



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de Ingeniero
Agropecuario**

**Efectividad de *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* (ME. sp)
en cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L) para control
de moho azul (*Peronospora tabaco* Adam) La Mia,
Jalapa, Nueva Segovia 2025**

Autor(a)

Vera Maisa Martínez Pozo
Saraí del socorro Cano Herrera

Tutor(es)

M.Sc Juan Octavio Meneses Córdoba
Ing. Juan José Monzón Talavera

**Estelí, Nicaragua
Diciembre, 2025**



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

**Efectividad de *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* (ME. sp) en cultivo
de tabaco (*Nicotiana tabacum L*) para control de moho azul
(*Peronospora tabaco Adam*) La Mia, Jalapa,
Nueva Segovia 2025**

Autor(a)

Vera Maisa Martínez Pozo
Saraí del socorro Cano Herrera

Tutor(es)

M.Sc Juan Octavio Meneses Córdoba
Ing. Juan José Monzón Talavera

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito de culminación de estudio

**Estelí, Nicaragua
Diciembre, 2025**

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agropecuarias como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agropecuario

Miembros del Comité Evaluador

M.Sc. Sara del Carmen Pérez
Torrez
Presidente

Ing. Byron Uriel Rojas Valverde
Secretario

Ing. Gicella de los Ángeles Cano Zelaya
Vocal

Lugar y Fecha: 17 de diciembre de 2025, Estelí, Nicaragua

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para alcanzar mis sueños.

A mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido la luz que ilumina mi camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía y fuente de inspiración en cada momento de este camino.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Y a mis maestros, por su dedicación y compromiso, que me han enseñado no solo el conocimiento, sino también el valor del esfuerzo y la perseverancia.

Saraí del socorro Cano Herrera

Vera Maisa Martínez Pozo

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser la fuente de inspiración y fortaleza en cada paso de este camino. A la Virgen María, por su protección y guía en momentos de incertidumbre a mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo han sido fundamentales en mi vida. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y por siempre creer en mí. Su aliento ha sido mi motor y mi refugio. A cada uno de los docentes, le agradezco sinceramente por su apoyo incondicional, su sabiduría y su compromiso. Su orientación ha sido clave para el desarrollo de esta tesis. A mi familia, gracias por su amor, paciencia y motivación constante. Su confianza en mí meta impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A mis amigos gracias por estar siempre a mi lado, por compartir ideas y por brindarme su apoyo moral. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en este viaje. A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a esta investigación, les agradezco por su ayuda y colaboración. Su apoyo ha sido invaluable. Gracias a todos por hacer posible este logro.

Saraí del socorro Cano Herrera

Vera Maisa Martínez Pozo

ÍNDICE DE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Limitaciones	5
1.6. Hipótesis	6
1.7. Variables.....	6
1.8. Supuestos básicos.....	8
1.9. Contexto de la investigación	8
II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Generalidades del cultivo del tabaco.	10
2.2. Control de enfermedades en el cultivo.....	11
2.3. Alternativas de control biológico en el cultivo.	12
2.4. ¿Qué es Trichoderma?	13
2.5. Practicas amigables con el ambiente.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18

3.1.	Ubicación geográfica	18
3.2.	Tipo de paradigma	18
3.3.	Enfoque, alcance de la investigación.....	18
3.4.	Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance).....	18
3.5.	Según nivel de amplitud: transversal o longitudinal.....	19
3.6.	Descripción de unidad de análisis experimental.....	19
3.7.	Definición de variables con su operacionalización	22
3.8.	Diseños experimentales	24
3.9.	Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos	24
3.10.	Validez o confiabilidad de los instrumentos.....	24
3.11.	Procesamiento y análisis de datos	25
3.12.	Consideraciones éticas de la investigación	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Eficacia del <i>Trichoderma</i> , <i>Bacillus subtilis</i> para el control de moho azul en tabaco	27
4.2.	Efectividad en crecimiento y desarrollo del cultivo.....	29
4.3.	Propuesta de manejo para el control de moho azul en tabaco	36
V.	CONCLUSIONES	39
VI.	RECOMENDACIONES	40
VII.	LITERATURA CITADA.....	41
VIII.	ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables incluidas en el estudio.....	22
Tabla 2. Propuesta para el control de moho azul en tabaco	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Incidencia post tratamientos</i>	27
Figura 2. <i>Severidad</i>	28
Figura 3. <i>Altura de la planta</i>	29
Figura 4. <i>Número de hojas.</i>	31
Figura 5. <i>Número de hojas</i>	32
Figura 6. <i>Peso fresco</i>	33
Figura 7. <i>Peso seco</i>	34
Figura 8. <i>Diámetro del tallo</i>	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del ensayo	43
Anexo 2. Hoja de campo	44
Anexo 3. Pruebas de normalidad.....	45
Anexo 4. Análisis estadísticos.....	45
Anexo 5. Galería fotográfica	47

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la finca La Mía, ubicada en Jalapa, Nueva Segovia, con el objetivo de evaluar la efectividad de *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis* (ME.sp) en el control del moho azul del tabaco (*Peronospora tabacina*). La enfermedad representa una de las principales limitantes fitosanitarias del cultivo debido a su rápida propagación en condiciones de alta humedad y su impacto en el rendimiento y calidad de la hoja. Para el estudio se empleó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con tres tratamientos, distribuidos en un total de 100 plantas de tabaco, evaluando variables fitosanitarias (incidencia y severidad) y de crecimiento (altura, número de hojas, longitud de hoja, diámetro del tallo, peso fresco y peso seco). Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva y análisis no paramétricos. La prueba de Shapiro-Wilk determinó ausencia de normalidad en las variables, por lo que se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para comparar tratamientos. Los resultados demostraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Los tratamientos con *Trichoderma* y *Bacillus subtilis* redujeron de manera notable la incidencia y severidad del moho azul en comparación con el testigo, además de mejorar el crecimiento vegetativo del cultivo. El tratamiento T2 (*Trichoderma* + *Bacillus* en mayor concentración) presentó los mejores resultados, destacando mayor altura de planta, más hojas, mayor longitud foliar y mayores pesos fresco y seco. Los bioinsumos evaluados mostraron ser alternativas viables y sostenibles para el manejo del moho azul, contribuyendo al fortalecimiento del vigor del cultivo y reduciendo la dependencia de fungicidas químicos. Con base en los resultados, se propone un plan de manejo integrado que combina prácticas culturales, control biológico y monitoreo fitosanitario para minimizar la presencia de la enfermedad y mejorar la productividad del cultivo.

Palabras claves: Finca, Vigor, Dependencia, Plan, Productividad

ABSTRACT

This research was conducted at La Mia farm, located in Jalapa, Nueva Segovia, with the objective of evaluating the effectiveness of *Trichoderma spp.* and *Bacillus subtilis (ME. sp)* in the control of blue mold (*Peronospora tabacina*) in tobacco crops. Blue mold is one of the most destructive diseases affecting tobacco, due to its rapid spread under high humidity conditions and its significant impact on yield and leaf quality. A Completely Randomized Block Design (CRBD) was used, consisting of three treatments distributed across 100 tobacco plants. The study evaluated phytosanitary variables (incidence and severity) as well as growth parameters (plant height, number of leaves, leaf length, stem diameter, fresh weight, and dry weight). Data were processed using descriptive statistics and non-parametric analyses. The Shapiro–Wilk test indicated that the data did not follow a normal distribution; therefore, the Kruskal–Wallis test was applied to compare treatments. Results showed significant differences in all evaluated variables. Treatments with *Trichoderma* and *Bacillus subtilis* considerably reduced the incidence and severity of blue mold compared to the control, while also improving vegetative growth. Treatment T2 (higher concentration of *Trichoderma* + *Bacillus*) achieved the best performance, showing greater plant height, more leaves, increased leaf length, and higher fresh and dry weights. The evaluated bio-inputs proved to be viable and sustainable alternatives for managing blue mold, strengthening plant vigor and reducing the dependence on chemical fungicides. Based on the findings, an integrated management plan is proposed, combining cultural practices, biological control, and continuous monitoring to reduce disease occurrence and enhance tobacco crop productivity.

Keywords: Farm Vigor Dependency Plan Productivity

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) continúa siendo uno de los rubros agrícolas de mayor relevancia económica en diversas regiones del mundo, especialmente en América Latina, donde constituye una actividad generadora de empleo, exportaciones y desarrollo rural. No obstante, su productividad se ve frecuentemente limitada por la presencia de enfermedades que afectan el rendimiento y la calidad de la hoja. Entre estas, el moho azul, causado por *Peronospora tabacina*, destaca por su capacidad destructiva y su rápida propagación bajo condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas, lo que representa una seria amenaza para la sostenibilidad del cultivo (Gonzalez, 2014)

El moho azul es considerado una de las enfermedades foliares más agresivas en tabaco debido a su ciclo infeccioso acelerado y su habilidad para colonizar el tejido foliar a través de esporangios altamente móviles. La infección ocasiona clorosis, necrosis y pérdida de área foliar funcional, afectando tanto el crecimiento de la planta como la calidad comercial de la hoja curada. Además, la enfermedad puede diseminarse a largas distancias mediante corrientes de viento, lo que complica su control en zonas productivas donde las condiciones climáticas favorecen al patógeno (Ahumada D., 2020)

Tradicionalmente, el manejo del moho azul ha dependido del uso repetitivo de fungicidas químicos, lo que ha generado problemáticas asociadas a la resistencia de patógenos, contaminación ambiental y restricciones regulatorias. Los productos de amplio espectro, aunque eficaces, tienden a perder eficiencia con el tiempo debido a la presión de selección sobre las poblaciones de *P. tabacina*, obligando a los productores a buscar alternativas o combinaciones de estrategias que permitan reducir la incidencia y severidad sin comprometer el ambiente ni la seguridad del consumidor (Orlando Borrás, & Meraldo, 2009)

Dentro de estas alternativas sostenibles, el empleo de microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. ha ganado relevancia por su capacidad para actuar como agentes de control biológico. *Bacillus subtilis* se caracteriza por producir metabolitos antimicrobianos, enzimas hidrolíticas y compuestos volátiles que inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos,

además de inducir resistencia sistémica en la planta, mejorando su capacidad de defensa ante infecciones. Su compatibilidad con sistemas de producción sostenible lo convierte en una herramienta clave dentro de programas de manejo integrado (Cortés-Hernández, G.-C. & Gabriela, 2023)

1.1. Antecedentes

Estudios recientes a niveles celular y molecular explican la diversidad de vías y mecanismos de acción de *Trichoderma*, La acción de los insecticidas sobre este agente de control biológico es variable. Dimetoato fue compatible in vitro con *Trichoderma* sp. (63), al igual que metamidofos. Sin embargo, cipermetrin y cihalotrin inhibieron significativamente el crecimiento de *T. asperellum*. No obstante, ninguno afectó la esporulación por mm², ni la germinación de conidio (Stocco, 2014)

