión cuproso (Cu^+) o como ión cúprico (Cu^{++}). De esta forma producen en los microorganismos la ruptura de lípidos de la membrana, afecta la actividad enzimática y por ende a las proteínas, ruptura del ADN y estrés oxidativos al interior de las células de los patógenos. Chile es el mayor productor de cobre a nivel mundial y Quimetal ha sabido aprovechar esta ventaja, desarrollando una completa línea de productos en base a este elemento, los cuales son elaborados con materias primas de primera calidad, adquiridas directamente desde Codelco. (Jaw W, 2011)

Así Quimetal, con más de 60 años de experiencia y con procesos productivos de última generación, ha entregado productos de primera línea para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, tanto en Chile como en el extranjero.

4.7.2. Bela Plus (Bellrod Corporation)

Bellrod Corporation define al Bela Plus como un bactericida de élite que combina la acción de la estreptomicina, oxitetraciclina y sulfato de cobre pentahidratado para lograr una interrupción multienzimática del metabolismo bacteriano. Según la empresa, este producto actúa directamente sobre la síntesis de proteínas en los ribosomas de la bacteria, mientras que el componente cúprico destruye las paredes celulares por contacto, siendo una herramienta diseñada específicamente para la erradicación de cepas de *Pseudomonas* y *Xanthomonas* que presentan resistencia a tratamientos convencionales.

Respecto a la fitotoxicidad, Bellrod Corporation advierte que, debido a la potencia de su formulación triple, es imperativo respetar las dosis recomendadas para evitar daños en tejidos jóvenes y órganos reproductores del tomate. La empresa señala que el riesgo de quemaduras foliares aumenta si el producto se mezcla con sustancias de reacción alcalina o si se aplica bajo condiciones climáticas de alta humedad y baja evaporación, situaciones donde la acumulación de iones de cobre puede superar el umbral de tolerancia del cultivo.

4.7.3. Tacre P-Cu-Nir 32 SC (Bellrod Corporation)

De acuerdo con la descripción técnica de Bellrod Corporation, el Tacre P-Cu-Nir 32 SC es un bactericida cúprico sistémico que se distingue por su capacidad de traslocación dentro de la planta, atacando a los patógenos no solo de forma superficial sino también a nivel vascular. La empresa destaca que su mecanismo de acción bactericida directa interfiere con los sistemas enzimáticos vitales de la bacteria, logrando una limpieza profunda del tejido infectado y deteniendo la propagación de la peca bacteriana en condiciones de alta presión en el campo.

En el apartado de seguridad del cultivo, Bellrod Corporation afirma que esta formulación sistémica en suspensión concentrada ofrece una mayor selectividad que los cobres fijos tradicionales, reduciendo significativamente la incidencia de fitotoxicidad mecánica. No obstante, la empresa recomienda precaución debido a su contenido de nitrógeno, ya que una sobreestimulación del crecimiento vegetativo sin la protección química adecuada puede derivar en una mayor susceptibilidad de los brotes tiernos a nuevas colonizaciones bacteriana.

4.7.4. Phytion 24 SC (Marand & Asociados / MAIH)

La empresa Marand & Asociados (MAIH) describe al Phytion 24 SC como un complejo de sulfato de cobre pentahidratado con tecnología de absorción sistémica que permite una penetración rápida en los tejidos de la hoja y el tallo. Según la ficha técnica de la empresa, su acción bactericida es directa y erradicante, liberando iones de cobre que desnaturalizan las proteínas y enzimas celulares de la bacteria de manera inmediata, lo que lo posiciona como un producto clave para frenar epidemias activas en el cultivo de tomate.

Sobre la variable de fitotoxicidad, Marand & Asociados (MAIH) hace énfasis en que la estabilidad y seguridad del producto dependen críticamente del pH de la mezcla y de las condiciones ambientales durante la aplicación. La empresa reporta que, aunque el producto es altamente eficaz, dosis excesivas o aplicaciones en momentos de estrés hídrico pueden resultar en daños fitotóxicos como el "bronceado" de hojas o el aborto de flores, por lo que es fundamental seguir los protocolos de aplicación para asegurar la protección directa sin comprometer el rendimiento.

