



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y**  
**VETERINARIA**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo, presentado al  
H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener  
el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Manejo del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol  
(*Phaseolus vulgaris* L.)”

**AUTOR:**

Juan Sebastián Guanín Lema

**TUTOR:**

Ing. Agr. Oscar Wellington Mora Castro, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

## RESUMEN

El presente documento trata sobre el manejo del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los objetivos planeados fueron detallar los daños que provoca el Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol y establecer las diferentes medidas de control de esta enfermedad. Las conclusiones determinaron que las temperaturas óptimas para el desarrollo de *Sclerotinia sclerotiorum* oscilan entre 12 y 18°C, condiciones que comúnmente se manifiestan durante la etapa de floración del frijol. Se evidencia por los síntomas que provoca en el tallo a nivel del suelo, generando una mancha de color marrón oscuro o negruzco que se expande formando un anillo, constriñendo la planta y provocando su muerte. *Sclerotinia sclerotiorum* se caracteriza por un micelio blanco esponjoso con presencia de pequeños esclerocios oscuros. La infección promueve la producción extensa de micelio con el desarrollo de esclerocios, que se desprenden y caen al suelo a medida que el tejido es destruido por la actividad fúngica. Se sugiere en las prácticas culturales el empleo de cantidades reducidas de semilla durante el proceso de siembra. Incluir materia orgánica (residuos de cultivos), implementar la rotación de cultivos, eliminar los residuos de cosecha. La aplicación de fungicidas que contienen clorotalonil, propiconazol, azoxistrobina o piraclostrobina puede servir para mejorar las medidas protectoras contra las infecciones de las plantas. Adicionalmente, es posible emplear microorganismos antagonistas en el suelo, como el hongo *Trichoderma*, o utilizar fertilizantes biológicos que contengan *Bacillus subtilis*.

Palabras claves: patógenos, enfermedades, fréjol, fungicidas, *Trichoderma*.

## SUMMARY

This document deals with the management of White Mold (*Sclerotinia sclerotium*) in the cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). The planned objectives were to detail the damage caused by White Mold (*Sclerotinia sclerotium*) in the bean crop and to establish the different control measures for this disease. The conclusions determine that the optimal temperatures for the development of *Sclerotinia sclerotiorum* range between 12 and 18°C, conditions that are manifested during the flowering stage of the bean. It is evidenced by the symptoms it causes on the stem at ground level, generating a dark brown or blackish spot that expands to form a ring, constricting the plant and causing its death. *Sclerotinia sclerotiorum* is characterized by a spongy white mycelium with the presence of small dark sclerotia. Infection promotes extensive mycelium production with the development of sclerotia, which detach and fall to the ground as the tissue is destroyed by fungal activity. In cultural practices, the use of reduced amounts of seed during the sowing process is suggested. Include organic matter (crop residues), implement crop rotation, eliminate crop residues. The application of fungicides containing chlorothalonil, propiconazole, azoxystrobin or pyraclostrobin can serve to improve protective measures against plant infections. In addition, it is possible to use antagonistic microorganisms in the soil, such as the *Trichoderma* fungus, or use biological fertilizers containing *Bacillus subtilis*.

Keywords: pathogens, diseases, beans, fungicides, *Trichoderma*.

# CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| II. RESUMEN.....   | II  |
| III.SUMMARY.....   | III |
| 1. CONTEXTUALIZACIÓN .....                                       | 1   |
| 1.1.INTRODUCCIÓN .....   | 1   |
| 1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                             | 2   |
| 1.3.JUSTIFICACIÓN.....   | 3   |
| 1.4.OBJETIVOS.....   | 4   |
| 1.4.1. Objetivo general.....                                     | 4   |
| 1.4.2. Objetivos específicos.....                                | 4   |
| 1.5.LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....                                 | 4   |
| 2. DESARROLLO.....   | 5   |
| 2.1.MARCO CONCEPTUAL.....  | 5   |
| 2.1.1. Generalidades del cultivo de frejol .....                 | 5   |
| 2.1.2. Problemas fitosanitarios en los cultivos .....            | 6   |
| 2.1.3. Síntomas y daños de <i>Sclerotinia sclerotium</i> .....   | 8   |
| 2.1.4. Medidas de control de <i>Sclerotinia sclerotium</i> ..... | 12  |
| 2.2.MARCO METODOLÓGICO.....                                      | 20  |
| 2.3.RESULTADOS.....  | 20  |
| 2.4.DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                                | 21  |
| 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                          | 23  |
| 3.1.CONCLUSIONES .....   | 23  |
| 3.2.RECOMENDACIONES.....   | 24  |
| 4. REFERENCIAS Y ANEXOS .....                                    | 25  |
| 4.1.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....                             | 25  |
| 4.2.ANEXOS .....   | 30  |

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia en algunas partes del mundo, aunque está infrautilizado. Destaca por sus versátiles capacidades agrícolas, ya que se utiliza para consumo humano, producción de piensos y mejora de la calidad del suelo como abono verde. Se distingue por su capacidad para soportar condiciones adversas como sequía, salinidad y altas temperaturas. Este cultivo es rico en proteínas, carbohidratos, fibra, hierro, zinc, vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, folato total, betacaroteno y ácidos grasos saturados. Además de su valor nutricional, los fréjoles también se utilizan como medicina para controlar, prevenir y tratar enfermedades degenerativas (Morales *et al.* 2023).

El área total promedio cosechada en el Ecuador durante los últimos cinco años fue de 22.186 ha, correspondientes a 3.410 ha de fréjol enano y 18.776 ha de fréjol indeterminado, con un rendimiento promedio de fréjol seco de 350 kg/ha<sup>-1</sup> y verde de 1.340 kg/ha<sup>-1</sup>. En el campo, la siembra de esta leguminosa se realiza de septiembre a noviembre, se da preferencia a las variedades de colores vivos: amarillo (canario), blanco (caballero), rojo (Garcés 2013).

La importancia del fréjol en el Ecuador se debe a la disponibilidad y valor del fréjol, su contenido de grasas y proteínas, y su valor nutricional, que incluso se compara con el de las carnes rojas, convirtiéndolos en uno de los alimentos queridos por el pueblo. Los granos que se obtienen de este cultivo son consumidos por la mayoría de la población y también son una fuente de ingresos para los pequeños y medianos productores. Es la leguminosa con mayor superficie de cultivo y consumo, y se presenta en forma de semillas secas (semillas frescas) con alto contenido de humedad, las cuales se cosechan antes de su madurez fisiológica (Garcés *et al.* 2013).

Aunque los fréjoles son una especie nativa, no figuran como un cultivo

alimentario nacional o comercial importante en Ecuador. Sin embargo, en algunos estados como Manabí en la costa e Imbabura, Chimborazo y Loja en la Sierra, Manabí es el único que se vende como verdura en los mercados locales, aunque es importante en la dieta de la población local. Es una especie importante para muchos agroecosistemas, especialmente para comunidades que practican agricultura de subsistencia, ya que está adaptada a un clima árido con una altitud de hasta 2.800 m sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de 16-27 °C (Nieto 2022).

