



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i2.778>

Recibido: 2026-03-29

Aceptado: 2026-04-16

Publicado: 2026-04-23

Eficacia de microorganismos antagónicos en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* L. en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador.

Efficacy of antagonistic microorganisms in the control of *Moniliophthora roreri* in the cultivation of *Theobroma cacao* L. in the Febres Cordero parish, Los Ríos province, Ecuador.

Autores

Telmo Santiago Rodríguez Alvarado¹

Estudiante de la Maestría en Agronomía, Mención en Protección Vegetal

telmosantiagorodriguez72@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-7852-8950>

Universidad Técnica de Babahoyo

Babahoyo – Ecuador

Miguel Ángel Goyes Cabezas²

Profesor Titular - Investigador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Doctor en Ciencias Agrarias

mgoyes@utb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0154-5451>

Universidad Técnica de Babahoyo

Babahoyo – Ecuador

Como citar

Rodríguez Alvarado. T. S. &, Goyes Cabezas M. A. (2026). Eficacia de microorganismos antagónicos en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* L. en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador. 5(2) 495-520



Resumen

El cultivo de cacao es de gran importancia económica en Ecuador; sin embargo, su producción se ve limitada por la moniliasis causada por *Moniliophthora roreri*, enfermedad que puede generar pérdidas significativas. Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de microorganismos antagónicos como alternativa sostenible de control. La investigación se desarrolló en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron cepas comerciales de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas fluorescens* en diferentes dosis, comparados con un testigo sin control. Se analizaron variables como: eficacia, incidencia, severidad, daño en frutos, índice de mazorca, índice de semilla, rendimiento y rentabilidad económica. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. *Bacillus subtilis* a 350 ml/ha presentó el mejor desempeño, con 42.12 % de eficacia, menor incidencia (4.33 %) y severidad (19.67 %) a los 35 días, mayor rendimiento (3140.69 kg/ha) y mayor utilidad económica (\$6675.00). En conclusión, este tratamiento fue el más efectivo y rentable para el manejo de la moniliasis en cacao.

Palabras claves: Cacao, control biológico, eficacia, moniliasis, microorganismos antagonistas



Abstract

Cacao cultivation is of great economic importance in Ecuador; however, its production is limited by moniliasis caused by *Moniliophthora roreri*, a disease that can generate significant losses. Given this problem, the present study aimed to evaluate the efficacy of antagonistic microorganisms as a sustainable control alternative. The research was conducted in the Febres Cordero parish, Los Ríos province, using a randomized complete block design with seven treatments and three replicates. Commercial strains of *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, and *Pseudomonas fluorescens* were evaluated at different doses, compared to a control group. Variables such as efficacy, incidence, severity, fruit damage, pod index, seed index, yield, and economic profitability were analyzed. The results showed statistically significant differences between treatments. *Bacillus subtilis* at 350 ml/ha showed the best performance, with 42.12% efficacy, lower incidence (4.33%) and severity (19.67%) at 35 days, higher yield (3140.69 kg/ha), and greater economic benefit (\$6675.00). In conclusion, this treatment was the most effective and cost-efficient for managing moniliasis in cacao.

Keywords: Cacao, biological control, efficacy, moniliasis, antagonistic microorganisms



Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos agrícolas más importantes de Ecuador debido a su alto valor económico y social, especialmente en provincias como Los Ríos, Guayas, Manabí y Esmeraldas. Ecuador es reconocido mundialmente por la producción de cacao fino de aroma, lo que convierte a este cultivo en un componente clave de la economía agrícola nacional (Beltran et al., 2026).

La productividad del cacao se ve seriamente afectada por diversas enfermedades fitopatológicas, entre las cuales destaca la moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Es considerada una de las principales limitantes de la producción en América Latina (Beltrán et al., 2024); patógeno que infecta principalmente las mazorcas del cacao y provoca pudrición, deformaciones y pérdida de granos. Esta enfermedad puede generar pérdidas superiores al 70 % en plantaciones afectadas, lo que recude significativamente la productividad del cultivo (Sosa et al., 2024).

El manejo de esta enfermedad se ha basado en prácticas culturales y en el uso de fungicidas químicos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos puede generar impactos negativos en el ambiente, afectar la salud de los agricultores y favorecer la aparición de resistencia en los patógenos. Debido a estas limitaciones, en los últimos años se ha incrementado el interés por desarrollar estrategias de manejo más sostenibles, entre las cuales destaca el control biológico mediante microorganismos antagonistas (Varas et al., 2024).

Entre los microorganismos con mayor potencial para el control biológico de patógenos del suelo y de plantas se encuentran especies de los géneros *Trichoderma* y *Bacillus*. Estos microorganismos poseen diversos mecanismos de acción, como la competencia por nutrientes y espacio, la producción de metabolitos antifúngicos, el micoparasitismo y la inducción de resistencia en las plantas, lo que les permite inhibir el desarrollo de diferentes hongos fitopatógenos (Sanmiguel y León, 2024).