4.7.5. Agrimycin 16.5 WP (DuWest)

DuWest presenta al Agrimycin 16.5 WP como un bactericida sistémico compuesto por estreptomicina y oxitetraciclina, diseñado para inhibir la síntesis proteica en la subunidad 30S del ribosoma bacteriano. La empresa sostiene que este producto es esencial en la "carrera armamentista" contra la resistencia, ya que su acción letal es específica y no depende de metales pesados, permitiendo el control efectivo de poblaciones de *Pseudomonas syringae* que ya no responden a las aplicaciones tradicionales de cobre en el campo.

En cuanto al impacto fisiológico, DuWest indica que el Agrimycin 16.5 WP posee un perfil de fitotoxicidad muy bajo, lo que permite su uso en etapas fenológicas críticas donde otros productos químicos resultarían agresivos para la planta. Sin embargo, la empresa subraya que la seguridad del producto está ligada a un manejo responsable, advirtiendo que su uso debe limitarse a un número específico de aplicaciones por ciclo para evitar tanto el retraso en el crecimiento vegetativo como la inducción de resistencia genética en las bacterias del entorno agronómico.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estándar de oro para el control de la bacteria en Catacamas sigue basándose en formulaciones de cobre por su capacidad para desnaturalizar proteínas al contacto. No obstante, bajo el clima de Olancho, la eficacia depende de un calendario preventivo que inicie a los pocos días del trasplante con frecuencias de 7 a 14 días. El uso continuado de hidróxido y oxiclورو de cobre ha generado presión de selección, favoreciendo cepas tolerantes en campo. Para contrarrestar esto, se evalúan mezclas sinérgicas con mancozeb que optimizan la liberación de iones Cu^{2+} en la superficie foliar. Este enfoque busca romper la resistencia genética mediante una mayor biodisponibilidad del ingrediente activo en el follaje. Sin embargo, dosis elevadas de sulfato de cobre pueden comprometer la integridad foliar, causando quemaduras marginales bajo la alta humedad de la zona.

La baja incidencia de peca observada en el cultivo sugiere que las condiciones no fueron altamente favorables para su desarrollo, en comparación con otros patógenos presentes. Este comportamiento coincide con lo reportado en la literatura, donde se indica que esta enfermedad tiende a presentarse con menor frecuencia bajo ciertas condiciones ambientales.



Figura 17. Triangulo de enfermedades

En el valle de Catacamas, la dependencia de antibióticos como la estreptomicina, oxitetraciclina y gentamicina es común debido a su capacidad sistémica para proteger el interior de la planta. El diagnóstico actual revela que muchos productores utilizan estas moléculas de forma indiscriminada y rítmica, acelerando la multirresistencia bacteriana. La investigación sugiere que el estatus de resistencia del lote debe determinar la mezcla química, priorizando

antibióticos solo en momentos de alta presión epidemiológica. Alternativas como la kasugamicina emergen como piezas clave en la rotación para inhibir la síntesis de proteínas y superar defensas adquiridas.

El en ensayo se observó que, si hubo presencia del patógeno, y entro al huésped, pero fallaron las condiciones climáticas (medio ambiente) manteniendo el índice de incidencia y severidad bajo, así mismo se demostró la presencia de la enfermedad, no obstante, el desarrollo de la misma fue lenta y casi nulo. **Figura 18**