En la presente tesis se investigó la implementación de *Trichoderma* sp como controlador biológico de *Phytophthora nicotianae* en semilleros de tabaco. Se utilizó *Trichoderma* en la dosis recomendada, se experimentó la división de la dosis en dos partes iguales, además de la combinación de un producto químico con el biológico (*Trichoderma*) ambos fungicidas, el testigo local utilizado fue a base completamente química Fosetil Aluminio + Propamocab, con Carbendazim, productos normalmente utilizados en la finca y un testigo absoluto al que no se le aplicó ningún tratamiento comprobando así la presencia de la enfermedad, se experimentó también con *Trichoderma* proveniente del Zamorano (Xin Yao Hailin Guo, 2023)

El uso de *Trichoderma* spp en la agricultura orgánica es importante debido a su amplio modo de acción que incluye: la segregación de metabolitos secundarios que inducen la producción de fitoalexinas en las plantas y su capacidad antagonista, además la antibiosis que causan la degradación de las paredes celulares de otros patógenos inhibiendo su desarrollo. El objetivo fue evaluar el efecto de cuatro cepas de *Trichoderma* spp sobre parámetros morfológicos y rendimiento del cultivo de maíz bajo condiciones de campo. La investigación se realizó en la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, granja experimental “Santa Inés”. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar, se evaluaron 90 plantas por tratamiento, 4 tratamientos, 3 dosis, 3 repeticiones por dosis, 10 plantas por

repetición en las variables anteriormente mencionadas, los tratamientos fueron: T1: *Trichoderma asperellum*; T2: *Trichoderma melanomagnum*; T3: *Trichoderma spirale*; T4: *Trichoderma reesei* en tres dosis. Los resultados obtenidos indican que las variables que presentaron diferencias estadísticas fueron: altura de planta con *T. spirale* obtuvo 239,630 cm, número de hojas arriba de la mazorca en *T. melanomagnum* y *T. spirale* fueron mayores con 7,060 y 7,130 respectivamente, longitud de mazorca en *T. melanomagnum* con 13,687 cm, diámetro de la mazorca posee valores similares con las cuatro cepas, peso de semilla con *T. melanomagnum* obtuvo 59,410 g y humedad de semilla en *T. asperellum* con 26,933%. Se concluye que las cepas *T. asperellum* y *T. melanomagnum* con las dosis x1010 y x1011 UFC obtuvieron los mejores rendimientos (CUENCA & JOSE NICACIO QUEBEDO , 2022)

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo del tabaco representa una fuente importante de ingresos para numerosos productores agrícolas en distintas regiones del mundo. Sin embargo, su producción enfrenta múltiples amenazas fitosanitarias, entre las cuales destaca el moho azul del tabaco, causado por el oomicetos *Peronospora tabacina*. Esta enfermedad se manifiesta con rapidez bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, generando daños severos en las hojas, reducción significativa del rendimiento y deterioro de la calidad del producto final.

A pesar de la aplicación de prácticas agrícolas convencionales y el uso de fungicidas, el control del moho azul continúa siendo un desafío debido a la variabilidad genética del patógeno, su capacidad de diseminación a larga distancia y su persistencia en el ambiente. En muchas zonas productoras, la falta de un sistema eficaz de monitoreo y control ha derivado en pérdidas económicas sustanciales, poniendo en riesgo la sostenibilidad del cultivo y el bienestar de las comunidades dependientes del tabaco.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Evaluar la efectividad de *Trichoderma Bacillus subtilis* (Me sp) en el cultivo de tabaco para el control de moho azul (*Peronospora tabaci Adam*) en la comunidad de la Mia Jalapa Nueva Segovia 2025

Objetivos Específicos

Determinar la eficacia del *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* (ME sp) para el control del moho azul en el cultivo de tabaco.

Comparar la efectividad de los tratamientos utilizados para el control de moho azul en crecimiento y rendimiento del cultivo de tabaco.

Proponer un plan de manejo para el control de moho azul a partir de los resultados del estudio en el cultivo de tabaco.

1.4. Justificación

Decimos realizar esta investigación para dar a conocer la utilidad de la *Trichoderma* en la producción del tabaco ya que tiene un mejor desarrollo la planta y por ende habrá mejor productividad del rubro.

La *Trichoderma* es un hongo cosmopolita cuya importancia radica en su capacidad de adaptación y producción de metabolitos, como enzimas, compuestos promotores de crecimiento vegetal, y compuestos volátiles, entre otros, de interés biotecnológico y ambiental.

Existen pruebas documentadas que informan que la *Trichoderma* puede promover el crecimiento de las plantas hasta en un 300%. Además, la capacidad de las cepas de *Trichoderma* para inducir un mayor sistema de raíces y mejorar la salud de las plantas proporciona más nichos para el crecimiento del hongo.

En el municipio de Jalapa unos años atrás la mayoría de los productores del tabaco usaban *Trichoderma* para un mejor desarrollo de la planta, pero debido a que el costo de este producto es un poco alto, algunos decidieron optar por otros productos, sin embargo, ellos mismos dan buenas referencias del uso de la *Trichoderma* en la producción del tabaco ya que una planta bien desarrollada es mejor calidad y rentabilidad para los productores.

Nuestra investigación es factible ya que contamos con el producto que se utilizara en el proceso de investigación, esto nos va permitir dar a conocer la rentabilidad de su uso y como evitar el uso de agroquímicos que perjudican el suelo y el medio ambiente.

Impacto Ambiental

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) es una actividad agrícola de gran importancia socioeconómica en muchas regiones de Nicaragua, generando empleo, ingresos familiares y contribuyendo al desarrollo rural. Sin embargo, la incidencia del moho azul (*Peronospora tabacina*), una enfermedad fúngica de alta prevalencia, representa una amenaza significativa para la productividad y calidad del cultivo, generando pérdidas económicas considerables y riesgos ambientales asociados al uso indiscriminado de fungicidas químicos.

Impacto Económico

La implementación de biofungicidas a base de *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis* ME.sp representa una alternativa económicamente viable para el control del moho azul, ya que permite reducir el uso de fungicidas químicos, disminuyendo los costos de producción a mediano y largo plazo. Estos microorganismos, al mejorar la sanidad del cultivo y fortalecer el desarrollo vegetal, contribuyen a incrementar el rendimiento y la calidad del tabaco, lo que se traduce en mayores ingresos para el productor.

Asimismo, el uso de agentes biológicos favorece la estabilidad productiva, reduciendo el riesgo de pérdidas severas en períodos de alta incidencia de la enfermedad. Esto mejora la planificación económica del productor, aumenta la eficiencia en el uso de recursos y fortalece la sostenibilidad financiera de las unidades productivas

1.5. Limitaciones

Las condiciones agroclimáticas de la zona al momento de establecer el ensayo. Se encuentra poca información acerca del uso de *Trichoderma* y *Bacillus subtilis* en el rubro del tabaco.

Se espera que el tratamiento a base *Trichoderma* y *Bacillus subtilis* presente los mejores resultados en cuanto para el control del moho azul en el cultivo de tabaco.

Se espera que el tratamiento a base *Trichoderma* y *Bacillus subtilis* no exista diferencia en cuanto al control de del moho azul en el cultivo de tabaco. En relación al control químico realizado por los productores en la zona.

En cuadros completamente al azar, se realizará la prueba del producto *Trichoderma Bacillus subtilis* (M.E 17.4 SP) al 50 ,75 ,100% y como producto testigo PREVALOR 84 SL en el cultivo de tabaco (*Nicotina tabacum*) en algunos bloques se aplicará el producto testigo y los otros diferentes porcentajes de *Trichoderma*, en el cual esperamos un mejor resultado del 75%obteniendo limpieza completa del moho y prevención en los bloques que se utilizaran la medida ya vista.

1.6. Hipótesis

La aplicación de *Trichoderma* spp. y/o *Bacillus subtilis* (ME.sp), especialmente la combinación a mayor concentración (T2), reduce significativamente la incidencia y severidad del moho azul y mejora las variables de crecimiento en comparación con el testigo sin tratamiento.

1.7. Variables

Desarrollo vegetativo.

El desarrollo vegetativo del tabaco se caracteriza por un crecimiento rápido que dura entre 60 y 150 días, donde la planta necesita altos niveles de nutrientes para formar una masa foliar considerable. Este periodo requiere una adecuada disponibilidad de agua, un suelo fértil y un control de plagas y malezas. El crecimiento radicular es fundamental y se favorece con el desmoche y deschupete.

Altura de la planta de tabaco:

Nicotina tabacum la más cultivada suele medir 1.5 a 2.5 metros de altura.

Nicotina rustica (tabaco fuerte o mapacho) es más baja normalmente 0.5 a 1.5 metros

Factores como la fertilización, el espaciamiento el manejo del agua y la variedad específica pueden hacer que las plantas crezcan más o menos.

Número de hoja de la planta de tabaco:

Una planta bien desarrollada produce entre 18 y 32 hojas aprovechables.

Algunas variedades de gran porte pueden llegar a hasta 36 hojas.

Bajo:4-6 hojas

Primera cosecha :6-8 hojas

Intermedias bajas :4-6 hojas

Intermedias :4-6 hojas

Superiores :4-6 hojas

Longitud de la hoja de tabaco:

Para muchas plantas de tabaco comerciales es alrededor de 45-55cm, aunque puedan existir hojas más pequeñas o más grande dependiendo de la variedad y manejo.

Diámetro de la planta de tabaco:

Una planta de tabaco madura puede abarcar entre 30-150cm de ancho dependiendo de la variedad y las condiciones, pero para cultivo agronómico común quizá se maneje cerca de los 40-60cm de diámetro.

Diámetro del tallo de la planta de tabaco:

El diámetro del tallo del tabaco puede variar; para plantas listas para trasplantar, es de aproximadamente (6) mm. Después de la cosecha y curado, el diámetro de las venas medias (parte del tallo) de las hojas debe ser menor a $(\frac{3}{32})$ de pulgada (aproximadamente (2.38) mm) para ciertos procesos. El tallo general de la planta, una vez madura, se describe como grueso y vellosa, sin ramificaciones en condiciones normales.

Peso fresco (g)

El peso fresco del tabaco no tiene un valor estándar, ya que varía significativamente según la variedad, las condiciones de cultivo y el método de medición. Por ejemplo, el peso fresco de la raíz puede ser de algunos gramos, pero la planta entera puede superar los 1.5 kg, mientras que el peso fresco de una planta ya procesada para fumar puede variar desde menos de un gramo en un cigarrillo hasta 20 gramos en un puro.

