

Control de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en cacao mediante *Trichoderma asperellum*, aceite de girasol ozonizado y aceite de sachá inchi

Control of *Moniliophthora roreri* Cif & Par in cocoa using *Trichoderma asperellum*, ozonated sunflower oil and sachá inchi oil

Josue David Sanmiguel Chimbo¹, Diego Manuel León Tapia¹

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ibarra, Ecuador

Autor de correspondencia: jdsanmiguel@pucesi.edu.ec

Recibido: 17/01/2025. Aceptado: 22/05/2025.
Publicado el 02 de julio de 2025.

Resumen

En Ecuador, las plantaciones cacaoteras de las comunas y comunidades *Kichwas*, se evidencia alta incidencia y severidad de moniliasis con pérdidas de producción que oscilan entre el 40 y 80 % de la cosecha anual de cacao. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de fungicidas biológicos en *Moniliophthora roreri* Cif & Par en el cultivo *Theobroma cacao* L. Se evaluaron cuatro productos: *Trichoderma asperellum* (T1: 2×10^6 UFC y T5: 2×10^7 UFC), aceite de girasol ozonizado (T2: $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ y T6: 5 mL L^{-1}), aceite de sachá inchi (T3: $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ y T7: 5 mL L^{-1}) y sulfato de cobre pentahidratado 270 g L^{-1} (T4: $1,5 \text{ mL L}^{-1}$ y T8: $2,5 \text{ mL L}^{-1}$), además del testigo absoluto (T9). El ensayo al inicio presentó en promedio 39,71 % de daño por moniliasis. Las aplicaciones se realizaron cada 15 y 21 días, con monitoreos cada 15 días durante 9 semanas. Los resultados demostraron que los tratamientos tuvieron efecto en el nivel de control frente a moniliasis en plantas de cacao CCN51 con reducción en promedio de incidencia del 38,53 % y severidad del 49,73 % en comparación al del testigo absoluto. Además, se obtuvieron valores superiores al 48 % de eficacia en el control del fitopatógeno para los tratamientos T8 (51,69 %), T6 (49,36 %) y T2 (48,19 %). Se recomienda la aplicación aceite de girasol ozonizado a dosis de $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ cada 15 días y 5 mL L^{-1} cada 21 días.

Palabras clave: Moniliasis, control biológico, incidencia, severidad, eficacia.

Abstract

In Ecuador, cocoa plantations in *Kichwa* communities and communes have a high incidence and severity of moniliasis, with production losses ranging from 40 % to 80 % of the annual cocoa harvest. The objective of the research was to evaluate the effect of the application of biological fungicides on *Moniliophthora roreri* Cif & Par in the crop *Theobroma cacao* L. Four products were evaluated: *Trichoderma asperellum* (T1: 2×10^6 CFU and T5: 2×10^7 CFU), ozonated sunflower oil (T2: $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ and T6: 5 mL L^{-1}), sachá inchi oil (T3: $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ and T7: 5 mL L^{-1}) and copper sulfate pentahydrate 270 g L^{-1} (T4: $1,5 \text{ mL L}^{-1}$ and T8: $2,5 \text{ mL L}^{-1}$), in addition to the absolute control (T9). The trial showed an average of 39,71 % damage by moniliasis. Applications were made every 15 and 22 days, with monitored every 15 days for 9 weeks. The results showed that the treatments had an effect on the level of control of moniliasis in CCN51 cocoa plants, with an average incidence reduction of 38,53 % and severity of 49,73 % compared to that of the absolute control. In addition, values higher than 48 % of efficacy in the control of the phytopathogen were obtained for treatments T8 (51,69 %), T6 (49,36 %), and T2 (48,19 %). Applying ozonated sunflower oil in doses of $2,5 \text{ mL L}^{-1}$ every 15 days and 5 mL L^{-1} every 21 days is recommended.

Keywords: Moniliasis, biological control, incidence, severity, efficacy.

Introducción

Ecuador destaca como el principal productor mundial de cacao fino de aroma, con una contribución del 63 % a la producción mundial. En la actualidad, Ecuador produce cacao en diversas provincias, entre ellas Sucumbíos, Orellana, Napo, Zamora Chinchipe, Manabí, El Oro, Esmeraldas, Guayas y Los Ríos, desempeñando un papel significativo en la economía nacional con una producción de 375,72 t de almendra seca (González *et al.*, 2018; Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024).

Durante los últimos años la producción del cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.) se ha visto afectada debido a la prevalencia y severidad de moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) con pérdidas estimadas del 80 % en la cosecha anual, de cada tres mazorcas de cacao afectadas dos son dañadas por la moniliasis (Correa *et al.*, 2014; Abad-Sánchez *et al.*, 2018).

La productividad del cultivo de cacao en Ecuador se ve afectada por el manejo inapropiado de prácticas agrícolas, las condiciones climáticas y meteorológicas, moléculas químicas ineficientes y clones susceptibles. Estos factores demuestran la influencia que tienen en la propagación y severidad del fitopatógeno, dependiente tanto de la zona como de la época del año, esta situación facilita la reproducción y dispersión de la *Moniliophthora roreri* Cif & Par, en las plantaciones cacaoteras (Pilaloa *et al.*, 2021).

En la región amazónica de Ecuador, las condiciones ambientales se caracterizan por una alta humedad relativa, que supera el 80 %. Las temperaturas oscilan entre los 25 °C y 28 °C. Estas condiciones son propicias para la propagación de moniliasis, la cual afecta desde la etapa de floración hasta el completo desarrollo del fruto. Se estima que se pierde más del 40 % de la producción de cacao en esta región, lo que equivale a 8,0 toneladas de cacao. Estas pérdidas representan alrededor de 20 millones de dólares al año (Carrera-Sánchez *et al.*, 2016; Pico *et al.*, 2019a).

En los últimos años, se han empleado métodos de control químico y biológico para controlar la moniliasis en el cultivo de cacao; sin embargo, las estrategias de control químico han generado un aumento en los costos de producción y, por ende, afectan la economía de los pequeños y medianos productores. El control biológico representa una alternativa efectiva para el manejo de moniliasis en los cultivos de cacao (Anzules-Toala *et al.*, 2021).