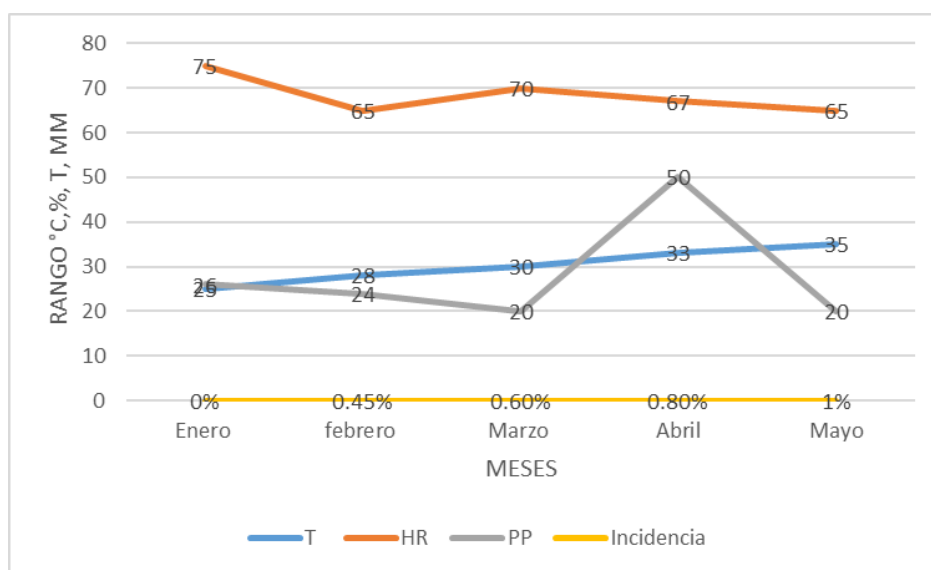


Figura 18. Gráfico de líneas sobre los factores agroclimáticos de Catacamas

Estos datos fueron tomados durante todo el ciclo del cultivo, teniendo temperaturas (T) altas de 26 C a 35 C, con humedad relativa (HR) de 75 a 65%, y con precipitaciones (PP) de 26 mm a 50 mm en los meses de enero febrero y marzo. En cambio, Lewis. (s.f) explica que para que se desarrolle la peca bacteriana tienen que haber parámetros de temperatura del 27 °C para que esta inicie su proceso de dispersión en frutos, hojas y demás plantas, de lo contrario el desarrollo es lento en climas cálidos

En regiones tropicales como Costa Rica y México, la dependencia de antibióticos como la estreptomycin, oxitetraciclina y gentamicina se ha vuelto una práctica generalizada debido a su capacidad sistémica. El diagnóstico actual revela que muchos productores utilizan estas moléculas de forma indiscriminada y rítmica, sin considerar los umbrales de daño económico,

lo que acelera la multirresistencia. La investigación sugiere que el estatus de resistencia del lote debe determinar la dosis y la mezcla química, priorizando antibióticos solo en momentos de alta presión epidemiológica. Alternativas como la kasugamicina emergen como piezas clave en la rotación para inhibir la síntesis de proteínas bacterianas de manera específica y superar mecanismos de defensa adquiridos. La transición hacia nuevos antibióticos con distintos modos de acción es la respuesta técnica necesaria ante la obsolescencia de moléculas tradicionales.

La FHIA, (2014), menciona que las bacterias tienen requerimiento obligado de humedad para multiplicarse, por lo cual la prevalencia de alta humedad (relativa y libre) a nivel de la masa foliar es conducente a su multiplicación. Dicha humedad es generada por lluvia, neblina, rocío o riego por aspersión, brindando a las bacterias un ambiente óptimo para infección y ocurrencia de mayor severidad de daño. En cuanto a temperatura, existen diferencias marcadas en la preferencia de ambas bacterias, siendo así que temperaturas frescas (entre 13 y 25 °C) favorecen el desarrollo de Peca bacteriana

La FHIA, 2014 resalta que sistemáticamente se debe aplicar control adecuado de malezas y plantas voluntarias dado que son fuente de inóculo. Esto concuerda con el manejo agronómico hecho en el cultivo en donde se mantuvo un control de malezas severo absteniendo el progreso de la enfermedad. Asimismo, otro factor importante fue la eliminación de residuos alrededor del ensayo aplicando herbicidas para su control, haciendo difícil que la bacteria pudiera vivir, como lo afirma la FHIA, (2014) estas bacterias pueden sobrevivir entre ciclos de producción en residuos de cosecha y plantas voluntarias de otras.

La innovación tecnológica introduce el uso de inductores de resistencia sistémica adquirida (SAR), como el Acibenzolar-S-metil, que representan un cambio de paradigma en el manejo fitosanitario. Estos compuestos no matan a la bacteria directamente, sino que activan las rutas metabólicas de defensa de la planta para crear una barrera interna complementaria. Al no ejercer presión de muerte directa, estos inductores ofrecen una ventana de protección que no se ve afectada por plásmidos de resistencia bacteriana. Complementariamente, el uso de fosfitos refuerza las barreras celulares y dificulta mecánicamente la penetración del patógeno en el parénquima de la planta. La integración de estas herramientas permite reducir la carga total de bactericidas tradicionales sin comprometer la sanidad de la cosecha final.