Peso seco (g)

El peso seco del tabaco en gramo (gr.) varía según el tipo de producto: un cigarrillo puede tener entre 65 y 100% de tabaco, pesando aproximadamente 1 gramo en total, mientras que un cigarro puede pesar hasta 2 gramos de tabaco. El tabaco de liar suele venderse en paquetes de 30 gramos.

Severidad:

Es el grado o intensidad del daño o los síntomas en las plantas y se cuantifica mediante escalas (por ejemplo % de área foliar enferma)

Incidencia:

Es la proporción o porcentajes de plantas dentro de una población que están infectadas por una plaga o enfermedad en un momento determinado.

1.8. Supuestos básicos

Posee mecanismos biológicos capaces de inhibir el desarrollo de (*Peronospora tabacina*,) agente causal del moho azul en el tabaco. Se asume que, bajo condiciones adecuadas de aplicación, este hongo benéfico puede colonizar el sustrato o la rizosfera del cultivo y ejercer efectos antagonistas mediante competencia, micoparasitismo o producción de compuestos inhibitorios. Asimismo, se supone que los tratamientos con *Trichoderma* generarán diferencias medibles en la incidencia y severidad del moho azul en comparación con un control sin tratamiento. Finalmente, se presume que los factores ambientales y de manejo del cultivo permitirán que *Trichoderma* exprese su actividad biocontroladora de manera eficaz durante el periodo de estudio.

1.9. Contexto de la investigación

El moho azul, causado por (*Peronospora tabacina*,) es una de las enfermedades más destructivas del cultivo de tabaco, afectando severamente la producción y la calidad de las hojas. Su rápida dispersión y capacidad para desarrollarse en condiciones de alta humedad lo convierten en un problema fitosanitario de gran importancia económica. Ante las limitaciones y riesgos del uso prolongado de fungicidas químicos, surge la necesidad de alternativas sostenibles y eficaces. En este contexto, el uso de agentes de control biológico como *Trichoderma* representa una opción

prometedora, debido a su capacidad para inhibir patógenos, estimular el crecimiento vegetal y mejorar la sanidad del cultivo. Por ello, la investigación se orienta a evaluar la efectividad de *Trichoderma* en el control del moho azul, aportando información relevante para prácticas agrícolas más seguras y sostenibles.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del cultivo del tabaco.

El tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) es un cultivo agrícola de alta importancia económica a nivel mundial, que se distingue de la mayoría de las especies cultivadas por tratarse de una planta no comestible, cuyo aprovechamiento comercial se basa exclusivamente en la utilización de sus hojas. Esta particularidad confiere al cultivo del tabaco características productivas y comerciales específicas, ya que el producto final destinado al mercado resulta de la combinación de hojas provenientes de distintas regiones, variedades y sistemas de manejo.

El tabaco es una de las pocas cosechas que llega al mercado mundial totalmente a base de hojas, siendo la planta comercial no comestible más cultivado. La producción y el comercio del tabaco a nivel mundial se basa fundamentalmente en que las labores comerciales son una mezcla de hojas de tabaco de diverso origen cuyas calidades vienen determinadas por numerosos factores naturales o tecnológicos, como:

- Calidad de la variedad.
- Clima, suelo y agua de riego.
- Técnicas de cultivo, abonado, etc.

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) es una actividad agrícola de relevancia económica en numerosas regiones tropicales y subtropicales, donde se desarrolla eficazmente en suelos bien drenados, de textura ligera y con buena fertilidad. Su crecimiento óptimo ocurre bajo temperaturas cálidas y humedad moderada, condiciones que favorecen el desarrollo vegetativo y la formación de hojas de alta calidad, principal parte comercial del cultivo (Lemus Mata Jose Angel, 2025)

La producción y el comercio del tabaco se sustentan en la variabilidad de la calidad foliar, la cual está determinada por la interacción de múltiples factores de origen genético, ambiental y tecnológico.

Entre los principales factores que influyen en la calidad del tabaco se encuentran la variedad cultivada, las condiciones climáticas, las características del suelo, la disponibilidad y calidad del

agua de riego, así como las prácticas agronómicas empleadas, tales como la fertilización, el manejo del cultivo y las labores culturales. Esta interacción compleja determina tanto el rendimiento como las propiedades físicas, químicas y organolépticas de las hojas. Desde el punto de vista agronómico, el cultivo del tabaco se desarrolla preferentemente en regiones tropicales y subtropicales, donde las condiciones ambientales favorecen su crecimiento. Requiere suelos bien drenados, de textura ligera y con adecuada fertilidad, que permitan un desarrollo radicular eficiente y una óptima absorción de nutrientes. Asimismo, temperaturas cálidas y niveles moderados de humedad son fundamentales para el adecuado desarrollo vegetativo y la formación de hojas de alta calidad, que constituyen el principal órgano de interés comercial.

No obstante, estas mismas condiciones ambientales que favorecen el crecimiento del cultivo también pueden propiciar la aparición y diseminación de enfermedades, particularmente de origen fúngico, que afectan de manera directa la calidad y el rendimiento del tabaco. Entre ellas, el moho azul (*Peronospora tabacina*) representa una de las enfermedades más limitantes del cultivo, debido a su rápida propagación y a los severos daños que ocasiona en las hojas. Por ello, el manejo sanitario del tabaco constituye un componente esencial dentro del sistema productivo, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles para el control de enfermedades, como el uso de microorganismos benéficos en el manejo integrado del cultivo.

2.2. Control de enfermedades en el cultivo

El control de plagas y enfermedades en el cultivo de tabaco es fundamental para asegurar un desarrollo óptimo de la planta y la obtención de hojas de alta calidad. Entre las enfermedades más importantes se encuentran el moho azul (*Peronospora tabacina*) y la pata prieta (*Phytophthora nicotianae*), las cuales pueden causar pérdidas severas bajo condiciones de humedad elevada. Las principales plagas incluyen trips, gusanos cogolleros y pulgones, que afectan el crecimiento y favorecen la transmisión de virosis (Ahumada M. , moho azul del tabaco, 2024)

2.3. Alternativas de control biológico en el cultivo.

Manejo integrado versus Control integrado, Aunque de manera muy simple podríamos definir MIP, como la combinación de los métodos de control con el fin de reducir las poblaciones plagas, existen conceptos más explícitos y toda una filosofía de MIP, sus bases, principios y su enfoque. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) ha sido definido de muchas formas. Sin embargo, la mayoría de los conceptos que han surgido giran en torno a la obtención de cosechas de forma sostenible, sin causar daños al medio ambiente ni a la salud humana.

El control integrado es un vástago método ecológico de lucha contra las plagas en que se utiliza toda una serie de técnicas de control de forma coordinada. Los elementos de un sistema de control integrado de plagas pueden consistir en una variedad de métodos biológicos, químicos y de cultivos, con inclusión del empleo de variedades.

El control natural: consiste en la acción colectiva de factores ambientales físicos y bióticos que mantienen la plaga en cierto nivel oscilante por algún período de tiempo. Dentro de los componentes del control natural juegan un papel importante los factores del clima (lluvia, temperatura, viento) y los enemigos naturales (parásitos, depredadores y patógenos).

Requerimientos Edafoclimáticas

Clima: influye en la duración del ciclo vegetativo de las plantas, en la calidad del producto y en el rendimiento de la cosecha.

Debido a que el tabaco es originario de regiones tropicales, la planta vegeta mejor y la cosecha es más temprana. Pero la principal área geográfica del cultivo se extiende desde los 45° de latitud Norte hasta los 30° de latitud Sur.

Temperatura: el periodo libre de heladas en combinación con las temperaturas medias, máximas y mínimas son los principales datos a tener en cuenta. La temperatura óptima del cultivo varía entre 18-28°C. Durante su fase de crecimiento en semillero, requieren temperaturas superiores a los 16°C, y desde el trasplante hasta la recolección se precisa un periodo libre de heladas de 90-100 días.

Humedad: el tabaco es muy sensible a la falta o exceso de humedad. Una humedad elevada en el terreno produce un desarrollo pobre y, en general, es preferible un déficit a un exceso de agua. En regiones secas la planta produce hojas poco elásticas y más ricas en nicotina que en las regiones húmedas. La humedad ambiental tiene una influencia importante sobre la finura de la hoja, aunque se facilita la propagación de enfermedades criptogámicas.

Cuánto tarda en crecer una hoja de tabaco

La planta de tabaco se caracteriza por presentar un crecimiento rápido y vigoroso, alcanzando su máximo desarrollo en un periodo relativamente corto. En condiciones adecuadas, puede pasar de una altura aproximada de 15 cm a cerca de 2 m al momento de la floración, en un lapso cercano a los dos meses. Este acelerado crecimiento implica una elevada demanda de manejo agronómico, por lo que durante su ciclo vegetativo el cultivo requiere atención constante mediante la aplicación oportuna de labores culturales y riegos.

El tabaco es considerado un cultivo altamente exigente en disponibilidad hídrica, ya que el suministro adecuado de agua resulta determinante para el desarrollo vegetativo y la correcta formación de las hojas. La ocurrencia de periodos de sequía afecta negativamente el crecimiento de la planta, reduciendo el tamaño, la calidad y el rendimiento de las hojas, lo que repercute directamente en su valor comercial. En consecuencia, una gestión eficiente del riego constituye un factor clave para garantizar un desarrollo uniforme y óptimo del cultivo.

2.4. ¿Qué es Trichoderma?

El hongo *Trichoderma* spp fue identificado en 1871 y ha sido ampliamente estudiado, se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas, se lo puede encontrar en diferentes zonas y hábitats, especialmente donde existe materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos.

Cómo se aplica el Trichoderma en las plantas

Método de aplicación

La utilización de *Trichoderma* spp. en los sistemas agrícolas representa una estrategia biológica orientada al manejo integrado de enfermedades de origen fúngico, sustentada en su capacidad

para colonizar el entorno radicular y ejercer mecanismos de antagonismo frente a diversos fitopatógenos.

En el cultivo del tabaco, la aplicación de este microorganismo cobra especial relevancia debido a la alta susceptibilidad del cultivo a enfermedades foliares, entre las cuales el moho azul (*Peronospora tabacina*) constituye una de las principales limitantes de la producción.

La inoculación de *Trichoderma* en el sustrato de semilleros permite una colonización temprana de la rizosfera, fortaleciendo el desarrollo inicial de las plántulas y contribuyendo de manera indirecta a la reducción de la incidencia del moho azul, al mejorar el vigor de las plantas y su capacidad de respuesta frente a la infección. De manera similar, la aplicación directa al suelo en semilleros establecidos a campo abierto favorece el establecimiento del biocontrolador en el sistema suelo-raíz, donde ejerce su acción antagonista y estimula mecanismos de defensa en la planta.