Se ha demostrado que especies de *Trichoderma* presentan mecanismos de acción como micoparasitismo, antibiosis y competencia por espacio y nutrientes, los cuales inhiben el crecimiento y desarrollo de *M. roreri* (Vidal, 2023).

En este sentido Mora et al (2024) mencionan que investigaciones experimentales han reportado que aislamientos de *Trichoderma* pueden alcanzar niveles de antagonismo que varían entre aproximadamente 3 % y 69 %, además de evidenciar porcentajes de antibiosis



de hasta 55,5 %, lo que confirma su potencial como agente de biocontrol. Estos mecanismos permiten reducir la germinación de esporas y el crecimiento micelial del patógeno en condiciones controladas y de campo.

En condiciones de campo, la eficacia de *Trichoderma* en el control de la moniliasis ha sido variable pero significativa, donde en Ecuador se reportan reducciones de incidencia cercanas al 38,53 % y de severidad de hasta el 49,73 % cuando se emplean biocontroladores a base de *Trichoderma*, en comparación con testigos sin tratamiento (Sanmiguel y León, 2025). Asimismo, otras investigaciones muestran que mezclas de especies de *Trichoderma* pueden alcanzar eficacias de control superiores al 50 %, disminuyendo notablemente el progreso de la enfermedad en plantaciones de cacao (Peñaherrera et al., 2020).

En un ensayo en finca con diseño en bloques completos al azar (4 tratamientos \times 3 repeticiones), se evaluó *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* aplicados con bomba fumigadora. La dosis de *T. harzianum* (T2) redujo la severidad de la moniliasis, aunque no mostró diferencia significativa en incidencia frente al control. Aun así, se observó una mejora en el peso de las mazorcas y rendimiento propiamente dicho (Varas et al., 2024).

Vásquez et al. (2022) realizaron un ensayo in vitro en el que aislaron varias cepas de *Bacillus subtilis* provenientes de suelos cacaoteros en Ecuador una inhibición del crecimiento micelial de *M. royeri* entre el 60 y 80%. Este estudio evidenció que las cepas con mayor efectividad fueron aquellas que produjeron compuestos volátiles y lipopeptídicos como surfactina y fengicina.

En el estudio realizado por Páez et al. (2024) se evaluó la incidencia y severidad externa en la mazorca durante los 90 días de desarrollo con una frecuencia quincenal. Cuando las mazorcas alcanzaron la madurez de cosecha se abrieron longitudinalmente y se determinó el porcentaje de severidad interna. Todas las cepas mostraron efecto de biocontrol sobre *M. royeri* en condiciones de campo, mostrando mayor eficacia *Bacillus* sp. 33 y *B. amyloliquefaciens* 24, aisladas del mesocarpio del fruto, con valores de incidencia promedio entre 4,4 y 7,6 %, severidad externa entre 3,6 y 6,2 % e interna entre 22-30 %, respectivamente. La aplicación de cepas de *Bacillus* endófitos constituye una alternativa biológica para reducir las afectaciones ocasionadas por la moniliasis en los agroecosistemas cacaoteros.



El efecto antagonista de *Pseudomonas spp.* se atribuye principalmente a la producción de compuestos bioactivos como sideróforos, antibióticos y enzimas líticas, los cuales afectan la germinación de esporas y el crecimiento micelial de los fitopatógenos. Aunque muchos estudios se han centrado en otros cultivos, se ha demostrado que especies de *Pseudomonas* poseen una notable capacidad de biocontrol contra hongos similares, lo que respalda su potencial aplicación en cacao (Bastidas et al., 2025).

La eficacia de *Pseudomonas spp.* en el control de *Moniliophthora roreri* puede variar en base a factores como la cepa bacteriana, las condiciones ambientales, el sistema de producción y la interacción con otros microorganismos del agroecosistema. Por ello, se recomienda su integración con otras estrategias (control cultural, uso de otros agentes biológicos y manejo agronómico), ya que el control de la moniliasis es más efectivo cuando se emplea un enfoque combinado dentro de programas de manejo integrado (Tirado et al., 2016).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia de microorganismos antagonistas en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador, con la finalidad de buscar nuevas alternativas para el manejo sostenible de moniliasis dentro de los procesos productivos de cacao.

Materiales Y Métodos

La presente investigación se realizó en los previos de la María Italia ubicada en el Recinto La Admiración, Parroquia Febres Cordero, Provincia de Los Ríos, con las siguientes coordenadas UTM, latitud: 1°57'51.809, longitud: 79°18'33.923. La plantación de cacao CCN-51 tiene una edad de 6 años en producción.