*S. sclerotiorum* es una de las especies de gran importancia en fitopatología. Los principales síntomas causados incluyen podredumbre (raíces, base del tallo, copa, rizomas, flores, frutos, piel), frutos verdes, mildiú (brotes y flores), manchas en las hojas y marchitez. Los signos de ataque de estas especies incluyen la presencia de micelio del algodón (mildiú) y la presencia de esclerocios bulbosos negros. Aumentar la capacidad de detectar y diagnosticar rápidamente diferentes esclerótidos es un elemento clave para establecer medidas de manejo efectivas para cultivos tropicales de interés económico (Leiva *et al.* 2020).

Los principales problemas en el cultivo del fréjol son las enfermedades provocadas por hongos y bacterias, que pueden provocar pérdidas de hasta un 30-40%. Por esta razón, se han propuesto métodos de control que recomiendan el uso de semillas de raza pura, libres de patógenos y genéticamente resistentes. También ofrecemos aplicaciones de fungicidas con los ingredientes activos benomyl 250 g/ha o clorotalonil 700 – 1000 cc/ha (Yandún 2022).

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los fréjoles (*Phaseolus vulgaris* L.) son un elemento esencial en la dieta de las personas. Sin embargo, la presencia de microorganismos patógenos afecta directamente a las plantas, provocando altas pérdidas económicas de hasta el 95 %, y en algunos casos el daño puede ser tan grande que se pierde toda la producción.

Los rendimientos de material genético actualmente disponibles en el país, particularmente en el trópico húmedo del Ecuador, no compensan las inversiones de los agricultores, que en su mayoría practican una agricultura de subsistencia de tamaño pequeño y mediano.

*Sclerotinia sclerotiorum* es un hongo que habita en el suelo y causa moho en los fréjoles y los garbanzos, pero también puede infectar otros cultivos de hortalizas y flores. La enfermedad se caracteriza por una podredumbre húmeda cubierta de hifas fúngicas de color blanco algodonoso.

Además, el uso indiscriminado de pesticidas puede provocar intoxicaciones agudas durante el proceso de digestión de alimentos que contienen residuos químicos, cuyos efectos son graves, pero que en ocasiones pueden recuperarse, lo que supone graves problemas para la salud humana. El uso de productos químicos amenaza la salud de los usuarios y los niveles residuales de productos químicos en los alimentos suponen un riesgo importante para la salud de los consumidores.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La importancia del fréjol en el Ecuador se debe a que es uno de los alimentos favoritos a nivel nacional por su valor accesible y su contenido de grasas y proteínas, su valor nutricional incluso comparable al de la carne roja. Actualmente, en la cuenca alta del río Guayas se ha establecido como material genético exótico y como material doméstico que puede adaptarse a las condiciones.

El frijol en nuestro país se encuentra entre los cereales que ocupan uno de los primeros puestos; Ocupa el séptimo lugar en términos de consumo y cultivo, con más de un millón de hectáreas cosechadas bajo esta leguminosa. El 40% de la producción de frijol del país se destina al consumo y el 60% restante se exporta. La comercialización que se hace por medio de pequeños productores es muy importante para este producto, puesto que se logra desarrollar incentivos para la producción de

fréjol, así como optimizar la calidad de vida de los productores (Maldonado 2022).

Buscar nuevas alternativas para combatir hongos fitopatógenos como *Sclerotinia sclerotium* en el cultivo de fréjol, ya que el uso actual de químicos amenaza la salud de los productores y la salud de los consumidores se encuentra en un nivel moderado. Además, también pretende proporcionar nuevas alternativas para cultivos más saludables y la capacidad de vender productos de alta calidad, reduciendo las tasas de pérdidas económicas en el sector agrícola.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Describir el manejo del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Detallar los daños que provoca el Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol.
- Establecer las diferentes medidas de control de esta enfermedad.

## **1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**Dominio:** Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología.

**Línea:** Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

**Sublínea:** Agricultura sostenible y sustentable.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1. Generalidades del cultivo de frejol

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa agrícola ampliamente utilizada, cuya importancia económica en el país se atribuye a dos razones clave: sirve como fuente de proteína vegetal para consumo animal y humano, y su follaje se utiliza frecuentemente como abono verde (Zayas *et al.* 2019).

El frijol seco es originario de América Central y del Sur y actualmente se cultiva y comercializa en todos los continentes. El elevado consumo de frijoles puede atribuirse en parte a su asequibilidad, disponibilidad generalizada y propiedades nutricionales. La incorporación de frijoles a la dieta se ve favorecida aún más por sus beneficios para la salud, como la reducción de los niveles de colesterol y sus potenciales propiedades antioxidantes (De Azevedo Silva *et al.* 2021).

Tradicionalmente cultivado por pequeños y medianos agricultores familiares, se planta en asociación y rotación con otros cultivos temporales como el maíz. Además de sus aportes económicos como generadora de empleo, esta leguminosa juega un papel importante en el sustento nutricional de las familias rurales debido a su importante contenido de proteínas y minerales. El frijol, mantiene una conexión arraigada con las tradiciones y la percepción específica del territorio al que pertenece. Por consiguiente, las narrativas y la identidad otorgada por la comunidad se enfocan en lo tradicional" (Ospina *et al.* 2020).

El frijol común representa la especie más esencial dentro de la familia de las leguminosas debido a su alto contenido en nutrientes. Este grano ofrece una fuente fundamental de proteínas, vitaminas y minerales para la dieta de las poblaciones de las Américas. Se argumenta que el nivel de proteínas presente en las semillas secas

de los frijoles se sitúa en torno al 20 %, cifra que resulta particularmente favorable al compararse con la de otros alimentos de origen vegetal consumidos en regiones con recursos limitados, principalmente en países en vías de desarrollo (Morales *et al.* 2020).

El frijol común es una leguminosa ampliamente consumida a nivel mundial y sirve como una fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales en la dieta de diversas poblaciones residentes en las Américas, particularmente en los países en desarrollo (García *et al.* 2020).

### **2.1.2. Problemas fitosanitarios en los cultivos**

Abordar de manera efectiva el desafío de satisfacer la demanda alimentaria en constante crecimiento de la población humana constituye un aspecto de primordial relevancia y actualidad a lo largo de la historia. Por consiguiente, a nivel internacional, un gran número de académicos se encuentran trabajando de forma continua en la exploración de alternativas agroecológicas. A lo largo del tiempo, los agricultores han empleado agentes químicos en diversas concentraciones con el fin de combatir enfermedades y aumentar los rendimientos, con el propósito de cumplir con las exigencias alimenticias y satisfacerlas en su totalidad (Morales *et al.* 2020).

El aumento en la resistencia de los organismos-plaga como resultado del uso extensivo de agroquímicos en la agricultura ha generado áreas de preocupación ambiental. Esto se debe a que se hace necesario aplicar mayores cantidades de estos productos para contrarrestar dicha resistencia, lo cual conlleva a una sucesión de agroquímicos de nueva generación con mayor potencia, pero también con efectos ambientales adversos más severos. "Los agroquímicos modernos contienen compuestos bioacumulativos que son potencialmente tóxicos y que pueden ser transferidos a través de la cadena alimentaria hacia consumidores tanto animales como humanos" (García *et al.* 2020).

Una parte importante de los problemas fitosanitarios de los cultivos en todo el mundo se atribuyen a hongos, insectos y virus que atacan diversas partes de las plantas, lo que resulta en una disminución de la calidad del producto, la pérdida total de las plantas o reducciones significativas en los rendimientos agrícolas (Mesa 2020).