El tratamiento de la semilla mediante inoculación constituye un método diferencial por su rapidez, facilidad de aplicación y bajo costo, además de su eficacia en la protección temprana de las plántulas frente a hongos fitopatógenos. En el contexto del moho azul, este método adquiere importancia al permitir que *Trichoderma* esté presente desde las primeras etapas del desarrollo del cultivo, favoreciendo una colonización temprana del sistema radicular y contribuyendo a la activación de mecanismos de resistencia inducida, lo que puede limitar el establecimiento y la severidad de la enfermedad en etapas posteriores.

En conjunto, los distintos métodos de aplicación de *Trichoderma* spp. constituyen herramientas fundamentales dentro de un manejo integrado del moho azul en el cultivo del tabaco, destacándose como una alternativa sostenible que contribuye a la reducción del uso de fungicidas químicos y al fortalecimiento de la sanidad del cultivo

Bacillus spp

Bacillus spp son promotores de crecimiento vegetal son microorganismos reconocidos como agentes de control biológico que forman una estructura de resistencia denominada endospora,

que les permite sobrevivir en ambientes hostiles y estar en casi todos los agroecosistemas. Estos microorganismos han sido reportados como una alternativa al uso de agroquímicos. Sus mecanismos de acción se pueden dividir en: producción de compuestos antimicrobianos, como son péptidos de síntesis no ribosomal (NRPs) y policétidos (PKs); producción de hormonas, capacidad de colonización, formación de biopelículas y competencia por espacio y nutrientes; síntesis de enzimas líticas como quitinasas, glucanasas, proteasas y acil homoserin lactonasas (AHSL); producción de compuestos orgánicos volátiles (VOCs); e inducción de resistencia sistémica (ISR). Estos mecanismos han sido reportados en la literatura en diversos estudios, principalmente llevados a cabo a nivel in vitro.

Han sido pocos los estudios que contemplan la interacción dentro del sistema tritrófico: planta - microorganismos patógenos - *Bacillus* spp. (agente biocontrolador), a nivel in vivo. Es importante destacar que la actividad biocontroladora de los *Bacillus* es diferente cuando se estudia bajo condiciones de laboratorio, las cuales están sesgadas para lograr la máxima expresión de los mecanismos de acción. Por otra parte, a nivel in vivo, la interacción con la planta y el patógeno juegan un papel fundamental en la expresión de dichos mecanismos de acción, siendo esta más cercana a la situación real de campo.

Bacillus subtilis

Bacillus subtilis es una bacteria cosmopolita presente en numerosos hábitats y resulta ser un excelente agente de control biológico de enfermedades causadas por hongos de suelo y bacterias. Es de aplicación foliar y radicular combatiendo un amplio espectro de agentes patógenos.

Bacillus subtilis es una de las bacterias más estudiadas en el mundo por su actividad antifúngica debido a la síntesis de metabolitos peptídicos de acción antibiótica. Su rápida asimilación de nutrientes y a la secreción de enzimas digestoras que degradan y matan por contacto directo a hongos y bacterias (quitinasas, celulasas, proteasas y glucanasas) los cuales les sirven de alimento (Cohn, 2025) Se ha demostrado que las bacterias del género *Bacillus subtilis* presentan un gran potencial como antagonistas, principalmente por la gran cantidad de enzimas líticas,

antibióticos y otras sustancias con actividad biocida, que son capaces de producir efectos de control sobre varias especies de organismos fitopatógenos (Villalobo, 2024)

Instrucciones de uso

1. Riego: aplicar en las raíces con solución de 10-20ml por 1 litro de agua. Repetir a los 15 días.
2. Aperción Foliar: pulverizar la planta con solución de 10-20 ml por 1 litro de agua. ...
3. Trasplante: sumergir las raíces durante 1 minuto en una solución de 50 ml por litro de agua.

Una alternativa para controlar estos hongos es la bacteria *Bacillus subtilis* que produce una amplia gama de compuestos con propiedades antifúngicas, como son la surfactina, iturina y fergicinas.

El primer objetivo de este trabajo es recopilar información científica sobre el uso de *Trichoderma Bacillus subtilis* como biocontrolador de hongos fitopatógenos. Los mecanismos de acción de esta especie son la antibiosis, competencia, inducción de resistencia y promotor de crecimiento. Entre los mecanismos de acción de los compuestos antifúngicos está la inflamación anormal de las hifas, lisis y degradación completa de la punta de las hifas, además la interferencia de las germinaciones de conidios y esclerocios está la inflamación anormal de las hifas, lisis y degradación completa de la punta de las hifas, además la interferencia de las germinaciones de conidios y esclerocios.

Para cumplir el segundo objetivo se analizó casos de estudios de *Trichoderma Bacillus subtilis* de los principales cultivos tropicales de la zona, donde se concluyó que efectivamente *Bacillus subtilis* controla a las principales enfermedades de estos cultivos.

El tercer objetivo es concluir sobre la aplicación de la bacteria en la agricultura, donde se recalcó que la preparación del *Trichoderma Bacillus subtilis* antes de la aplicación en campo es fundamental, para que la bacteria y el hongo tenga los nutrientes y condiciones necesarias para poder desarrollarse.

2.5. Prácticas amigables con el ambiente.

Planta árboles

Los árboles son esenciales para el mundo, producen oxígeno, reducen el dióxido de carbono, absorben gases contaminantes, regulan la temperatura, entre otros beneficios. Así que ya sabes, planta un árbol y contribuye al cuidado del medio ambiente.

Los productos naturales, al contrario de lo que sucede con el resto de productos, cuidan del medio ambiente, cuidan del entorno que nos rodea. Los productos de tipo natural no provocan contaminación de la naturaleza ya que no poseen químicos que dañen tu salud ni el entorno.

El moho azul

El «moho azul» del tabaco es una enfermedad causada por el hongo (*Peronospora tabacina*), hizo su aparición en Europa en el año 1959. Un año después la enfermedad se propaga a todas las zonas tabacaleras de nuestro país, causando daños de importancia variable según las condiciones climatológicas de las mismas, coincidentes con el cultivo (DEGAMO, 2024)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la comunidad de Jalapa del municipio de Nueva Segovia en la finca La mía ubicada a 283 km. El clima en la comunidad se clasifica como tropical, con temperaturas promedio de 23.3 °C; con precipitaciones pluviales promedio de 1517 mm. De acuerdo a la clasificación de Köppen¹ el clima predominante en la zona en estudio es de Clima Caliente y Subhúmedo con lluvia en el periodo de verano (AW2). Este clima predomina en toda la Región del Pacífico y en mayor parte en la Región Norte del país. Se caracteriza por una marcada estación seca durante seis meses, desde noviembre hasta abril y un período lluvioso que inicia en mayo y finaliza en octubre.

3.2. Tipo de paradigma

Se enmarca en el paradigma positivista, el cual se caracteriza por abordar los fenómenos desde una perspectiva objetiva y medible. Bajo este enfoque, el estudio busca determinar la efectividad de *Trichoderma* en el control del moho azul (*Peronospora tabacina*) mediante la aplicación del método científico, utilizando variables cuantificables, diseño experimental y análisis estadístico. Este paradigma permite establecer relaciones de causa-efecto entre la aplicación de *Trichoderma* y la reducción de la enfermedad en el cultivo de tabaco, garantizando resultados verificables, replicables y sustentados en evidencia empírica.

3.3. Enfoque, alcance de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo experimental donde se evaluó la efectividad de *Trichoderma*, *Vaccillus subtilis* (ME. sp) en cultivo tabaco para control de moho azul peronospora tabaco Adam la Mía, Jalapa, Nueva Segovia 2025.

3.4. Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance)

La finalidad de esta investigación es evaluar la efectividad de cepas de *Trichoderma* spp. como alternativa biológica para el control del moho azul del tabaco (*Peronospora tabacina*), con el propósito de reducir la incidencia y severidad de la enfermedad de forma sostenible y ambientalmente segura. La investigación busca generar información científica que permita validar el uso de *Trichoderma* en sistemas de producción de tabaco, disminuyendo la

dependencia de fungicidas químicos, reduciendo costos y fortaleciendo prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades. Asimismo, pretende aportar soluciones prácticas a los productores mediante el uso de microorganismos benéficos capaces de mejorar la sanidad del cultivo y contribuir a una producción más limpia.

3.5. Según nivel de amplitud: transversal o longitudinal

Es de corte transversal dado que se tomaron datos en un periodo corto de la duración del desarrollo del cultivo de tabaco, tomado datos durante dicho ciclo, para su valoración del efecto en el control de moho azul.

3.6. Descripción de unidad de análisis experimental

El estudio se realizó en parcelas experimentales con plántulas de tabaco las cuales se establecieron en parcela experimentales con plantas de tabaco las cuales se establecieron ,100 plantas en total cada tratamiento conto con 40 planta, en un área de 5.5 mt en todo el ensaño cada una y un espacio entre 61-71 cm entre planta y 91-122cm entre hilera con un diseño de bloques completamente al azar BCA.

3.7. Definición de variables con su operacionalización

Tabla 1. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables incluidas en el estudio

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Determinar la eficacia del Trichoderma, Vacillus subtillis (ME sp) para el control del moho azul en el cultivo de tabaco	Eficacia del Trichoderma	Los hongos del género Trichoderma spp. Son ampliamente reconocidos por su eficacia como agentes de control biológico en diversos cultivos agrícolas, debido a su capacidad para suprimir patógenos fitosanitarios y mejorar el desarrollo vegetal.	Incidencia del moho azul severidad del moho azul respuesta del cultivo	% De plantas afectadas Incidencia de afectación en hoja	Observación directa en campo, registro fotográfico cuadro de evaluación	Parcelas experimentales productor participante

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Comparar la efectividad el Trichoderma, Vacillus subtilis (ME sp, con el tipo de manejo que el productor realiza en el cultivo.	Efectividad del Trichoderma	Conjunto de practica utilizada para controlar el moho azul incluyendo métodos biológicos y manejo tradicional	Manejo biológico y tradicional del productor	Diferencia en incidencia Diferencia en severidad costo del manejo frecuencia de aplicaciones	Observaciones registro	Hoja de campo
Proponer alternativas de manejo amigables al ambiente, a partir de los resultados del estudio para la contribución al manejo más adecuado del moho azul en el cultivo de tabaco.	Alternativas de manejos sostenible	Opciones de control del moho azul qué reducen el impacto ambiental y mejora la salud del cultivo	Practicas biológicas Prácticas culturales	Número de alternativas propuesta Viabilidad técnica	Análisis resultados	de Datos del estudio

3.8. Diseños experimentales

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (BCA), en el cual se distribuyeron los tratamientos de manera aleatoria dentro de cada bloque para controlar la variabilidad del terreno. El diseño constó de tres tratamientos: T1, T2 y T3 (testigo), con un total de 100 plantas distribuidas en parcelas experimentales. Cada tratamiento incluyó 40 plantas, excepto el testigo que contó con 20 plantas, manteniendo un distanciamiento de 61–71 cm entre plantas y 91–122 cm entre hileras. El diseño permitió evaluar el efecto de *Trichoderma* y *Bacillus subtilis* sobre la incidencia, severidad y crecimiento del cultivo de tabaco bajo condiciones reales de campo.

