



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**MANEJO DE LA MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*) DEL
CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE *Bacillus*
amyloliquefaciens Y *Pseudomonas fluorescens*; MILAGRO,
GUAYAS**

MANEJO FITOSANITARIO

AUTOR

QUIZPI RIVAS JONATHAN ALEXANDER

TUTOR

Ing. EDUARDO JAMA AVEIGA, MSc.

MILAGRO, ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CARRERA AGRONOMIA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. EDUARDO JAMA AVEIGA, MSc.**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **MANEJO DE LA MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*) DEL CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE *Bacillus amyloliquefaciens* Y *Pseudomonas fluorescens*; MILAGRO, GUAYAS**, realizado por el estudiante **QUIZPI RIVAS JONATHAN ALEXANDER**; con cédula de identidad N° 0955160486 de la carrera **INGENIERIA AGRONOMIA**, Unidad Académica **Milagro**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. EDUARDO JAMA AVEIGA, M.Sc
Tutor

Milagro, 20 de abril del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “MANEJO DE LA MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*) DEL CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE *Bacillus amyloliquefaciens* Y *Pseudomonas fluorescens*; MILAGRO, GUAYAS”, realizado por el estudiante QUIZPI RIVAS JONATHAN ALEXANDER, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

GAVILANEZ LUNA FREDDY, Ph.D
PRESIDENTE

ING. MARTILLO GARCIA JUAN, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. MORAN SANCHEZ NUZIA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 20 de abril del 2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación, fruto de esfuerzo, constancia y dedicación, principalmente a mis padres, Ana Rivas y Jofre Quizpi, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación en cada etapa de mi formación profesional. Gracias por sus consejos, sacrificios y confianza incondicional, que me impulsaron a no rendirme ante las dificultades.

De igual manera, dedico este logro a mis hermanos, Jofre Joel Quizpi y Jesús Moran, por su compañía, apoyo y palabras de aliento durante este proceso académico.

A todos ellos, mi gratitud y cariño por ser parte fundamental de este importante logro en mi vida.

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a los docentes de la Universidad Agraria del Ecuador, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas a lo largo de mi formación universitaria, contribuyendo significativamente a mi crecimiento académico y profesional.

Asimismo, agradezco a mis compañeros de la universidad, quienes con su amistad, apoyo y compañerismo hicieron más enriquecedora esta etapa de aprendizaje.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, colaboraron y brindaron su apoyo para la culminación exitosa de este trabajo de titulación.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo QUIZPI RIVAS JONATHAN ALEXANDER, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “MANEJO DE LA MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*) DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) MEDIANTE *Bacillus amyloliquefaciens* Y *Pseudomonas fluorescens*; MILAGRO, GUAYAS” para optar el título de INGENIERO AGRÓNOMO, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 18 de enero del 2026

QUIZPI RIVAS JONATHAN ALEXANDER

C.I. 0955160486

INDICE GENERAL

PORTADA.....	II
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Autorización de Autoría Intelectual.....	vi
INDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUCCIÓN	5
1.2 Planteamiento y formulación del problema	6
1.3 Justificación de la investigación	8
1.4 Delimitación de la investigación	9
1.5 Objetivo general	10
1.6 Objetivos específicos	10
1.7 Hipótesis o idea a defender.....	11
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Estado del arte	12
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	13
2.3 Marco legal.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28

3.1 Enfoque de la investigación	28
3.2 Metodología.....	29
4. RESULTADOS	36
4.1 Grado de control de la moniliasis según los tratamientos biológicos	36
4.2 Incidencia de la moniliasis (%)	38
4.3 Severidad de la moniliasis (%)	39
4.4 Rendimiento del cultivo	41
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5.1 Conclusiones.....	47
5.2 Recomendaciones.....	48
6. BIBLIOGRAFÍA	49
7. ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Diagrama de Gantt.....	33
Figura. 2 Incidencia de Moniliasis por Tratamiento	36
Figura. 3 Severidad de moniliasis de Tratamiento testigo.....	39
Figura. 4 Severidad de Moniliasis por Tratamiento	40
Figura. 5 Peso de granos secos para rendimiento	41
Figura. 6 Ubicación satelital del área experimental	55
Figura. 7 Esquema de diseño experimental	56
Figura. 8 Ficha Técnica <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	57
Figura. 9 Ficha Técnica <i>Pseudomonas Fluorescens</i>	58
Figura. 10 Área experimental	63
Figura. 11 Identificación de tratamientos.....	63
Figura. 12 Monitoreo de mazorcas.....	64
Figura. 13 Revisión de efectos en la floración.....	64
Figura. 14 Labores culturales de mantenimiento	65
Figura. 15 Monitoreo de mazorcas enfermas.....	65
Figura. 16 Monitoreo de mazorcas sanas	66
Figura. 17 Conteo de mazorcas enfermas sin desarrollar.....	66
Figura. 18 Peso de mazorcas en bruto/tratamiento 1	67
Figura. 19 Peso de mazorcas en bruto/tratamiento 2	67
Figura. 20 Visita de docente guía.....	68
Figura. 21 Monitoreo de área experimental.....	68
Figura. 22 Monitoreo de moniliasis	69
Figura. 23 Visita de control de docente guía	69
Figura. 24 Pancarta de identificación de área experimental.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos experimentales	31
Tabla 2. Delimitación experimental	32
Tabla 3. Cronograma de aplicación.....	33
Tabla 4 Escala de severidad	34
Tabla 5 Esquema de análisis de varianza	35
Tabla 6. Comparación de moniliasis por tratamientos.....	37
Tabla 7. Incidencia promedio de la moniliasis por tratamiento	38
Tabla 8. Severidad promedio de moniliasis por tratamiento.....	40
Tabla 9. Rendimiento promedio de cacao (kg/ha).....	42
Tabla 10. ANOVA para la incidencia de moniliasis (%).....	59
Tabla 11. Prueba de Tukey para la incidencia de moniliasis.....	60
Tabla 12. ANOVA para la severidad de moniliasis (%)	61
Tabla 13. Prueba de Tukey para la severidad de moniliasis (%).....	61
Tabla 14. ANOVA para el rendimiento de cacao (kg/ha).....	62
Tabla 15. Prueba de Tukey para el rendimiento de cacao (kg/ha)	62

RESUMEN

La moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, es una de las principales limitantes fitosanitarias del cultivo de cacao en zonas tropicales, debido a las elevadas pérdidas productivas que ocasiona. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el manejo integrado de la moniliasis del cacao mediante la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* y su combinación, bajo condiciones de campo en el recinto San Francisco del cantón Milagro, provincia del Guayas. El estudio se desarrolló con bajo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Se evaluaron como variables la incidencia y severidad de la enfermedad, así como el rendimiento del cultivo expresado en kilogramos por hectárea. Los resultados mostraron que los tratamientos con biocontroladores redujeron significativamente la incidencia y severidad de la moniliasis en comparación con el tratamiento testigo, destacándose la aplicación combinada por presentar los valores más bajos de afectación. Asimismo, la disminución de la enfermedad se reflejó en un incremento significativo del rendimiento del cacao. Se concluyó que la aplicación de biocontroladores fitosanitarios mostro resultados favorables en el control de la moniliasis, aunque se recomienda realizar monitoreos constantes para el control de la enfermedad.

Palabras clave: biocontrol, cacao, moniliasis, productividad, sanidad vegetal

ABSTRACT

Moniliasis, caused by the fungus *Moniliophthora roreri*, is one of the main phytosanitary constraints affecting cacao cultivation in tropical regions, due to the high yield losses it causes. This research aimed to evaluate the integrated management of cacao moniliasis through the application of *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens*, and their combination, under field conditions in the San Francisco area of the Milagro canton, Guayas province. The study was conducted using a quantitative approach and a randomized complete block experimental design, with four treatments and five replications. Disease incidence and severity, as well as crop yield expressed in kilograms per hectare, were evaluated as response variables. The results showed that treatments with biological control agents significantly reduced moniliasis incidence and severity compared to the untreated control, with the combined application presenting the lowest levels of disease. In addition, the reduction in disease intensity was reflected in a significant increase in cacao yield. It was concluded that the application of phytosanitary biological control agents produced favorable results in moniliasis management; however, constant monitoring is recommended to ensure effective disease control.

Keywords: biocontrol, cacao, moniliasis, plant health, productivity

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) es uno de los de mayor importancia económica a nivel mundial, con más de 5 millones de pequeños agricultores involucrados en su producción en regiones tropicales de África, Asia y América Latina (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). Según datos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2022), la producción global de grano seco supera los 5 millones de toneladas anuales, siendo Ecuador uno de los principales países productores. Este cultivo no solo tiene importancia comercial, sino también social, ya que representa una fuente vital de empleo y desarrollo rural.

En el caso de Ecuador, el cacao es el segundo producto agrícola no petrolero más exportado, con una producción estimada de más de 350.000 toneladas métricas en 2023 (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2023), siendo reconocido a nivel internacional por su variedad fino de aroma, que constituye aproximadamente el 60% del cacao nacional. Las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Esmeraldas concentran gran parte del área cultivada. Sin embargo, la productividad del cultivo enfrenta múltiples desafíos fitosanitarios, siendo uno de los más severos la *moniliasis* o "escoba de bruja", causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, que afecta directamente a los frutos en desarrollo, ocasionando pudriciones, manchas necróticas y caída prematura.

Se estima que la moniliasis puede generar pérdidas superiores al 40% en zonas de baja intervención, y hasta un 80% en regiones altamente infestadas y con condiciones climáticas favorables, como alta humedad relativa y temperaturas templadas (Solórzano et al., 2020). En la costa ecuatoriana, y en particular el cantón Milagro, provincia del Guayas, presenta condiciones agroclimáticas propicias para

la proliferación del patógeno, lo que representa una amenaza directa para los sistemas productivos de cacao a pequeña escala. Esta zona ha mostrado una alta incidencia de la enfermedad, afectando la estabilidad económica de productores locales y reduciendo la calidad del grano destinado a mercados internacionales.

El control tradicional de la *moniliasis* del cacao se ha fundamentado en prácticas agrícolas convencionales y la aplicación de fungicidas sintéticos, lo que implica elevados costos económicos, riesgos para la salud humana y efectos adversos sobre el medio ambiente. Frente a este escenario, el uso de agentes biológicos ha emergido como una opción efectiva y ecológicamente viable. Entre estos, se destacan *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens*, microorganismos con reconocido potencial antagónico frente a fitopatógenos, gracias a mecanismos como la competencia por recursos, la producción de compuestos antifúngicos y la activación de respuestas defensivas en las plantas (Meneses, 2023).

Sin embargo, algo a mencionar es que la efectividad de los microorganismos utilizados como agentes de biocontrol puede variar según la cepa empleada, el modo de aplicación y las condiciones edafoclimáticas del área de cultivo, lo que hace necesario validar su desempeño en condiciones reales de campo. En este contexto, la presente investigación tiene como propósito evaluar la influencia del uso de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* en la gestión de la moniliasis del cacao bajo las particularidades agroecológicas del cantón Milagro, con el objetivo de aportar evidencia técnica local que fortalezca el desarrollo de estrategias fitosanitarias sostenibles.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En el cantón Milagro, provincia del Guayas (latitud -2.102683 y longitud -79.445333) la producción de cacao es afectada por la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), una enfermedad fúngica que causa pérdidas importantes en la cantidad y calidad de los frutos. La alta humedad y temperaturas altas en épocas del año, favorecen la propagación del patógeno, incrementando la incidencia y severidad de la enfermedad. A pesar de la importancia del cultivo, el manejo fitosanitario aún depende en gran medida del uso de fungicidas químicos o de prácticas tradicionales poco efectivas, lo que limita la eficiencia del control y eleva los costos de producción.

El principal problema que se percibe radica en la escasa adopción de alternativas de manejo biológico validadas técnicamente, como el uso de *Bacillus Amyloliquefaciens* y *Pseudomonas Fluorescens*, cuyos beneficios han sido comprobados en otros contextos. Esta falta de aplicación local se debe a la limitada información técnica disponible, ausencia de ensayos en campo y baja difusión de estas herramientas sostenibles. Como consecuencia, los productores enfrentan dificultades para minimizar el impacto de la enfermedad, comprometiendo la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de cacao. Por ello, es necesario evaluar la efectividad de estos agentes de control biológico en condiciones reales, para establecer estrategias prácticas de manejo integrado que reduzcan el daño y mejoren la producción.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del uso de *Bacillus Amyloliquefaciens* y *Pseudomonas Fluorescens* en el manejo de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao

(*Theobroma cacao* L.), en términos de incidencia, severidad y producción, en condiciones de campo en el cantón Milagro?”