VI. CONCLUSIONES

Aunque se confirmó la presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* y se utilizó un hospedero susceptible (*Solanum lycopersicum*), la interacción del componente ambiental dentro del triángulo de la enfermedad fue el factor determinante para que la incidencia y severidad se mantuvieran en niveles críticamente bajos. Las temperaturas registradas en Catacamas (26 °C a 35 °C) superaron el rango óptimo del patógeno (13 °C a 25 °C), demostrando cuantitativamente que las condiciones macroclimáticas de la zona actúan como una barrera natural que ralentiza y neutraliza el progreso de la peca bacteriana en el campo abierto.

La pérdida de la densidad poblacional inicial de la variedad "Perseo" debido al ataque severo de *damping-off* y *Fusarium spp.*, lejos de invalidar la práctica, demostró la capacidad de respuesta técnica y resiliencia agronómica mediante el reestablecimiento oportuno del lote con la variedad "Corcel F1" y un manejo químico de rescate con azoxistrobin + metalaxyl-M. El registro y análisis fitosanitario cualitativo sistemático constituye una base científica válida para la toma de decisiones y la interpretación del comportamiento hortícola en el valle de Catacamas.

El monitoreo y el seguimiento epidemiológico sistemático en la parcela demostraron que la incidencia y severidad de la peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) fueron críticamente bajas o nulas durante el ciclo del cultivo. Desde el punto de vista fitosanitario, el comportamiento del patógeno estuvo condicionado de forma inversa por el ambiente, ya que el clima predominante en la sección de hortalizas de Catacamas registró temperaturas elevadas (entre 26 °C y 35 °C), las cuales superaron el umbral óptimo de desarrollo de la enfermedad (13 °C a 25 °C), impidiendo así su establecimiento y dispersión en campo abierto.

Al contrastar las labores fitosanitarias ejecutadas en campo con la literatura técnica, se concluye que el manejo preventivo implementado fue altamente oportuno y congruente con las recomendaciones científicas. Aunque la presión biótica de la peca bacteriana fue mínima debido al factor climático, la estrategia de aspersión calendarizada sirvió como un escudo preventivo eficiente. Asimismo, el enfoque de manejo integrado permitió identificar y mitigar

de manera temprana otras limitantes concurrentes en la parcela (como el complejo de *Damping-off* y marchitez vascular), evitando que estas abrieran vías de entrada mecánicas (heridas) que facilitarían una posterior colonización bacteriana.

El análisis técnico científico de las alternativas de control ratificó que el éxito del manejo químico radica en la combinación y rotación de diferentes mecanismos de acción para evadir la resistencia genética de las bacterias. En el marco de la práctica, se validó la importancia de emplear compuestos cúpricos sistémicos (como el Sulfato de Cobre Pentahidratado en *Phyton* y *Tacre*) por su capacidad de desnaturalizar proteínas celulares al contacto externo, alternándolos con antibióticos agrícolas bactericidas y bacteriostáticos (como la Estreptomicina y Oxitetraciclina presentes en *Agrimycin* y *Bela Plus*), los cuales penetran endofíticamente para interferir de forma directa en la síntesis proteica del patógeno.

Se determinó que el esquema de manejo químico implementado en la parcela experimental tuvo un carácter estrictamente reactivo y curativo, realizándose la primera aplicación foliar conjunta de los bactericidas (*Agrimycin*, *Tacre*, *Bela Plus* y *Phyton*) de forma tardía hasta los 27 días después del trasplante (ddt). Al contrastar esta práctica con la literatura especializada, se concluye que un manejo reactivo reduce significativamente la eficiencia agronómica global del programa sanitario, puesto que los compuestos cúpricos y antibióticos agrícolas alcanzan su máximo estándar de protección al ser aplicados de manera preventiva calendarizada (cada 7 a 14 días desde el inicio del trasplante), evitando que el patógeno colonice los tejidos internos o el apoplasto celular donde la acción de las moléculas químicas se ve severamente limitada.