3.9. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

El análisis estadístico se realizará con un bloque completamente al azar (BCA) y el programa a utilizar será Excel.

Para el análisis descriptivo:

Tablas de frecuencia.

Medidas de tendencia central.

De variabilidad.

Representaciones gráficas

Procesamiento para análisis de datos

3.10. Validez o confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos se garantizó mediante la aplicación de un mismo protocolo de medición en todas las parcelas y plantas evaluadas. Las mediciones fueron repetidas en diferentes fechas, confirmando estabilidad en los resultados. Además, se utilizó una hoja de campo estructurada, lo que permitió uniformidad en la recolección de datos. El análisis estadístico mediante pruebas de normalidad y Kruskal Wallis mostró consistencia en el comportamiento de los datos, respaldando la confiabilidad del instrumento usado.

3.11. Procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados en campo fueron organizados en una hoja de cálculo en Microsoft Excel, donde se realizó el procesamiento inicial, incluyendo la codificación de variables, ordenamiento, cálculo de promedios y elaboración de tablas descriptivas.

Para el análisis estadístico se emplearon medidas de estadística descriptiva tales como frecuencias, medias, medianas y desviaciones estándar, con el propósito de caracterizar el comportamiento de las variables de crecimiento (altura de planta, número de hojas, longitud de hoja, peso fresco, peso seco y diámetro de tallo) y de las variables fitosanitarias (incidencia y severidad).

Posteriormente se aplicaron pruebas de normalidad mediante el test de Shapiro–Wilk para determinar si los datos cumplían los supuestos de distribución normal. Debido a que las variables no presentaron normalidad ($p < 0.05$), se emplearon pruebas no paramétricas para la comparación entre tratamientos.

El análisis inferencial se realizó utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con el fin de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA). Cuando la prueba indicó diferencias significativas, se interpretaron las matrices de comparación entre pares de tratamientos para identificar cuál de ellos mostró mejor desempeño.

Los resultados fueron presentados mediante gráficos (incidencia, severidad, altura, número de hojas, peso fresco y peso seco) elaborados en Excel, permitiendo visualizar el comportamiento de los tratamientos y su efecto en el control del moho azul y en el desarrollo del cultivo.

3.12. Consideraciones éticas de la investigación

La presente investigación sobre la efectividad de *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis* (ME. Sp) en el control del moho azul en el cultivo de tabaco se desarrolló siguiendo principios éticos que garantizan la integridad científica, el respeto por el ambiente y la transparencia en

el manejo de la información obtenida. En primer lugar, se respetaron las normas de bioseguridad durante el manejo de los microorganismos utilizados como agentes de control biológico, asegurando que su aplicación no representara riesgos para los investigadores, trabajadores del campo ni personas vinculadas al manejo del cultivo.

La investigación se realizó sin alterar negativamente los ecosistemas donde se efectuaron los ensayos, promoviendo prácticas responsables que favorecen la conservación del equilibrio biológico. Los bioinsumos empleados forman parte de alternativas sostenibles aprobadas para uso agrícola, por lo que su aplicación se llevó a cabo bajo criterios de seguridad ambiental y dentro de los límites de la normativa vigente

En cuanto al manejo de los datos y resultados, se garantizaron la objetividad, veracidad y confidencialidad de la información obtenida durante el estudio. No se manipuló ni modificó información con el fin de favorecer algún tratamiento, y se respetaron los derechos de los productores o instituciones que facilitaron el acceso al área de estudio o brindaron información relevante. Del mismo modo, se reconoció adecuadamente el aporte de investigaciones previas mediante la correcta citación de fuentes bibliográfica.

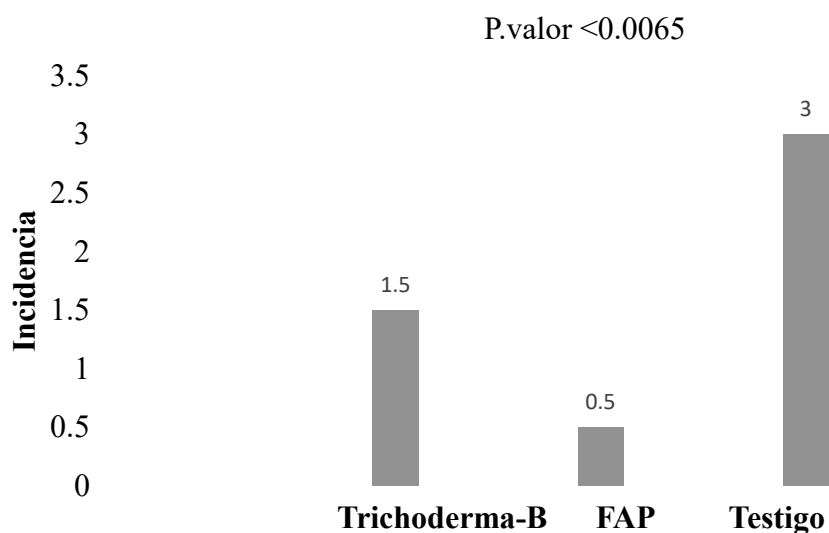
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficacia del *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* para el control de moho azul en tabaco

En la figura uno se describen los resultados encontrados en relación a la variable de incidencia, encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba paramétrica shapiro wilks determinó que los tratamientos presentan diferencia con un p. valor de $<0,0065$, el tratamiento con mayor incidencia de moho azul fue el T3, con una medida de 3%,

Figura 1.

Incidencia post tratamientos



La incidencia en tabaco con Trichoderma, Fosetil Aluminio y Propamocarb (Previcur Energy) muestra que Trichoderma es un buen control biológico (especialmente pre-siembra), mientras que Fosetil-Aluminium inhibe a Trichoderma in vitro, aunque su mezcla con Propamocarb puede reducir la incidencia de Phytophthora sin afectar mucho al antagonista. El tratamiento combinado con Trichoderma y Fosetil Propamocarb es efectivo en reducir la enfermedad sin diferencias significativas en la incidencia total en un estudio específico (Bucardo & Maryuri y Perez Morales , 2018)

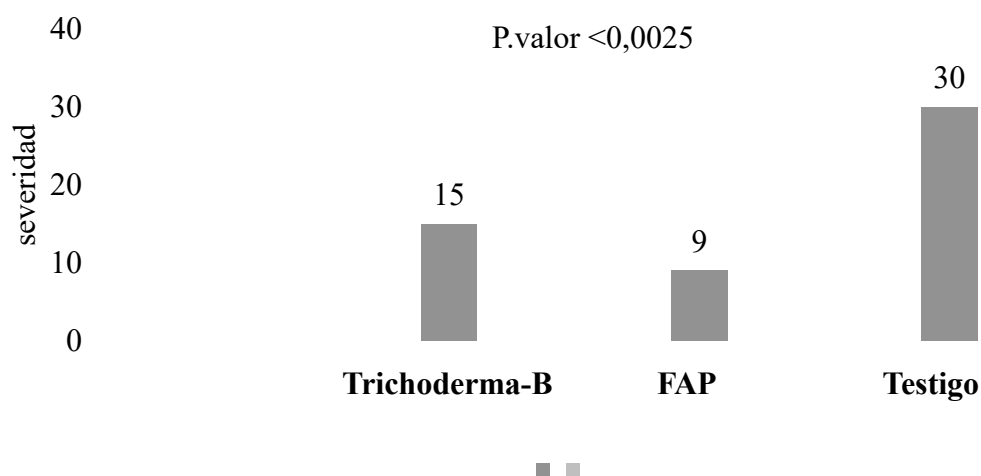
La incidencia del moho azul en el cultivo de tabaco mostró diferencias según el tratamiento aplicado. Con Trichoderma, las plantas presentaron menos enfermedad porque este producto

ayuda a que la planta esté más fuerte y pueda defenderse mejor. El Fosetil Aluminio fue el tratamiento que mejor redujo la enfermedad, logrando que apareciera en muy pocas plantas. En el caso de Propamocarb, también ayudó a disminuir la incidencia, aunque no tanto como el Fosetil Aluminio. En general, los tres tratamientos contribuyeron a reducir la enfermedad en el tabaco, pero el Fosetil Aluminio fue el más efectivo.

En la figura dos se describen los resultados encontrados en relación a la variable de severidad, encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba paramétrica Shapiro Wilks determinó que los tratamientos presentan diferencia con un p. valor de $<0,0025$, el tratamiento con mayor incidencia fue el T3, con una medida de 30 siendo el testigo.

Figura 2.

Severidad



El moho azul, causado por *Peronospora tabacina*, es una de las enfermedades más destructivas del tabaco, sobre todo en semillero y plantaciones bajo condiciones favorables de humedad y temperatura. En cuanto al control, en un estudio histórico el uso de fungicidas sistémicos con Fosetyl-Aluminio mostró buena eficacia comparada con fungicidas tradicionales, reduciendo notablemente la incidencia de moho azul. Por otro lado, hay estudios de control biológico: la utilización de Trichoderma o productos biológicos (para

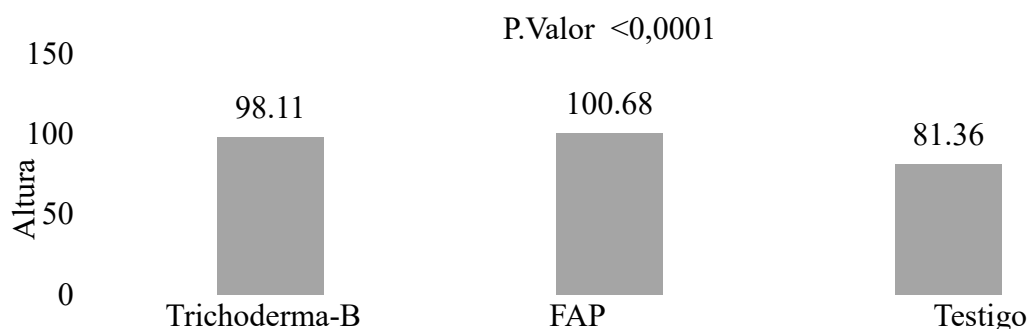
inducir defensas de la planta) logró reducir en laboratorio y campo la incidencia de moho azul hasta en ~50 % comparado con plantas sin tratamiento, lo que sugiere que el biocontrol podría ser una alternativa viable bajo incidencia moderada (BORRÁS-HIDALGO, 2009).