Se realizó una investigación correlacional, cuantitativa de tipo experimental en la que se conformaron diversos tratamientos para probar la eficacia de diferentes microorganismos antagonistas en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador. Se utilizaron cepas comerciales de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas fluorescens*. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar compuesto por siete tratamientos y 3 repeticiones.

Tabla 1.
Tratamientos estudiados

Código	Tratamientos	Dosis/ha	Concentración de esporas	Época de aplicación DDP
1	<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	1x10 ⁸ UFC/ml	0 – 15 – 30
2	<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	1x10 ⁸ UFC/ml	0 – 15 – 30
3	<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	2x10 ⁸ UFC	0 – 15 – 30
4	<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	2x10 ⁸ UFC	0 – 15 – 30
5	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	2x10 ⁹ UFC	0 – 15 – 30
6	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	2x10 ⁹ UFC	0 – 15 – 30
7	Testigo sin control	-----	-----	-----

ddp: días después de la aplicación

Para el ensayo se realizó la selección de 8 plantas por unidad experimental, de estas se seleccionaron al azar cinco plantas en las cuales se efectuó el conteo de 5 mazorcas (pepinillos 10 cm), la evaluación de control y replicación. La población estuvo definida por 40 mazorcas por unidad experimental de estas 25 aproximadamente fueron evaluadas. La muestra estuvo comprendida en un total de 168 plantas en todo el lote experimental, en la cual se consideró el efecto borde y los espacios inter-parcelas.

Los datos recopilados en cada variable fueron procesados estadísticamente mediante los siguientes parámetros de estadística descriptiva: media, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación. Además, se realizó un análisis de varianza para comparar los tratamientos de acuerdo con las fuentes de variación que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.*Fuentes de variación y grados de libertad*

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloque (r-1)	2
Tratamiento (a-1)	6
Error experimental (r-1)*(a-1)	12
Total (a * b * r)-1	20

Para detectar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las variables analizadas, se aplicó la prueba de Tukey al 5 %. Para todos los análisis se empleó en el software de análisis estadístico *Infostat*.

Datos evaluados

Eficacia (%)

La eficacia de los bioproductos se determinó a partir de la severidad externa del patógeno, en cada una de las unidades experimentales se aplicó la ecuación de Abbott, teniendo para ello las consideraciones respectivas al momento de establecer el grado de afección pertinente.

$$\%Eficacia\ de\ Control = \frac{PI\ testigo - PI\ tratado}{PI\ Testigo} \times 100$$

Donde:

PI TESTIGO = Porcentaje de infección en la parcela testigo después del tratamiento.

PI TRATADO= Porcentaje de infección en la parcela tratada después del tratamiento.

Incidencia de la enfermedad

En base a los criterios técnicos de Fedecacao (2015), se realizó la evaluación de frutos, al inicio y posterior semanal de los tratamientos sobre los árboles identificados, contando todos los frutos que presentes los síntomas o signos de moniliasis o pudrición parda y los frutos sanos maduros. Los frutos que se evaluaron fueron eliminados de los árboles, para evitar que sean nuevamente contados en las evaluaciones siguientes, para el efecto se empleó la siguiente formula:

$$\%Incidencia = \frac{\#\ mazorcas\ enfermas\ por\ unidad}{total\ mazorcas\ observadas\ (sanas\ +\ enfermas)} \times 100$$

Severidad de la enfermedad

La severidad de la enfermedad se determinó mediante una evaluación visual objetiva del área enferma sobre el área total, este se realizó al inicio y posterior semanal, aplicando la siguiente formula (INIAP, 2014):

$$\%Severidad = \frac{\text{superficie (área) de tejido enfermo}}{\text{área total (sana + enferma)}} \times 100$$

Porcentaje de daño mediante escala

Esta variable fue determinada por los valores de daño que existieron en 5 mazorcas de caca unidad experimental, desde un día antes de la aplicación hasta 7 días después de la aplicación y luego de forma semanal. Para el efecto se observó las mazorcas y su daño según la escala planteada en la Tabla 3 y figura 1.

Tabla 3.







Escala de clasificación de síntomas para evaluar la severidad de moniliasis (M. royeri) en los frutos de cacao, tomado de Ayala (2008).

Valor	Interna (% de almendras afectadas)	Externa (Clasificación de síntomas)
0	0	Fruto sano
1	1 – 20	Presencia de Puntos aceitosos (hidrosis)
2	21 – 40	Presencia de tumefacción y/o madurez prematura
3	41 – 60	Presencia de mancha chocolate
4	61 – 80	Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha parda
5	> 81	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha chocolate.

Fuente: Ayala (2008).

Figura 1.

Escala de clasificación de síntomas propuesta por Ayala (2008)

Daño interno (%)	Sintoma	Daño interno (%)	Sintoma
0		41 – 60	
1 - 20		61 - 81	
21 - 40		>80	

Índice de mazorca

Dentro del área útil de cada parcela experimental se contó el número de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de cacao seco.