Entre los factores bióticos, las enfermedades tienen el potencial de provocar pérdidas significativas en el rendimiento, dependiendo de factores como la población de patógenos predominante, la variedad de frijol, las condiciones ambientales y los métodos de cultivo vigentes (Escalante *et al.* 2022).

Desde mediados del siglo XX, en Ecuador se ha observado un incremento significativo en la expansión de la producción agrícola, la cual ha sido impulsada por la adopción de tecnologías contemporáneas que se fundamentan en el empleo intensivo de insumos químicos, especialmente insecticidas y fungicidas. No obstante, la implementación de tales tecnologías químicas suele carecer de una base investigativa adecuada acerca de las implicaciones del uso regular de insecticidas en la integridad y dinámica de los agroecosistemas. Por lo tanto, el uso indiscriminado de pesticidas químicos, en lugar de reducir los problemas de plagas y enfermedades, a menudo los exacerba, lo que resulta en graves problemas de producción, ya sea a través de desequilibrios ecológicos o la aparición de resistencia de insectos y hongos a estos productos (Chirinos *et al.* 2020).

La baja producción de frijol se atribuye a su sistema de cultivo principalmente de secano. Además de esto, el manejo inadecuado o nulo de plagas y enfermedades, en parte debido a la falta de conocimiento, limita aún más su potencial de rendimiento. Las enfermedades pueden provocar una disminución de la producción de hasta un 25% o provocar una pérdida total (Escalante *et al.* 2022).

El desafío de controlar las plagas y enfermedades de las plantas, junto con el creciente riesgo ambiental asociado con el uso exclusivo y excesivo de pesticidas, ha requerido la adopción de una estrategia integrada de manejo de plagas y

enfermedades que incorpore una variedad de métodos de control. El manejo integrado tiene como objetivo implementar diversas estrategias para la prevención, control y erradicación de plagas, enfermedades y malezas, con el objetivo final de reducir significativamente los daños potenciales que puedan causar (Mateus 2020).

### **2.1.3. Síntomas y daños de *Sclerotinia sclerotium***

En Ecuador, los bajos rendimientos del frijol común se han relacionado con la presencia de enfermedades foliares y estreses abióticos como la sequía y la infertilidad del suelo. Sin embargo, no todos los lugares ofrecen condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. El frijol común enfrenta una variedad de limitaciones bióticas y abióticas durante sus etapas de crecimiento y desarrollo que tienen un impacto perjudicial en los resultados de la producción (Silvera *et al.* 2020).

El agente causante del moho blanco, *S. sclerotium*, demuestra la capacidad de infectar más de 600 especies de plantas, provocando importantes pérdidas de cultivos en todo el mundo. "En la actualidad, el manejo se basa en el uso de pesticidas de amplio espectro que pueden tener efectos adversos en el ecosistema agrícola, lo cual subraya la urgencia de explorar estrategias de control alternativas" (Walker *et al.* 2023).

El moho blanco *S. sclerotium* es un hongo perteneciente a la familia Sclerotiniaceae. Este hongo patógeno representa una amenaza importante para varios cultivos agrícolas, como el girasol, la soja, la canola, el frijol, el garbanzo, la mostaza y la cebolla. Posee una amplia gama de hospederos, lo que le permite infectar a más de 400 especies de plantas, principalmente dicotiledóneas. Las condiciones ambientales que favorecen la infección por hongos incluyen niveles elevados de humedad y temperaturas que oscilan entre 15 y 25 °C.

Además, la misma fuente señala que la excreción de enzimas fúngicas como celulasas y pectinasas, que suavizan y degradan los tejidos vegetales, juegan un papel

clave en el proceso de infección de las plantas, junto con la síntesis de ácido oxálico, presentando efectos tóxicos. Impacto en la estructura del organismo receptor. Una característica de este patógeno es el desarrollo de esclerocios, que son estructuras fúngicas que sirven como mecanismos de resistencia y dispersión. En condiciones propicias, estos esclerocios tienen la capacidad de permanecer viables en los suelos durante varios años (Ordóñez *et al.* 2018).

*S. sclerotium* es capaz de atacar la planta durante todo su ciclo de vida y puede sobrevivir en residuos de cultivos anteriores de frijol u otras plantas, así como en el suelo durante al menos un año. Esta enfermedad fúngica, atribuida a *S. sclerotium*, se manifiesta en aproximadamente el 30 % del cultivo, afectando tanto la zona foliar como la radicular. Este hecho está relacionado con los altos niveles de precipitación y la posible presencia de inóculo de hongos en el suelo (Pérez 2020).

*S. sclerotium* es un patógeno vegetal distribuido globalmente responsable de causar la enfermedad de esclerotinia en numerosos cultivos económicamente significativos como lechuga, zanahorias, brassicas y frijoles, lo que resulta en pérdidas económicas sustanciales anualmente (Yang *et al.* 2020).

*S. sclerotium* se adhiere a la superficie del huésped y atraviesa la cutícula de la planta para establecer la infección. Este hongo patógeno puede infiltrarse en varios tejidos de la planta, como el tallo, la raíz y la vaina, en diversas etapas de desarrollo de la planta (Zhu *et al.* 2022).

*S. sclerotium* de Bary es un hongo patógeno necrotrófico devastador y económicamente significativo que se sabe que causa enfermedades en más de 500 especies de plantas en todo el mundo. El hongo transmitido por el suelo es un ascomiceto perteneciente a la familia Sclerotiniaceae, caracterizado por la producción de micelio algodonoso blanco y esclerocios melanizados en huéspedes infectados (Han *et al.* 2023).

*S. sclerotium* (Lib.) de Bary se considera un patógeno importante del frijol, responsable de pérdidas financieras sustanciales en varias regiones productoras de frijol. Este patógeno del suelo está muy extendido e infecta a un mínimo de 408 especies de plantas, incluidos cultivos económicamente importantes. Persiste en el suelo durante períodos prolongados en forma de esclerocios, una estructura micelial densa que, al germinar, origina apotecios que dispersan millones de ascosporas en la atmósfera (De Azevedo Silva *et al.* 2021).

El hongo desencadena una enfermedad muy perjudicial. El patógeno puede infectar cultivos a través de dos mecanismos distintos: ya sea mediante infección basal a través de esclerocios germinados miceligénicamente (lo que ocurre con poca frecuencia) o mediante ascosporas que se originan a partir de esclerocios germinados carpogénicamente (la ruta principal de infección). Los pétalos de las flores son utilizados como fuente de energía para favorecer la infección por ascosporas en plantas que se encuentran en buen estado de salud (Zamani 2021).

Los esclerocios tienen la capacidad de generar apotecios y liberar esporas, las cuales tienen el potencial de dispersarse a través del viento y la lluvia, infectando posteriormente a las plantas en condiciones apropiadas de temperatura y humedad. Los esclerocios también pueden germinar e infectar directamente a la planta huésped. Además, se ha informado que los exudados esclerociales ayudan en el desarrollo de los esclerocios y promueven la necrosis de la célula huésped. El proceso de germinación micelial a partir de esclerocios está regulado por la melanina, que les confiere resistencia a condiciones ambientales adversas. La melanina en *S. sclerotiorum* se encuentra predominantemente constituida por 1,8-dihidroxi-naftaleno (DHN) y se acumula en las células periféricas de la corteza durante el proceso de esclerociogénesis (Zhu *et al.* 2022).