1.3 Justificación de la investigación

La moniliasis, provocada por *Moniliophthora roreri*, se reconoce como una de las patologías de mayor impacto en el cultivo de cacao dentro de las zonas tropicales de América Latina, debido a las severas pérdidas productivas que puede generar cuando coinciden condiciones ambientales propicias para el desarrollo del hongo, llegando a afectar gran parte de la cosecha. En el cantón Milagro, donde el cacao constituye una actividad agrícola de gran relevancia económica para pequeños productores, la presencia de esta enfermedad reduce considerablemente la rentabilidad del cultivo, compromete la estabilidad productiva y disminuye la calidad del grano destinado tanto al mercado nacional como al comercio exterior.

La presente investigación surge de la necesidad de incorporar alternativas fitosanitarias sostenibles que contribuyan a reducir el uso continuo de fungicidas de origen sintético. El empleo frecuente de estos productos, además de elevar los costos de producción, puede ocasionar efectos adversos sobre el equilibrio ambiental, la salud de las personas y la conservación de organismos benéficos presentes en el sistema agrícola. Bajo este enfoque, el uso de microorganismos antagonistas como *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* representa una opción técnicamente viable, debido a que actúan mediante distintos procesos biológicos como la competencia por espacio y nutrientes, la antibiosis, el parasitismo y la activación de mecanismos de defensa en la planta hospedera.

Aunque diversos estudios nacionales e internacionales han reportado resultados favorables en el uso de estos microorganismos, todavía es limitada la información relacionada con su comportamiento bajo las condiciones agroclimáticas propias del cantón Milagro. En este contexto, la investigación se orienta a generar información experimental local sobre su capacidad para reducir la incidencia y severidad de la moniliasis, así como su posible efecto en el rendimiento del cultivo de cacao. La información obtenida permitirá establecer referencias técnicas útiles para el manejo productivo y aportará fundamentos científicos para impulsar el uso de alternativas agrícolas ambientalmente responsables.

Desde el punto de vista científico, este trabajo aporta elementos para fortalecer el desarrollo de esquemas integrados de manejo biológico en plantaciones cacaoteras, constituyendo un aporte en áreas relacionadas con fitopatología, microbiología agrícola y producción sostenible. De igual manera, desde una perspectiva aplicada, los resultados facilitarán el análisis de la conveniencia económica de los tratamientos mediante indicadores como la relación beneficio/costo, favoreciendo la adopción de nuevas tecnologías por parte de los productores.

1.4 Delimitación de la investigación

El estudio se desarrolló en el recinto San Francisco del cantón Milagro, provincia del Guayas, Ecuador, una zona representativa por su significativa producción de cacao, localizada en las coordenadas 2°03'31.37"S y 79°30'21.54"O. La investigación se ejecutó durante un ciclo de tres meses y estará dirigida a los productores de cacao del cantón Milagro.

El recinto San Francisco pertenece al cantón Milagro, localizado en la provincia del Guayas, Ecuador. Territorialmente, Milagro se encuentra rodeado al norte por los cantones Yaguachi y Simón Bolívar, al sur por Durán, al este por Naranjito y al oeste nuevamente por Yaguachi. Su localización dentro de la parte central de la provincia le otorga importancia como eje de articulación entre la región Costa y la Sierra ecuatoriana. Además, se distingue por su marcada vocación agrícola, donde predominan sistemas productivos basados en cultivos como cacao, caña de azúcar y banano, actividades que constituyen un soporte fundamental para la dinámica económica local.

Objetivos

1.5 Objetivo general

Evaluar el manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante la aplicación de *Bacillus Amyloliquefaciens*, *Pseudomonas Fluorescens* y su combinación en condiciones de campo en el recinto San Francisco del cantón Milagro.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar el grado de control de la moniliasis mediante la aplicación individual de *Bacillus Amyloliquefaciens*, *Pseudomonas Fluorescens* y su uso combinado, comparado con un tratamiento testigo.
- Cuantificar la severidad e incidencia de la enfermedad durante el ciclo productivo, aplicando metodologías estandarizadas de evaluación fitosanitaria.
- Evaluar la productividad del cultivo de cacao (kg/ha) como indicador indirecto de la efectividad del control biológico aplicado.

1.7 Hipótesis o idea a defender

La aplicación de *Bacillus Amyloliquefaciens*, *Pseudomonas Fluorescens* y su combinación en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) reduce significativamente la incidencia y severidad de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), y mejora la productividad del cultivo, en comparación con un tratamiento testigo, bajo condiciones de campo en el recinto San Francisco del cantón Milagro.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

La enfermedad conocida como moniliasis, originada por el hongo *Moniliophthora roreri*, representa actualmente una de las principales restricciones fitosanitarias para el cultivo de *Theobroma cacao* en América Latina, debido a su rápido desarrollo y a la severidad de los daños que provoca en frutos jóvenes durante su crecimiento. Esta enfermedad fúngica puede causar pérdidas de hasta un 80% en condiciones favorables para su desarrollo, especialmente en zonas con alta humedad relativa y temperaturas cálidas (González et al., 2020). En Ecuador, la problemática es mas que todo evidente en provincias cacaoteras como Guayas, donde la incidencia de la moniliasis representa una amenaza directa para la economía de los pequeños productores (Mite et al., 2021).

Frente a la creciente preocupación por las consecuencias ambientales y económicas asociadas al uso continuo de fungicidas químicos, se ha incrementado el interés por alternativas de manejo más sostenibles, entre ellas el control biológico. En este contexto, microorganismos como *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* han adquirido relevancia debido a su capacidad antagonista frente a diversos fitopatógenos, actuando mediante procesos como la producción de compuestos inhibitorios, la competencia por nutrientes y espacio, así como la activación de mecanismos de defensa en la planta hospedera (Vallejo et al., 2021).

En algunos estudios recientes se han demostrado que el uso de *Bacillus amyloliquefaciens* puede reducir significativamente la severidad de enfermedades fúngicas en cacao y otros cultivos. Por ejemplo, Guzmán et al. (2020) reportaron una disminución del 60% en la incidencia de moniliasis en parcelas tratadas con

cepas nativas de *Bacillus* en condiciones tropicales de Colombia. En paralelo, *Pseudomonas fluorescens* ha mostrado resultados positivos en el control de enfermedades en sistemas agroforestales, mejorando la salud del cultivo sin comprometer la biodiversidad del suelo (Salinas et al., 2022).

Además, investigaciones recientes han explorado el uso combinado de ambos microorganismos, encontrando efectos sinérgicos en la supresión de fitopatógenos. En un ensayo realizado en Perú, Torres et al. (2021) evidenciaron que la combinación de *Bacillus* y *Pseudomonas* no solo redujo la incidencia de moniliasis, sino que también incrementó el rendimiento de las plantas en más de un 25%. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que el manejo integrado con agentes biológicos puede mejorar la sanidad del cultivo y la productividad de manera sostenible.

En Ecuador, sin embargo, aún es limitada la información técnica disponible sobre la aplicación de estos biocontroladores bajo condiciones locales. Los pocos estudios existentes se han enfocado en sistemas experimentales controlados, sin considerar variables agroclimáticas propias de zonas como Milagro. Por esta razón, se hace necesario validar su desempeño en campo para ofrecer alternativas efectivas y adaptadas a las necesidades del productor (Cedeño et al., 2023).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 El cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta perenne originaria de la región amazónica, cultivada principalmente en áreas tropicales por el valor comercial de sus semillas, utilizadas como materia prima en la elaboración de chocolate y diversos productos derivados. En países como Ecuador, este cultivo posee gran

relevancia económica y social, debido a que constituye una fuente importante de ingresos para pequeños y medianos productores agrícolas (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2023). Botánicamente, pertenece a la familia Malvaceae y presenta un mejor desarrollo en ambientes caracterizados por temperaturas cálidas, elevada humedad relativa y suelos con buen drenaje, abundante materia orgánica y adecuada fertilidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

El cacao es uno de los principales cultivos de mayor importancia económica en Ecuador y otros países, especialmente por su contribución al desarrollo rural y al sostenimiento financiero de pequeños agricultores, quienes dependen de este cultivo como fuente primaria de ingresos (Valenzuela-Cobos et al., 2023).

El tallo del cacao es erecto, de consistencia leñosa, y presenta un crecimiento ortotrópico en etapas juveniles, desarrollando posteriormente ramas plagiotrópicas que conforman la arquitectura del dosel. Esta estructura favorece la formación de microclimas húmedos dentro del cultivo, condición que incide directamente en la proliferación de enfermedades fúngicas como la moniliasis (Cobos Mora et al., 2024).

Las hojas del cacao son simples, alternas y de gran tamaño, con una elevada tasa de transpiración, lo que contribuye a mantener altos niveles de humedad relativa en el entorno inmediato del árbol. Durante las etapas juveniles, las hojas presentan una coloración rojiza característica, asociada a procesos fisiológicos de protección frente al estrés ambiental (Valenzuela-Cobos et al., 2023).

Las condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo de cacao incluyen temperaturas promedio cercanas a 26–27 °C y precipitaciones anuales entre 1 300 y 2 800 mm, factores que influyen directamente en el desarrollo vegetativo y en la

susceptibilidad del cultivo a diversas enfermedades (Valenzuela-Cobos et al., 2023).

2.2.1.1 Diversidad genética y cacao fino de aroma

La diversidad genética del cacao ecuatoriano es considerada un recurso estratégico para la adaptación a condiciones ambientales cambiantes y para la tolerancia a enfermedades. Investigaciones recientes destacan que las poblaciones nativas de cacao fino de aroma presentan características genéticas únicas que influyen en la calidad del grano y en la respuesta frente a patógenos (Castro Farias, 2021). Sin embargo, dicha diversidad no garantiza resistencia completa a enfermedades como la moniliasis, lo que hace necesario complementar el manejo genético con estrategias fitosanitarias sostenibles.

La creciente demanda mundial de cacao fino de aroma ha incrementado la presión productiva sobre los sistemas cacaoteros, lo que exige implementar prácticas de manejo integrado que permitan mantener la calidad del producto sin comprometer la sanidad del cultivo ni el equilibrio ambiental (Valenzuela-Cobos et al., 2023).

2.2.1.2 Floración, fructificación y susceptibilidad a enfermedades

El cacao se caracteriza por mantener un proceso de floración durante gran parte del año, aunque su intensidad puede variar en función de condiciones ambientales como la temperatura y el régimen de lluvias. Sus flores, de pequeño tamaño y estructura hermafrodita, emergen directamente del tronco y de las ramas principales, fenómeno conocido como caulifloria, característica que favorece una mayor exposición de los frutos en desarrollo a patógenos transportados por el aire (Rodríguez-Aristizábal et al., 2025).

El proceso de fructificación es prolongado, con un periodo de desarrollo del fruto que puede extenderse entre 5 y 6 meses. Durante este tiempo, los frutos inmaduros permanecen altamente susceptibles a infecciones por *Moniliophthora roreri*, especialmente en ambientes con alta humedad relativa y escasa ventilación (Mora-Campoverde & Solano-Castillo, 2023). Esta característica biológica explica la dificultad para el control de la moniliasis y la necesidad de estrategias preventivas y continuas.

Asimismo, la asincronía en el desarrollo de frutos dentro de una misma planta genera la coexistencia de distintos estados fenológicos, lo que incrementa el riesgo de infección cruzada y la acumulación de inóculo en el sistema productivo (González et al., 2020).

2.2.1.3 Requerimientos edáficos y relación con la sanidad del cultivo

El cultivo de cacao muestra un mejor comportamiento agronómico en suelos con textura entre franca y franco-arcillosa, siempre que presenten adecuado drenaje, reacción ligeramente ácida, con valores de pH entre 5,5 y 6,5, y una elevada disponibilidad de materia orgánica. Estas características edáficas favorecen el desarrollo de microorganismos benéficos en el suelo, los cuales contribuyen al equilibrio biológico, ayudan a limitar naturalmente la presencia de patógenos y fortalecen el sistema radicular de la planta (Ríos-Ramírez et al., 2023).