El moho azul en tabaco es una enfermedad muy agresiva, pero su severidad puede reducirse cuando se emplean tratamientos adecuados. El uso de Trichoderma ayuda a fortalecer las defensas del cultivo y brinda una reducción parcial del avance del hongo, especialmente cuando la presión de enfermedad no es tan alta. Por otro lado, el Fosetyl-aluminio actúa de manera más directa sobre el patógeno y suele ofrecer un mejor control del moho azul, disminuyendo notablemente la incidencia cuando se aplica correctamente. En cambio, el propamocarb no es un fungicida normalmente recomendado para esta enfermedad, por lo que su efecto sobre el moho azul es limitado. En conjunto, estos productos pueden ayudar, pero el control más fuerte proviene del Fosetyl-aluminio y del fortalecimiento general de la planta con Trichoderma.

4.2. Efectividad en crecimiento y desarrollo del cultivo

En la figura tres se describen los resultados encontrados en relación a la variable altura de la planta encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis determinó que presenta a nivel de los tratamientos diferencia con un valor de $<0,0001$, el mejor tratamiento fue el T2, con una altura de 100,68cm.

Figura 3.
Altura de la planta



Estudios similares realizados encontraron que en plantaciones de tabaco (*Nicotiana tabacum*), la aplicación de *Trichoderma* spp. en semilleros o al suelo puede mejorar la salud radicular y favorecer un crecimiento vigoroso de la planta; al reducir la carga de patógenos del suelo, las plantas disponen de más recursos para su desarrollo vegetativo. Cuando este tratamiento biológico se complementa con un fungicida sistémico como fosetil-Al (aplicado en follaje o suelo), se logra un control efectivo del moho azul —causado por *P. tabacina*—, lo que protege el follaje joven y permite que el desarrollo vertical y el crecimiento en altura continúen sin interrupciones. De este modo, la combinación de control biológico (*Trichoderma*) y químico (fosetil-Al \pm compuestos anti-oomicetos) converge en plantas de tabaco más altas, sanas y con menor incidencia de enfermedad, optimizando su capacidad de crecimiento y rendimiento (Stefanova & Felipe Rodríguez, Bertha García, 2018)

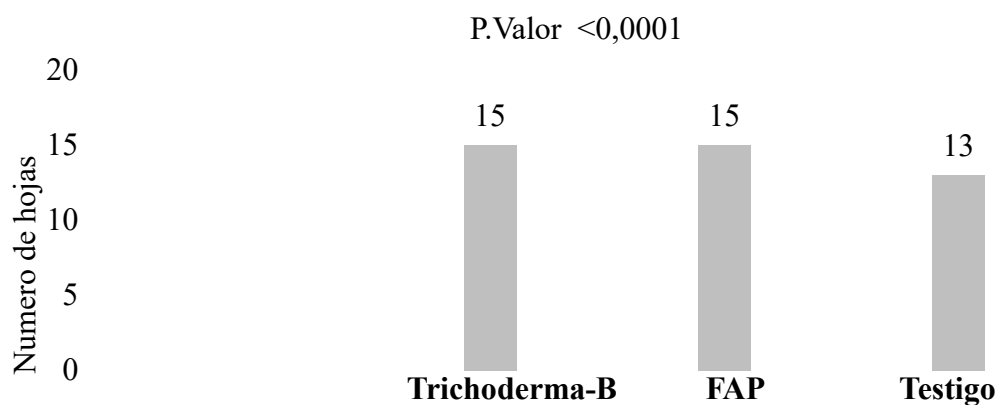
En los cultivos de tabaco, cuando se usa *Trichoderma* desde el principio, las plantas crecen con más fuerza y se desarrollan mejor porque el suelo queda más “limpio” y les permite avanzar sin tantos problemas. Y si a eso se le suma un producto como fosetil-Al para proteger las hojas nuevas del moho azul, las plantas no se frenan y siguen creciendo hacia arriba con buen tamaño. Al final, utilizar productos de cuidado natural o uno químico da como resultado plantas más altas, más firmes y con menos daños, lo que se nota bastante en la calidad y el rendimiento del cultivo

Desarrollo foliar

En la figura cuatro se describen los resultados encontrados en relación a la variable número de hojas de la planta encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, en relación al testigo donde la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis determino que presenta a nivel de los tratamientos diferencia con un valor de $<0,0001$, el mejor tratamiento fue el T1, T2 con una cantidad de 15 hojas en cada tratamiento.

Figura 4.

Número de hojas.



Estudios realizados nos dicen que la inoculación de Trichoderma en plantas de tabaco ha demostrado mejorar notablemente el crecimiento vegetal: en condiciones de deficiencia nutricional, Trichoderma v. estimuló el desarrollo de raíces laterales, aumento en la densidad y longitud de pelos radicales, y produjo incrementos significativos en la biomasa raíz y parte aérea, lo que permite una mejor absorción de nutrientes, factores que favorecen un mayor desarrollo foliar.

Estudios con Trichoderma, también han reportado un aumento del área foliar en las plantas tratadas, lo que sugiere un aumento en el número total de hojas por planta.

Por otro lado, la combinación de Fosetil-Al + Propamocarb ha sido recomendada para el control de oomicetos patógenos (como *Phytophthora nicotianae*), agentes que pueden causar pudrición de raíces o cuello y afectar la supervivencia y salud vegetal (Bansh Singh & Byrynshi Sarma, 2018)

La aplicación de Trichoderma en las plantas de tabaco ayuda mucho a que crezcan mejor. Cuando la planta tiene pocos nutrientes, este producto hace que las raíces se desarrollen más, crezcan más finitas y largas, y que toda la planta tenga más fuerza. Por eso logra sacar más hojas y hacerse más frondosa que las plantas sin tratamiento. Además, el uso junto de Fosetil-Al y Propamocarb sirve para proteger las plantas de enfermedades que dañan las raíces y

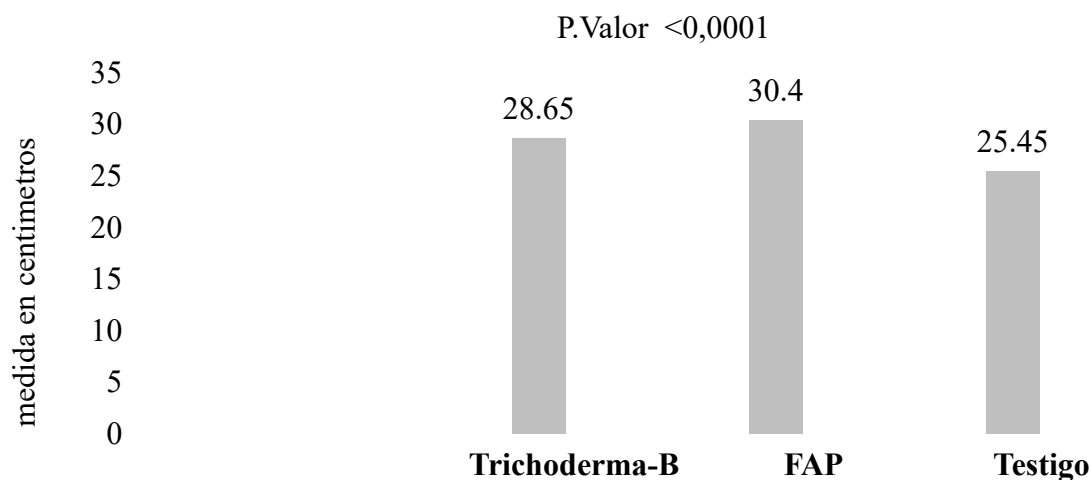
pueden hacer que la planta se debilite o se muera. Con estos productos, el tabaco se mantiene más sano y con un crecimiento más parejo.

Longitud de la hoja

En la figura cinco se describen los resultados encontrados en relación a la variable número de longitud de la hoja, encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis determino que los tratamientos presentan diferencia con un valor de $<0,0001$, el mejor tratamiento fue el T2, con una longitud de 30.40 cm en el FAP.

Figura 5.

Número de hojas



En estudios recientes se ha documentado que tanto Trichoderma como Bacillus subtilis suelen favorecer el crecimiento foliar (por ejemplo, aumentando longitud y área de hoja) cuando se aplican por separado o en combinación, y que la mezcla de ambos puede dar efectos sinérgicos sobre el vigor de las plantas. Sin embargo, las investigaciones sobre fungicidas sistémicos como fosetil-Al y mezclas con propamocarb se han centrado más en el control de oomicetos y en su impacto sobre la salud del suelo y los microorganismos acompañantes; algunos trabajos advierten que pesticidas sintéticos pueden alterar comunidades microbianas del suelo y, en ciertos casos, interferir con la acción de bioinoculantes (R & Giglou A, 2011)

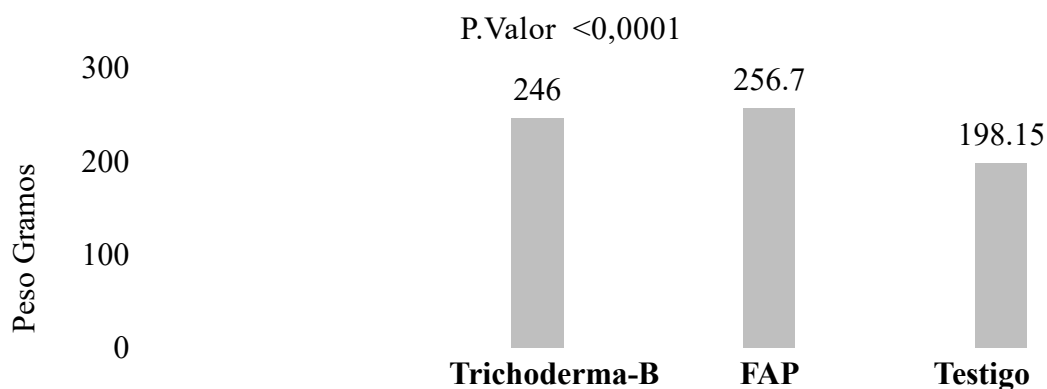
Utilizar *Trichoderma* y *Bacillus* juntos trae un empuje extra al crecimiento del tabaco, porque ayudan a que la planta tenga raíces más fuertes y hojas más largas. Y cuando además se protege el cultivo con productos como fosetil-aluminio y propamocarb, las plantas se mantienen más sanas y no se detienen por enfermedades que suelen afectar el desarrollo. Al final, al utilizar estos tratamientos, unos más naturales y otros más químicos, termina dando plantas con mejor tamaño, más hojas y un crecimiento más parejo, algo que se nota bastante cuando se compara con parcelas sin manejar.

Peso fresco

En la figura seis se describen los resultados encontrados en relación a la variable peso fresco de la hoja, encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis determino que los tratamientos presentan diferencia con un valor de $<0,0001$, el mejor tratamiento fue el T2, con un peso de 256.7 gm que es el tratamiento FAP.