La germinación de *S. sclerotium* puede manifestarse de manera miceliógena (asexual), a través de la generación de hifas vegetativas, o de manera carpogénica (sexual), mediante la formación de una estructura fructífera conocida como

apotecio. La germinación carpogénica es principalmente responsable de las infecciones de campo, ya que los apotecios tienen la capacidad de dispersar millones de ascosporas en la atmósfera (Da Silva *et al.* 2022).

Una vez que la enfermedad ha sido establecida, existe la posibilidad de que se propague a los tallos, hojas y vainas. Para lograr el éxito de *S.* La producción de múltiples esclerocios en plantas infestadas es crucial para que *S. sclerotium* sea un patógeno vegetal. Además de delinear una amplia capacidad reproductiva y servir como inóculo primario para epidemias posteriores, estos esclerocios permiten la supervivencia del patógeno. Un estudio anterior indicó que no sólo la cantidad de esclerocios en el suelo es crucial para la aparición de enfermedades, sino que también las dimensiones y la masa de los esclerocios influyen en la tasa de germinación de los esclerocios y la producción de ascosporas (Zamani 2021).

Los esclerocios son los órganos de resistencia de *S. sclerotiorum* y tienen la capacidad de permanecer viables en el suelo durante un periodo de hasta 10 años. Los esclerocios tienen la capacidad de germinar carpogénicamente, generando ascosporas diseminadas a través del aire de la apotecia, lo que resulta en un crecimiento hifal. Durante la fase de germinación del cuerpo fructífero, las esporas aterrizan en los tejidos superficiales de las plantas aéreas, donde se desarrollan y se aprovechan de los recursos nutricionales de la planta hospedera en fase de declive, facilitando así la penetración y estableciendo una vía predominante de infección por *S. esclerocios*. En el proceso de germinación miceliógena, los esclerocios germinan directamente para formar hifas, que proceden a infectar la base del tallo de la planta o, en cambio, pueden convertirse en esclerocios cuando no hay una fuente de alimento vegetal presente (Han *et al.* 2023).

Un elemento crucial que controla de manera determinante la efectividad de la infección por *S. sclerotium*. La función principal radica en la generación y liberación de ácido oxálico, el cual desempeña un papel fundamental en la patogénesis a través de múltiples mecanismos, tales como potenciar la colonización fúngica en las plantas

hospederas, acidificar los tejidos de éstas, captar el calcio presente en las paredes celulares del hospedero y favorecer la acción de las enzimas degradadoras de la pared celular vegetal. La presencia de ácido oxálico es también requerida para la producción de esclerocios. Ha sido documentado como un determinante de patogenicidad de *S. sclerotiorum*, el cual tiene la capacidad de inhibir las respuestas defensivas de las plantas e induce un proceso de muerte celular que se asemeja a la apoptosis en el organismo huésped (Han *et al.* 2023).

#### **2.1.4. Medidas de control de *Sclerotinia sclerotium***

A través de la utilización de variedades mejoradas con resistencia a la sequía y enfermedades en diversas regiones involucradas en la producción de frijol, se busca incrementar la productividad y garantizar la calidad del grano, además de favorecer un aumento sostenido del rendimiento con el fin de asegurar la rentabilidad para los agricultores (Rugama 2021).

El manejo de estas enfermedades se ha convertido en un desafío en la agricultura, ya que requiere el uso de pesticidas que a menudo son altamente tóxicos. Debido al daño ambiental potencial que pueden causar, los pesticidas químicos, especialmente los fumigantes del suelo, se han restringido significativamente en las últimas décadas, lo que requiere un período prolongado para su completa degradación. Además, se ha discutido la repercusión de los productos fitosanitarios en el entorno ambiental, la salud pública y la disminución de la eficacia de los agentes patógenos, como resultado de la creciente demanda social de prácticas agrícolas sustentables (Fontana *et al.* 2022).

Los enfoques tradicionales empleados para el manejo de enfermedades abarcan el manejo de cultivos, la utilización de cultivares resistentes y métodos de control químico. En términos de control químico, hay informes de resultados inconsistentes e ineficaces atribuidos a problemas de aplicación; sin embargo, varios fungicidas son reconocidos por su eficacia en el manejo de la pudrición del tallo

causada por *Sclerotinia*, y se recomienda su aplicación durante la floración (Sumida *et al.* 2015)

Tradicionalmente, el manejo de plagas y enfermedades en la agricultura ha estado centrado en la utilización de agentes químicos. No obstante, la aplicación excesiva de dichos productos ha resultado en importantes repercusiones negativas como la contaminación ambiental y el desarrollo de resistencia por parte de los agentes patógenos. Por consiguiente, resulta imperativo desarrollar estrategias innovadoras para el manejo de plagas y enfermedades, siendo la incorporación de microorganismos una opción particularmente atractiva (Mesa 2020).

Una vez establecido, *S. sclerotiorum* presenta un elevado nivel de resistencia a los métodos de erradicación disponibles. Los métodos de control comprenden la utilización de semillas certificadas, la rotación/cultivo intercalado de frijol con maíz, avena o trigo, y la erradicación de malezas, muchas de las cuales sirven como hospedantes del hongo y otros patógenos. Actualmente, no existen variedades genéticamente resistentes a *S. sclerotiorum* (Barros *et al.* 2015).

El empleo de fungicidas para controlar la enfermedad sirve como una estrategia de control eficaz debido a su flexibilidad en términos de tiempo de aplicación en comparación con métodos alternativos de control de cultivos. También se han explorado enfoques alternativos, tales como el empleo de control biológico mediante la utilización de hongos como *Trichoderma* sp., conocido por su capacidad de actuar como micoparásito sobre *S. sclerotiorum*, con capacidad para colonizar tanto micelios como esclerocios (Sumida *et al.* 2015).

Actualmente, el control *S. sclerotiorum* depende en gran medida de la utilización de fungicidas químicos como carbendazim, fluazinam, procloraz y procimidona. Sin embargo, ninguno de ellos proporciona un control integral y se han informado varias cepas resistentes. Además de la escasa eficacia manifestada por los fungicidas comerciales, el control de *S. sclerotiorum* plantea un desafío dada la amplia gama de

huéspedes del patógeno y sus estructuras de reposo duraderas conocidas como esclerocios. Se tiene constancia de que estos desempeñan una función fundamental en el ciclo de vida de los hongos y en la regulación de los procesos de desarrollo de enfermedades (Zhu *et al.* 2022).

A pesar de llevar a cabo supervisión continua y la implementación de tratamientos con productos fitosanitarios como Vitavax y Manzate, así como prácticas culturales como la remoción de plantas enfermas y la aplicación de cal, el avance de los síntomas de *S. sclerotiorum* no pudo ser controlado. Por consiguiente, se determinó la efectividad de aplicar un fungicida, con Benomil como ingrediente activo, a una dosis de 1,5 kg/ha en la detención del avance de la enfermedad (Pérez 2020).

Comúnmente se emplean métodos químicos para proteger los cultivos contra el crecimiento de enfermedades mediante la aplicación de fungicidas en los tejidos de las hojas y las flores durante el período de liberación de ascosporas. Sin embargo, la aplicación de fungicidas se realiza como medida preventiva y no tiene como objetivo controlar los *S. sclerotiorum* en el suelo. Los esclerocios poseen un potencial de resistencia frente a productos químicos y condiciones ambientales adversas debido a la presencia de una corteza resistente que contiene elevadas concentraciones de melanina, un compuesto que se considera fundamental en la protección de dichas estructuras esclerotiales (Han *et al.* 2023).