En la provincia de Orellana en el cantón Loreto se evidencia alta incidencia y severidad de moniliasis en mazorcas de cacao en plantaciones de las comunas y comunidades *Kichwas*, esta situación ha llevado a una disminución en los rendimientos del cultivo y al incremento en el uso de agroquímicos con diversos ingredientes activos como: Tebuconazol, Azoxystrobin y Boscali, entre otros. Con el fin de promover prácticas sostenibles, mejorar la

productividad y reducir el impacto ambiental y económico de esta enfermedad, el objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de *Trichoderma asperellum*, aceite de girasol ozonizado y aceite de sachá inchi en el nivel de control de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en el cultivo de *Theobroma cacao* L.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se desarrolló en una plantación de cacao del clon CCN51 de 12 años de edad durante el período agosto a diciembre del 2023, en la comunidad Bajo Huino, parroquia Puerto Murialdo, cantón Loreto, provincia Orellana, Ecuador. La finca cacaotera se encuentra en las coordenadas geográficas 0°37'44,56" Latitud Sur y 77°9'28,60" Longitud Oeste, a una altitud de 307 m s. n. m. De acuerdo con las zonas de vida natural de Holdridge (1978) y el mapa ecológico del Ecuador, es una zona de bosque húmedo tropical (b.h.T.), con precipitación anual de 2.542 mm, temperatura media de 24,2 °C y humedad relativa de 87,81 % (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2023).

Tratamientos, diseño y unidad experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA): modelo lineal con 9 tratamientos (Tabla 1) y 3 repeticiones. Las unidades experimentales fueron 27 parcelas, de 144 m² acorde a lo sugerido por Pilaloa *et al.* (2021) cada una con 9 plantas de cacao del clon CCN51. Previo al establecimiento del ensayo se realizó control mecánico de malezas (Motoguadña Sthil FS 150), podas fitosanitarias, de mantenimiento y producción. De acuerdo a Pico *et al.* (2019b), 15 días después de las podas se aplicó fertilización edáfica a dosis de 150 g planta⁻¹ de MixPac Cacao Producción (17 % N - 3,4 % P₂O₅ - 27 % K₂O - 3 % MgO - 2 % S - 1 % Ca - 1 % Si).

Se realizaron 4 aplicaciones de fungicidas biológicos y químico (Tabla 1) a intervalos de 15 y 21 días, de acuerdo a Mbarga *et al.* (2014), Peñaherrera *et al.* (2020) y Avilés *et al.* (2023) bajo condiciones de un sistema agroforestal de clima tropical. Se mantuvo un flujo constante de aspersión de 1,1 L min⁻¹ (Bomba *Shindaiwa ES726*) mojando el tronco, hojas, frutos y ramas desde el suelo hasta 3 metros, a partir de las 15:00 horas durante la temporada de floración y fructificación (Peñaherrera *et al.*, 2020; Soto *et al.*, 2022).

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el nivel de control de moniliasis en mazorcass de cacao

Tratamientos	Productos	Dosis	Método de control	Sugerido por:
T1	<i>Trichoderma asperellum</i>	2x10 ⁶ UFC		(Hanada <i>et al.</i> , 2009)
T2	Aceite de girasol ozonizado	2,5 mL L ⁻¹	Biológico	(Yáñez <i>et al.</i> , 2023)
T3	Aceite de sachá inchi	2,5 mL L ⁻¹		(Bustamante-Morales <i>et al.</i> , 2023)
T4	Sulfato de cobre pentahidratado	1,5 mL L ⁻¹ (270 g L ⁻¹ IA)	Químico	(El Salous <i>et al.</i> , 2020)
T5	<i>Trichoderma asperellum</i>	2x10 ⁷ UFC		(Hanada <i>et al.</i> , 2009)
T6	Aceite de girasol ozonizado	5 mL L ⁻¹	Biológico	(Yáñez <i>et al.</i> , 2023)
T7	Aceite de sachá inchi	5 mL L ⁻¹		(Bustamante-Morales <i>et al.</i> , 2023)
T8	Sulfato de cobre pentahidratado	2,5 mL L ⁻¹ (270 g L ⁻¹ IA)	Químico	(El Salous <i>et al.</i> , 2020)
T9	Testigo absoluto	-	-	-

Incidencia

Se calculó dividiendo el número de mazorcass infectados entre el número total de mazorcass de cada árbol evaluado y multiplicando el resultado por 100, de acuerdo a la Ecuación 1 propuesta por (Anzules *et al.*, 2019):

$$NI = [MD/MT] * 100 \quad (1)$$

Donde:

NI = Porcentaje de incidencia

MD = Número de mazorcass dañadas

MT = Número de mazorcass totales

Severidad

Se evaluó mediante la estimación visual de la extensión del daño causado por la enfermedad en las mazorcass de cacao. Se asignaron categorías de severidad a cada mazorca por árbol evaluado según la escala de clasificación de síntomas adaptado por Ruiz *et al.* (2020) y Torres-Rodríguez *et al.* (2024) (Tabla 1), y fue calculada con la ecuación 2 propuesta por Townsend y Heuberger (1943):

$$SE = [(1(n) + 2(n) + 3(n) + 4(n) + 5(n)) / (V * N)] * 100 \quad (2)$$

Donde:

SE = Porcentaje de severidad

n = Número de mazorcass que se clasifican en el rango de escala propuesta.

v = Valor de la escala propuesta para evaluar el daño del patógeno (1, 2, 3, 4, 5).

N = Número total de mazorcass evaluados.

V = Valor de la categoría más alta.

Tabla 2. Escala de clasificación de síntomas para evaluar la severidad de moniliasis en mazorcas de cacao

Valor	Interna (% de almendras afectas)	Externa (clasificación de síntomas)
0	0	Fruto sano
1	1-20	Presencia de puntos aceitosos
2	21-40	Presencia de tumefacción y/o madurez prematura
3	41-60	Necrosis sin esporulación
4	61-80	Necrosis más esporulación en un área menor de la cuarta parte de la superficie necrótica
5	> 81	Necrosis más esporulación en un área mayor de la cuarta parte de la superficie necrótica

Fuente: Ruiz *et al.* (2020) y Torres-Rodríguez *et al.* (2024)

Eficacia

La eficacia de los tratamientos fue estimada con el porcentaje de incidencia de moniliasis, de acuerdo a la Fórmula 3 propuesta por Abbott (1925) (Leiva *et al.*, 2020):

$$E = ((FIWo - FIW)/FIWo) * 100 \quad (3)$$

Donde:

E = Eficacia de los tratamientos (%)

FIWo = Incidencia final sin aplicación (Testigo)

FIW = Incidencia final con aplicación (Tratamientos)

Análisis de datos

Se verificó la normalidad de los datos y homogeneidad de varianza de cada variable mediante el test de Shapiro-Wilk y el test Bartlett (Torres-Rodríguez *et al.*, 2024). Posteriormente, se realizó el análisis de varianza (ANOVA-unidireccional) y para la comparación del promedio entre los tratamientos se utilizó el test de Tukey ($p\text{-value} < 0,05$). Los gráficos y análisis estadísticos se realizaron con el software R versión 4.3.1 (R Core Team, 2024). Además, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (Rho) entre la incidencia, severidad y variables meteorológicas (Torres-de la Cruz *et al.*, 2020).