VII. BIBLIOGRAFÍAS

Acta Horticulturae. 2015. Article 1095_12. Consultado el 11/11/2025. Disponible en: https://www.actahort.org/books/1095/1095_12.htm

Annual Reviews. 1995. Plant Pathology Review. Consultado el 07/11/2025. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.py.33.090195.001045>

Annual Reviews. 2013. Update in Phytopathology. Consultado el 08/11/2025. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.phyto.121107.104959>

Annual Reviews. 2020. Phytopathology Review (inglés). Consultado el 16/11/2025. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-phyto-082712-102321>

Annals of Botany. 2002. Consultado el 08/11/2025. Disponible en: <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/89/5/503/205601>

APS Journals. 2007. Plant Disease 91(1):4 (inglés). Consultado el 08/11/2025. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PD-91-0004>

ASM. 2000. Microbiology and Molecular Biology Reviews. Consultado el 11/11/2025. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/mmbr.64.3.624-653.2000>

AUSVEG. 2021. Bacterial diseases in vegetable crops. Consultado el 07/11/2025. Disponible en: <https://ausveg.com.au/knowledge-hub/crop-protection/bacterial-diseases-in-vegetable-crops/>

Cambiagro. 2023. Enfermedades bacterianas del tomate. Consultado el 13/11/2025. Disponible en: <https://blog.cambiagro.com/tomate/enfermedades-del-tomate/enfermedades-bacterianas-del-tomate/>

Cell Press. 2006. Consultado el 08/11/2024. Disponible en: [https://www.cell.com/fulltext/S0092-8674\(06\)00183-8](https://www.cell.com/fulltext/S0092-8674(06)00183-8)

Cornell University. s.f. Bacterial speck of tomato. Consultado el 13/11/2025. Disponible en: <http://blogs.cornell.edu/livepath/gallery/tomato/bacterial-speck-of-tomato/>

Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). 2005. El cultivo del tomate. Consultado el 04/12/2025. Disponible en: <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-tomate,-F.pdf>

Economipedia. s.f. Media aritmética. Consultado el 14/12/2025. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/media-aritmetica.html>

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). s.f. Trifolio: Manchas foliares en tomate y chile. Consultado el 14/12/2025. Disponible en: https://fhia.org.hn/wp-content/uploads/trifolio_manchas_foliares_en_tomate_y_Chile.pdf

Frontiers in Microbiology. 2017. Article 00034. Consultado el 09/11/2025. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.00034/full>

Frontiers in Microbiology. 2017. Article 02422. Consultado el 14/11/2025. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.02422/full>

Gobierno de Ontario. 2022. Bacterial diseases of tomato. Consultado el 14/11/2025. Disponible en: <https://www.ontario.ca/page/bacterial-diseases-tomato-bacterial-spot-bacterial-speck-and-bacterial-canker>

Growbed. s.f. Tomat Persej [información en línea]. Consultado el 04/12/2025. Disponible en: <https://growbed.decorexpro.com/es/pomidory/tomat-persej.html>

IJSEM – Microbiology Research. 1979. Consultado el 05/11/2025. Disponible en: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/00207713-29-3-213>

Intrakam. s.f. Hoja técnica BELA PLUS. México. Consultado el 03/11/2025. Disponible en: <http://intrakam1.com.mx/productos/hojas-tecnicas/HT%20BELA%20PLUS.pdf>

JSTOR. 2012. Consultado el 16/10/2025. Disponible en: [enlace sospechoso eliminado]

MDPI. 2020. International Journal of Molecular Sciences 21(11):3965. Consultado el 16/11/2024. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/11/3965>

MDPI. 2023. Horticulturae 9(6):712. Consultado el 07/10/2025. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/6/712>

Microbiology Research. 2015. Microbial Genomics. Consultado el 09/11/2025. Disponible en: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/mgen/10.1099/mgen.0.000089>

Miravis Duo – Syngenta. s.f. Ficha técnica fungicida. Argentina. Consultado el 25/11/2025. Disponible en: <https://www.syngenta.com.ar/product/crop-protection/fungicida/miravis-duo>