El manejo del moho blanco en las plantas de frijol seco todavía depende del control químico con fungicidas como el tiofanato de metilo. Los fungicidas tienen el potencial de sostener la alta productividad y calidad de los frijoles cosechados; sin embargo, no proporcionan un control total de la enfermedad y pueden generar mayores costos de producción. Varios de estos fungicidas plantean riesgos para la salud de los seres humanos y de organismos no objetivo, además de contaminar el suelo y los acuíferos, lo que afecta la seguridad alimentaria (De Azevedo Silva *et al.* 2021).

*S. sclerotiorum* es una enfermedad devastadora que puede provocar importantes pérdidas de rendimiento si no se gestiona mediante prácticas culturales y aplicaciones de fungicidas". *S. sclerotiorum* representa un patógeno destructivo con el potencial de inducir reducciones sustanciales en el rendimiento a menos que se controle eficazmente mediante la implementación de estrategias de manejo cultural y la aplicación de fungicidas. Se ha evaluado la eficacia de varios grupos de fungicidas y un biopesticida, incluidos *azoxistrobina*, *boscalid*, *fludioxonil*, *protioconazol*, *tebuconazol*, *azoxistrobina/tebuconazol*, *boscalid/piraclostrobina*, *protioconazol/fluopiram* y *Bacillus amyloliquefaciens*, en función de la sensibilidad inicial de *S. esclerocios* (Zamani 2021).

Ciertos fungicidas exhiben una notable disminución en el crecimiento del micelio de cuatro aislados de *S. sclerotiorum*. El tiofanato de metilo mostró un rendimiento superior, incluso a una concentración de ingrediente activo más baja (1 ppm), inhibiendo significativamente el crecimiento micelial del patógeno. Por el contrario, no se observó crecimiento de patógenos en las otras concentraciones analizadas (10, 50 y 100 ppm). En el caso de otros fungicidas, se observó una variabilidad en la concentración del principio activo necesaria para la inhibición del crecimiento del patógeno, siendo de 10 ppm en el caso de Iprodiona y de 50 ppm en el caso de Carbendazim. Todos los aislados de *S. sclerotiorum* examinados en este estudio demostraron incapacidad para prosperar en una concentración de 100 ppm de todos los fungicidas evaluados (Figueirêdo *et al.* 2019).

Presentemente, el método de control químico constituye la estrategia predominante para mitigar los efectos de la enfermedad de esclerotinia. Sin embargo, el uso extendido de pesticidas químicos resulta en el desarrollo de cepas resistentes y contaminación ambiental. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente el avance de medidas de control biológico respetuosas con el medio ambiente para controlar la pudrición del tallo causada por *Sclerotinia*, y se alinea con los objetivos de la política nacional de "reducir los fertilizantes y pesticidas", así como con el imperativo nacional estratégico de fomentar una civilización ecológica (Yang *et al.* 2020).

Los bicarbonatos exhiben propiedades antimicrobianas de amplio espectro y se ha demostrado su eficacia en el control de diversos hongos fitopatógenos. Varios estudios han evidenciado que los carbonatos y bicarbonatos de sodio, potasio y amonio actúan como agentes inhibidores del crecimiento de varios hongos patógenos en cultivos de frutas, hortalizas y plantas ornamentales durante la etapa poscosecha. Los bicarbonatos alteran la permeabilidad de las membranas fúngicas, inhiben las reacciones de fosforilación oxidativa y ejercen efectos tóxicos sobre las estructuras de los patógenos. Sin embargo, su eficacia depende tanto de la concentración (0,2-3%) como de la susceptibilidad de los microorganismos individuales (Ordóñez *et al.* 2018).

De manera general, se ha documentado la capacidad del bicarbonato de potasio (KHCO<sub>3</sub>) para inhibir el crecimiento de *S.* Ha habido investigaciones sobre el impacto del compuesto químico en el desarrollo de *S. sclerotiorum*, incluida su germinación y formación de nuevos esclerocios. Sin embargo, existe una falta de comprensión de los efectos de este compuesto durante las etapas iniciales del desarrollo morfológico de los esclerocios (Ordóñez *et al.* 2018).

La creación de opciones sostenibles con alta seguridad alimentaria y capacidades de respuesta a factores de estrés bióticos y abióticos, posibilita la sustitución parcial o total de productos altamente contaminantes en los sistemas agrícolas. Una alternativa implica emplear microorganismos promotores del crecimiento en las plantas, lo que tiene el potencial de mejorar el desarrollo de su sistema radicular, reforzar su resiliencia contra diferentes patógenos y amplificar la producción de biomasa vegetal. Otra opción implica la utilización de bioestimulantes ricos en aminoácidos intrínsecos al metabolismo celular de las plantas y otros productos comerciales capaces de influir en los procesos fisiológicos de las plantas, estimulando así su desarrollo, crecimiento y rendimiento biológico (García *et al.* 2020).

Entre los diversos microorganismos que han demostrado efectos beneficiosos al respecto, se encuentran los denominados Microorganismos Efectivos. En el ámbito

tecnológico, se puede rastrear el origen de los microorganismos eficientes (ME) hasta la década de 1960, si bien los avances más significativos tienen lugar a raíz de las investigaciones realizadas por el Dr. X, profesor de horticultura. Teruo Higa, perteneciente a la facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, alrededor de 1970, que surgió de la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, tras los efectos tóxicos de los pesticidas químicos experimentados en los primeros años de ejercicio profesional (Mesa 2020).

En consecuencia, se requiere la implementación de tecnologías innovadoras que permitan realizar la gestión fitosanitaria de forma más sostenible, abordando tanto las consideraciones ambientales como los aspectos económicos y sociales. Por lo tanto, la utilización de productos alternativos como plantas medicinales que puedan aprovecharse en la producción de pesticidas naturales, sus extractos crudos y/o aceites esenciales surge como una opción factible y sostenible (Fontana *et al.* 2022).

Una estrategia potencial para controlar el moho blanco en las plantas de frijol implica la utilización de biofungicidas para el control biológico. El control biológico implica la supresión de poblaciones de plagas, patógenos y malezas por parte de organismos vivos. La utilización de microorganismos tanto nativos como comerciales en el cultivo de frijol seco se emplea no sólo con fines de control biológico, sino también para mejorar el crecimiento y la productividad de las plantas (De Azevedo Silva *et al.* 2021).

Los componentes químicos presentes en los aceites esenciales exhiben propiedades inhibitoras sobre una variedad de hongos patógenos en plantas, lo que ha motivado la investigación de su potencial aplicación como agentes fitosanitarios alternativos para reducir la dependencia de pesticidas sintéticos y promover prácticas de manejo agronómico más sostenibles en la producción agrícola (Fontana *et al.* 2022).

Se han desarrollado métodos eficientes para el manejo de la pudrición del tallo

causada por *Sclerotinia*, incorporando estrategias de biocontrol utilizando *Bacillus* spp. y han demostrado efectividades de control que varían generalmente entre niveles bajos y moderados, con una tasa de inhibición que oscila entre el 46 y el 76% (Zhu *et al.* 2022).