Resultados

En este estudio, los porcentajes de incidencia (Figura 1) y severidad (Figura 2) de moniliasis en las mazorcas de cacao evidencian el avance progresivo de la enfermedad a lo largo del tiempo, alcanzando valores superiores al 37 % y 27 % respectivamente, al final del ensayo. Este incremento de la enfermedad se debe a que las condiciones climáticas de la región Amazónica donde se desarrolló el experimento favorecieron el desarrollo y la patogenicidad del fitopatógeno.

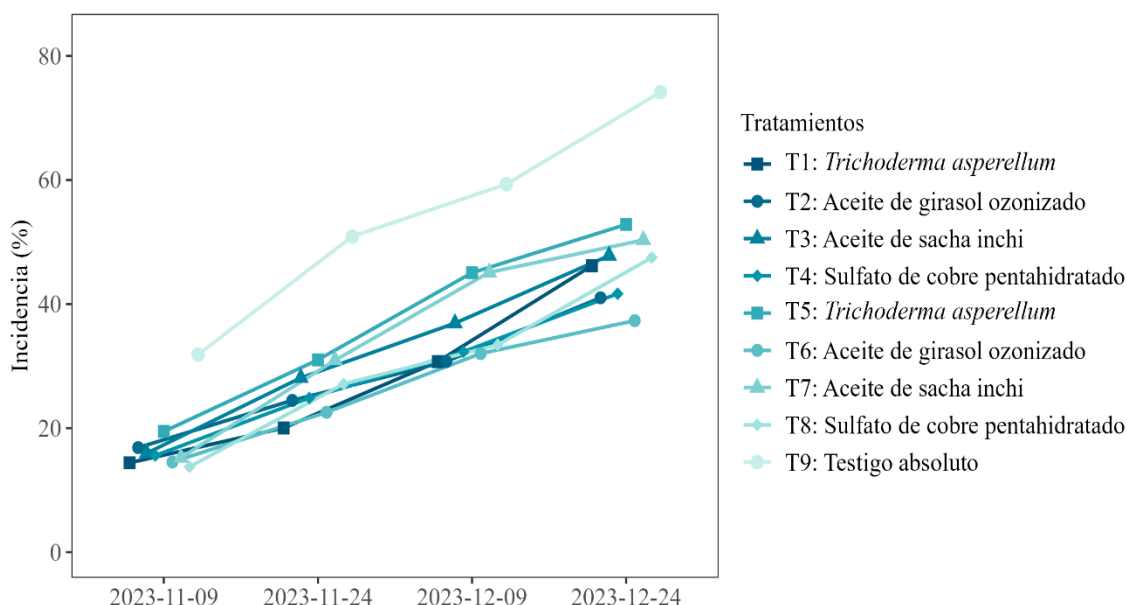


Figura 1. Efecto de los tratamientos en la incidencia de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en el cultivo de cacao

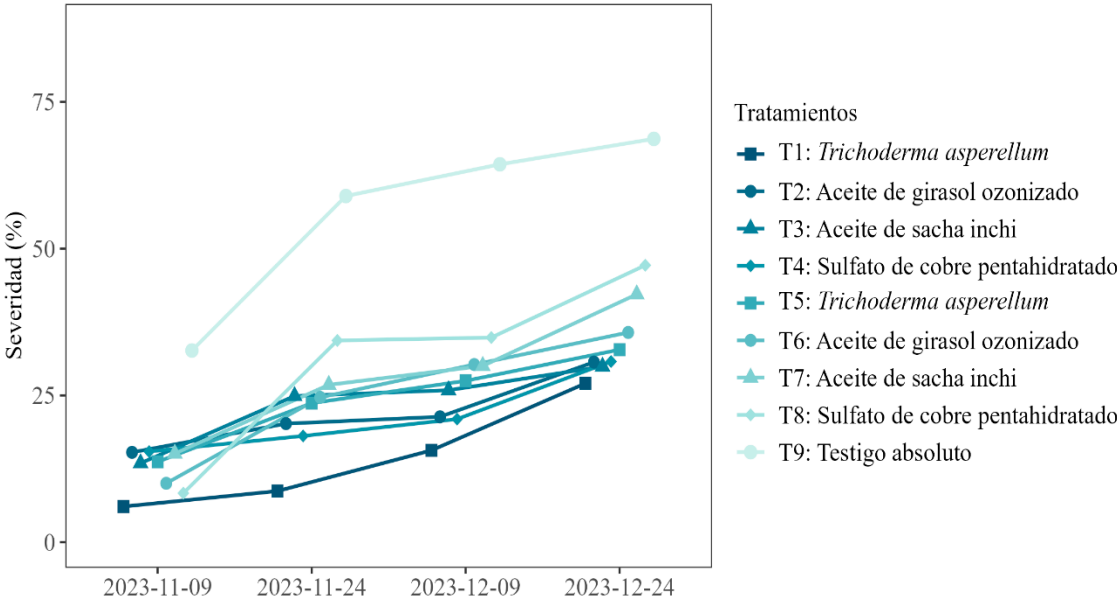


Figura 2. Efecto de los tratamientos en la severidad de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en el cultivo de cacao

Tabla 3. Porcentaje de incidencia de los tratamientos evaluados en el nivel de control de moniliasis en el cultivo de cacao

Tratamientos	Incidencia (%)									
	0		15		30		45		60	
T1 ²										
<i>Trichoderma asperellum</i>	39,97 ±1,81	a ¹	14,40 ±2,93	a	20,02 ±2,08	a	30,71 ±5,12	a	46,18 ±7,47	a
2x10 ⁶ UFC										
T2										
Aceite de girasol ozonizado	42,25 ±4,33	a	16,85 ±0,81	a	24,46 ±4,82	ab	30,75 ±3,13	a	41,01 ±1,94	ab
2,5 mL L ⁻¹										
T3										
Aceite de sachá inchi	49,56 ±3,74	a	15,95 ±2,86	a	28,10 ±1,32	ab	36,90 ±5,45	a	47,81 ±4,25	ab
2,5 mL L ⁻¹										
T4										
Sulfato de cobre pentahidratado	38,88 ±4,60	a	15,58 ±2,84	a	24,86 ±0,81	ab	32,32 ±0,49	a	41,66 ±1,88	ab
1,5 mL L ⁻¹										
T5										
<i>Trichoderma asperellum</i>	43,79 ±2,45	a	19,45 ±3,48	a	31,00 ±5,55	b	45,04 ±7,23	ab	52,84 ±9,47	b
2x10 ⁷ UFC										