Figura 6.

Peso fresco



En varios estudios se ha observado que la inoculación con *Trichoderma* mejora el vigor de las plantas y suele traducirse en mayor peso fresco de la parte aérea y de las hojas, porque las plantas desarrollan raíces más activas y absorben mejor los nutrientes; además, los fungicidas sistémicos como el fosetil-aluminio combinados con propamocarb ayudan a controlar los oomicetos que dañan raíces y follaje, lo que indirectamente contribuye a mantener o

aumentar el peso fresco de las hojas al evitar que las plantas pierdan tejido y vigor por enfermedad (Th & Dordas C, 2008).

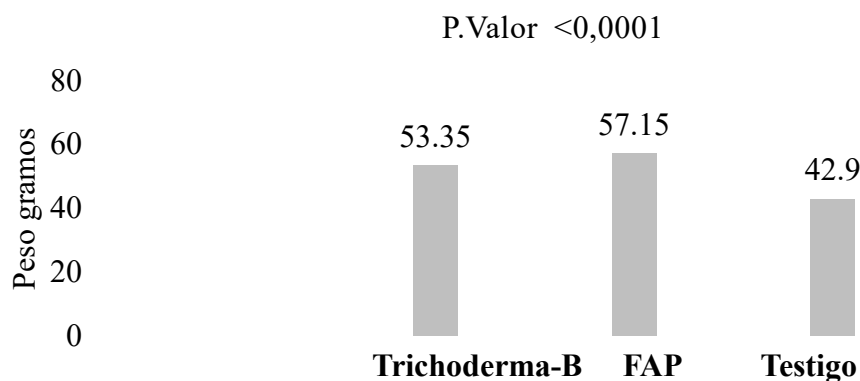
En los cultivos de tabaco, cuando se aplica Trichoderma, las plantas suelen volverse más fuertes y producen hojas más pesadas y llenas, porque aprovechan mejor el suelo y crecen con más energía. Y cuando a ese manejo se le agrega la protección con fosetil-aluminio y propamocarb, las hojas no se dañan tanto por enfermedades y la planta puede seguir creciendo sin perder fuerza. Al final, esta combinación hace que las hojas tengan un peso fresco mayor, ya que la planta se mantiene sana, activa y con un desarrollo más completo que cuando no recibe ningún tipo de tratamiento.

Peso seco

En la figura siete se describen los resultados encontrados en relación a la variable peso seco de la hoja, encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis determino que los tratamientos presentan diferencia con un valor de $<0,0001$, el mejor tratamiento fue el T2, con un peso de 51.15 gm que es el tratamiento FAP.

Figura 7.

Peso seco



En diversos trabajos se ha observado que la inoculación con Trichoderma suele traducirse en un aumento del peso seco de la hoja y de la biomasa aérea en tabaco, probablemente porque mejora la actividad radicular y la captura de nutrientes, lo que permite a la planta acumular

más materia seca. Por su parte, la aplicación de fungicidas como fosetil-aluminio y propamocarb protege contra oomicetos que dañan raíces y follaje, y al reducir la pérdida de tejido por enfermedad ayudan indirectamente a mantener o aumentar el peso seco de las hojas (Sutarman, 2021).

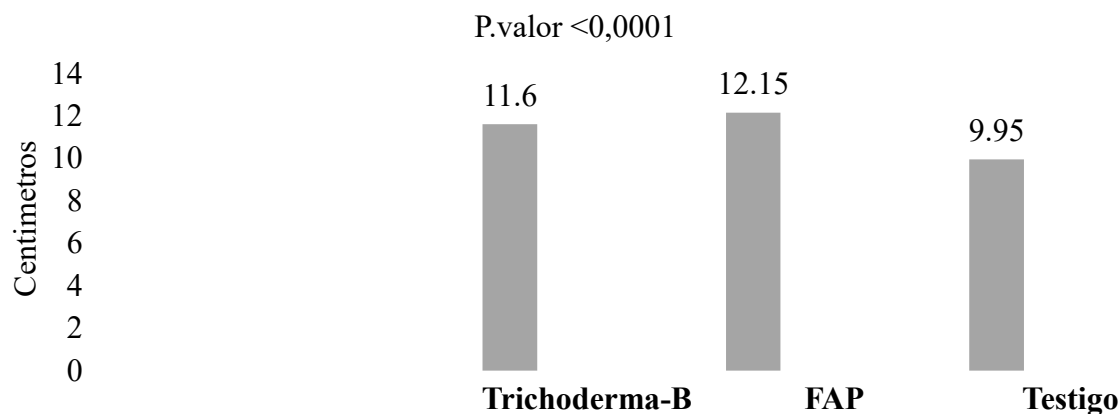
Cuando se utiliza Trichoderma en el cultivo de tabaco, las plantas tienden a acumular más materia en sus hojas y tallos, es decir, se vuelven más fuertes. Si además se protegen con productos como fosetil-aluminio y propamocarb, las enfermedades que suelen dañar raíces y follaje se controlan, lo que permite que la planta siga desarrollándose y aumentando su contenido de hojas secas. En conjunto, aplicar estos tratamientos ayuda a que las hojas tengan más peso seco, porque la planta crece sana, vigorosa y con un desarrollo más completo que las que no reciben ningún cuidado adicional.

Diámetro del tallo

En la figura ocho se describen los resultados encontrados en relación a la variable de diámetro del tallo, encontrándose que hay diferencias significativas a nivel de los tratamientos, donde la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis determino que los tratamientos presentan diferencia con un valor de $<0,0001$, el mejor tratamiento fue el T2, con una medida de 12.15 cm que es el tratamiento FAP.

Figura 8.

Diámetro del tallo



La inoculación con *Trichoderma* suele favorecer el crecimiento vegetativo de *Nicotiana tabacum* (mayor biomasa y en varios estudios incremento indirecto del grosor del tallo), mientras que fosetyl-aluminio muestra efectos variables —principalmente protección ante oomicetos y a veces mejora indirecta del crecimiento— y propamocarb actúa sobre patógenos (*Phytophthora*/oomicetos) preservando el crecimiento de la planta pero sin pruebas sólidas y consistentes que muestren un efecto directo y consistente sobre el diámetro del tallo por sí mismo (Feng Z. R., 2025)

El diámetro del tallo en plantas de tabaco tiende a mejorar cuando se aplica *Trichoderma*, ya que este hongo benéfico estimula el crecimiento, favorece la absorción de nutrientes y fortalece el sistema radicular, lo que se refleja en tallos más vigorosos. En cambio, fosetyl-aluminio y propamocarb no aumentan directamente el grosor del tallo, pero sí ayudan a mantenerlo al proteger a la planta contra enfermedades causadas por oomicetos como *Peronospora* y *Phytophthora*. Al reducir la infección, las plantas conservan su crecimiento normal y evitan el debilitamiento del tallo. En conjunto, estos tratamientos pueden contribuir a plantas más sanas y con tallos más firmes, aunque el mayor efecto de engrosamiento proviene principalmente del uso de *Trichoderma*.

4.3. Propuesta de manejo para el control de moho azul en tabaco

En la siguiente tabla se presenta un plan de manejo para el control de moho azul en tabaco, tomado en cuenta los resultados del estudio.

Tabla 2. Propuesta para el control de moho azul en tabaco

Ítem	Actividad	Descripción	Recomendación técnica
1	Preparación del suelo	La preparación del suelo tiene como objetivo crear un ambiente físico y biológico adecuado para el desarrollo del tabaco, mejorando la aireación, el drenaje, ayuda a reducir plagas y enfermedades ya que el sil ayuda a	Realizar labranza profunda de 25 a 30 cm para romper capas compactadas y mejorar el drenaje, reduciendo así la humedad excesiva que favorece al moho azul. Mantener la nivelación adecuada del suelo para evitar encharcamientos.

Ítem	Actividad	Descripción	Recomendación técnica
		eliminarlas al dar directamente en la tierra	
2	Manejo de plántulas	Es una fase en la cual se busca desarrollar plántulas fuertes y sanas reduciendo la probabilidad de infección temprana, el moho azul puede presentarse en viveros debido a la humedad ambiental elevada.	<p>Realizar riegos moderados que eviten el exceso de humedad en el follaje.</p> <p>Aplicar trichoderma sp en sustrato una dosis de 2-3 g por litro cada 12 días.</p> <p>Aplicar bacillus subtilis una dosis de 1ml por litro que evita la germinación de esporas.</p> <p>Mantener ventilación y luminosidad para mantener la humedad relativa.</p>
3	Establecimiento en campo	El establecimiento en campo consiste en el trasplante de plántulas y la adaptación inicial en el suelo definitivo. Es un momento crítico en el que el estrés y el exceso de humedad pueden favorecer el moho azul. Por ello, se requiere reforzar protección biológica y química.	<p>Trasplantar plántulas de 4-6 hojas con buen vigor.</p> <p>Distanciamiento sugerido de 1m entre surcos y 0.5 m entre plantas para favorecer la ventilación.</p> <p>Aplicar riego inicial moderado sin encharcar.</p> <p>Realizar aplicación de Fosetyl-aluminio más propamocarb y trichoderma bacillus subtilis a los 10 o 15 días del trasplante, una dosis de 2.0-2.5 l por ha.</p>
4	Manejo fitosanitario	El manejo fitosanitario integra actividades de monitoreo, prevención y control, combinando estrategias biológicas y químicas par reducir incidencia y severidad del moho azul. Incluyendo acciones continuas	<p>Revisar el cultivo constantemente o 2 veces por semana.</p> <p>Observar manchas cloríticas, áreas húmedas y esporulación azul en el envés de la hoja.</p> <p>Control biológico con Trichoderma spp, aplicación foliar cada 15-20 días induce</p>

Ítem	Actividad	Descripción	Recomendación técnica
		durante el ciclo de todo el cultivo del tabaco.	<p>defensas y reduce germinación de esporas.</p> <p>Control químico uso de Fosetyl-aluminio más propamocarb cuando existan periodos prolongados de humedad o focos iniciales de infección, dosis de 2-2.5 l por ha cada 15 días</p> <p>Retirar hojas afectadas y alejarlas del cultivo.</p>

V. CONCLUSIONES

La evaluación realizada permitió determinar que tanto *Trichoderma* spp. como *Bacillus subtilis* (ME. Sp) presentan una eficacia significativa en el control del moho azul (*Peronospora tabacina*) en el cultivo de tabaco. Los tratamientos aplicados mostraron una reducción notable en la incidencia y severidad de la enfermedad en comparación con el testigo sin control, evidenciando la acción antagonista de estos agentes biológicos sobre el patógeno. Además, su uso favoreció un desarrollo vegetativo más saludable y una menor presencia de daño foliar, lo que confirma su potencial como alternativas sostenibles dentro del manejo fitosanitario del cultivo.