Nature. 2024. Communication Biology, artículo s41467-024-49425-4. Consultado el 05/11/2024. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-49425-4>

Nature Immunology. 2011. Consultado el 09/11/2025. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/ni.2083>

Nature Reviews. 2004. Consultado el 07/11/2025. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nrm1984>

NEJM. 1991. Consultado el 11/11/2025. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199102283240906>

Novobac. s.f. Mancha en hojas del tomate. Consultado el 05/11/2025. Disponible en: <https://es.novobac.com/blog/mancha-en-las-hojas-del-tomate/>

PNW Plant Disease Handbook. s.f. Diseases: bacteria and other prokaryotes. Consultado el 05/11/2025. Disponible en: <https://pnwhandbooks.org/plantdisease/pathogen-articles/pathogens-common-many-plants/bacteria-other-prokaryotes/diseases>

PMC. 2022. Consultado el 05/11/2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9452764/>

Ramac. s.f. Tacre P-Cu-Nir. Ficha técnica. Nicaragua. Consultado el 15/11/2025. Disponible en: <https://www.ramac.com.ni/producto/tacre-p-cu-nir/>

Sage Journals. 2016. JBR-160115. Consultado el 14/11/2025. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.3233/JBR-160115>

ScienceDirect. 2008. Book chapter (inglés). Consultado el 09/11/2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0074769608608876>

ScienceDirect. 2011. Consultado el 16/11/2025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005273611001131>

ScienceDirect. 2012. Plant physiology review. Consultado el 11/11/2025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526612000714>

ScienceDirect. 2016. Consultado el 13/11/2025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0723202016300248>

SIMA Blog. 2023. Incidencia y severidad en cultivos. Consultado el 14/12/2025. Disponible en: <https://blog.sima.ag/2023/incidencia-y-severidad-en-cultivos/>

Syngenta (México). s.f. Ficha técnica AGRI-MYCIN® 500. México. Consultado el 25/11/2025. Disponible en: <https://agrisolver.s3.amazonaws.com/1539/Ficha-T%C3%A9cnica-AGRI-MYCIN%C2%AE-500-Zoetis-%28M%C3%A9xico%29.pdf>

Summit Agro. (2025). Ficha técnica Cumbre. Consultado el 11/02/26. Disponible en: <https://summit-agro.com.co/wp-content/uploads/2025/05/Ficha-tecnica-cumbre.pdf>

The Ohio State University. s.f. Peca bacteriana del tomate. Consultado el 04/12/2025. Disponible en: <https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/u.osu.edu/dist/8/3691/files/2014/05/pecaBacterianaDelTomate01-1vn4x6i.pdf>

Wikipedia. (s.f.). Análisis de la varianza (ANOVA). Consultado el 11/02/26.
Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_la_varianza

Wiley. 2017. Consultado el 14/11/2025. Disponible en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aab.12476>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Tabla Con ingredientes activos para control de peca bacteriana

Ingrediente activo	Enfermedad objetivo	Beneficios
Oxicloruro de cobre	Mancha bacteriana, tizón bacteriano, cáncer bacteriano	Control eficaz de un amplio espectro de bacterias. Inhibe la reproducción bacteriana.
Hidróxido de cobre	Mancha bacteriana, tizón bacteriano	Efectivo en la prevención y control de enfermedades. Baja toxicidad para el medio ambiente.
Estreptomicina	Cáncer bacteriano	Específico para bacterias; se utiliza en casos severos. Puede penetrar y eliminar bacterias internas.
Kasugamicina	Mancha bacteriana, tizón bacteriano	Antibiótico efectivo contra bacterias gramnegativas. Actúa rápido en condiciones de alta humedad.
<i>Bacillus subtilis</i> (control biológico)	Mancha bacteriana, tizón bacteriano	Alternativa biológica que ayuda a reducir el uso de productos químicos. Promueve la salud del suelo.

(Porres y Cuxil, 2024).

Anexo 2. Tabla Taxonomía propuesta del complejo de especies *Pseudomonas syringae*.