Sin embargo, suelos mal drenados o con excesos de humedad favorecen la sobrevivencia y diseminación de patógenos fúngicos, incrementando la incidencia de enfermedades en órganos aéreos y subterráneos del cultivo. Por ello, el manejo adecuado del suelo y la promoción de comunidades microbianas benéficas

constituyen componentes esenciales dentro del manejo integrado del cacao (Páez-Martínez et al., 2024).

2.2.1.4 Importancia del cacao en sistemas agroforestales

El cacao es comúnmente cultivado bajo sistemas agroforestales, donde se asocia con especies arbóreas de sombra que regulan la radiación solar y la temperatura del microclima. Si bien estos sistemas aportan beneficios ecológicos, como la conservación de la biodiversidad y la mejora de la fertilidad del suelo, también pueden generar condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades si no se manejan adecuadamente (Salinas et al., 2022).

Investigaciones recientes señalan que un manejo inadecuado de la sombra incrementa la humedad relativa y reduce la circulación del aire, favoreciendo la infección y diseminación de *Moniliophthora roreri*. En este contexto, la integración del control biológico con prácticas culturales como la poda sanitaria y el manejo racional de la sombra resulta clave para reducir la presión del patógeno (Vallejo et al., 2021).

2.2.1.5 Importancia del manejo fitosanitario en cacao

El manejo fitosanitario en plantaciones de cacao constituye un elemento fundamental para conservar la productividad y asegurar la sostenibilidad del sistema de cultivo. Características propias de la planta, como su arquitectura, el prolongado periodo de desarrollo del fruto y las condiciones de humedad generadas dentro del dosel, crean un ambiente favorable para la persistencia y propagación de diversos patógenos, particularmente hongos que afectan de manera directa las mazorcas (Cobos Mora et al., 2024). Bajo estas condiciones, resulta necesario

implementar medidas preventivas y ambientalmente responsables que permitan disminuir las pérdidas asociadas a enfermedades.

De igual manera, diferentes investigaciones han señalado que la dependencia exclusiva de fungicidas químicos ha favorecido la aparición de resistencia en ciertos patógenos, además de generar efectos negativos sobre el ambiente y posibles riesgos para la salud humana. Esta situación ha impulsado el desarrollo y adopción de alternativas como el control biológico, integrado dentro de programas de manejo fitosanitario orientados a un control más sostenible de las enfermedades del cultivo (Salinas et al., 2022; Páez-Martínez et al., 2024).

2.2.2 Moniliasis (*Moniliophthora roreri*)

La moniliasis es una patología ocasionada por el hongo *Moniliophthora roreri*, clasificado como un patógeno hemibiotrófico que afecta principalmente a los frutos inmaduros de cacao. La enfermedad se manifiesta mediante lesiones acuosas, necrosis, malformaciones y descomposición interna del fruto. Su ciclo de desarrollo comprende una etapa inicial biotrófica, caracterizada por la ausencia de síntomas visibles, seguida de una fase necrotrófica en la que se produce la destrucción de los tejidos (Barba y Ramírez, 2021). Esta enfermedad se disemina mediante esporas, las cuales germinan en condiciones de alta humedad y temperaturas templadas (González et al., 2020).

La moniliasis es considerada una de las enfermedades más destructivas del cacao en América Latina, con pérdidas productivas que pueden oscilar entre el 45 % y el 100 % cuando no se implementan estrategias de manejo adecuadas (Mora-Campoverde y Solano-Castillo, 2023).

El desarrollo de *M. royeri* está estrechamente asociado a ambientes húmedos, caracterizados por precipitaciones frecuentes y alta humedad relativa, condiciones típicas de zonas cacaoteras tropicales donde el patógeno prolifera con rapidez (Cobos Mora et al., 2024).

Además de reducir la cantidad de frutos aprovechables, la moniliasis también afecta la calidad del grano, impactando negativamente la competitividad del cacao en mercados de exportación y comprometiendo la rentabilidad de los agricultores (Rodríguez-Aristizábal et al., 2025).

El ciclo biológico del patógeno presenta una fase hemibiotrófica, donde inicialmente se establece de forma asintomática antes de pasar a un estado necrotrófico altamente destructivo, lo que dificulta su detección temprana y aumenta la necesidad de monitoreo constante (Rodríguez-Aristizábal et al., 2025).

2.2.3 Control Biológico

El control biológico consiste en emplear organismos vivos o compuestos derivados de estos para limitar el desarrollo de plagas y agentes patógenos presentes en los cultivos. Su funcionamiento se sustenta en procesos naturales como la competencia por espacio y nutrientes, el antagonismo microbiano, el parasitismo y la activación de mecanismos defensivos en la planta hospedera (Vallejo et al., 2021). Dentro de los programas de manejo integrado, esta estrategia ha cobrado relevancia por ofrecer una opción más sostenible frente al uso intensivo de agroquímicos, cuyos efectos pueden comprometer tanto el equilibrio ambiental como la salud humana (Salinas et al., 2022).

En los últimos años, el control biológico ha fortalecido su papel como alternativa técnica frente a los fungicidas sintéticos, debido a su capacidad para

disminuir riesgos de contaminación y reducir la acumulación de residuos químicos en el suelo y en los productos agrícolas (Valenzuela-Cobos et al., 2023). Entre los microorganismos más estudiados para el manejo de *Moniliophthora roreri* sobresalen especies de *Bacillus* y *Trichoderma*, reconocidas por actuar mediante producción de sustancias inhibitorias, competencia ecológica, micoparasitismo y estimulación de respuestas defensivas sistémicas en la planta (Rodríguez-Aristizábal et al., 2025).

Asimismo, investigaciones recientes realizadas en condiciones de campo indican que la aplicación periódica de microorganismos antagonistas puede reducir de manera importante la incidencia y severidad de la moniliasis, especialmente cuando las aplicaciones se ajustan a las condiciones ambientales y al momento de mayor susceptibilidad del cultivo (Páez-Martínez et al., 2024).

2.2.3.1 Control biológico en sistemas cacaoteros

En plantaciones de cacao ubicadas en ambientes tropicales, el control biológico ha mostrado resultados favorables, en parte debido a la diversidad microbiana natural presente tanto en el suelo como en la superficie de los tejidos vegetales. La incorporación de microorganismos antagonistas contribuye a disminuir la presencia y actividad del patógeno sin generar alteraciones significativas en el equilibrio ecológico del sistema productivo (Vallejo et al., 2021). Asimismo, cuando esta estrategia se complementa con labores agronómicas como la poda sanitaria y una adecuada regulación de la sombra, se incrementa su efectividad en el manejo de enfermedades como la moniliasis (Páez-Martínez et al., 2024).

2.2.4 *Bacillus amyloliquefaciens*

Bacillus amyloliquefaciens es una bacteria Gram positiva, formadora de esporas, que habita comúnmente en la rizósfera. Se ha destacado como agente de control biológico por su capacidad de producir lipopeptidos antifúngicos, enzimas degradadoras de paredes celulares de hongos y compuestos volátiles que inhiben el crecimiento de patógenos (Guzmán et al., 2020). Además, puede inducir resistencia sistémica en las plantas, fortaleciendo sus mecanismos de defensa ante ataques patogénicos (Torres et al., 2021).

Estudios realizados en Ecuador evidencian que cepas nativas de *Bacillus amyloliquefaciens* presentan una elevada capacidad antagónica contra *M. roleri*, logrando reducciones importantes de incidencia cuando se aplican en intervalos adecuados durante el ciclo productivo del cacao (Páez-Martínez et al., 2024).

La eficacia de *Bacillus amyloliquefaciens* también se debe a la producción de compuestos orgánicos volátiles capaces de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos, lo que favorece su uso en estrategias de manejo integrado sin generar impactos negativos en el ambiente (Quispe-López et al., 2022).

Investigaciones desarrolladas en agroecosistemas tropicales señalan que la aplicación continua de *Bacillus amyloliquefaciens* mejora la estructura microbiana del suelo, promoviendo comunidades benéficas y reduciendo la carga de patógenos asociados al cacao (Ríos-Ramírez et al., 2023).

2.2.5 *Pseudomonas fluorescens*

Pseudomonas fluorescens es una bacteria Gram negativa, no esporulada, ampliamente distribuida en suelos agrícolas. Su eficacia como biocontrolador se debe a su capacidad para competir por nutrientes, producir sideróforos (que

secuestran hierro esencial para los patógenos), antibióticos naturales, y desencadenar respuestas inmunológicas en la planta (Vallejo et al., 2021).

También contribuye a mejorar la absorción de nutrientes y el crecimiento vegetal, lo que favorece un desarrollo más saludable del cultivo (Salinas et al., 2022).

El empleo de *Pseudomonas fluorescens* ha mostrado resultados prometedores debido a su capacidad para sintetizar sideróforos que limitan la disponibilidad de hierro en el entorno, restringiendo así el desarrollo de patógenos como *M. royeri* en plantaciones de cacao (Castillo-Pacheco et al., 2021).

De igual manera, *Pseudomonas fluorescens* cumple una función importante como bacteria promotora del crecimiento vegetal, ya que favorece el desarrollo del sistema radicular y mejora la absorción de nutrientes indispensables para el cultivo, lo que fortalece la capacidad de la planta para responder ante factores de estrés tanto de origen biológico como ambiental (Gutiérrez-Velasco et al., 2022). Investigaciones recientes también señalan que su incorporación en programas de manejo fitosanitario permite reducir la dependencia de fungicidas sintéticos, al tiempo que contribuye a conservar la salud del suelo y a mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de cacao (Ortega-Caicedo et al., 2023).

2.2.6 Manejo integrado de enfermedades

El manejo integrado de enfermedades se fundamenta en la aplicación coordinada de diferentes estrategias de control, entre ellas prácticas culturales, métodos biológicos, medidas físicas y, cuando es necesario, intervenciones químicas, con el propósito de mantener la presencia de patógenos en niveles que no generen pérdidas económicas significativas. Este enfoque prioriza el monitoreo

permanente del cultivo, la prevención y la toma de decisiones oportunas, dando preferencia a alternativas compatibles con la conservación ambiental (Mite et al., 2021). Dentro de este esquema, la incorporación de biocontroladores representa un componente importante para fortalecer la sostenibilidad del cultivo de cacao frente a enfermedades de alto impacto como la moniliasis (Montesdeoca-Salto et al., 2021).

La integración de biocontroladores con técnicas de manejo cultural ha demostrado ser más efectiva que las aplicaciones individuales, evidenciándose mejoras significativas en los niveles de incidencia y severidad de enfermedades en sistemas agroforestales de cacao (Tinoco-Ramos et al., 2022).

El uso de tecnologías de diagnóstico temprano basadas en herramientas geoespaciales y modelamiento predictivo ha permitido identificar zonas de mayor riesgo fitosanitario, facilitando la toma de decisiones y la optimización en el uso de insumos de control (Sandoval-Moreno y Herrera-Piedra, 2024).

Los fitopatógenos en cacao son una amplia gama de organismos, siendo los hongos los más frecuentes; estos afectan directamente la fisiología del fruto, provocando reducciones significativas en la producción anual (Calvopiña-Guamán et al., 2022).

La interacción planta patógeno está determinada por factores genéticos y ambientales, además del microbiota del suelo, la cual juega un papel crucial en la supresión natural de enfermedades y en la estabilidad ecológica del cultivo (Fiallos-Arévalo et al., 2021).

El incremento de enfermedades fúngicas en cacao durante los últimos años se ha relacionado con la variabilidad climática, especialmente con el aumento de

eventos húmedos prolongados que favorecen la germinación y diseminación de esporas (Barragán-Díaz et al., 2024).

2.2.7 Fitopatógeno

Un fitopatógeno es cualquier organismo, generalmente de origen fúngico, bacteriano, viral o nematodo, capaz de causar enfermedades en las plantas, afectando su fisiología, desarrollo y rendimiento. Estos agentes pueden y están en la capacidad de poder atacar diversas partes del vegetal, como raíces, tallos, hojas o frutos, y su presencia suele desencadenar síntomas visibles como manchas, necrosis, deformaciones o pudriciones (Cedeño et al., 2023). El estudio de los fitopatógenos y su interacción con las plantas es muy importante para el desarrollo de estrategias de manejo que permitan reducir el impacto de las enfermedades agrícolas.