T6										
Aceite de girasol ozonizado	34,16 ±3,66	a	14,53 ±1,11	a	22,54 ±0,71	ab	32,01 ±2,16	a	37,32 ±3,46	a
5 mL L ⁻¹										
T7										
Aceite de sachá inchi	46,45 ±2,60	a	15,25 ±2,21	a	30,94 ±2,72	b	45,10 ±6,49	ab	50,32 ±2,34	b
5 mL L ⁻¹										
T8										
Sulfato de cobre pentahidratado	46,74 ±4,33	a	13,77 ±2,88	a	27,11 ±1,30	ab	33,43 ±4,76	a	47,50 ±4,64	ab
2,5 mL L ⁻¹										
T9										
Testigo Absoluto	46,33 ±3,69	a	31,85 ±2,84	b	50,89 ±6,33	c	59,33 ±13,10	b	74,15 ±3,24	c
Pr(>F)	0,336		0,0000115***		0,00000124***		0,000813***		0,0000135***	
CV %	13,48		11,90		9,81		13,25		8,22	
D. Stand	7,51		2,08		2,83		5,08		4,00	

¹Letras iguales indican medidas no significativamente diferentes según la prueba de Tukey al 5 %. ²Frecuencia de aplicación cada 15 días: T1, T2, T3, T4; y cada 21 días: T5, T6, T7, T8.

Incidencia de moniliasis

Previo a la aplicación de los tratamientos se realizó la evaluación inicial de incidencia de moniliasis, obteniendo valores que oscilaban entre el 34,16 % y el 46,74 %. Se realizó la verificación de normalidad de datos mediante el test de Shapiro-Wilk para cada evaluación, los *p-values* obtenidos fueron los siguientes: 0,05 a los 15 días, 0,59 a los 30 días, 0,27 a los 45 días y 0,37 a los 60 días. Asimismo, para la homogeneidad de la varianza mediante el test Bartlett, los *p-values* obtenidos fueron: 0,72 a los 15 días, 0,14 a los 30 días, 0,31 a los 45 días y 0,19 a los 60 días.

El porcentaje de incidencia de moniliasis en las mazorcas de cacao se evidenció un efecto estadísticamente significativo para tratamientos después de las aplicaciones según el test de Tukey al 5 % (Tabla 3). Por consiguiente, se observó que el T1 y T6 durante las evaluaciones a los 15, 30 y 45 días tuvieron un efecto positivo con porcentajes de incidencia inferiores en relación a los otros tratamientos, destacando el T6 al final del ensayo (Tabla 3). Sin embargo, el T8 en los primeros 15 días tuvo un efecto favorable versus el resto de los tratamientos. Por otro lado, los biofungicidas del T2, T3 y T5 mostraron valores de incidencia similares en comparación con el control químico T4 y T8. No obstante, las plantas del T9 que no se les aplicó ningún producto fueron las que mayor incidencia que presentaron desde el inicio hasta el final de las evaluaciones (Tabla 3).

Severidad externa de moniliasis

Las mazorcas de cacao evaluadas presentaron sintomatología

que van desde el grado 0 hasta el grado 5 del progreso de la enfermedad, en relación a la escala propuesta por Ruiz *et al.*, (2020) y Torres-Rodriguez *et al.*, (2024). Previo a la aplicación de los tratamientos se realizó una evaluación inicial de severidad de moniliasis, cuyos valores oscilaron entre el 31,88 % y el 44,58 %. Se verificó la normalidad de datos mediante el test de Shapiro-Wilk para cada evaluación, los *p-values* obtenidos fueron los siguientes: 0,05 a los 15 días, 0,87 a los 30 días, 0,73 a los 45 días y 0,97 a los 60 días. Asimismo, la homogeneidad de la varianza mediante el test Bartlett, los *p-values* obtenidos fueron: 0,74 a los 15 días, 0,55 a los 30 días, 0,36 a los 45 días y 0,71 a los 60 días.

El porcentaje de severidad de moniliasis se encontraron diferencias estadísticamente significativas para tratamientos después de las aplicaciones según el test de Tukey al 5 % (Tabla 4). Por consiguiente, se observó que el T1 durante las evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días tuvo un efecto positivo del progreso de la enfermedad con valores inferiores en comparación con el resto de los tratamientos (Tabla 4). Por otro lado, los biofungicidas del T2, T3, T5 y T6 mostraron valores de severidad similares en comparación con el control químico T4. Además, el T7 y T8 tuvieron valores altos los 60 días a diferencia de los T1, T2, T3, T4, T5 y T6. Por el contrario, las mazorcas de cacao evaluadas del T9 que no se les aplicó ningún producto, fueron las que mayor progreso de la enfermedad presentaron desde el inicio hasta el final del ensayo (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de severidad de los tratamientos evaluados en el nivel de control de moniliasis en el cultivo de cacao

Tratamientos	Severidad (%)									
	0		15		30		45		60	
T1 ²										
<i>Trichoderma asperellum</i>	32,63 ±1,26	a ¹	6,07 ±5,25	a	8,70 ±5,80	a	15,63 ±3,13	a	27,04 ±6,69	a
2x10 ⁶ UFC										
T2										
Aceite de girasol ozonizado	42,34 ±5,63	a	15,30 ±2,45	a	20,19 ±2,80	ab	21,35 ±3,66	a	30,67 ±4,68	a
2,5 mL L ⁻¹										
T3										
Aceite de sachá inchi	35,90 ±5,46	a	13,45 ±2,07	a	24,90 ±3,76	ab	25,88 ±4,66	a	29,91 ±8,43	a
2,5 mL L ⁻¹										
T4										
Sulfato de cobre pentahidratado	42,15 ±7,80	a	15,43 ±7,71	a	18,09 ±6,17	ab	20,96 ±6,67	a	30,77 ±12,05	a
1,5 mL L ⁻¹										
T5										
<i>Trichoderma asperellum</i>	34,24 ±6,59	a	13,68 ±5,76	a	23,68 ±14,52	ab	27,48 ±14,97	a	32,79 ±14,13	a
2x10 ⁷ UFC										
T6										
Aceite de girasol ozonizado	31,88 ±8,34	a	10,02 ±5,51	a	24,66 ±5,74	ab	30,25 ±2,84	a	35,72 ±8,22	a
5 mL L ⁻¹										
T7										
Aceite de sachá inchi	41,73 ±8,13	a	15,09 ±2,38	a	26,80 ±9,02	ab	30,02 ±10,20	a	42,23 ±4,67	ab
5 mL L ⁻¹										
T8										
Sulfato de cobre pentahidratado	44,58 ±9,61	a	8,34 ±6,17	a	34,36 ±5,47	b	34,85 ±6,01	a	47,17 ±3,72	ab
2,5 mL L ⁻¹										
T9										
Testigo Absoluto	34,82 ±1,82	a	32,65 ±4,18	b	58,97 ±11,15	c	64,37 ±10,47	b	68,70 ±11,96	b
Pr(>F)	0,80		0,00045***		0,00018***		0,000157***		0,0012**	
CV %	23,34		26,46		24,09		21,35		18,58	
D. Stand	11,26		3,82		6,43		6,42		7,12	

¹Letras iguales indican medidas no significativamente diferentes según la prueba de Tukey al 5 %. ²Frecuencia de aplicación cada 15 días: T1, T2, T3, T4; y cada 21 días: T5, T6, T7, T8.