Índice de semilla

Se refiere al peso promedio de un grano de cacao, expresado en gramos; este índice se utilizó para evaluar la calidad física del cacao y determinar el tamaño de los granos; por ende, se tomó una muestra de 100 gramos secos y se pesó, el resultado es el índice de grano de cada unidad experimental.

Rendimiento por hectárea

Se pesó los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, con un porcentaje de humedad del 13 % y este valor se llevó a kilogramos por hectárea.

Análisis económico

Después de obtener los rendimientos y costos del ensayo, se realizó un análisis económico basado en el costo de los tratamientos.

Resultados

Eficacia (%)

En la tabla 4 se presentan los resultados del porcentaje de eficacia en las evaluaciones realizadas, donde se reportan alta significancia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 11.30 %.

La aplicación de *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha y *Trichoderma harzianum* en dosis de 150 g/ha lograron la mayor eficacia en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao con valores de 42.12 % y 40.13 % respectivamente, mostrando superioridad estadística frente a los demás tratamientos, mientras que el testigo presentó 0 % de eficacia.

Tabla 4.

Porcentaje de eficacia de microorganismos antagónicos en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Eficacia (%)
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	42.12 a
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	18.61 bc
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	40.13 a
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	21.47 bc
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	25.48 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	17.57 c
Testigo sin control	-----	0 d
Promedio		23.62
Significancia estadística		**
C.V. (%)		11.30

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

**Altamente significante

Incidencia (%)

En la tabla 5 se presentan los resultados de la incidencia de daño (%) por *Moniliophthora roreri* L. reportados en las evaluaciones realizadas antes de la aplicación, así como a los 7 – 14 – 21 – 28 y 35 días después de las aplicaciones, donde se reportó significancia estadística para las todas las evaluaciones.



La evaluación a los 0 días antes de la aplicación alcanzó alta significancia estadística las unidades experimentales, sin embargo, el testigo presentó la mayor incidencia de la enfermedad con 27.33 %, el cual fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha evidenció el menor promedio de incidencia con 16 % (CV 6.92 %).

La evaluación a los 7 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre los tratamientos, sin embargo, el testigo presentó la mayor incidencia de la enfermedad con 38.33 %, valor que fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 1 L/ha, *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 2 L/ha y *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha evidenciaron el menor promedio de incidencia con 25.33 % (CV 7.07 %).

La evaluación a los 14 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística las unidades experimentales, sin embargo, el testigo presentó la mayor incidencia de la enfermedad con 62 %, el cual fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha evidenció el menor promedio de incidencia con 29.67 % (CV 7.07 %).

La evaluación a los 21 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística las unidades experimentales, sin embargo, el testigo presentó la mayor incidencia de la enfermedad con 81.67 %, el cual fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha evidenció el menor promedio de incidencia con 18.33 % (CV 6.74 %).

La evaluación a los 28 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre los tratamientos, sin embargo, el testigo presentó la mayor incidencia de la enfermedad con 91.67 %, mostrando superioridad estadística a los demás tratamientos, mientras que el tratamiento *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha evidenció el menor promedio de incidencia con 10.33 % (CV 6.34 %).

La evaluación a los 35 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística las unidades experimentales, sin embargo, el testigo presentó la mayor incidencia de la enfermedad con 98.33 %, valor que fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha evidenció el menor promedio de incidencia con 4.33 % (CV 5.45 %).

**Tabla 5.**

Incidencia de enfermedad (%) en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonicos en el control de Moniliophthora roreri en el cultivo de Theobroma cacao en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Incidencia (%)					
		0 daa	7 dda	14 dda	21 dda	28 dda	35 dda
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	16 c	25.33 b	29.67 c	18.33 d	10.33 d	4.33 d
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	17.67 bc	28 b	40.67 b	50.67 b	60.67 bc	63.67 b
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	18 bc	25.67 b	41.33 b	39.33 c	53 c	15 c
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	21 b	28 b	40.67 b	47 bc	59.33 bc	66.33 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	18 bc	25.33 b	39.33 b	50.67 b	63 bc	67.67 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	21.33 b	25.33 b	41.67 b	53.33 b	64.33 b	67.67 b
Testigo sin control	-----	27.33 a	38.33 a	62 a	81.67 a	91.67 a	98.33 a
Promedio		19.90	28	42.19	48.71	57.47	54.71
Significancia estadística		**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		6.92	7.07	7.07	6.74	6.34	5.45

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

***Altamente significativa*

daa: días antes de la aplicación

dda: días después de la aplicación

Severidad (%)

En la tabla 6 se presentan los resultados de la severidad de daño (%) reportados en las evaluaciones realizadas antes de la aplicación, así como a los 7 – 14 – 21 – 28 y 35 días después de las aplicaciones, donde se reportó significancia estadística para las todas las evaluaciones.