2.3 Marco legal

La presente investigación se fundamenta en el marco jurídico ecuatoriano y en convenios internacionales orientados a la protección del ambiente, el desarrollo de una agricultura sostenible y el manejo fitosanitario responsable de los cultivos. Estas normativas respaldan la implementación de prácticas ecológicas, como el control biológico, para reducir el uso de agroquímicos y mitigar el impacto ambiental de la producción agrícola. Asimismo, establecen las bases legales para la protección de la biodiversidad, la inocuidad de los alimentos y el derecho de las comunidades rurales a un entorno sano y productivo.

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) es la norma suprema del país y reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, promoviendo un modelo de desarrollo sustentable. En el contexto agrícola y ambiental, destacan los siguientes artículos:

Artículo 14: Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Este artículo respalda la búsqueda de alternativas de manejo agrícola menos contaminantes, como el uso de biocontroladores.

Artículo 395: Establece que el Estado debe garantizar un modelo de desarrollo sustentable y adoptar medidas preventivas frente a la contaminación. Esto se relaciona directamente con el uso de herramientas sostenibles como el control biológico en el manejo fitosanitario.

2.3.2 Ley Orgánica De Régimen De La Soberanía Alimentaria (LORSA)

La Ley Orgánica de Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA), publicada en el Registro Oficial N.º 583 del 5 de mayo de 2009. Esta ley tiene como

tiene como objetivo promover una producción agropecuaria sustentable y saludable:

Artículo 3, literal d): Establece el principio de sustentabilidad en la producción, que implica el uso de tecnologías limpias y prácticas agroecológicas.

Artículo 13: Promueve el desarrollo de investigaciones científicas para mejorar la productividad agrícola, incluyendo métodos alternativos como el uso de microorganismos benéficos.

2.3.3 Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (COA), publicado en el Registro Oficial Suplemento N.º 983 del 12 de abril de 2017, regula la gestión ambiental en Ecuador. Esta normativa reconoce la importancia del equilibrio entre producción agrícola y conservación del medioambiente:

Artículo 4: Establece el principio de prevención y precaución para evitar impactos negativos sobre los ecosistemas.

Artículo 6, literal b): Fomenta la implementación de tecnologías limpias y sostenibles en las actividades productivas.

Artículo 30: Promueve el uso de métodos alternativos al control químico para preservar la biodiversidad y la salud humana.

2.3.4 Plan Nacional De Desarrollo 2024- 2025 “Creando Oportunidades”

El Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024–2025 es el máximo instrumento de planificación nacional, en el que se establece la directriz política y administrativa para diseñar e implementar la política pública en Ecuador. Este plan recoge y materializa las propuestas presentadas en el Plan de Gobierno del Presidente de la República, Daniel Noboa, y fue aprobado por el Consejo Nacional

de Planificación mediante las resoluciones N.º 003-2024-CNP (16 de febrero de 2024) y N.º 006-2024-CNP (29 de abril de 2024). Se estructura en cinco ejes: Social; Desarrollo Económico; Infraestructura, Energía y Medio Ambiente; Institucional; y Gestión de Riesgos, que a su vez se articulan en 10 objetivos, 72 políticas, 186 estrategias y 107 metas, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. En este marco, se promueve la implementación de sistemas de producción agroecológicos y resilientes, incentivando el uso de tecnologías limpias y prácticas agrícolas sostenibles, así como el fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante la innovación en los sistemas productivos rurales (SENPLADES, 2024).

2.3.5 Normativa Internacional Aplicable

Ecuador es parte de diversos tratados y acuerdos internacionales que respaldan la protección ambiental y el uso de tecnologías agrícolas sostenibles:

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992): Fomenta el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo microorganismos benéficos para la agricultura.

Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: En el ODS 2 (Hambre cero) y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), se promueve una agricultura sostenible basada en prácticas resilientes y conservación de los recursos naturales.

Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF): Establece directrices para la prevención y el manejo integrado de plagas agrícolas con enfoques sostenibles y amigables con el ambiente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se sustentó en la obtención y procesamiento de información numérica derivada de la aplicación de tratamientos biológicos en condiciones de campo. Para el análisis de los resultados se emplearon procedimientos estadísticos orientados a establecer comparaciones entre tratamientos, considerando variables como incidencia, severidad de la enfermedad y rendimiento del cultivo.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

El estudio corresponde a una investigación experimental de carácter aplicado, ya que se ejecutó directamente en parcelas de cultivo con el fin de evaluar el comportamiento de agentes biológicos de control bajo condiciones reales de producción, como una alternativa técnicamente viable y ambientalmente sostenible.

En cuanto a su alcance, la investigación se enmarca dentro del nivel explicativo, puesto que permitió analizar la relación de causa y efecto entre la aplicación de biocontroladores y la respuesta fitosanitaria del cultivo frente al desarrollo de la moniliasis.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño adoptado en esta investigación fue de tipo experimental, debido a que se intervino de manera controlada sobre la variable independiente en unidades experimentales previamente definidas, con el propósito de evaluar su influencia sobre variables dependientes asociadas al estado fitosanitario y a la productividad del cultivo de cacao.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

La aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* y su combinación, frente a un testigo sin tratamiento. Esta variable representa el factor controlado para evaluar su efecto en el control de la *moniliasis*.

3.2.1.2 Variables dependientes

- Incidencia de *moniliasis*: Porcentaje de frutos afectados respecto al total evaluado. Esta variable refleja la frecuencia con la que ocurre la enfermedad en el cultivo.
- Severidad de la enfermedad: Grado de daño observado en los frutos infectados, medido con una escala visual estandarizada. Esta variable permite cuantificar la intensidad de la infección.
- Rendimiento del cultivo (kg/ha): Cantidad de grano seco producido por unidad de superficie, como resultado indirecto del estado fitosanitario del cultivo.

3.2.3 Tratamientos

En la Tabla 1 se detallan los tratamientos que fueron evaluados en condiciones de campo. El manejo se realizó mediante aplicaciones foliares de bioinsumos que contienen *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens*, aplicados de manera individual y en combinación, comparados con un tratamiento testigo sin aplicación.

Número y frecuencia de aplicaciones: Cada tratamiento con biocontroladores se aplicó seis veces durante el ciclo experimental (tres meses), con una frecuencia de cada 15 días, utilizando una bomba de mochila de 20 L.

Se establecieron seis aplicaciones durante el periodo experimental (tres meses) con intervalos de 15 días, debido a que el ciclo de infección de *Moniliophthora roreri* es prolongado y afecta principalmente a frutos en desarrollo, los cuales permanecen susceptibles durante varias semanas. Una frecuencia quincenal asegura la cobertura continua del material vegetativo y los frutos en formación, manteniendo la población de biocontroladores activa en la superficie del cacao y favoreciendo su efecto preventivo frente al avance del patógeno, conforme a recomendaciones técnicas para el manejo biológico de enfermedades en cacao.

3.2.3.1 Descripción de los biocontroladores:

***Bacillus amyloliquefaciens*:** Se trata de una bacteria benéfica de origen natural reconocida por su capacidad para sintetizar metabolitos con actividad antifúngica, enzimas hidrolíticas y sustancias capaces de estimular mecanismos de resistencia sistémica en las plantas. Su empleo como bioinsumo agrícola se debe a su acción inhibitoria sobre diversos hongos fitopatógenos, además de su contribución al mantenimiento de un mejor estado sanitario del cultivo.

***Pseudomonas fluorescens*:** Es una bacteria rizosférica ampliamente utilizada en el control biológico por su habilidad de competir por nutrientes, producir sideróforos y antibióticos naturales, así como estimular la resistencia sistémica inducida en las plantas. Su aplicación foliar ayuda a reducir la incidencia de enfermedades en órganos aéreos del cacao.

Combinación de *Bacillus amyloliquefaciens* + *Pseudomonas*

fluorescens: La aplicación conjunta busca potenciar el efecto de control biológico, al integrar los mecanismos de acción de ambos microorganismos, generando un manejo más eficaz y estable de la moniliasis.

Tabla 1.
Tratamientos

Código	Tratamiento	Descripción	Dosis y Aplicación
T1	Testigo	Plantas de cacao sin aplicación de biocontroladores.	0 ml/L
T2	<i>B. amyloliquefaciens</i>	Aplicación foliar del bioinsumo comercial de <i>B. amyloliquefaciens</i> .	5 ml/L de agua cada 15 días, mediante bomba de mochila de 20 L
T3	<i>P. fluorescens</i>	Aplicación foliar del bioinsumo comercial de <i>P. fluorescens</i> .	5 ml/L de agua cada 15 días, mediante bomba de mochila de 20 L
T4	<i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	Aplicación conjunta de ambos biocontroladores.	2.5 ml/L de cada producto cada 15 días, mediante bomba de mochila de 20 L

Quizpi, 2026

3.2.4 Diseño experimental

El experimento se estableció mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA), conformado por cuatro tratamientos y cinco repeticiones, ejecutado en el recinto San Francisco, perteneciente al cantón Milagro. Cada unidad experimental correspondió a una parcela de cacao de 10 metros de ancho por 15 metros de longitud, integrada por plantas con características homogéneas en edad y manejo agronómico. Asimismo, entre bloques se dejó una separación de 2 metros, con el fin de minimizar posibles interferencias o contaminación cruzada entre los tratamientos aplicados.

La delimitación completa de la investigación se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2.
Delimitación experimental

Descripción	Unidad	Detalle
Tipo de diseño experimental	-	DCA
Número de tratamientos	u	4
Número de repeticiones	u	5
Número de unidades experimental	u	20
Distancia entre planta	m	3
Ancho de parcela	m	10
Longitud de parcela	m	15
Área total del experimento	m ²	900

Quizpi, 2026

En el apartado de Anexos se muestra el gráfico del diseño experimental en el Anexo 2.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1 Recursos

Los recursos empleados incluyeron:

- Bioinsumos comerciales de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens*.
- Bombas de mochila de 20 L para aplicaciones foliares.
- Cinta métrica, hojas de campo y etiquetas para monitoreo.
- Balanza electrónica para pesaje de grano.
- Cámara fotográfica y GPS para documentación del proceso.
- Software Excel y SPSS para procesamiento estadístico.

3.2.5.2 Métodos y técnicas

Los métodos de aplicación de los tratamientos que se desarrollaron en esta investigación de acuerdo al cronograma se detallan a continuación:

Tabla 3.

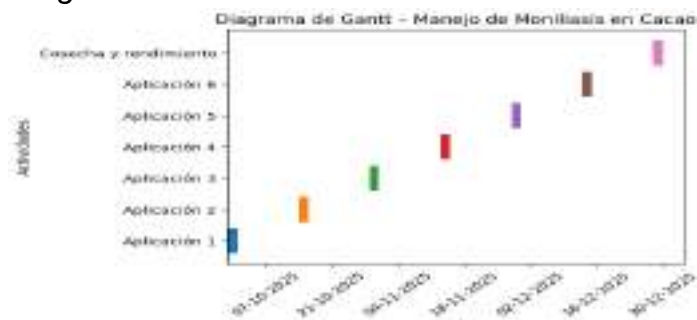
Cronograma de aplicación

Semana	Fecha (inicio)	Actividades programadas	Indicadores y técnicas	Dosis y aplicación (T2-T4)
1	29/09/2025	Aplicación 1 (29/09) + Evaluación semanal	Incidencia: 30 frutos/parcela (fórmula %). Severidad: escala 0–5	T2: DoubleNickel 55 (B. <i>amyloliquefaciens</i> , 5×10^{10} UFC/g) 5 ml/L; T3: P. <i>fluorescens</i> (1×10^{11} UFC/g) 5 ml/L; T4: mezcla 2.5 + 2.5 ml/L. Aplicación foliar con bomba 20 L, baja radiación
2	06/10/2025	Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	—
3	13/10/2025	Aplicación 2 (14/10) + Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	Igual T2–T4; bomba 20 L; baja radiación
4	20/10/2025	Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	—
5	27/10/2025	Aplicación 3 (29/10) + Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	Igual T2–T4; bomba 20 L; baja radiación
6	03/11/2025	Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	—
7	10/11/2025	Aplicación 4 (13/11) + Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	Igual T2–T4; bomba 20 L; baja radiación
8	17/11/2025	Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	—
9	24/11/2025	Aplicación 5 (28/11) + Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	Igual T2–T4; bomba 20 L; baja radiación
10	01/12/2025	Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	—
11	08/12/2025	Aplicación 6 (13/12) + Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	Igual T2–T4; bomba 20 L; baja radiación
12	15/12/2025	Evaluación semanal	Incidencia (30 frutos), Severidad (0–5)	—
13	22/12/2025	Rendimiento: cosecha frutos maduros por parcela; fermentación, secado y pesaje	Rendimiento (kg/ha) con ajuste a 10% de humedad	—

Quizpi, 2026

Figura. 1

Diagrama de Gantt



Quizpi, 2026

Se especificaron seis aplicaciones por tratamiento biológico, con intervalo de 15 días durante tres meses. El tratamiento T2 utiliza DoubleNickel 55 (*B. amyloliquefaciens*) a 5×10^{10} UFC/g; el tratamiento T3 utiliza *Pseudomonas fluorescens* a 1×10^{11} UFC/g. En T4 se aplicó la mezcla a la mitad de la dosis por producto (2,5 ml/L de cada uno). Aplicación con bomba de mochila de 20 L en horario de baja radiación.