Eficacia

El porcentaje de eficacia entre los tratamientos mostraron diferencias significativas según el test de Tukey al 5 % (Tabla 5), además test de Shapiro-Wilk fue *p-value* 0,86 y el test Bartlett fue *p-value* 0,32. Se obtuvieron valores superiores al 48 % de eficacia en el nivel de control de monilia en los tratamientos T8, T6 y T2. A continuación, le siguieron los tratamientos T7, T3 y T5. Por último, los tratamientos con menor eficacia fueron los T1 y T4.

Tabla 5. Eficacia de los tratamientos en el nivel de control de moniliasis en el cultivo de cacao

Tratamientos	Eficacia (%)		
T1 ² <i>Trichoderma asperellum</i> 2x10 ⁶ UFC	36,53 ±11,85		bc ¹
T2 Aceite de girasol ozonizado 2,5 mL L ⁻¹	48,19 ±3,53		ab
T3 Aceite de sachá inchi 2,5 mL L ⁻¹	40,98 ±7,23		abc
T4 Sulfato de cobre pentahidratado 1,5 mL L ⁻¹	34,23 ±16,81		c
T5 <i>Trichoderma asperellum</i> 2x10 ⁷ UFC	40,56 ±8,90		abc
T6 Aceite de girasol ozonizado 5 mL L ⁻¹	49,36 ±5,47		ab
T7 Aceite de sachá inchi 5 mL L ⁻¹	47,38 ±7,92		abc
T8 Sulfato de cobre pentahidratado 2,5 mL L ⁻¹	51,70 ±2,20		a
Pr(>F)	0,030*		
CV %	14,23		
D. Stand	6,21		

¹Letras iguales indican medidas no significativamente diferentes según la prueba de Tukey al 5 %. ²Frecuencia de aplicación cada 15 días: T1, T2, T3, T4; y cada 21 días: T5, T6, T7, T8.

Correlación

Los análisis de correlación de Spearman (Rho) mostraron la existencia de correlaciones positivas entre la incidencia, severidad, temperatura, humedad relativa y precipitación (Tabla 6). La incidencia mostró una correlación positiva fuerte con la severidad ($r = 0,79$). La incidencia y severidad mostraron una correlación positiva con valores moderados (r

$= 0,31$ y $r = 0,29$) con períodos temperatura mensuales entre 24,85 °C y 26,35 °C. Además, tanto la incidencia como la severidad mostraron correlaciones positivas débiles ($r = 0,11$ y $r = 0,087$) con humedad relativa superior al 82,42 %, de igual manera la precipitación ($r = 0,0064$ y $r = 0,11$) con valores mensuales en octubre 151,87 mm, noviembre 228,32 mm y diciembre 224,55 mm.

Tabla 6. Coeficiente de correlación de Spearman Rho entre la incidencia, severidad, temperatura, humedad relativa y precipitación

Variable	Inciden- cia	Seve- ridad	Tempe- ratura	Hu- medad relati- va	Preci- pita- ción
Incendencia	-				
Severidad	0,79****	-			
Tempera- tura	0,31**	0,29**	-		
Humedad Relativa	0,11	0,087	0,8****	-	
Precipita- ción	0,0064	0,11	0,8****	0,5****	-

*Significancia al 0,05 de probabilidad

Discusiones

Estos resultados demostraron que los biofungicidas aplicados en las plantas de cacao tuvieron un efecto positivo en el control de la moniliasis. Las condiciones ambientales del ensayo favorecieron el desarrollo epidémico del fitopatógeno en las mazorcas de cacao, siendo este efecto más evidente en el testigo absoluto, donde se registraron porcentajes finales de 74,15 % de incidencia y 68,70 % de severidad. Además, se observaron mazorcas con una abundante masa pulverulenta del hongo, evidenciando un alto nivel de esporulación. Peñaherrera *et al.*, (2020) mencionan que la incidencia de moniliasis tiende a reducirse en el tiempo a medida que se acentúa la época seca, lo cual coincide con una disminución de la humedad ambiental a medida que avanza la época sin lluvias. Sin embargo, las condiciones climáticas de la Amazonía Ecuatoriana favorecen a la propagación del fitopatógeno en el cultivo de cacao, principalmente por la influencia de precipitaciones con lluvias frecuentes e intensas durante todo el año, con temperaturas promedio entre 22 °C y 26 °C, y humedad relativa superior a los 80 %, facilitando la germinación de las esporas en las mazorcas de cacao (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2022).

Estudios realizados por Villamil *et al.* (2015) reportaron resultados similares, con menores porcentajes de incidencia en los tratamientos con los antagonistas *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. durante las dos primeras semanas, después de la aparición de los síntomas, sin diferencia estadística frente al control. A partir de la tercera semana la incidencia fue del

100 % en todos los tratamientos. Por consiguiente, el menor porcentaje de severidad externa encontraron en los frutos inoculados con el antagonista *Trichoderma* spp. con 66,5 % al final de las evaluaciones.

Pilaloa *et al.* (2021) realizaron el manejo agroecológico de la moniliasis, demostrando que las aplicaciones de fungicidas biológicos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. combinadas con podas fitosanitarias disminuyen el daño ocasionado por el patógeno, con valores de incidencia entre 3,47 % y 4,77 %, y con valores de severidad del 3 % a los 60 días. Estos resultados fueron obtenidos durante la época seca del sitio de estudio. Soto *et al.* (2022) mencionan que las aplicaciones de *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* rociados en árboles de cacao a intervalos de 30 días mostraron reducción de la infección por moniliasis con 14,9 % de incidencia final, logrando un aumento en el peso promedio de mazorcas entre 6,9 kg a 8,4 kg.

Peñaherrera *et al.* (2020) evaluaron la eficacia de mezclas de *Trichoderma* spp. y aceite de palma, sus resultados indicaron que las aplicaciones combinadas de aceite de palma + *Trichoderma koningiopsis* + *Trichoderma stromaticum* y aceite de palma + *Trichoderma ovalisporum* potencian la capacidad de biocontrol de moniliasis con porcentajes del 50,27 % y 41,68 %, superando al fungicida hidróxido de cobre que alcanzó el 26 % de eficacia. En consecuencia, estas mezclas incrementan el rendimiento y beneficio económico del cacao.