Rama filogenómica	Especies filogenómicas	Patovares de <i>P. syringae</i>	Filogrupos ¹
I	<i>P. congelans</i> ²	<i>syringae</i>	2c
	<i>P. syringae</i> ²	<i>aptata</i> , <i>avellanae</i> , <i>coryli</i> , <i>japonica</i> , <i>panici</i> , <i>piri</i> , <i>syringae</i>	2b
	<i>P. cerasi</i> ²	notario público	ni
	Especie filogenómica A ³	<i>aceris</i> , <i>syringae</i>	2d
II	<i>P. tomatoe</i> ' ³	<i>tomate</i>	1a
	<i>P. avellanae</i> ²	<i>actínidos</i> , <i>theae</i>	1b
III	<i>P. cannabina</i> ²	<i>alisalensis</i>	5
	<i>P. coriandricola</i> ' ³	<i>cilantro</i>	
	Especie filogenómica B ³	arriba	10
	<i>P. coronafaciens</i> ' ³	notario público	4
IV	<i>P.</i>	notario público	3

Rama filogenómica	Especies filogenómicas	Patovares de <i>P. syringae</i>	Filogrupos ¹
	<i>amígdala</i> ²		
	<i>P. caricapapayae</i> ²	<i>Helianthi</i> , <i>tagetis</i>	6
	<i>P. asturiensis</i> ²	notario público	ni
V	Especie filogenómica C ³	arriba	9
	<i>P. viridiflava</i> ²	notario público	7
	<i>P. cichorii</i> ²	notario público	11
	Especie filogenómica D ³	arriba	13
VI	<i>P. caspiana</i> ²	notario público	ni
	Especie filogenómica E ³	notario público	ni

(Katuzna *et al.* 2016)

Anexo 3. Plan de fertilización.

Semana	Ddt	Fecha	Urea 46%	DAP 18-46-00	KCL soluble	Fosfato monoamniaco MAP	Nitrato de calcio	Magnesio	Triple 20	Enraizador	Bioestimulantes
1	1	6-mar-26		3 lb					3 lb	75 ml	
	6	13-mar-26				2 lb					
2	11	18-mar-26				4 lb		2 lb	3 lb	100 ml	
	14	21-mar-26									Enziprom 75 ml
3	16	23-mar-26	3 lb						4 lb		Enziprom 100 ml
	17	24-mar-26					4 lb				
	19	26-mar-26									Calcio boro 100 ml
4	22	29-mar-26				3 lb			5 lb		Enziprom 100 ml
5	27	3-abr-26	4 lb			4 lb		4 lb			Enziprom 100 ml
6	30	6-abr-26					4 lb				fitomare 300 ml
7	32	8-abr-26			4 lb	15 lb					
	35	11-abr-26			6 lb						metalosil K 100 ml
	37	13-abr-26					6 lb				
8	41	17-abr-26	3 lb			5 lb		3 lb			fitomare 100 ml
9	45	20-abr-26	5 lb			8 lb		6 lb			
	46	21-abr-26					8 lb				Phyton gold 100 ml
10	48	23-abr-26			15 lb						metalosil K 160 ml
	49	24-abr-26					20 lb				
	51	27-abr-26			10 lb	6 lb		8 lb			Fitomare 100 ml mbassador K 400 m
	52	28-abr-26					16 lb				
11											