Las técnicas de evaluación que se aplicaron son:

Incidencia (%): Se evaluaron 30 frutos aleatorios por parcela, contabilizando los afectados por moniliasis.

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Frutos enfermos}}{\text{Frutos totales evaluados}} \times 100$$

Severidad (escala 0–5): Se aplicó una escala visual, mediante un puntaje que va de 0 a 5 siendo la nota menor un indicador bueno y la nota mayor un indicador malo siendo éste el de mayor afectación. Esta escala ha sido tomada como referencia del trabajo de Maridueña et al. (2021) en condiciones similares a las de este estudio. A continuación, se detalla en la Tabla 3 la escala de valorización de la severidad.

Tabla 4
Escala de severidad

Calificación	Definición	Porcentaje de daño
0	Fruto sano	0%
1	Síntomas leves	1-10% de la superficie afectada
2	Daño moderado	11-25%
3	Daño intermedio	26-50%
4	Daño severo	51-75%
5	Daño muy severo	>75% de superficie afectada

Maridueña, et al., 2025

Fórmula:

$$\text{Severidad (\%)} = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100$$

Donde:

- n_i = número de frutos en la categoría i
- v_i = valor de la categoría i
- N = número total de frutos evaluados
- V = valor máximo de la escala (5)

Rendimiento (kg/ha): Transcurridos 90 días después de haber iniciado el experimento se cosecharon los frutos maduros de cada parcela, fermentados, secados y pesados para obtener el rendimiento en grano seco por hectárea. En este caso se realizó un ajuste por contenido de humedad al 10%.

3.2.7 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA), con el propósito de identificar posibles diferencias estadísticas entre los tratamientos en las variables estudiadas. Cuando el análisis mostró significancia estadística, se procedió a aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad para establecer diferencias entre tratamientos. La estructura del análisis de varianza se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5

Esquema de análisis de varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos (t-1)	3
Repetición (r-1)	4
Error Experimental (t-1)(r-1)	12
Total (tr-1)	19

Quizpi, 2026

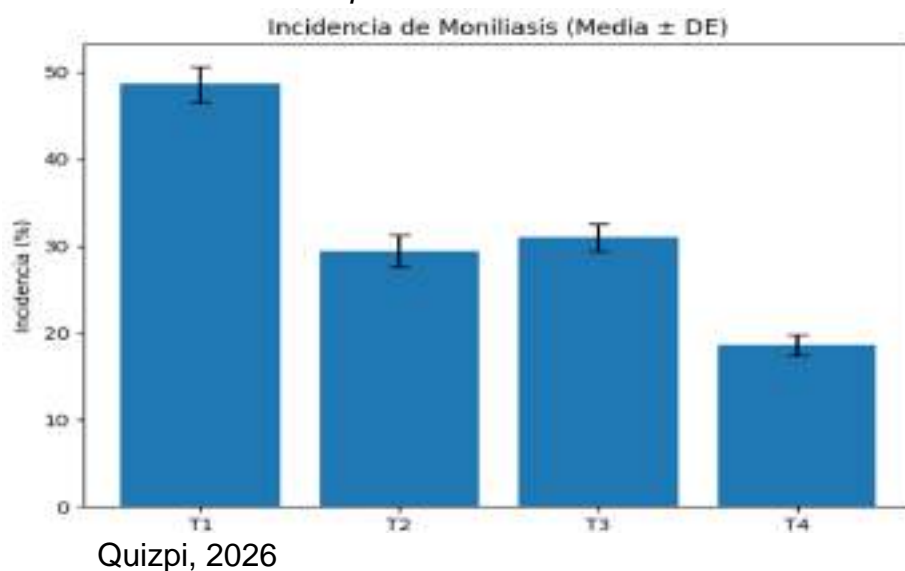
4. RESULTADOS

4.1 Grado de control de la moniliasis según los tratamientos biológicos

Esta actividad consistió en determinar el grado de control de la moniliasis en función de los tratamientos aplicados con *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* y su combinación, comparados con el tratamiento testigo. Para este fin, se realizó el seguimiento de la incidencia y severidad de la enfermedad en frutos en desarrollo, considerando las seis aplicaciones efectuadas a lo largo del ensayo.

Figura. 2

Incidencia de Moniliasis por Tratamiento



Los resultados presentaron diferencias claras entre los tratamientos. El tratamiento T1 (testigo) registró los valores más altos de incidencia, manteniéndose sin reducción significativa durante el ciclo de evaluación, lo que confirma la presión constante del patógeno en las condiciones ambientales del recinto San Francisco. Por otro lado, los tratamientos con biocontroladores mostraron reducciones progresivas conforme avanzaron las aplicaciones.

El tratamiento T2 (*B. amyloliquefaciens*) presentó una reducción moderada de la incidencia respecto al testigo, atribuible a la capacidad de esta bacteria para

producir metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas que interfieren con el desarrollo de *Moniliophthora roreri*. Sin embargo, la disminución alcanzada fue menor en comparación con los demás tratamientos evaluados. En el caso de T3 (*P. fluorescens*), se observó una disminución mucho más notable, que puede ser explicada por su capacidad de competir por nutrientes, producir sideróforos y favorecer mecanismos de resistencia sistémica inducida. Este efecto se reflejó en una menor cantidad de frutos afectados y en una progresión más lenta de los síntomas.

El tratamiento T4 (*Bacillus + Pseudomonas*) evidenció el mejor desempeño, registrando la mayor reducción tanto en incidencia como en severidad. La acción conjunta de ambos biocontroladores generó un efecto sinérgico, en el cual la combinación de mecanismos antagónicos (producción de antibióticos naturales, competencia por nicho, inducción de resistencia sistémica y degradación enzimática de estructuras fúngicas) proporcionó un control más estable y efectivo. Este tratamiento mostró una disminución significativa del avance de la enfermedad en comparación con el testigo y los tratamientos individuales.

Tabla 6.
Comparación de moniliasis por tratamientos



Quizpi, 2026

4.2 Incidencia de la moniliasis (%)

Los valores obtenidos evidenciaron diferencias claras entre los tratamientos biológicos y el tratamiento testigo. De manera general, el tratamiento testigo (T1) presentó los mayores porcentajes de incidencia, manteniéndose con una tendencia creciente a lo largo del periodo de evaluación. En contraste, los tratamientos que incluyeron la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* (T2) y *Pseudomonas fluorescens* (T3) mostraron una reducción progresiva de la incidencia, mientras que el tratamiento combinado (T4) registró los valores más bajos de incidencia acumulada.

El tratamiento combinado (T4) logró una reducción significativa de la incidencia respecto al testigo, lo que evidencia un mayor efecto preventivo frente a la infección del patógeno.

Tabla 7.
Incidencia promedio de la moniliasis por tratamiento

Tratamiento	Incidencia (%)
T1 – Testigo	48.60 a
T2 – <i>B. amyloliquefaciens</i>	29.40 b
T3 – <i>P. fluorescens</i>	31.10 b
T4 – <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	18.70 c
Coef. Variación	11.28%

Medias con letras distintas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Quizpi, 2026

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento testigo registró el mayor porcentaje de incidencia de moniliasis, lo que refleja la elevada susceptibilidad del cultivo cuando no se aplican medidas de control fitosanitario. Por otra parte, la aplicación individual de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* permitió disminuir de manera significativa la presencia de la enfermedad; no obstante, el tratamiento combinado fue el que presentó el menor

porcentaje de frutos afectados, lo que sugiere una acción complementaria entre ambos biocontroladores en la limitación del establecimiento del patógeno.

4.3 Severidad de la moniliasis (%)

La severidad de la enfermedad fue determinada mediante la escala visual de 0 a 5, adaptada de Maridueña et al. (2021), y posteriormente expresada en porcentaje utilizando la fórmula ponderada establecida en la metodología. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

El tratamiento testigo presentó los mayores valores de severidad, con frutos que alcanzaron categorías de daño severo y muy severo (>50 % de superficie afectada). Por el contrario, los tratamientos con biocontroladores redujeron notablemente la intensidad del daño, destacándose nuevamente el tratamiento combinado.

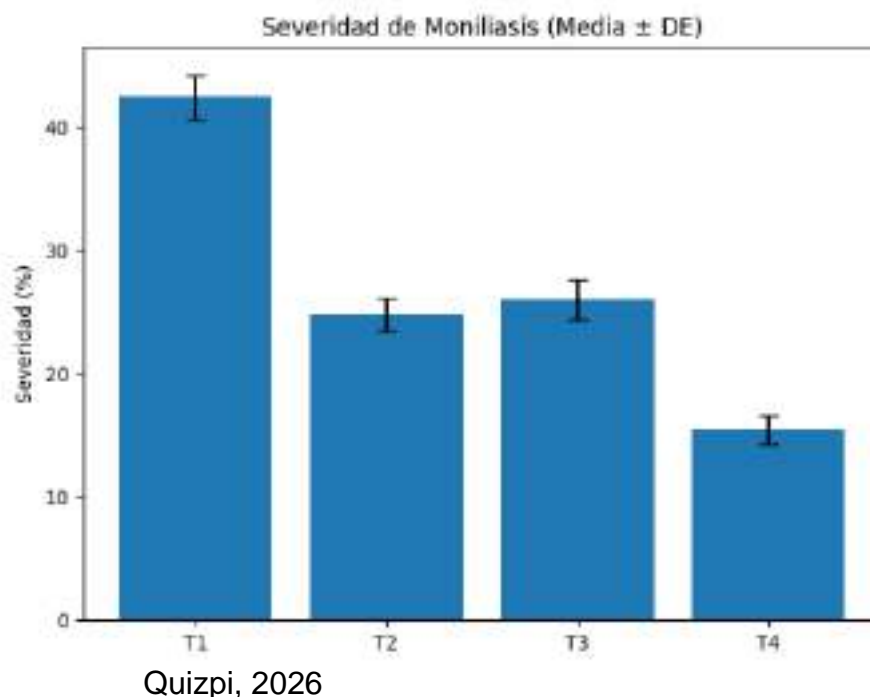
Figura. 3

Severidad de moniliasis de Tratamiento testigo



Quizpi, 2026

Figura. 4
Severidad de Moniliasis por Tratamiento



El menor porcentaje de severidad observado en el tratamiento T4 indica que la aplicación conjunta de *B. amyloliquefaciens* + *P. fluorescens* no solo reduce la frecuencia de frutos infectados, sino que también limita la progresión del daño en aquellos frutos que llegan a infectarse. Este comportamiento puede atribuirse a mecanismos biológicos como la síntesis de compuestos antifúngicos, la competencia por espacio y nutrientes, así como la activación de respuestas de resistencia sistémica en la planta.

Tabla 8.
Severidad promedio de moniliasis por tratamiento

Tratamiento	Severidad (%)
T1 – Testigo	42.30 a
T2 – <i>B. amyloliquefaciens</i>	24.80 b
T3 – <i>P. fluorescens</i>	26.10 b
T4 – <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	15.40 c
Coef. Variación	11.42%

Medias con letras distintas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).
 Quizpi, 2026

En cuanto a la severidad de la moniliasis, el tratamiento testigo presentó el mayor nivel de daño, con frutos que alcanzaron categorías severas de infección. Los tratamientos biológicos redujeron significativamente la intensidad del daño, destacándose el tratamiento combinado, el cual presentó la menor severidad promedio. Estos resultados indican que la acción conjunta de ambos microorganismos no solo limita la infección, sino que también restringe la progresión del daño en los frutos afectados.