Leiva *et al.* (2020) evaluaron cepas nativas de *Trichoderma* spp., destacando su potencial antagónico, de antibiosis y micoparasitismo. Las cepas CP10-3, CP53-2, CP24-6 y CP38-2 mostraron mayor control biológico bajo condiciones de campo, con eficiencias entre 38,99 % y 71,9 % en Copallín, y entre 45,88 % y 51,16 % en La Peca, localidades de la Provincia de Bagua de la región Amazónica de Perú.

El efecto del antagonista *Trichoderma asperellum* se explica porque es un antagonista natural de moniliasis, y sus especies producen más de 40 metabolitos diferentes capaces de inhibir varios microorganismos fitopatógenos, siendo el micoparasitismo uno de los mecanismos que utilizan el hongo donde se ven implicadas enzimas extracelulares como quitinasas, celulasas, β -1-3-glucanasas y proteasas que lisan o digieren las paredes de los hongos en su caso la enfermedad *Moniliophthora roreri* (Carrera-Sánchez *et al.*, 2016; González *et al.*, 2023; López-Ferrer *et al.*, 2017).

Las aplicaciones con aceite de ozonizado de girasol en las plantas de cacao CCN51 tuvieron mejor efecto en el nivel de control moniliasis respecto a los demás productos, además se observó floración en abundancia y mayor cuajado del fruto. Yáñez *et al.* (2023) evaluaron el efecto de dosis de 5 y 7 mL L⁻¹ de Agrozoil en variedades de *Delphinium* sp. en variables morfo-fisiológicas, demostrando efectos favorables en el crecimiento, área foliar, mayor altura y diámetro del tallo de las flores.

Hakim-Rodríguez *et al.* (2022) señalan que la actividad antimicrobiana de los aceites ozonizados se debe a la acción de compuestos peroxídicos sobre biomoléculas esenciales, como lípidos insaturados y proteínas. Su efecto se atribuye a la presencia de ozónidos, peróxidos y aldehídos, que son citotóxicos para los microorganismos. Estos aceites, especialmente los de oliva y girasol, han demostrado ser efectivos contra bacterias, hongos y virus.

El aceite de sachá inchi tuvo un efecto controlador sobre la moniliasis, con valores similares a las aplicaciones realizadas con *Trichoderma asperellum* y el sulfato de cobre pentahidratado. Stegmayer *et al.* (2021) estudiaron aceites esenciales de plantas nativas contra los siguientes hongos fitopatógenos: *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum*, *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium semitectum* y *Monilia fructicola*, destacando la notable eficacia de *Lippia alba* inhibiendo el 100 % la germinación de esporas a concentración de 1.000 ppm. Piloza *et al.* (2024) evaluaron el efecto antifúngico in vitro contra *Lasiodiplodia theobromae* de aceites esenciales de orégano y tomillo, demostrando los efectos inhibitorios del crecimiento micelial del patógeno a concentraciones de 200, 250, 500 y 1.000 ppm de los aceites evaluados.

Chelaghema *et al.* (2022) evaluaron el efecto de los aceites esenciales citronela, hierba limón y eucalipto rojo, mostrando sus efectos inhibidores sobre el crecimiento, esporulación y producción de micotoxinas sobre *A. flavus*, *A. carbonarius* y *F. verticillioides*. Tucuch-Pérez *et al.* (2021) y Piloza *et al.*, (2024) mencionan que los aceites esenciales son compuestos lipofílicos que atraviesan las membranas celulares e inhiben el crecimiento de patógenos, actuando como biofungicidas. Su actividad antifúngica se debe a la inactivación de los conidios del hongo por sus compuestos volátiles, que afectan la integridad de la membrana fúngica. Además, inhiben la quitina sintasa, enzima clave en la formación de la pared celular del hongo, debilitando su estructura.

Las aplicaciones con sulfato de cobre pentahidratado en el estudio tuvieron un efecto similar al de los productos biológicos en el control de moniliasis, demostrando eficacia mayor al 50 % en el T8. El Salous *et al.* (2020) compararon el efecto de dos fungicidas en el control de los fitopatógenos *Moniliophthora roreri* y *Botryodiplodia theobromae*, demostrando excelentes resultados en dosis de 700 mL CuSO₄/ha y 600 g *Trichoderma harzianum*/ha al obtener menor cantidad de mazorcas enfermas y mayor número de mazorcas sanas. Perez-Ventura y Barrios-Calderon (2022) demostraron que el CuSO₄·5H₂O reducen la infección de roya del café *Hemileia vastatrix*, siendo 2 L ha⁻¹ la dosis más eficaz, con un 7,33 % de infección a los 60 días después de las aplicaciones.

Pilaloa *et al.* (2021) mencionan que las aplicaciones de fungicidas de síntesis química no favorecen la obtención de frutos sanos y su función se basa en inhibir la germinación de las esporas, así como en el desarrollo micelial, inactivando aminoácidos o procesos bioquímicos importantes.

Carrasco-de la Cruz *et al.* (2023) identificaron el efecto antifúngico efectivo del $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a 10 μM a nivel de laboratorio, donde no observaron crecimiento micelial del hongo *Moniliophthora roreri*.

González *et al.* (2018) demostraron que los tratamientos orgánicos: ceniza en polvo y ceniza diluida en agua; y los tratamientos químicos: Fossil Shell agro y 290 g kg^{-1} Oxiclورو de Cobre + 120 g de Mancozeb + 40 g de Cymoxanil no mostraron diferencias significativas, registrando incidencias del 18,24 %, 20,44 %, 18,24 % y 18,52 %. Además, mencionan que hubo poca producción de frutos durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre (época seca), lo cual se manifiesta en baja incidencia. Anzules-Toala *et al.* (2021) evaluaron diferentes métodos de control de patógenos en el cultivo de cacao, donde el uso de fungicidas químicos “Chlorothalonil and Pyraclostrobin” más control biológico “*Bacillus subtilis*” disminuyen la incidencia de moniliasis, pudrición negra de la vaina y marchitez del cherelle en el cultivo de cacao. Adicionalmente, las buenas prácticas agronómicas y de fertilización, pueden aumentar los rendimientos y los ingresos económicos de los pequeños agricultores.

La correlación de Spearman (Rho) realizadas entre la incidencia, severidad, temperatura, humedad relativa y precipitación mostraron correlaciones positivas moderadas y débiles durante la investigación. Torres-de la Cruz *et al.* (2020) demostraron que los flujos productivos y eventos climáticos influyen en la estructura epidémica de la moniliasis en frutos de cacao, donde la incidencia anual de frutos con moniliasis se relacionó positivamente con periodos de temperatura de 20 a 26,9 °C ($r = 0,41-0,87$) y con periodos de humedad relativa mayor al 60 % (60-90 % y > 90 %) ($r = 0,35-0,67$) y por la disponibilidad de frutos susceptibles.