Anexo 4. Tabla control de plagas

Tabla de insumos control de plagas					
Dias	N Producto	Dosis	Ingredientes activo	Insecto	Objetivo de control
19-mar-26	Engeo	30cc/ bomba de 20 lts	Thiametoxam 14,10%. Lambda-cyhalotrin 10,60%; Chemical	Mosca blanca (Bemisia tabaci)	Regulacion y control de poblacion, evitando virus.
26-mar-26	Ampligo	10ml/bomba de 20 lts	Lambda cyalotrina (4.62%); Equivalente a 50 g de i.a./L. Clorantraniliprol (9.24%)	Minador de la hoja (Liriomiza spp)	Bajar poblacion y eviatar el raspado de hojas de tomate
29-mar-26	Pegasus 50 SC	15ml/bomba de 20lts	Diafenthionon.	Mosca blanca (Bemisia tabaci)	Regulacion y control de poblacion, evitando virus
7-abr-26	Profuron 55 EC	20cc/bomba de 20 lts	Profenofos y Lufenuron	Minador de la hoja (Liriomiza spp)	Bajar poblacion y eviatar el raspado de hojas de tomate
9-abr-26	Dipel	15gr/bomba de 20lts	Bacillus thuringiensis Var. Kurstaki cepa ABTS-351.	Oruga del tomate (Helicoverpa zea)	Control de gusano perforador de frutos
10-abr-26	Exalt 60 SC	14ml/bomba de 20 lts	Spinetoram	Oruga del tomate (Helicoverpa zea)	Control de gusano perforador de frutos
14-abr-26	Ampligo	10ml/bomba de 20 lts	Lambda cyalotrina (4.62%); Equivalente a 50 g de i.a./L. Clorantraniliprol (9.24%)	Minador de la hoja (Liriomiza spp)	Bajar poblacion y eviatar el raspado de hojas de tomate
23-abr-26	Engeo	35cc/bomba de 20 lts	14,10%. Thiametoxam. 10,60%. Lambda-cyhalotrin ; Chemical	Mosca blanca (Bemisia tabaci)	Bajar poblacion y eviatar el raspado de hojas de tomate
27-abr-26	Proclaim opti	10cc/bomba de 20lts	Benzoato de emamectina	Mosca blanca (Bemisia tabaci)	Bajar poblacion y eviatar el raspado de hojas de tomate
	Ampligo	10ml/bomba de 20lts	Lambda cyalotrina (4.62%); Equivalente a 50 g de i.a./L. Clorantraniliprol (9.24%)	Minador de la hoja (Liriomiza spp)	Bajar poblacion y eviatar el raspado de hojas de tomate

Anexo 5. Tabla muestreo a los 18 días

N	Productos	Parcela	Repeticion	Tratamientos	18 días					Plantas perdidas por damping off
					Variables evaluadas					
					Incidencia	Rendimiento ton/ha	Severidad	Plantas infectadas	Plantas totales	
1	Tacre pre cu nir	101	1	1	0			0	40	8
	Tacre pre cu nir	204	2	1	0			0	45	3
	Tacre pre cu nir	305	3	1	0			0	47	1
2	Phyton gold	102	1	2	0			0	35	13
	Phyton gold	201	2	2	0			0	46	2
	Phyton gold	303	3	2	0			0	47	1
3	Agromicyn	103	1	3	0			0	43	5
	Agromicyn	202	2	3	0			0	46	2
	Agromicyn	301	3	3	0			0	36	12
4	Bela plus	104	1	4	0			0	46	2
	Bela plus	205	2	4	0			0	39	9
	Bela plus	302	3	4	0			0	36	12
5	Testigo absoluto	105	1	5	0			0	41	7
	Testigo absoluto	203	2	5	0			0	46	2
	Testigo absoluto	304	3	5	0			0	38	10

Anexo 6. Tabla muestreo a los 32 días

N	Productos	N parcela	Repeticion	Tratamientos	32 días					Plantas perdidas por damping off	Plantas perdidas por otras enfermedades
					Variables evaluadas						
					Incidencia (%)	Rendimiento ton/ha	Severidad	Plantas infectadas	Plantas totales		
1	Tacre pre cu nir	101	1	1	0.0			0	36	8	4
	Tacre pre cu nir	204	2	1	0.0			0	45	3	0
	Tacre pre cu nir	305	3	1	0.0			0	47	1	0
2	Phyton gold	102	1	2	0.0			0	35	13	0
	Phyton gold	201	2	2	4.3			2	46	2	0
	Phyton gold	303	3	2	0.0			0	47	1	0
3	Agromicyn	103	1	3	4.7			2	43	5	0
	Agromicyn	202	2	3	0.0			0	46	2	0
	Agromicyn	301	3	3	0.0			0	36	12	0
4	Bela plus	104	1	4	0.0			0	46	2	0
	Bela plus	205	2	4	2.6			1	38	9	1
	Bela plus	302	3	4	0.0			0	36	12	0
5	Testigo absoluto	105	1	5	0.0			0	39	7	2
	Testigo absoluto	203	2	5	0.0			0	46	2	0
	Testigo absoluto	304	3	5	0.0			0	37	10	1