4.4 Rendimiento del cultivo

El rendimiento del cultivo de cacao fue evaluado como un indicador indirecto de la efectividad del manejo biológico de la moniliasis. La cosecha se realizó al finalizar el periodo experimental (90 días), considerando únicamente frutos maduros por parcela. Posteriormente, los granos fueron fermentados, secados y ajustados a un contenido de humedad del 10 %, para expresar los resultados en kilogramos por hectárea (kg/ha), como se observa en la Figura 5.

Figura. 5

Peso de granos secos para rendimiento



Quizpi, 2026

Los resultados obtenidos muestran diferencias evidentes entre tratamientos, atribuibles al efecto del control biológico sobre la incidencia y severidad de la enfermedad. El tratamiento testigo presentó el menor rendimiento, mientras que los tratamientos con aplicación de biocontroladores incrementaron significativamente la productividad del cultivo, destacándose el tratamiento combinado.

Tabla 9.
Rendimiento promedio de cacao (kg/ha)

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
T1 – Testigo	620 a
T2 – <i>B. amyloliquefaciens</i>	890 b
T3 – <i>P. fluorescens</i>	860 b
T4 – <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	1,080 c
Coef. Variación	11.28%

Medias con letras distintas difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Quizpi, 2026

El rendimiento promedio del cultivo de cacao presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento testigo alcanzó el menor nivel de producción de grano seco, situación que puede relacionarse con los mayores valores de incidencia y severidad registrados para la moniliasis. La aplicación individual de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* incrementó el rendimiento del cultivo; sin embargo, el tratamiento combinado presentó el mayor valor productivo, evidenciando que un manejo biológico más eficiente de la enfermedad se traduce en un mayor aprovechamiento de los frutos y una reducción de pérdidas productivas.

5. DISCUSIONES

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación indican que la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens*, tanto de manera individual como combinada, permitió un control significativo de la moniliasis en comparación con el tratamiento testigo. Este comportamiento es coherente con lo reportado por González et al. (2020), quienes señalan que *Moniliophthora roreri* presenta una elevada agresividad en ambientes tropicales húmedos, como los existentes en el cantón Milagro, lo que explica los altos niveles de incidencia observados en parcelas sin tratamiento.

En la presente investigación, el tratamiento combinado presentó el mayor nivel de control de la enfermedad, resultado que guarda relación con lo reportado por Torres et al. (2021), quienes observaron una respuesta más favorable al aplicar conjuntamente *Bacillus* y *Pseudomonas*, atribuida a la interacción complementaria de sus mecanismos biológicos. En este sentido, *Bacillus amyloliquefaciens* ejerce su acción principalmente mediante la síntesis de metabolitos con efecto antifúngico y enzimas capaces de degradar estructuras del patógeno, mientras que *Pseudomonas fluorescens* actúa favoreciendo la competencia por nutrientes y produciendo sideróforos que reducen la disponibilidad de hierro necesaria para el desarrollo del hongo.

En comparación con el estudio de Guzmán et al. (2020), quienes reportaron reducciones cercanas al 60 % en la incidencia de moniliasis en Colombia, los valores obtenidos en esta investigación fueron ligeramente inferiores, lo cual puede atribuirse a diferencias en las condiciones agroclimáticas, la presión inicial de inóculo y el uso de cepas comerciales frente a cepas nativas. No obstante, el grado

de control alcanzado en condiciones de campo en Milagro demuestra la efectividad práctica del manejo biológico bajo escenarios productivos reales.

La evaluación de la incidencia y severidad de la moniliasis permitió identificar diferencias marcadas entre los tratamientos analizados. El tratamiento testigo registró los valores más altos en ambas variables, situación que guarda relación con lo reportado por Mite et al. (2021), quienes señalan que en zonas productoras de cacao de la provincia del Guayas la falta de medidas de manejo favorece la rápida propagación del patógeno, aumentando tanto la frecuencia de infección como la intensidad del daño en los frutos.

Los tratamientos con biocontroladores mostraron una reducción progresiva de la incidencia y severidad, siendo más marcada en el tratamiento combinado. Este comportamiento es consistente con lo que reporto Vallejo et al. (2021), quienes destacan que el uso de microorganismos benéficos no solo reduce la infección inicial, sino que también limita el avance del daño al inducir mecanismos de resistencia sistémica en la planta.

En comparación con Salinas et al. (2022), quienes observaron una disminución moderada de la severidad en sistemas agroforestales, los resultados del presente estudio reflejan una mayor eficiencia del control biológico, posiblemente asociada a la frecuencia de aplicación quincenal y al manejo dirigido específicamente a los órganos susceptibles (frutos en desarrollo). Este aspecto resalta la importancia del momento y la periodicidad de aplicación para maximizar el efecto de los biocontroladores.

Asimismo, la reducción de la severidad en los tratamientos biológicos sugiere que, aun cuando algunos frutos llegan a infectarse, la progresión de la enfermedad es limitada, lo que coincide con los planteamientos de Torres et al. (2021) sobre el

efecto acumulativo y preventivo del control biológico en enfermedades de desarrollo lento como la moniliasis.

El incremento del rendimiento observado en los tratamientos con biocontroladores guarda una relación directa con la reducción de la incidencia y severidad de la moniliasis. El tratamiento combinado presentó el mayor rendimiento, lo cual concuerda con lo reportado por Torres et al. (2021), quienes evidenciaron incrementos superiores al 25 % en la productividad del cacao al emplear mezclas de *Bacillus* y *Pseudomonas*.

En contraste, el bajo rendimiento registrado en el tratamiento testigo refleja el impacto negativo de la enfermedad sobre el número de frutos cosechables y la calidad del grano, situación ampliamente documentada por González et al. (2020). La alta severidad de la infección conduce a la pérdida prematura de frutos y a una disminución del peso seco del grano, afectando directamente la rentabilidad del cultivo.

Los valores obtenidos en esta investigación fueron superiores a los reportados por Cedeño et al. (2023) en ensayos controlados, lo que sugiere que la validación en condiciones de campo permite evidenciar mejor el potencial productivo del manejo biológico cuando se adapta a las condiciones locales de clima, suelo y manejo agronómico. Este aspecto resulta relevante para zonas como Milagro, donde la presión de la enfermedad es constante y se requieren estrategias sostenibles de largo plazo.

Los resultados respaldan lo que fue indicado por Vallejo et al. (2021), en cuanto a que el control biológico no solo cumple una función fitosanitaria, sino que también contribuye directamente a la estabilidad productiva del cultivo, al reducir aproximadamente un 42,6 % de las pérdidas productivas asociadas a la moniliasis,

evidenciado en el incremento del rendimiento de 620 kg/ha en el tratamiento testigo a 1 080 kg/ha en el tratamiento combinado durante el ciclo productivo.

6. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens*, tanto de manera individual como en combinación, ejerció un efecto significativo en el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao bajo condiciones de campo en el cantón Milagro, en comparación con el tratamiento testigo sin aplicación. Entre los tratamientos evaluados, la combinación de ambos biocontroladores presentó el mejor desempeño, al reducir la incidencia de la enfermedad hasta aproximadamente 18.7 %, frente al 48.6 % observado en el testigo, lo que confirma el potencial del manejo biológico como una alternativa técnicamente viable y ambientalmente sostenible frente al uso convencional de fungicidas químicos.

De igual manera, se concluye que los tratamientos con biocontroladores registraron menores niveles de incidencia y severidad de la moniliasis durante el ciclo productivo, destacándose nuevamente el tratamiento combinado por presentar la menor afectación. En términos de severidad, este tratamiento alcanzó valores cercanos al 15.4 %, mientras que el testigo superó el 42 %, lo que indica que la aplicación periódica de microorganismos benéficos no solo reduce la frecuencia de aparición de la enfermedad, sino que también limita su avance en los frutos afectados, favoreciendo un mejor estado sanitario del cultivo.

Finalmente, se concluye que la disminución de la incidencia y severidad de la moniliasis tuvo un efecto directo sobre el rendimiento del cultivo de cacao, expresado en kilogramos por hectárea. El tratamiento combinado de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* alcanzó el mayor rendimiento promedio, con aproximadamente 1,080 kg/ha de grano seco, mientras que el

tratamiento testigo registró 620 kg/ha. Estos resultados permiten afirmar que un manejo biológico adecuado de la enfermedad contribuye a reducir pérdidas productivas y a mejorar la rentabilidad del cultivo bajo las condiciones agroclimáticas del cantón Milagro, provincia del Guayas.

5.2 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda incorporar *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas fluorescens* dentro de programas de manejo integrado para el control de la moniliasis en plantaciones de cacao del cantón Milagro, dando prioridad a la aplicación combinada de ambos biocontroladores debido a su mayor eficacia en la reducción de la enfermedad. Esta alternativa permite disminuir el uso de fungicidas químicos convencionales y favorece la adopción de prácticas agrícolas orientadas a la sostenibilidad productiva y ambiental.

De igual forma, se recomienda mantener un monitoreo permanente de la incidencia y severidad de la moniliasis durante el ciclo productivo, aplicando los biocontroladores de manera preventiva y con una frecuencia adecuada, especialmente en etapas de mayor susceptibilidad del fruto. Esto permitirá optimizar el momento de aplicación y mejorar la eficiencia del control biológico bajo condiciones de alta presión de la enfermedad.

Finalmente, se recomienda desarrollar futuras investigaciones que evalúen el efecto del manejo biológico sobre otros indicadores productivos y económicos del cultivo de cacao, como el análisis beneficio-costos y la persistencia de los microorganismos en el ambiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Barba, R., y Ramírez, M. (2021). *Moniliophthora roreri*: biología, epidemiología y manejo sostenible de la moniliasis del cacao. *Revista Fitopatología*, 56(2), 123–134. <https://doi.org/10.18781/R.FIT.2102-3>
- Barragán-Díaz, R., López-Ulloa, M., y Vinueza-Romero, J. (2024). Incidencia de enfermedades fúngicas en cultivos tropicales bajo condiciones de variabilidad climática. *Revista Amazónica de Ciencias*, 12(1), 45–57.
- Benítez-Zambrano, D., Bravo-Vera, K., y Cando-Ruiz, P. (2023). Actividad antifúngica de rizobacterias nativas contra patógenos del cacao. *Ciencia y Producción Agropecuaria*, 21(1), 33–42.
- Bernal, J., y Cabrera, C. (2025). Efecto de la frecuencia de aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* endófito sobre *Moniliophthora roreri* en condiciones de campo. *Bioagro*, 37(2), 37-42. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/105>
- Calvopiña-Guamán, P., León-Rivas, J., y Morales-Torres, D. (2022). Evaluación de fitopatógenos en cultivos de importancia económica en Ecuador. *Ciencia Agraria*, 19(2), 77–86.
- Castillo-Pacheco, A., Rojas-Castro, J., y Medina-Córdova, M. (2021). Sideróforos bacterianos y su efecto en la supresión de patógenos agrícolas. *Revista Agrotecnológica*, 11(3), 112–121.
- Castro Farias, A. (2021). Diversidad genética del cacao ecuatoriano y su importancia en la producción sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 45–58.
- Cedeño, M., Ríos, D., y Tapia, J. (2023). Evaluación de biocontroladores bacterianos en cultivos perennes bajo condiciones tropicales de la costa ecuatoriana. *Revista Agroproductividad*, 16(5), 55–62. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/105>
- Cevallos-Pincay, R., Zamora-Alcívar, S., y Mero-Pincay, J. (2022). Condiciones microclimáticas y su relación con el desarrollo de enfermedades en cacao. *Revista Ecuatoriana de Agroclimatología*, 4(1), 14–25.