La evaluación a los 0 días antes de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales, sin embargo, el testigo presentó la mayor severidad de daño con 18.67 %, mostrando superioridad estadística frente a los demás tratamientos, mientras que *Trichoderma harzianum* en dosis de 150 g/ha evidenció el menor promedio de severidad de daño con 11.33 % (CV 9.47 %).



La evaluación a los 7 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística las unidades experimentales, sin embargo, el testigo presentó la mayor severidad de daño con 21.33 %, resultando estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que el tratamiento *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 2 L/ha evidenció el menor promedio de severidad de daño con 14 % (CV 8.50 %).

La evaluación a los 14 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre los tratamientos, sin embargo, el testigo presentó la mayor severidad de daño con 23.67 %, valor que fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 2 L/ha, *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha y *Trichoderma harzianum* en dosis de 150 g/ha presentaron el menor promedio de severidad de daño con 18 % (CV 7.06 %).

La evaluación a los 21 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo, el testigo presentó la mayor severidad de daño con 25.33 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que *Trichoderma harzianum* en dosis de 200 g/ha evidenció el menor promedio de severidad de daño con 20.33 % (CV 5.85 %).

La evaluación a los 28 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo, el testigo presentó la mayor severidad de daño con 29 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que *Trichoderma harzianum* en dosis de 200 g/ha evidenció el menor promedio de severidad de daño con 22 % (CV 4.53 %).

La evaluación a los 35 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo, el testigo presentó la mayor severidad de daño con 34 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha (19.67 %) y *Trichoderma harzianum* en dosis de 200 g/ha (20.33 %) presentaron los menores promedios de severidad de daño (CV 3.68 %).

Tabla 6.

Severidad de enfermedad (%) en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonistas en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Severidad (%)					
		0 daa	7 dda	14 dda	21 dda	28 dda	35 dda
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	13.33 b	15 b	18 b	21.67 b	23.67 bc	19.67 c
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	12 b	15.33 b	19 b	22 ab	25.33 b	27.67 b
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	11.33 b	14.67 b	18 b	20.67 b	23 bc	20.33 c
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	12 b	14.33 b	18.33 b	20.33 b	22 c	26.67 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	14.67 b	17.33 b	19 b	21.67 b	23 bc	25.33 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	12.33 b	14 b	18 b	21 b	23.67 bc	28 b
Testigo sin control	-----	18.67 a	21.33 a	23.67 a	25.33 a	29 a	34 a
Promedio		13.47	16	19.14	21.81	24.23	25.95
Significancia estadística		**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		9.47	8.50	7.06	5.85	4.53	3.68

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

**Altamente significativa

daa: días antes de la aplicación

dda: días después de la aplicación

Daños con escala gráfica

En la tabla 7 se presentan los resultados del daño por escala gráfica reportados en las evaluaciones realizadas antes de la aplicación, así como a los 7 – 14 – 21 – 28 y 35 días después de las aplicaciones, donde no se reportó significancia estadística para las tres primeras evaluaciones, mientras que para las tres últimas evaluaciones si se reportó significancia estadística.

En la evaluación a los 0 días antes de la aplicación no se presentó diferencias entre los tratamientos, con un promedio de 1 en la escala de medición (CV 37.80 %).

Con la evaluación a los 7 días después de la aplicación realizada no se alcanzó significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo, numéricamente el



tratamiento con menor daño fue *Trichoderma harzianum* en dosis de 150 g/ha (1), mientras que el testigo tuvo el mayor daño (2) (CV 29.57 %).

Con la evaluación a los 14 días después de la aplicación realizada no se alcanzó significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo, numéricamente los tratamientos con menor daño fueron *Trichoderma harzianum* en dosis de 150 g/ha (1) y *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 1 L/ha (1), mientras que el testigo presentó el mayor daño (2) (CV 32.73 %).

La evaluación a los 21 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo el testigo presentó el mayor daño con 2.33, el cual fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha (1), *Bacillus subtilis* en dosis de 450 ml/ha (1), *Trichoderma harzianum* en dosis de 200 g/ha (1) y *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 1 L/ha (1) evidenciaron los menores promedios de daño con escala (CV 24 %).

La evaluación a los 28 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo el testigo presentó el mayor daño con 2.33, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha (1), *Bacillus subtilis* en dosis de 450 ml/ha (1), *Trichoderma harzianum* en dosis de 200 g/ha (1) y *Pseudomonas fluorescens* en dosis de 1 L/ha (1) evidenciaron los menores promedios de daño con escala (CV 24 %).

La evaluación a los 35 días después de la aplicación alcanzó alta significancia estadística entre las unidades experimentales evaluadas, sin embargo, el testigo presentó el mayor daño con 2.33, resultando ser estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha y *Trichoderma harzianum* en dosis de 150 g/ha mostraron el menor promedio de daño con escala (0) (CV 38.03 %).