Torres-de la Cruz *et al.* (2023) determinaron la influencia del clima, fructificación y la incidencia de la moniliasis en la intensidad epidémica de *Phytophthora capsici*, donde la incidencia se correlacionó positivamente con valores moderados (Rho = 0,41-0,77) de humedad relativa mayor al 90 %, precipitación (Rho = 0,34-0,76), periodos de temperaturas de 20-26,9 °C (Rho = 0,38-0,81). Julca *et al.* (2019) encontraron una correlación positiva entre incidencia y severidad de la “roya del café” en los niveles tercio inferior, medio y superior de la planta, también entre los valores totales de la planta con índices de correlación (r) mayores a 0,8, demostrando que no solo la severidad permite estimar el nivel de ataque de la roya del café, sino también la incidencia.

Conclusiones

Se observó un efecto positivo en el nivel de control de moniliasis en mazorcas de cacao CCN51 mediante la aplicación de aceite de girasol ozonizado, tanto a dosis de 2,5 mL L^{-1} como de 5 mL L^{-1} , con intervalos de aplicación de 15 y 21 días. Estas condiciones promovieron abundante floración,

cuajado de frutos y control efectivo del fitopatógeno.

Los biofungicidas *Trichoderma asperellum*, aceite de sachá inchi y el producto químico sulfato de cobre pentahidratado mostraron una eficacia superior al 40 % en el control de moniliasis, lo que resalta su potencial en estrategias de manejo integrado. Además, se demostró correlación positiva entre la incidencia, severidad y las variables climáticas humedad relativa y temperatura que influyen en la epidemiología de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en las mazorcas de cacao.

Se recomienda estudiar el aceite de sachá inchi aplicando diferentes concentraciones, con el fin de identificar la dosis efectiva en la inhibición del patógeno. Además, realizar controles culturales cada 20 días y rotar las aplicaciones de control biológico con fungicidas de diferentes mecanismos de acción en el manejo integrado de la moniliasis en cacao.

Este estudio evidencia que los biofungicidas son una alternativa efectiva y sostenible frente a los fungicidas químicos convencionales en el manejo de moniliasis en cacao, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el ambiente. Su aplicación en campo puede fortalecer la producción cacaotera, especialmente en los sistemas de manejo agroecológico.

Referencias bibliográficas

- Abad-Sánchez, M. L., Alvarado-Aguayo, A. A. y Gallardo-Campoverde, A. (2018). Análisis comparativo sobre la incidencia de las tres principales enfermedades en el cacao CCN-51, en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 12(1), 20-30. <https://doi.org/10.53591/cna.v12i1.271>
- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Anzules, V., Borjas, R., Alvarado, L., Castro-Cepero, V. y Julca-Otiniano, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* ‘CCN-51’. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511-520. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>
- Anzules-Toala, V., Pazmiño-Bonilla, E., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V. y Julca-Otiniano, A. (2021). Control of cacao (*Theobroma cacao*) diseases in Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 45939. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.45939>
- Avilés, D., Espinoza, F., Villao, L., Alvarez, J., Sosa, D., Santos-Ordóñez, E. y Galarza, L. (2023). Application of microencapsulated *Trichoderma* spp. against *Moniliophthora roreri* during the vegetative development of cocoa. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 539-547. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.045>

- Bustamante-Morales, K., Custode-Pérez, A., Herrera-Reyes, S., Jaramillo-Aguilar, E. y Barrezueta-Unda, S. (2023). Potencial antifúngico de extractos de plantas y aceites esenciales contra *Fusarium incarnatum*. *Polo del Conocimiento*, 8(10), 534-551. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6140/15501>
- Carrasco-de la Cruz, T. P., Olivo-Vidal, Z. E., Sánchez-Peregrino, J. A. y Mendoza-Lorenzo, P. (2023). Evaluación del efecto antifúngico del sulfato de cobre (II) pentahidratado en *Moniliophthora roreri*. *Journal of Basic Sciences*, 9(25), 8-18. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs/article/view/6133>
- Carrera-Sánchez, K., Herrera Isla, L., Díaz Castellanos, M. y Leiva-Mora, M. (2016). Micobiota asociada a frutos de cacao con síntomas de moniliasis en la amazonía ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 43(1), 48-54. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag07116.pdf>
- Chelaghema, A., Durand, N., Servent, A., Mamouni, M., Pouchet, P., Schorr-Galindo, S., Fontana, A. y Strub, C. (2022). Antifungal and antimycotoxic activities of 3 essential oils against 3 mycotoxinogenic fungi. *Archives of Microbiology*, 204(8), 504. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03115-1>
- Correa Álvarez, J., Castro Martínez, S. y Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta agronómica*, 63(4), 388-399. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747>
- El Salous, A., Marcillo García, J. J., Gómez Vargas, J. A. y Martínez Alcívar, F. R. (2020). Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(3), 368-380. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/view/33375>
- González López, G. C., Quevedo Guerrero, J. N. y García Batista, R. M. (2018). Alternativas orgánicas para el control de monilia (*Moniliophthora roreri*, Cif. y Par) en el cultivo de cacao. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 56-62. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/194>
- González, M. F., Galarza, L., Valdez, L. L. y Quizhpe, G. M. (2023). Antifungal activity of metabolites from *Trichoderma* spp. against *Fusarium oxysporum*. *Bionatura*, 8(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.02.7>
- Hakim-Rodríguez, D., Guerra-Collazo, G., Cordero-Hernández, M. E., Cabrera-Pérez, C., Veliz-Lorenzo, E., Fernández García, L. A. y Cima Sotolongo, G. (2022). Obtención y caracterización de aceite de girasol y oliva ozonizados. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 53(2), 369-382. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2221-24422022000200369&script=sci_arttext
- Hanada, R. E., Pomella, A. W. V., Soberanis, W., Loguercio, L. L. y Pereira, J. O. (2009). Biocontrol potential of *Trichoderma martiale* against the black-pod disease (*Phytophthora palmivora*) of cacao. *Biological Control*, 50(2), 143-149. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.04.005>
- Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. <https://books.google.com.ec/books?id=oXufTpUKUb4C>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2024*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf
- Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., Alvarado Huamán, L., Julca Vera, N., Castro Cepero, V. y Bello Amezcua, S. (2019). Relación entre la incidencia y la severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en San Ramón, Chanchamayo, Perú. *Journal of Science and Research*, 4(4), 1-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3477556>
- Leiva, S., Oliva, M., Hernández, E., Chuquibala, B., Rubio, K., García, F. y Torres de la Cruz, M. (2020). Assessment of the potential of *Trichoderma* spp. strains native to Bagua (Amazonas, Peru) in the biocontrol of frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*). *Agronomy*, 10(9), 1376. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091376>
- López-Ferrer, U. D. C., Brito-Vega, H., López-Morales, D., Salaya-Domínguez, J. M. y Gómez-Méndez, E. (2017). Papel de *Trichoderma* en los sistemas agroforestales-cacaotales como un agente antagonista. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(1), 91-100. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93950595003>
- Mbarga, J. B., Begoude, B. A. D., Ambang, Z., Meboma, M., Kuate, J., Schiffers, B., Ewbank, W., Dedieu, L. y Ten Hoopen, G. M. (2014). A new oil-based formulation of *Trichoderma asperellum* for the biological control of cacao black pod disease caused by *Phytophthora megakarya*. *Biological Control*, 77, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.06.004>
- National Aeronautics and Space Administration. (2023). *Prediction of worldwide energy resources*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Peñaherrera Villafuerte, S., Cedeño García, G., Solórzano Alcívar, F., Cedeño-García, G. y 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?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200005