- Chávez-Benítez, P., Herrera-Brito, J., y Minda-Salazar, L. (2021). Efectividad de microorganismos benéficos en el control de enfermedades poscosecha en cacao. *Agroinnovación Latinoamericana*, 5(3), 101–110.
- Cobos Mora, D., Herrera, M., & Sánchez, P. (2024). Environmental factors influencing the development of *Moniliophthora roreri* in cacao plantations. *Crop Protection*, 173, 106358.
- Cobos Mora, F., Montero Flores, P., Gómez Villalva, J., y Pérez Almeida, I. (2024). Eficiencia de agentes antagónicos para el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao. *Magazine de las Ciencias*, 9(2).
- FAO. (2020). *Cacao: cultivo estratégico para millones de agricultores*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- FAO. (2020). Cocoa production and sustainable management in tropical regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2020). *El cacao: cultivo, cosecha y comercialización*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- Fiallos-Arévalo, N., Viteri-Torres, P., y Lozano-Gómez, W. (2021). Microbiota del suelo y su influencia en enfermedades agrícolas. *Investigación y Desarrollo Agropecuario*, 17(1), 25–33.
- Gamboa-Rosales, N., Pérez-López, H., y Rojas-Solís, D. (2021). Prácticas agroecológicas para la sostenibilidad del cacao en sistemas productivos tropicales. *Revista Latinoamericana de Producción Sostenible*, 6(2), 140–152.
- González, E., Ríos, L., & Medina, J. (2020). Epidemiology of cacao moniliasis in tropical environments. *Plant Disease*, 104(6), 1602–1610.
- González, L., Mora, A., y Peña, D. (2020). Incidencia de moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) en sistemas agroforestales de Colombia. *Revista Fitopatología Colombiana*, 44(1), 22–30. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/33829/Ver_documento_33829.pdf?sequence=14&isAllowed=y
- Gutiérrez-Velasco, F., Molina-Castro, S., y Núñez-Morales, P. (2022). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en cultivos tropicales. *AgroCiencia Ecuatoriana*, 15(1), 33–41.

- Guzmán, C., Vargas, F., y Restrepo, J. (2020). Efectividad de *Bacillus amyloliquefaciens* en el control de moniliasis en cacao. *Agro Ciencia*, 54(3), 142–148. <https://agrocienza-colpos.org>
- ICCO (International Cocoa Organization). (2022). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, 48(4). <https://www.icco.org/projects/>
- Lema-Carrillo, Y., Torres-Vivas, M., y Jara-Gonzaga, P. (2024). Impacto del manejo integrado en la reducción de pérdidas por moniliasis en cacao. *Revista de Protección Vegetal Andina*, 12(1), 55–67.
- MAG. (2023). Anuario de estadísticas agropecuarias del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MAG. (2023). Anuario *Estadístico Agropecuario 2023*. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.
- MAG. (2023). *Boletín de producción de cacao en Ecuador 2023*. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. <https://www.agricultura.gob.ec>
- Maridueña-Zavala, M. G., Cedeño-Arévalo, L. A., Cueva-Moreno, E. A., y Álava-Maldonado, F. (2021). Evaluación de la resistencia de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) a *Moniliophthora roreri* mediante escalas de severidad y el índice de severidad de la enfermedad (DSI). *Bionatura*, 6(1), 1530–1536. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.19>
- Mendoza-Viteri, F., Ponce-Beltrán, A., y Vera-Lozano, C. (2020). Caracterización epidemiológica de patógenos emergentes en sistemas cacaoteros del litoral ecuatoriano. *Fitopatología Ecuatoriana*, 8(2), 44–53.
- Meneses, J., Ramírez, A., y López, M. (2023). Evaluación de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades fúngicas en cacao. *Revista de Fitopatología Tropical*, 40(2), 112–121. <https://link.springer.com/journal/40858>
- Mite, J., Álava, C., y Ruiz, P. (2021). Problemática sanitaria del cacao en la región litoral del Ecuador. *Ciencia y Agricultura*, 18(2), 75–81. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=27037>
- Montesdeoca-Salto, M., Vera-Aguirre, L., y Tenorio-Rodríguez, P. (2021). Prácticas culturales para el manejo de enfermedades en cacao. *Revista Agroforestal*, 7(2), 88–97.

- Mora-Campoverde, J., & Solano-Castillo, C. (2023). Impacto económico de la moniliasis en sistemas cacaoteros del Ecuador. *Revista Latinoamericana de Economía Agraria*, 15(1), 67–79.
- Ortega-Caicedo, D., López, A., & Bravo, E. (2023). Sustainable disease management in cacao using biological agents. *Sustainability*, 15(3), 2147.
- Ortega-Caicedo, D., Narváez-García, A., y Paredes-Viteri, M. (2023). Reducción del uso de fungicidas mediante biocontroladores en plantaciones de cacao. *Revista Agrícola del Litoral*, 14(2), 51–60.
- Páez-Martínez, P. P., Bernal-Cabrera, A., Castro-Albán, H. A., Castro-Gómez, R. P., y Vera Loor, M. A. (2024). *Bacillus* endófitos como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri* en cacao. *Bioagro*, 36(2), 325–334.
- Quispe-López, J., Huamán, R., & Salazar, V. (2022). Volatile organic compounds produced by *Bacillus amyloliquefaciens* and their antifungal activity. *Microbiological Research*, 257, 126948.
- Ramírez-Sornoza, D., Pilay-García, M., y Holguín-Ruiz, S. (2023). Control biológico de hongos fitopatógenos mediante consorcios microbianos aplicados en cacao. *Revista Científica Agro*, 31(2), 75–84.
- Ríos-Ramírez, C., Torres, H., & Ponce, A. (2023). Soil microbial dynamics influenced by biological control agents in cacao systems. *Applied Soil Ecology*, 185, 104735.
- Rodríguez-Aristizábal, M. A., Basto-Álvarez, M. A., y Ojeda-Grijalba, Y. K. (2025). Biocontrol de *Moniliophthora roreri* en cultivos de *Theobroma cacao* en Latinoamérica: Revisión 2020–2023.
- Rodríguez-Aristizábal, M., Vélez, J., & Andrade, D. (2025). Pathogenicity and management of cacao moniliasis. *Frontiers in Plant Science*, 16, 128945.
- Salinas, L., Mendoza, P., & Chávez, R. (2022). Biological control as an alternative to chemical fungicides in tropical crops. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(3), 301–315.
- Salinas, P., Jiménez, R., y Tello, F. (2022). Uso de *Pseudomonas fluorescens* en el manejo de enfermedades fúngicas en cultivos tropicales. *Revista Científica Agroambiental*, 10(1), 33–40.
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/agroambiental>

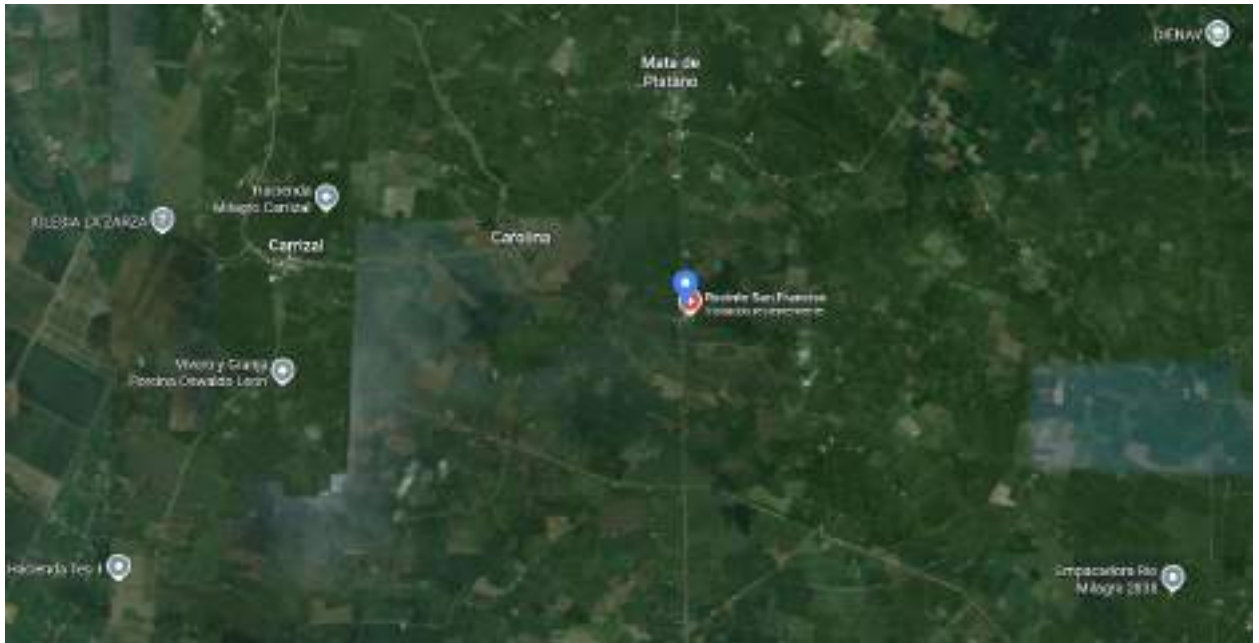
- Solórzano-Morales, A., Sánchez, D., y Paredes, J. (2020). Impacto de la moniliasis en la productividad del cacao en zonas húmedas tropicales. *Revista Científica Agroforesta*, 25(1), 35–42. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/13>
- Tinoco-Ramos, A., López-Coronel, C., y Pacheco-Samaniego, J. (2022). Integración de prácticas de manejo para el control de enfermedades en cacao. *Journal of Tropical Agriculture*, 18(2), 70–81.
- Torres, R., Huamán, J., y Luyo, M. (2021). Sinergia de biocontroladores bacterianos en el manejo de moniliasis del cacao en campo. *Revista Peruana de Fitopatología*, 36(2), 118–125. <https://revistaperuanadefitopatologia.org>
- Tovar-Pedraza, J., Carrillo, D., y Vargas, H. (2021). Control biológico de enfermedades en cacao mediante el uso de *Pseudomonas Fluorescens* y *Bacillus Amyloliquefaciens*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(2), 89–101. https://repository.agrosavia.co/discover/search/csv?query=*yscope=20.500.12324~1yfilters=subject_keyword:Transversal
- Valenzuela-Cobos, J. D., Guevara-Viejó, F., Vicente-Galindo, P., y Galindo-Villardón, P. (2023). Eco-Friendly Biocontrol of Moniliasis in Ecuadorian Cocoa Using Biplot Techniques. *Sustainability*, 15(5), 4223.
- Vallejo, A., López, H., y Martínez, G. (2021). Mecanismos de acción de bacterias benéficas en el control biológico de fitopatógenos. *Revista Latinoamericana Aguirre-Guevara*, M., Paredes-Vera, A., y Molina-Yanza, G. (2021). Evaluación de prácticas sostenibles para el manejo sanitario del cacao en sistemas agroforestales. *Revista Agroecosistemas Tropicales*, 15(2), 89–98.
- Vallejo, S., Rojas, C., & Pineda, M. (2021). Mechanisms of action of biological control agents in plant disease management. *Biological Control*, 158, 104607.