Se han formulado diversos productos comerciales elaborados a partir de microorganismos, denominados biofungicidas, como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*, utilizando agentes de control biológico reconocidos con el fin de inhibir la propagación en esporas de *Sclerotium sclerotiorum* con el fin de gestionar las patologías vegetales ocasionadas por dicho patógeno (Han *et al.* 2023).

La utilización de formulaciones de aislados de *Bacillus* resulta atractiva para propósitos de comercialización en estrategias de control biológico, ya que poseen una prolongada vida útil y tienen la capacidad de producir antibióticos que contribuyen al control de enfermedades. Se ha identificado un trío de variantes genéticas únicas del género *Bacillus*, procedentes de diversos ambientes ecológicos, que demuestran eficacia en la supresión de *S. sclerotiorum* al ser utilizadas tanto como tratamientos de semillas o aplicadas mediante aspersion foliar durante la fase de floración (Li *et al.* 2020).

El manejo del moho blanco implica prácticas de manejo integrado como el uso de semillas sanas, la eliminación de residuos de cultivos y malezas, la rotación de cultivos y la utilización de variedades de plantas tolerantes. El control biológico utilizando *Trichoderma* spp., que es un antagonista de *S. sclerotiorum* ha sido objeto de evaluación y aplicación como una opción alternativa para el manejo del moho blanco. Sin embargo, los compuestos químicos siguen utilizándose ampliamente, lo que provoca un aumento de los costes de producción y plantea un riesgo potencial de contaminación ambiental. En los últimos años se ha visto una demanda creciente para el desarrollo de medidas de control efectivas que sean respetuosas con el medio ambiente, minimicen el impacto en especies no objetivo y sean rentables (Maximiano *et al.* 2022).

*Trichoderma* sp. es uno de los agentes de biocontrol más prominentemente empleados en la agricultura de cultivos anuales. Estos agentes ejercen su acción contra una diversa gama de fitopatógenos a través de estrategias como el micoparasitismo, la utilización de estructuras de fijación especializadas, la lisis enzimática y la síntesis de metabolitos secundarios para competir por los recursos disponibles (De Azevedo Silva *et al.* 2021).

La enfermedad causada por *Sclerotinia sclerotiorum* se conoce como moho blanco, pudrición de *Sclerotinia* o marchitez de *Sclerotinia*. La utilización de hongos antagonistas, como los pertenecientes al género *Trichoderma*, ha demostrado ser una estrategia eficaz para el control del moho blanco (Da Silva *et al.* 2022).

Además, *Trichoderma* sp. estimula la resistencia sistémica y potenciar el crecimiento vegetal. *Trichoderma* sp. reduce la aparición de enfermedades importantes que afectan al frijol seco, como la marchitez por *Fusarium* y el moho blanco. El uso extendido de biofungicidas con *Trichoderma* ha generado interés a nivel global; no obstante, resta por explorar exhaustivamente su influencia en la microbiota endófito del suelo y en las comunidades microbianas asociadas (De Azevedo Silva *et al.* 2021).

La longevidad de los esclerocios en el suelo y la gran cantidad de esporas sexuales producidas han planteado desafíos para el manejo de enfermedades. Estos factores han llevado al uso constante de fungicidas sintéticos por parte de los agricultores. Sin embargo, este enfoque ha llevado a la aparición de aislamientos resistentes. Además, las crecientes preocupaciones sobre el impacto ecológico de los fungicidas sintéticos y sus residuos en los alimentos han despertado un creciente interés entre los investigadores en el control biológico como un enfoque alternativo para el manejo de enfermedades, ejemplificado por la creciente utilización de hongos como *Trichoderma* (Da Silva *et al.* 2022).

El manejo de patógenos mediante prácticas convencionales y la aplicación de

fungicidas químicos representa el método predominante. Sin embargo, este método es extremadamente caro y conlleva una importante huella ecológica atribuida a los residuos tóxicos generados. Otro enfoque notable para gestionar enfermedades de plantas a través de hongos es la implementación del biocontrol. Varias cepas de *Trichoderma* han sido identificadas como posibles agentes de biocontrol contra hongos fitopatógenos en el ambiente edáfico, entre ellos, el género *S. sclerotiorum* (Figueirêdo *et al.* 2019).

## **2.2. MARCO METODOLÓGICO**

El presente estudio trató sobre una investigación documental con componentes complejos y enfocados en el manejo del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Este trabajo es una bibliografía que utilizó técnicas analíticas inductivas, deductivas y sintéticas.

En la literatura, la información se examinó en detalle a través de sitios web, artículos, conferencias, libros, tesis, revistas, tesis, presentaciones académicas, etc.

## **2.3. RESULTADOS**

El moho blanco es una enfermedad del frijol causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. Este hongo exhibe un cuerpo filamentoso (micelio) de color blanco, con apariencia algodonosa o 'similar a la saliva'. La enfermedad comienza en los tallos, vainas y hojas que entran en contacto con el suelo, manifestándose como pequeñas manchas acuosas o podredumbre que prolifera rápidamente.

Las manifestaciones iniciales de una infección por moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) se presentan como lesiones llenas de agua en la base del tallo. La parte superior de la planta se marchita y se descompone. Se observa la presencia de micelios fúngicos blancos y algodonosos en las lesiones, lo que origina el término de la enfermedad.

Los síntomas primarios incluyen lesiones con apariencia húmeda, el desarrollo de un crecimiento algodonoso blanco que envuelve las partes afectadas de la planta como hojas, flores o vainas, y el tejido infectado se seca y adquiere una tonalidad blanquecina.

*Sclerotinia sclerotiorum* es un patógeno destructivo, y la utilización de fungicidas destaca como una de las estrategias más prometedoras para el manejo de la enfermedad, como clorotalonil, propiconazol, azoxistrobina o piraclostrobina.

*Trichoderma* y *Bacillus subtilis* se consideran agentes de biocontrol contra la enfermedad.

## **2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El moho blanco es una enfermedad del frijol común causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. Este hongo exhibe un cuerpo filamentosos de color blanco conocido como micelio, de apariencia algodonosa o "similar a la saliva". Los indicadores iniciales de una infección por moho blanco (*S. sclerotiorum*) se manifiestan como lesiones acuosas en la base del tallo. La parte superior de la planta se seca y se pudre. La parte aérea de la planta muestra signos de marchitez y descomposición. En las lesiones se desarrolla micelio blanco algodonoso de hongos, de ahí el nombre de la enfermedad. En las lesiones crecen micelios algodonosos y blancos de hongos, de ahí que la enfermedad reciba ese nombre. Según lo señalado por Pérez (2020), *S. sclerotiorum* posee la capacidad de infectar la planta de manera continua a lo largo de su ciclo vital, con capacidad de supervivencia en los restos de cultivos anteriores de frijol u otras especies vegetales, así como en el suelo por un período mínimo de un año. Esta enfermedad fúngica, se manifiesta en aproximadamente el 30% del cultivo, impactando tanto la zona foliar como la radicular. Este hecho está relacionado con los altos niveles de precipitación y la posible presencia de inóculo de hongos en el suelo.