**Tabla 7.**

Daño con escala grafica en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonicos en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Daño con escala grafica					
		0 daa	7 dda	14 dda	21 dda	28 dda	35 dda
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	1	1.33	1.33	1 b	1 b	0 c
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	0.67	1.33	1.33	1 b	1 b	1 bc
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	1	1	1	1.33 b	1.33 b	0.33 c
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	0.67	1.33	1.33	1 b	1 b	1 bc
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	1	1.33	1.33	1 b	1 b	1 bc
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	1	1	1	1.33 b	1.33 b	1.67 ab
Testigo sin control	-----	1.67	2	2	2.33 a	2.33 a	2.33 a
Promedio		1	1.33	1.33	1.28	1.28	1.04
Significancia estadística		NS	NS	NS	**	**	**
C.V. (%)		37.80	29.57	32.73	24	24	38.03

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

**Altamente significativa

NS: no significativa

daa: días antes de la aplicación

dda: días después de la aplicación

Índice de mazorca (mazorcas/kg)

En la tabla 8 se presentan los resultados del índice de mazorca encontrados en las evaluaciones realizadas, donde se reportan alta significancia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 5.34 %.

La aplicación de *Bacillus subtilis* (350 ml/ha) presentó el mayor índice con 21 (mazorcas/kg), el cual fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que el menor registro de mazorcas se dio en el testigo con un índice de 15.55 (mazorcas/kg).

Tabla 8.

Índice de mazorca (mazorcas/kg) en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonistas en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Índice de mazorca (mazorcas/kg)
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	21 a
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	19.5 ab
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	18.64 abc
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	16.42 cd
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	16.57 cd
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	17.15 bcd
Testigo sin control	-----	15.55 d
Promedio		17.82
Significancia estadística		**
C.V. (%)		5.34

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

**Altamente significativa

Índice de semilla

En la tabla 9 se presentan los resultados del índice de semilla encontrados en las evaluaciones realizadas, donde se reportan alta significancia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3.54 %. La aplicación de *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha logró el mayor índice con 1.95, valor que fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que el testigo presentó el menor índice con 1.59.

Tabla 9.

Índice de semilla en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonicos en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Índice de semilla
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	1.95 a
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	1.86 ab
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	1.75 bc
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	1.75 bc
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	1.76 bc
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	1.78 ab
Testigo sin control	-----	1.59 c
Promedio		1.77
Significancia estadística		**
C.V. (%)		3.54

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

**Altamente significante

Rendimiento (kg/ha)

En la tabla 10 se presentan los resultados del rendimiento de granos de cacao encontrados en las evaluaciones realizadas, donde se reportan alta significancia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 10.63 %.

La aplicación de *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha logró el mayor rendimiento de granos con 3140.69 kg/ha, valor que estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que el testigo presentó el menor rendimiento de granos con 934.89 kg/ha.

Tabla 10.

Rendimiento (kg/ha) en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonicos en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Rendimiento (kg/ha)
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	3140.69 a
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	2239.82 b
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	1819.11 bc
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	1486.74 cd
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	1558.12 c
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	1719.59 bc
Testigo sin control	-----	934.89 d
Promedio		1842.70
Significancia estadística		**
C.V. (%)		10.63

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0.05$

**Altamente significativa

Análisis económico

En la tabla 11 se muestran los costos de aplicación calculados para el análisis de ingresos de los tratamientos evaluados. El mayor ingreso económico se obtuvo con *Bacillus subtilis* en dosis de 350 ml/ha con \$ 6675.00, mientras el menor ingreso se dio en el testigo sin control \$1799.60.

Tabla 10.

Costos de tratamientos en la evaluación de la eficacia de microorganismos antagonistas en el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de *Theobroma cacao* en la parroquia Febres Cordero, provincia de Los Ríos, Ecuador

Tratamientos	Dosis/ha	Rendimiento kg/ha	Ingresos	Egreso (Costo de tratamiento)	Costo de aplicación	Utilidad
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	3140.69	7255.00	220	360	6675.00
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	2239.82	5173.98	264	360	4549.98



<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	1819.11	4202.14	540	360	3302.14
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	1486.75	3434.38	960	360	2114.38
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	1558.12	3599.25	480	360	2759.25
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	1719.59	3972.24	960	360	2652.24
Testigo sin control	-----	934.89	2159.60	0	360	1799.60

Tratamientos	Dosis l/ha	Número de aplicaciones por año	Total/ha/año	Costo unitario	Costo año
<i>Bacillus subtilis</i>	350 ml	24	10 L	22	220
<i>Bacillus subtilis</i>	450 ml	24	12 L	22	264
<i>Trichoderma harzianum</i>	150 gr	24	3600 g	20	540
<i>Trichoderma harzianum</i>	200 gr	24	4800 g	20	960
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.0 L	24	24 L	20	480
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2.0 L	24	48 L	20	960
Testigo sin control	-----	0	0	0	0

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la aplicación de microorganismos antagónicos constituye una alternativa efectiva para el manejo de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao, debido a que los tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables evaluadas.