Zambrano-Mendoza, L., Quiroz-Cedeño, R., y Andrade-Pico, E. (2022). Evaluación del uso de inductores de resistencia en el manejo de enfermedades fúngicas del cacao. *Journal Latinoamericano de Agricultura Sostenible*, 9(4), 122–131. *de Microbiología Aplicada*, 5(4), 210–219. <https://revistalamap.org>

8. Anexos

Figura. 6

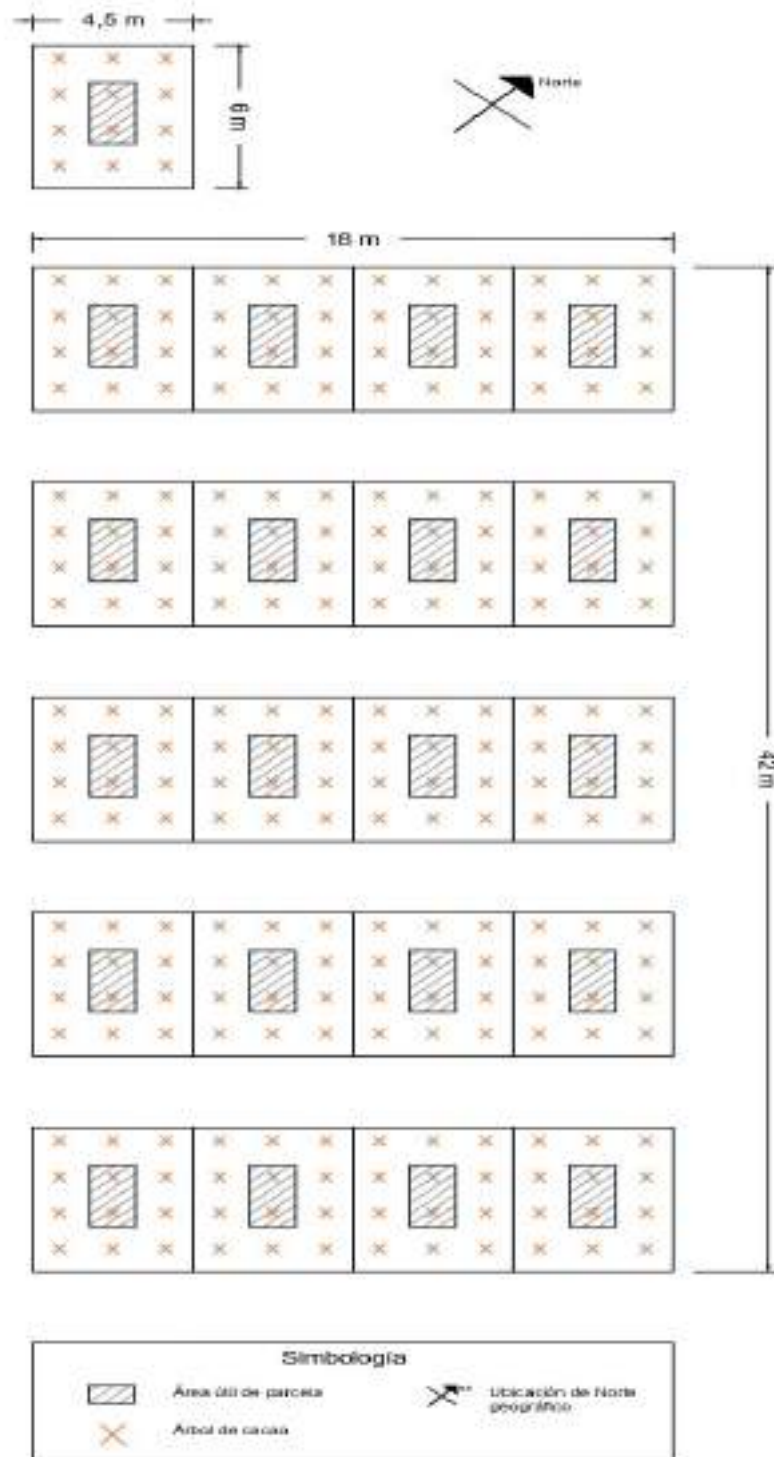
Ubicación satelital del área experimental



Coordenadas: -2.057197021362732, -79.50271546754357
Quizpi, 2026

Figura. 7

Esquema de diseño experimental



Quizpi, 2026

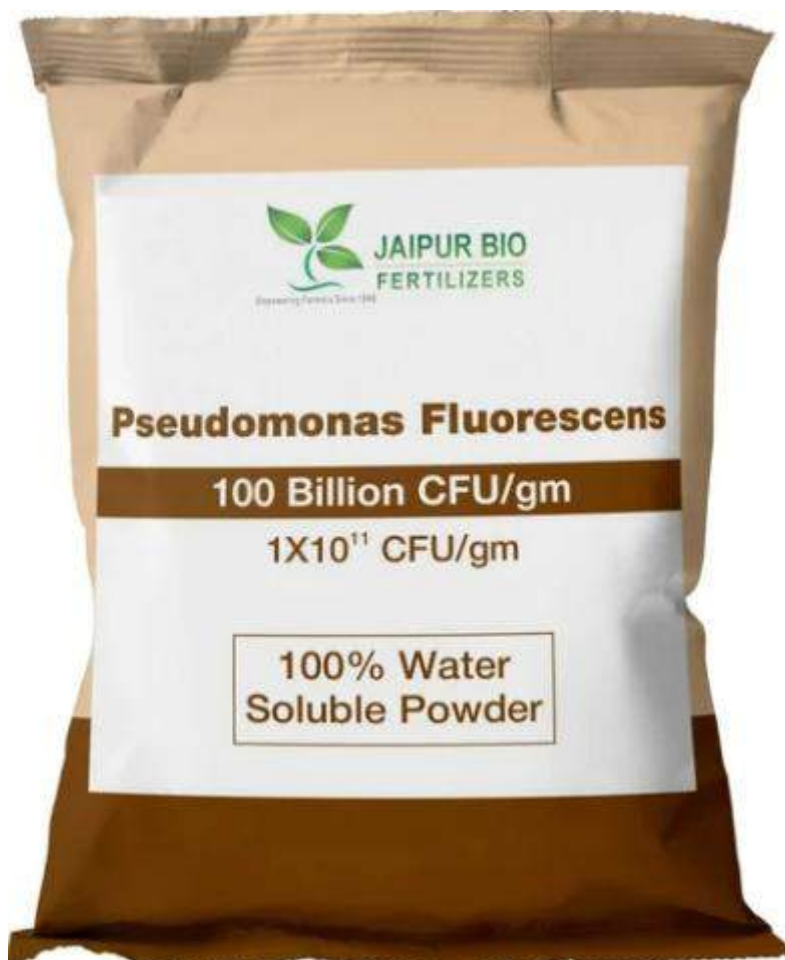
Figura. 8

Anexo 3. Ficha Técnica *Bacillus amyloliquefaciens*

Agroverde, 2025

Figura. 9

Anexo 4. Ficha Técnica *Pseudomonas Fluorescens*



Agroverde, 2025

Tabla 10.*Datos tomados en campo*

Tratamiento	Repetición	Incidencia (%)	Severidad (%)	Rendimiento (kg/ha)
T1	I	47.8	41.5	610
T1	II	49.2	43.1	625
T1	III	50.1	42.7	630
T1	IV	48.5	41.8	615
T1	V	47.4	40.9	620
T2	I	27.5	24.1	900
T2	II	28.9	25	915
T2	III	29.1	24.6	920
T2	IV	28	25.3	905
T2	V	28.5	24.9	910
T3	I	24.1	20.2	970
T3	II	25	20.8	985
T3	III	24.8	21.1	990
T3	IV	24.5	20.4	975
T3	V	25.1	20.5	980
T4	I	18.2	15	1070
T4	II	18.9	15.6	1085
T4	III	19.1	15.8	1090
T4	IV	18.5	15.2	1075
T4	V	18.8	15.4	1080

Quizpi, 2026

Tabla 11.*ANOVA para la incidencia de moniliasis (%)*

Fuente de variación	GL	SC	CM	F calculada	F tabulada (0,05)
Tratamientos	3	2145,80	715,27	18,62	3,49
Repeticiones	4	182,40	45,60	1,19	3,26
Error experimental	12	461,20	38,43	—	—
Total	19	2789,40	—	—	—
Coeficiente de variación (%)				11.28%	

Quizpi, 2026

Tabla 12.*Prueba de Tukey para la incidencia de moniliasis*

Tratamiento	Incidencia (%)	Grupo
T4 – <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	18,70	c
T2 – <i>B. amyloliquefaciens</i>	29,40	b
T3 – <i>P. fluorescens</i>	31,10	b
T1 – Testigo	48,60	a

Quizpi, 2026

Tabla 13.*ANOVA para la severidad de moniliasis (%)*

Fuente de variación	de GL	SC	CM	F calculada	F tabulada (0,05)
Tratamientos	3	1864,50	621,50	21,47	3,49
Repeticiones	4	154,80	38,70	1,34	3,26
Error experimental	12	347,20	28,93	—	—
Total	19	2366,50	—	—	—
Coeficiente de variación (%)			11.42%		

Quizpi, 2026

Tabla 14.*Prueba de Tukey para la severidad de moniliasis (%)*

Tratamiento	Severidad (%)	Grupo
T4 – <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	15,40	c
T2 – <i>B. amyloliquefaciens</i>	24,80	b
T3 – <i>P. fluorescens</i>	26,10	b
T1 – Testigo	42,30	a

Quizpi, 2026

Tabla 15.*ANOVA para el rendimiento de cacao (kg/ha)*

Fuente de variación	de GL	SC	CM	F calculada	F tabulada (0,05)
Tratamientos	3	451200	150400	24,36	3,49
Repeticiones	4	38600	9650	1,56	3,26
Error experimental	12	74100	6175	—	—
Total	19	563900	—	—	—
Coeficiente de variación (%)			7.49%		

Quizpi, 2026

Tabla 16.*Prueba de Tukey para el rendimiento de cacao (kg/ha)*

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Grupo
T4 – <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>P. fluorescens</i>	1080	c
T2 – <i>B. amyloliquefaciens</i>	890	b
T3 – <i>P. fluorescens</i>	860	b
T1 – Testigo	620	a

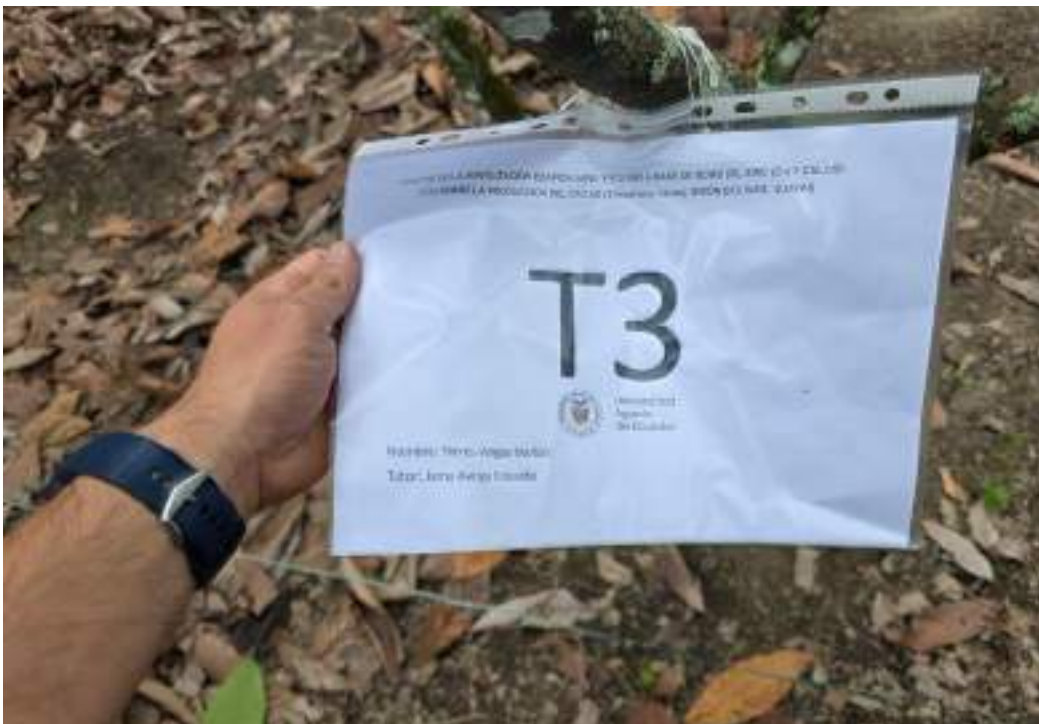
Quizpi, 2026

Figura. 10
Área experimental



Quizpi, 2026

Figura. 11
Identificación de tratamientos



Quizpi, 2026

Figura. 12
Monitoreo de mazorcas



Quizpi, 2026

Figura. 13
Revisión de efectos en la floración



Quizpi, 2026

Figura. 14

Labores culturales de mantenimiento



Quizpi, 2026

Figura. 15

Monitoreo de mazorcas enfermas



Quizpi, 2026

Figura. 16

Monitoreo de mazorcas sanas



Quizpi, 2026

Figura. 17

Conteo de mazorcas enfermas sin desarrollar



Quizpi, 2026

Figura. 18

Peso de mazorcas en bruto/tratamiento 1



Quizpi, 2026

Figura. 19

Peso de mazorcas en bruto/tratamiento 2



Quizpi, 2026

Figura. 20*Visita de docente guía*

Quizpi, 2026

Figura. 21*Monitoreo de área experimental*

Quizpi, 2026

Figura. 22*Monitoreo de moniliasis*

Quizpi, 2026

Figura. 23*Visita de control de docente guía*

Quizpi, 2026

Figura. 24*Pancarta de identificación de área experimental*

Quizpi, 2026

Figura. 25*Escala de mazorcas*

Quizpi, 2026