La comparación de los tratamientos evaluados para el control del moho azul permitió establecer diferencias claras en su efectividad tanto en el crecimiento como en el rendimiento del cultivo de tabaco. Los resultados indican que los tratamientos biológicos a base de *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis* (ME. Sp) mostraron un desempeño superior al testigo y, en algunos casos, comparable o incluso mejor que los tratamientos convencionales. *Trichoderma* destacó por su capacidad para mejorar el vigor vegetativo, reflejado en mayor altura de planta, mejor desarrollo radicular y mayor número de hojas funcionales; mientras que *Bacillus subtilis* sobresalió en la reducción temprana de la severidad del moho azul y en la protección del follaje,

Se propone alternativas de manejo ambientalmente amigables que contribuyen de manera efectiva al control del moho azul en el cultivo de tabaco. El uso de *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis* (ME. Sp) se consolidó como una estrategia sostenible, capaz de reducir la incidencia y severidad de *Peronospora tabacina* sin generar impactos negativos sobre el ecosistema ni riesgos para la salud humana. Su integración dentro de un programa de manejo integrado de enfermedades permite disminuir la dependencia de fungicidas químicos, reducir la presión de selección sobre el patógeno y promover un equilibrio biológico más estable en el sistema de producción,

VI. RECOMENDACIONES

Implementar el uso de *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis* (ME. Sp) como parte del manejo integrado dado que ambos biocontroladores demostraron alta eficacia en la reducción de la incidencia y severidad del moho azul, se recomienda su aplicación preventiva y continua durante el ciclo del cultivo, especialmente en etapas donde las condiciones ambientales favorecen el desarrollo del patógeno.

Complementar el control biológico con prácticas agronómicas sostenibles para potenciar el efecto de los biocontroladores, es aconsejable implementar acciones como mejorar la ventilación del cultivo, manejar adecuadamente la humedad, evitar el encharcamiento y eliminar restos vegetales infectados.

Promover la capacitación de productores y técnicos en el uso adecuado de bioinsumos es importante desarrollar programas de formación que orienten a los agricultores sobre las dosis, momentos de aplicación y manejo correcto de *Trichoderma* y *Bacillus subtilis*, asegurando así que su uso sea eficiente y se mantenga la calidad del producto biológico.

Reducir de manera gradual la dependencia de fungicidas químico, la eficacia de los tratamientos biológicos permite recomendar una disminución progresiva de insumos químicos, con el fin de evitar la resistencia del patógeno, minimizar impactos ambientales y mejorar la sostenibilidad del sistema productivo.

Fomentar el monitoreo constante del cultivo se recomienda realizar inspecciones periódicas para detectar brotes tempranos de la enfermedad y ajustar oportunamente la frecuencia y dosis de aplicación de los biocontroladores, lo que garantiza su acción preventiva y curativa

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, J., & Pérez, L. (2020). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de tabaco. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 145–158.
- Espinoza, R., & Torres, M. (2019). Enfermedades foliares del tabaco y sus estrategias de control. *Revista Fitopatológica Centroamericana*, 12(3), 89–97.
- Benavides, A., & Castillo, J. (2020). Caracterización de las principales zonas productoras de tabaco en el norte de Nicaragua. *Revista Agrícola Nicaragüense*, 12(1), 33–42.
- Aguilar, J., & Pérez, L. (2019). Manejo agronómico del cultivo de tabaco en sistemas tropicales. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 155–168.
- Acuña, P., & Carmen, L. (2021). Mecanismos de acción de *Bacillus subtilis* en el control de enfermedades agrícolas. *Revista de Microbiología Aplicada*, 18(2), 112–124.
- Crespo, J., & Pérez, A. (2018). *Trichoderma* spp. como agente de biocontrol en cultivos agrícolas: avances y perspectivas. *Journal of Plant Protection*, 12(3), 87–99.
- Yuan, S., Li, M., Fang, Z., et al. (2015). Biological control of tobacco bacterial wilt using *Trichoderma harzianum* amended bioorganic fertilizer and *Glomus mosseae*. *Biocontrol*, 92, 164–171.
- Chen, et al. (2025). Controlling mildew of tobacco leaf by *Bacillus amyloliquefaciens* ZH-2. *Scientific Reports*
- Villarreal-Delgado, M. F., et al. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36, 95–130.
- Tyśkiewicz, R., et al. (2023). *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode diseases. *Frontiers in Microbiology*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. d. C., Fadji, A. E., Hyder, S., Babalola, O. O. & Santoyo, G. (2023). *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. *Plants*, 12(3), 432.
- Abdul-Halim, A. M., Shivanand, P., Krishnamoorthy, S. & Taha, H. (2023). A review on the biological properties of *Trichoderma* spp. as a prospective biocontrol agent and biofertilizer. *Journal of Applied Biology & Biotechnology (JABB)*, 11(5), 34–46.

- Martínez-Canto, O. J., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M. & Reyes-Ramírez, A. (2022). *Trichoderma spp. como agente de control biológico contra fitopatógenos en Solanum lycopersicum L. Avances en Investigación Agropecuaria.*
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. d. C., Fadji, A. E., ... & Santoyo, G. (2023). *Trichoderma Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. Plants, 12(3).*
- Tyśkiewicz, R., et al. (2023). Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode diseases. *Frontiers in Microbiology.*
- Prashanth Kumar, A., Sathish, G., Srinivas, J., & Chandrasekhar, B. (2023). Trichoderma Species and Their Biological Mechanisms. *International Journal of Environment and Climate Change, 13(10), 1637–1651.*
- Martínez-Canto, O. J., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., & Reyes-Ramírez, A. (2022). *Trichoderma spp. como agente de control biológico contra fitopatógenos en Solanum lycopersicum L. Avances en Investigación Agropecuaria.*
- González Rodríguez, M., Castellanos González, L., Ramos Fernández, M., & Pérez González, G. (2024). Efectividad de *Trichoderma spp.* para el control de hongos patógenos de la semilla y el suelo en el cultivo del frijol. *Fitosanida.*

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del ensayo

Comunidad la mía, jalapa Nueva Segovia



(Google map. 2023)

Anexo 2. Hoja de campo

N.º	Fecha	Tratamiento	Altura de la planta	Número de hojas	Longitud de las hojas	Diámetro del tallo	Peso fresco	Peso seco
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
26								

Anexo 3. Pruebas de normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura de planta (cm)	100	95,79	12,23	0,94	<0,0001
N° de hojas	100	14,58	1,56	0,93	<0,0001
Longitud de hoja (cm)	100	28,85	3,18	0,95	0,0068
Diámetro de tallo (mm)	100	11,56	1,24	0,96	0,0340
Peso fresco (g)	100	239,19	32,35	0,94	0,0010
Peso seco (g)	100	51,63	7,06	0,94	<0,0001

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Incidencia	30	1,90	1,49	0,87	0,0033
severidad	30	18,33	14,40	0,88	0,0040

Anexo 4. Análisis estadísticos

Variable	Tratamiento	N	trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Incidencia	T1	1	10	1,60	1,43	1,50	9,59	0,0065	
Incidencia	T2	2	10	1,00	1,25	0,50			
Incidencia	T3	3	10	3,10	0,99	3,00			

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,38	0,03
2	0,77		2,6E-03
3	4,55	9,06	

Variable	Tratamiento	N	trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
severidad	T1	1	10	15,00	10,80	15,00	11,39	0,0025	
severidad	T2	2	10	9,00	12,87	0,00			
severidad	T3	3	10	31,00	9,94	30,00			

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,37	0,02
2	0,79		1,1E-03
3	5,64	10,65	

Nueva tabla : 26/11/2025 - 15:14:07 - [Versión : 30/04/2020]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N	trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Altura de planta (cm)	T1	1	40	98,11	9,97	98,20	39,06	<0,0001	
Altura de planta (cm)	T2	2	40	100,68	11,80	102,75			
Altura de planta (cm)	T3 (Testigo)	3	20	81,36	3,04	80,55			

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,43	9,4E-08
2	0,62		2,2E-09
3	28,50	35,78	

Variable	Tratamiento	N trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
N° de hojas	T1	1	40	15,10	1,43	15,50	29,81	<0,0001
N° de hojas	T2	2	40	14,90	1,43	15,00		
N° de hojas	T3 (Testigo)	3	20	12,90	0,79	13,00		

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,45	1,6E-07
2	0,57		3,7E-06
3	27,51	21,41	

Variable	Tratamiento	N trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Longitud de hoja (cm)	T1	1	40	29,47	2,81	28,65	31,25	<0,0001
Longitud de hoja (cm)	T2	2	40	29,91	3,03	30,40		
Longitud de hoja (cm)	T3 (Testigo)	3	20	25,48	1,53	25,45		

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,55	1,4E-06
2	0,36		1,1E-07
3	23,33	28,28	

Variable	Tratamiento	N trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Peso fresco (g)	T1	1	40	243,08	26,60	246,00	44,53	<0,0001
Peso fresco (g)	T2	2	40	255,50	28,12	256,70		
Peso fresco (g)	T3 (Testigo)	3	20	198,79	8,28	198,15		

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,10	1,6E-07
2	2,64		5,0E-11
3	27,50	43,19	

Variable	Tratamiento	N trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Peso seco (g)	T1	1	40	52,56	5,65	53,35	42,10	<0,0001
Peso seco (g)	T2	2	40	55,08	6,35	57,15		
Peso seco (g)	T3 (Testigo)	3	20	42,88	1,93	42,90		

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,10	4,4E-07
2	2,75		1,5E-10
3	25,51	41,00	

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H
p							
Diámetro de tallo (mm)	T1	1	40	11,73	1,05	11,60	41,74
<0,0001							
Diámetro de tallo (mm)	T2	2	40	12,17	0,98	12,15	
Diámetro de tallo (mm)	T3 (Testigo)	3	20	10,00	0,57	9,95	

Matriz de Estadísticos pruebas y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3
1		0,11	4,1E-07
2	2,55		1,9E-10
3	25,63	40,54	

Anexo 5. Galeria fotográfica



Colocación de estacas para establecer el ensayo



Colocación Cintas de identificación y primera aplicación el día 26 de abril 2025 con el 10%



Letreros de identificación de tratamientos



Productos para la realización del ensayo y repetición



Realización de desmalezamiento para dejar limpio el área de trabajo



11 de mayo 2025 Segunda aplicación al 25 %



Día 31 de mayo aplicación del 50%



Día 10 de junio cuarta aplicación al 75%, encontramos incidencia de moho azul en algunas plantas.



Último día de toma de datos, con aplicación de los productos había sido controlado el moho y dejando el daño en las hojas que fueron afectadas.



Tomas de datos de las plantas