En base a la eficacia de control, los mejores resultados se registraron con *Bacillus subtilis* a 350 ml/ha (42.12 %) y *Trichoderma harzianum* a 150 g/ha (40.13 %), lo que confirma la capacidad de estos microorganismos para limitar el desarrollo del patógeno. Desde el punto de vista teórico, este comportamiento puede explicarse por los mecanismos de antagonismo



descritos para ambos géneros. En el caso de *Bacillus subtilis*, su acción se relaciona con la producción de metabolitos antifúngicos, especialmente lipopeptidos como surfactina y fengicina, así como compuestos volátiles que interfieren en la germinación de esporas y en el crecimiento micelial de *M. roleri*. Por su parte, *Trichoderma harzianum* actúa mediante micoparasitismo, antibiosis y competencia por espacio y nutrientes, mecanismos que le permiten colonizar con rapidez el nicho ecológico e inhibir al fitopatógeno. En este sentido, los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Mora et al. (2024), Vidal (2023) y Sanmiguel y León (2024), quienes destacan el potencial de estos microorganismos como agentes de biocontrol en cacao.

En cuanto a la incidencia de la enfermedad, el tratamiento con *Bacillus subtilis* a dosis de 350 ml/ha mostró el mejor comportamiento con los valores más bajos a lo largo de todas las evaluaciones, con una reducción progresiva hasta 4.33 % a los 35 días después de la aplicación. Este resultado confirma el alto potencial de este microorganismo como agente de biocontrol, lo cual coincide con lo reportado por Vásquez et al. (2022), quienes evidenciaron inhibiciones del crecimiento micelial de *M. roleri* entre el 60 y 80 % bajo condiciones in vitro. La eficacia observada puede atribuirse a la producción de metabolitos antifúngicos como lipopeptidos (surfactina y fengicina), que limitan el desarrollo del patógeno.

En relación con la severidad de la enfermedad, todos los tratamientos biológicos lograron reducir significativamente el daño en comparación con el testigo, destacándose nuevamente *Bacillus subtilis* (350 ml/ha) y *Trichoderma harzianum* (200 g/ha), los cuales presentaron los menores valores al final del ensayo. Estos resultados son consistentes con lo señalado por Varas et al. (2024), quienes reportan que tanto *Trichoderma* como *Bacillus* pueden disminuir la severidad de la moniliasis debido a mecanismos como el micoparasitismo, la antibiosis y la competencia por nutrientes.

El comportamiento de *Trichoderma harzianum* en ambas dosis evaluadas mostró una reducción importante en la severidad y el daño, aunque con menor efecto sobre la incidencia en comparación con *Bacillus subtilis*. Esto sugiere que su principal mecanismo de acción podría estar más relacionado con la limitación del desarrollo del patógeno que con la prevención de la infección inicial, lo cual coincide con Vidal (2023), quien describe su acción mediante micoparasitismo y competencia directa sobre el hongo.



Los tratamientos con *Pseudomonas fluorescens* mostraron un comportamiento intermedio, reduciendo tanto la incidencia como la severidad, aunque sin superar a *Bacillus subtilis*. Esto podría explicarse por la variabilidad en la eficacia de las cepas bacterianas y su dependencia de factores ambientales, tal como lo mencionan Bastidas et al. (2025) y Tirado et al. (2016), quienes destacan que su efectividad puede fluctuar según las condiciones del agroecosistema.

En referencia a las variables productivas, el tratamiento *Bacillus subtilis* (350 ml/ha) presentó los mejores resultados en índice de mazorca, índice de semilla y rendimiento, alcanzando 3140.69 kg/ha, valor significativamente superior al testigo con 934.89 kg/ha. Esto evidencia que el control efectivo de la enfermedad se traduce directamente en mejoras en la productividad del cultivo, lo cual coincide con estudios previos que indican que la reducción de la moniliasis permite un mayor aprovechamiento de los frutos y mejora la calidad del grano.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento *Bacillus subtilis* (350 ml/ha) generó la mayor utilidad con \$6675.00, no solo siendo eficaz desde el punto de vista fitosanitario, sino también rentable para el productor. Esto refuerza la importancia de implementar estrategias de manejo integrado que incluyan el control biológico como alternativa sostenible frente al uso de agroquímicos.

CONCLUSIONES

La aplicación de microorganismos antagónicos demostró ser una estrategia eficaz para el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao, debido a que reduce de manera significativa la incidencia y severidad de la enfermedad moniliasis en comparación con el testigo sin control.