*Sclerotinia sclerotiorum* es un patógeno devastador y el uso de fungicidas es uno de los métodos más prometedores para el control de enfermedades, incluidos clorotalonil, propiconazol, azoxistrobina o piraclostrobina, como lo respaldan Zhu *et al.* (2022) sugiere que la regulación de S. El control de *S. sclerotiorum* depende en gran medida de la aplicación de fungicidas químicos como carbendazim, fluazinam, procloraz y procimidona.

*Trichoderma* y *Bacillus subtilis* se consideran microorganismos supresores de enfermedades, de acuerdo con los hallazgos de Han *et al.* en los últimos años (2023) se han desarrollado una variedad de productos comerciales derivados de microorganismos, conocidos como biofungicidas, como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*. Estos productos utilizan agentes de control biológico establecidos para inhibir eficazmente la diseminación de esporas de *Sclerotinia sclerotiorum*.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.1. CONCLUSIONES

Entre los factores que favorecen el crecimiento del moho blanco se encuentra la necesidad del hongo *Sclerotinia sclerotiorum* de un ambiente frío y húmedo. Las temperaturas óptimas para su desarrollo oscilan entre 4 y 13°C. El ataque del patógeno generalmente se manifiesta durante la etapa de floración del frijol.

Se evidencia por los síntomas que provoca en el tallo a nivel del suelo, generando una mancha de color marrón oscuro o negruzco que se expande formando un anillo, constriñendo la planta y provocando su muerte. En la porción aérea induce un pronunciado amarillamiento de las hojas inferiores y decaimiento de la planta durante períodos de altas temperaturas.

*Sclerotinia sclerotiorum* se caracteriza por un micelio blanco esponjoso con presencia de pequeños esclerocios oscuros. La germinación de los esclerocios resulta en el desarrollo de un micelio que genera infección en la zona basal de los tallos, o bien, puede dar lugar a la formación de apotecios que contribuyen al proceso de infección. La infección se origina en las ascosporas producidas por los apotecios maduros, que sirven como estructura de reproducción sexual. Las ascosporas maduran como consecuencia de las precipitaciones, lo que facilita su dispersión mediante la acción del viento. La infección promueve la producción extensa de micelio con el desarrollo de esclerocios, que se desprenden y caen al suelo a medida que el tejido es destruido por la actividad fúngica.

Se sugiere en las prácticas culturales, entre las que se destacan una buena densidad de semilla para el proceso de siembra. Incluir materia orgánica (residuos de cultivos), mantener un espacio entre hileras de al menos 70 cm para evitar la acumulación excesiva de humedad, implementar la rotación de cultivos con pastos por un período de uno a dos años siempre que sea posible, eliminar los residuos de

cosecha, evitar reutilizar el agua de parcelas infectadas, y abstenerse de una aplicación excesiva de fertilizantes que pueda provocar un aumento del follaje del cultivo.

La aplicación de fungicidas que contienen clorotalonil, propiconazol, azoxistrobina o piraclostrobina puede servir para mejorar las medidas protectoras contra las infecciones de las plantas.

Adicionalmente, es posible emplear microorganismos antagonistas en el suelo, como el hongo *Trichoderma*, o utilizar fertilizantes biológicos que contengan *Bacillus subtilis*.

### **3.2. RECOMENDACIONES**

Aplicar como medidas de control para Moho blanco *Sclerotinia sclerotiorum* productos a base de *Trichoderma* o *Bacillus subtilis*.

Controlar la infestación del patógeno con medidas o prácticas culturales como eliminación de tejidos enfermos, alternar cultivos, utilizar variedades resistentes y evitar acumulación de humedad.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barros, DCM, Fonseca, ICDB, Balbi-Peña, MI, Pascholati, SF y Peitl, DC 2015. Biocontrol de *Sclerotinia sclerotiorum* y moho blanco de la soja mediante hongos saprobios de zonas semiáridas del Nordeste de Brasil. *Summa Phytopathologica* , 41 , 251-255. Disponible en <https://www.scielo.br/j/sp/a/WbbjdCVNgsWzGtrRhtTbhyN/?lang=en>
- Chirinos, Dorys, Castro, Rossana, Cun, Jorge, Castro, Jessenia, Peñarrieta Bravo, Soraya, Solis, Leonardo, & Geraud-Pouey, Francis. 2020. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 84-99. Epub December 30, 2019. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1276](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276)
- Da Silva, LR, de Mello, SCM, Valadares-Inglis, MC, do Carmo Costa, MM, de Passos Saraiva, MA, Rego, ECS, & Pappas, MDCR 2022. Respuestas transcripcionales y reducción de la germinación carpogénica de *Sclerotinia sclerotiorum* expuesta a compuestos orgánicos volátiles de *Trichoderma azevedoi*. *Control biológico* , 169 , 104897. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964422000627>
- De Azevedo Silva, F., de Oliveira Vieira, V., da Silva, RC, Pinheiro, DG y Soares, MA 2021. Introducción de *Trichoderma* spp. Cepas de biocontrol contra *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary cambian la composición de la comunidad microbiana del suelo en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Control biológico* , 163 , 104755. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964421002243>
- Escalante-Estrada, Y. I., Samper-Escalante, L. D., Estrada, J. A. S. E., & Escalante-Estrada, L. E. 2022. Severidad de la roya en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *FORO DE ESTUDIOS SOBRE GUERRERO*, 9(1), 17-23. Disponible en <https://revistafesgro.cocytieg.gob.mx/index.php/revista/article/view/293/185>
- Figueirêdo, GSD, Figueirêdo, LCD, Cavalcanti, FCN, Santos, ACD, Costa, AFD y

- Oliveira, NTD 2019. Control biológico y químico de *Sclerotinia sclerotiorum* utilizando *Trichoderma spp.* y *Ulocladium atrum* y patogenicidad en plantas de frijol. *Archivos Brasileños de Biología y Tecnología* , 53 , 1-9. Disponible en <https://www.scielo.br/j/babt/a/Z48fQqGYnqvnMJc97JX89RS/?lang=en>
- Fontana, DC, Schmidt, D., Kulczynski, SM, Caron, BO, Pretto, MM, Mariotto, AB, Holz, E. 2020. Potencial fungicida de los aceites esenciales en el control de *Fusarium spp.* y *Sclerotinia sclerotiorum*. *Arquivos do Instituto Biológico* , 87 . Disponible en <https://www.scielo.br/j/aib/a/YqZBPMcRrwrMYPnxcLpDNrF/?lang=en>
- Garcés-Fiallos, F. 2013. Cuantificación de enfermedades en líneas promisorias y variedades de fréjol en Quevedo, Ecuador. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 196-207. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000100023&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100023&lng=en&tlng=es).
- Garcés-Fiallos, F., Aguirre-Calderón, A., Garcés-Estrella, R., Díaz-Ocampo, E., Sánchez-Mora, F., Prieto-Benavides, O. 2013. Enfermedades y componentes de rendimiento en dieciséis genotipos de fréjol en Quevedo, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 6(2), 31-39. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4764563>
- García-Bernal, Milagro, Ojeda-Silvera, Carlos Michel, Batista-Sánchez, Daulemys, Abasolo-Pacheco, Fernando, & Mazón-Suástegui, José Manuel. 2020. Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 137-147. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.583>
- Han, VC, Michael, PJ, Swift, B. y Bennett, SJ 2023. Control biológico de *Sclerotinia sclerotiorum*: modos de acción de los agentes de biocontrol, enmiendas orgánicas del suelo y manipulación del microbioma del suelo. *Control Biológico* , 105346. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964423001998>
- Leiva-Mora, Michel, Páez Martínez, Pedro Pablo, Bernal Cabrera, Alexander, Pérez Salinas, Marco Oswaldo, Muñoz Espinoza, Manolo, Vásquez Freytez, Carlos Luis, & León Gordón, Olguer Alfredo. 2020. El complejo de especies de