- Perez-Ventura, L. Y. y Barrios-Calderon, R. D. J. (2022). Pentahydrated copper sulphate $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ at different doses for control of *Hemileia vastatrix* berk & broome. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering*, 9(4), 113-118. <https://doi.org/10.15406/jabb.2022.09.00297>
- Pico, J. T, Paredes, N. J., Subía, C. R., Suárez, C. W., Caicedo, C. E. y Fernández, F. M. (2019a). Efecto de prácticas de manejo sobre la incidencia de *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) y rendimiento en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). En Caicedo, C., Díaz, A., (Eds). Memorias del Primer Simposio Internacional Innovaciones Tecnológicas para Fortalecer la Cadena de Cacao en la Amazonía Ecuatoriana (pp. 1-11). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5565>
- Pico, J. T., Paredes, N. J., Moncayo, L., Calderón, D., Lima, L. F., Fernández, F. M., Sabando, G. A., Chimbo, P. P. y Caicedo, C. E. (2019b). Manejo integrado de la monilia [*Moniliophthora roreri* (Cif & Par)] en el cultivo de cacao en La Joya de los Sachas. En Caicedo, C., Díaz, A., (Eds). Memorias del Primer Simposio Internacional Innovaciones Tecnológicas para Fortalecer la Cadena de Cacao en la Amazonía Ecuatoriana (pp. 49-52). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5570>
- Pilaloa, W. D., Alvarado Aguayo, A., Pérez Vaca, D. y Torres Sánchez, S. (2021). Manejo agroecológico de la moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 5(15), 70-85. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.129>
- Pilozo, G., Villavicencio-Vásquez, M., Chóez-Guaranda, I., Vera Murillo, D., Duarte Pasaguay, C., Tomalá Reyes, C., Maldonado-Estupiñán, M., Ruiz-Barzola, O., León-Tamariz, F. y Manzano, P. (2024). Chemical, antioxidant, and antifungal analysis of oregano and thyme essential oils from Ecuador: Effect of thyme against *Lasiodiplodia theobromae* and its application in banana rot. *Heliyon*, 10(10), e31443. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31443>
- Plasencia-Vázquez, A. H., Vilchez-Ponce, C. R., Ferrer-Sánchez, Y. y Veloz-Portillo, C. E. (2022). Efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del hongo *Moniliophthora roreri* y el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en Ecuador continental. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1151>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing* (4.3.1). <https://www.r-project.org/>
- Ruiz Parrales, Y., Crespo Alvarez, S. I. y Flores Arteaga, L. (2020). Manejo técnico de la monilla "*Moniliophthora roreri*" en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en el recinto Cuatro Esquinas. *Revista Pertinencia Académica*, 4(5), 347-358. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4593664>
- Soto Chochocca, R. R., Gonzales Avila, E., Fernandez Rojas, J. H., Angeles Suazo, J. M., Huamán De La Cruz, A. R. y Hadi Mohamed, M. M. (2022). Antifungal effect from *Zingiber officinale*, *Aloe vera* and *Trichoderma* sp. for control of *Moniliophthora roreri* in *Theobroma cacao* in Huánuco, Peru. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75(1), 9823-9830. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179970815007>
- Stegmayer, M. I., Fernandez, N. L., Álvarez, N. H., Olivella, L., Gutiérrez, H. F., Favaro, M. A. y Derita, M. G. (2021). Aceites esenciales provenientes de plantas nativas para el control de hongos fitopatógenos que afectan a frutales. *FAVE ciencias agrarias*, 20(1), 317-329. <https://doi.org/10.14409/fa.v20i1.10273>
- Torres-de la Cruz, M., Gaspar-Génico, J. Á., Pérez-de la Cruz, M., Acencio-Castillo, N., Mora-Aguilera, G. y Ortiz-García, C. F. (2023). Climate, fruiting and frosty pod rot influence the epidemic intensity of *Phytophthora capsici* in cacao plantations in Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*, 41(1), 26-44. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092023000100026
- Torres-de la Cruz, M., Mora-Aguilera, G., Ortiz-García, C. F., de la Cruz-Pérez, A. y Gaspar-Génico, J. A. (2020). Flujos productivos determinan la estructura epidémica de la moniliasis del cacao en el sureste de México. *Revista fitotecnica mexicana*, 43(4), 421-431. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.431>
- Torres-Rodriguez, J. A., Ramos-Remache, R. A., Reyes-Pérez, J. J., Quinatoa-Lozada, E. F. y Rivas-García, T. (2024). Silicon as a biostimulant in cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivation and biological control agent for *Moniliophthora roreri*. *Revista Terra Latinoamericana*, 42, 1-11. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1817>
- Towsend, G. R. y Heuberger, J. W. (1943). Methods for estimating losses caused by disease in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter*, 27(17), 340-343. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=725513>
- Tucuch-Pérez, M. A., Bojórquez-Vega, J. J., Arredondo-Valdes, R., Hernández-Castillo, F. D. y Anguiano-Cabello, J. C. (2021). Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), 1-8. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2745>
- Villamil Carvajal, J. E., Viteri Rosero, S. E. y Villegas Orozco, W. L. (2015). Aplicación de antagonistas microbianos para el control biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. bajo condiciones de campo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7441-7450. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47830>

Yáñez Villacís, J. J., Valle Naranjo, G. D., Veloz Naranjo, W. O., Ati Tamayo, J. D. y Leiva-Mora, M. (2023). Evaluación del efecto de diferentes combinaciones de dosis de Agrozoil y variedades de *Delphinium* sp. sobre variables morfo-fisiológicas. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(1), 191-203. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/427>