El tratamiento con *Bacillus subtilis* a dosis de 350 ml/ha presentó el mejor desempeño entre los tratamientos evaluados con los menores valores de incidencia (4.33 %) y severidad (19.67 %) a los 35 días después de la aplicación, lo que confirma su alto potencial como agente de biocontrol.

Los tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas fluorescens* también mostraron efectos positivos en la reducción de la enfermedad, aunque con menor eficacia en comparación con *Bacillus subtilis*, lo que evidencia la variabilidad en el desempeño de los diferentes microorganismos antagonistas.



El tratamiento con *Bacillus subtilis* (350 ml/ha) permitió obtener los mayores valores en índice de mazorca, índice de semilla y rendimiento (3140.69 kg/ha), superando ampliamente al testigo sin control.

El análisis económico evidenció que el mismo tratamiento generó la mayor rentabilidad con una utilidad de \$6675.00, por lo que su aplicación representa una opción viable y sostenible para el control de moniliasis en cacao.

Se sugiere evaluar *Bacillus subtilis* a dosis de 350 ml/ha en otras variedades de cacao para establecer programas de manejo integrado, especialmente en períodos de alta humedad o pluviosidad, para determinar su consistencia y persistencia en diferentes condiciones agroecológicas.

Referencias Bibliográficas

- Ayala, M. (2008). *Manejo integrado de moniliasis (Moniliophthora roreri) en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L) mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales* (Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, CICYT –ESPOL, Guayaquil, Ecuador) <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/31859/1/D-65609.pdf>
- Bastidas-Ruiz, V. E., Paredes-Toala, L. A., Jácome-López, G. A. (2025). Control biológico de moniliosis (*Moniliophthora roreri*) en cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) mediante microorganismos autóctonos. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 5(1), e794. <https://doi.org/10.51252/raa.v5i1.794>
- Beltran-Carguacundo, K., Rodríguez-Maldonado, E., Santamaría-Poveda, K., Román-Ramos, A. (2026). *Trichoderma spp.* como estrategia de biocontrol para reducir la incidencia de moniliasis en plantaciones de cacao. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 6(1), e1287. <https://doi.org/10.51252/raa.v6i1.1287>
- INIAP. (2014). *Manejo de la moniliasis del cacao (Moniliophthora roreri)*. INIAP.
- Mora, F. C., Flores, P. M., Villalva, J. G., Almeida, I. P. (2024). Eficiencia de agentes antagonicos para el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao. *Magazine De Las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 9(2), 16-29. <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i2.3100>
- Páez Martínez, P. P., Bernal Cabrera, A., Castro Albán, H. A., Castro - Gómez, R. del P., Vera-Loor, M. A. (2024). Endophytic bacillus as biological control agent against *Moniliophthora roreri* under field conditions. *Bioagro*, 36(3), 325-334. <https://doi.org/10.51372/bioagro363.7>



- Peñaherrera Villafuerte, S., Cedeño García, G., Solórzano Alcívar, F., Cedeño-García, G., Terrero Yépez, P. (2020). Eficacia de mezclas de *Trichoderma* spp. y aceite de palma en el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en cacao. *Centro Agrícola*, 47(2), 5-15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852020000200005&script=sci_arttext&tlng=en
- Sanmiguel Chimbo, J. D., León Tapia, D. M. (2024). Control de *Moniliophthora roreri* en cacao mediante *Trichoderma asperellum* y biofungicidas. *Ciencia y Tecnología*, 18(2). <https://doi.org/10.18779/cyt.v18i2.1016>
- Sosa Bueno, G. C., Gómez Segarra, R. A., Parra Menoscal, J. D., Rodríguez Suárez, G. G. (2024). Control de la moniliasis en la producción de cacao con *Trichoderma* spp. *Revista Veritas de Difusión Científica*, 6(2). <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.697>
- Tirado-Gallego, P. A., Lopera-Álvarez, A., Ríos-Osorio, L. A. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417-430. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:517
- Varas Carvajal, I. A., Macías Holguín, C. J., Mendoza Thompson, J. U., Cárdenas Briones, D. K., Bravo Díaz, L. F. (2024). Biocontrol de *Moniliophthora roreri* con *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en cacao CCN-51. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E4), 77–92. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/462>
- Vásquez, M., Jiménez, R., Carrillo, D. (2022). Aislamiento y caracterización de *Bacillus subtilis* para el control biológico de *Moniliophthora roreri* en cacao. *Revista Científica Agroforestal*, 9(3), 41–48. <https://doi.org/10.17162/rcaf.v9i3.203>
- Vidal Varela, B. V. (2023). *Efecto de la aplicación de Trichodermas sp. para el control de Moniliasis (Moniliophthora roreri L.) en el cultivo de cacao CCN51*. Manta: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Retrieved from <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4664>

Agradecimiento: N/A

Nota: El artículo no es producto de una publicación anterior.