- Sclerotinia* y su importancia fitopatológica en cultivos tropicales. *Centro Agrícola*, 47(Supl. 1), 29-32. Epub 17 de diciembre de 2020. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852020000500029&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000500029&lng=es&tlng=es).
- Li, Y., Qin, L., Roberts, DP, Hu, X., Xie, L., Gu, C., y Liao, X. 2020. Fertilizante biológico que contiene *Bacillus subtilis* BY-2 para el control de *Sclerotinia sclerotiorum* en colza. *Protección de cultivos*, 138, 105340. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420302738>
- Maldonado Sigcho, M. F. 2022. El comportamiento de la producción de fréjol en el Ecuador. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36185/1/T5557e.pdf>
- Mateus García, J. N. 2020. El cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L) como un modelo de producción agrícola en la vereda Mercadillo del municipio de Guavatá. Disponible en [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1163&context=ingenieria\\_agronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1163&context=ingenieria_agronomica)
- Maximiano, MR, Santos, LS, Santos, C., Aragão, FJL, Dias, SC, Franco, OL y Mehta, A. 2022. Silenciamiento génico inducido por el huésped de genes efectores de *Sclerotinia sclerotiorum* para el control del moho blanco. *Biocatálisis y Biotecnología Agrícola*, 40, 102302. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818122000299>
- Mesa Reinaldo, J. R. 2020. Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 102-109. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/407/386>
- Morales-Morales, A., Márquez-Quiroz, C., López-Espinosa, S. 2023. Importancia económica y nutricional del fréjol xpelón: Las. *Centro*, 15, 217-223. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Amelio-Morales-Morales/publication/375521737\\_Fréjol\\_x'pelon\\_un\\_tesoro\\_en\\_el\\_mundo\\_de\\_los\\_cultivos\\_huerfanos/links/654d9a7d3fa26f66f4ead451/Fréjol-xpelon-un-tesoro-en-el-mundo-de-los-cultivos-huerfanos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Amelio-Morales-Morales/publication/375521737_Fréjol_x'pelon_un_tesoro_en_el_mundo_de_los_cultivos_huerfanos/links/654d9a7d3fa26f66f4ead451/Fréjol-xpelon-un-tesoro-en-el-mundo-de-los-cultivos-huerfanos.pdf)
- Morales-Soto, Arianna, & Lamz-Piedra, Alexis. 2020. Métodos de mejora genética en

- el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) frente al Virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol (BGYMV). *Cultivos Tropicales*, 41(4), e10. Epub 01 de diciembre de 2020. Recuperado en 25 de febrero de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362020000400010&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400010&lng=es&tlng=pt).
- Nieto Cabrera, Carlos. 2022. Panorama actual y perspectivas del cultivo de frejol Lima en Ecuador. *Siembra*, 9 (Supl. 3), e00009esp. Disponible en [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2477-88502022000300009&lng=es&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-88502022000300009&lng=es&tlng=es).
- Ordóñez-Valencia, Claudia, Ferrera-Cerrato, Ronald, Alarcón, Alejandro, Hernández-Cuevas, Laura V., & Larsen, John. 2018. Early morphological development of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in the presence of potassium bicarbonate. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 363-378. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1803-4>
- Ospina Parra, C., Martínez Medrano, J., Contreras Valencia, K., & Tautiva Merchan, L. 2020. Análisis socioeconómico del cultivo de frijol en Cundinamarca (Colombia), para la identificación de un Sistema Agroalimentario Localizado (SIAL). *RIVAR (Santiago)*, 7(21), 13-32. <https://dx.doi.org/10.35588/rivar.v7i21.4622>
- Pérez Ascanio, J. E. 2020. El cultivo de frijol rosado (*Phaseolus vulgaris*) como una alternativa de sustento familiar en la vereda San Pablo, municipio de Hacarí, Norte de Santander. Disponible en [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1171&context=ingenieria\\_agronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1171&context=ingenieria_agronomica)
- Rugama Arauz, J. J. 2021. *Evaluación de diferentes fertilizantes en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.), Variedad Rojo Extrema Sequía Centro Experimental Las Mercedes, 2020* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/4420/1/tnf04r928g.pdf>
- Silvera-Pablo, C., Ramos-Luna, L., Rosario-Adrián, P., Gamarra-Losano, L., Julca-Heredia, J., & Zevallos-Huerto, P. 2020. Respuesta a la fertilización potásica de tres variedades de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo las condiciones

- climáticas de los Anitos-Barranca. *Revista Investigación Agraria*, 2(2), 18-26. Disponible en <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/840/721>
- Sumida, CH, Canteri, MG, Peitl, DC, Tibolla, F., Orsini, IP, Araújo, FA, Calvos, NS 2015. Control químico y biológico de la pudrición del tallo por *Sclerotinia* en el cultivo de soja. *Ciencia Rural*, 45, 760-766. Disponible en <https://www.scielo.br/j/cr/a/r4tFydWbfvFvfXGLHPQBDMz/?lang=en>
- Walker, PL, Ziegler, DJ, Giesbrecht, S., McLoughlin, A., Wan, J., Khan, D., ... y Belmonte, MF 2023. Control del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) mediante interferencia de ARN mediada por plantas. *Informes científicos*, 13 (1), 6477. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-023-33335-4>
- Yandún Montenegro, A. J. 2022. Efecto de *Bacillus subtilis* cohn. en el control de enfermedades fungosas foliares en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad Iniap 484 Centenario, Ibarra, Imbabura. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12511/2/03%20AGP%20329%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Yang, X., Zhang, L., Xiang, Y., Du, L., Huang, X. y Liu, Y. 2020. El análisis comparativo del transcriptoma de *Sclerotinia sclerotiorum* reveló sus mecanismos de respuesta al agente de control biológico, *Bacillus amyloliquefaciens*. *Informes científicos*, 10 (1), 12576. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-020-69434-9>
- Zamani-Noor, N. 2021. Sensibilidad inicial y eficacia de control de varios grupos de fungicidas contra *Sclerotinia sclerotiorum* en el cultivo de colza. *Agronomía*, 11 (9), 1758. Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1758>
- Zayas-Infante, Sebastián, Boeckx, Pascal, & Vargas-Rodriguez, Heriberto. 2019. Comportamiento productivo en agroecosistemas de intercalamiento yuca-frijol en el municipio “Calixto García”, provincia Holguín. *Cultivos Tropicales*, 40(1), e03. Recuperado en 25 de febrero de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-)

59362019000100003&lng=es&tlng=es.

Zhu, GY, Shi, XC, Wang, SY, Wang, B. y Laborda, P. 2022. Mecanismo antifúngico y eficacia del ácido kójico para el control de *Sclerotinia sclerotiorum* en soja. *Fronteras en la ciencia vegetal*, 13, 845698. Disponible en <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.845698/full>

## 4.2. ANEXOS



Anexo 1. Cultivo de fréjol en desarrollo



Anexo 2. Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*), en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).