

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Eficiencia de fungicidas orgánicos para el control de la
Moniliasis en el Sector Ramalito de Aucayacu, Leoncio
Prado (Huánuco), Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Elena Gonzales Avila
Rocio Reyna Soto Chochocca

Asesor:

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

Lima, Julio de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Joel Hugo Fernández Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Eficiencia de fungicidas orgánicos para el control de la Moniliasis en el Sector Ramalito de Aucayacu, Leoncio Prado (Huánuco), Perú”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Elena Gonzales Avila y Rocio Reyna Soto Chochocca para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 12 días del mes de Julio del año 2021.



Joel Hugo Fernández Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **05 días** día(s) del mes de **julio del año 2021** siendo **las 9:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Ing. Nancy Curasi Rafael**, y los demás miembros: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio** y la **Mg. Iliana del Carmen Gutierrez Rodriguez** y el asesor: **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, con el propósito de **administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Eficiencia de fungicidas orgánicos para el control de la Moniliasis en el Sector Ramalito de Aucayacu, Leoncio Prado (Huánuco), Perú"**

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **ROCIO REYNA SOTO CHOCHOCCA**

.....b) **ELENA GONZALES AVILA**.....

.conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **ROCIO REYNA SOTO CHOCHOCCA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy bueno	Sobresaliente

Candidato (b): **ELENA GONZALES AVILA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy bueno	Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga



Secretario
Ing. Nancy Curasi
Rafael

Asesor
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas

Miembro
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio

Miembro
Mg Iliana Del Carmen
Gutierrez Rodriguez

Candidato/a (a)
Rocio

Candidato/a (b)
Elena

Eficiencia de fungicidas orgánicos para el control de la Moniliasis en el Sector Ramalito de Aucayacu, Leoncio Prado (Huánuco), Perú.

Elena Gonzales Avila * Rocio Reyna Soto Chochocca ** Joel Hugo Fernández Rojas ***

**EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.*

Resumen

El trabajo dirigido evaluó el efecto inhibitorio a través de dos tratamientos aplicados de extractos obtenidos de plantas frescas de *Zingiber officinale* (T1), *áloe vera* (T2) y un tratamiento biológico a base de *Trichoderma* sp.+ *Bacillus subtilis*, (T3) sobre la infección por *Moniliophthora roreri* presente en el cacao de *Theobroma*. Además, se aplicó el control cultural (T4). Cada tratamiento se aplicó a seis plantas de cacao. La incidencia de la infección por monilia y el peso de la fruta se monitorearon cada quince días (en total cuatro períodos) después del tratamiento por fumigación. Encontramos que la fumigación de árboles de cacao enteros después de dos veces (aproximadamente 30 días) mostró una reducción de la infección por monilia. Después de todos los períodos, la T1, T2 y T3 mostraron una incidencia de infección por monilia del 20,5%, 17,7% y 14,9% respectivamente, en comparación con el control cultural del 41,1%. Esta reducción de la infección por moniliasis se traduce en un aumento del peso medio de los frutos en T3 (8,4 kg), T2 (7,3 kg) y T1 (6,9 kg). En cambio, el control cultural (T4) disminuye el peso promedio de la fruta en 5,3 kg. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos por incidencia. Recomendamos el uso de este tipo de antifúngico (en especial *áloe vera*) aerosol durante al menos 120 días que disminuiría la incidencia de la infección aún más.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, monilia, *Trichoderma*, control biológico, Perú.

Abstract

The directed work evaluated the inhibitory effect through two treatments applied extracts obtained from fresh plants of *Zingiber officinale* (T1), *Aloe vera* (T2) and one biological treatment based on *Trichoderma* sp.+ *Bacillus subtilis*, (T3) on *Moniliophthora roreri* infection present in *Theobroma's* cocoa. In addition, cultural control (T4) was applied. Each treatment was applied to six plants of cacao. Incidence of monilia infection and fruit weight were monitored each fifteen days (in total four periods) after spray treatment. We found that spraying entire cacao trees after two times (approximately 30 days) showed a reduction of monilia infection. After all periods, the T1, T2, and T3 showed an incidence of monilia infection by 20.5%, 17.7%, and 14.9% respectively, compared to cultural control of 41.1%. This reduction of moniliasis infection translates into an increase in fruit weight average for T3 (8.4 kg), T2 (7.3 kg) and T1 (6.9 kg). In contrast, cultural control (T4) decreases the fruit weight average in 5.3 kg. Significant differences ($p < 0.05$) were found among treatment for incidence. We recommended using such antifungal (in especial *Aloe vera*) spray over at least 120 days which would decrease infection incidence even more.

Keywords: *Theobroma cacao*, monilia, *Trichoderma*, biological control, Perú.

1. Introducción

Theobroma cacao (L.) o árbol de cacao se cultiva principalmente en áreas tropicales de América Latina debido a su importancia económica y de ecosistemas (Toala et al., 2019). Tradicionalmente, las semillas de cacao se han explotado para la fabricación principalmente de chocolate y confits. En base a sus características organolépticas y nutricionales se utilizan también en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica (Delgado et al., 2018; López et al., 2020).

En América Latina, Brasil, Ecuador, Perú y Colombia son los países con mayor producción de cacao, mientras que Costa de Marfil, Ghana y Nigeria son los mayores productores del continente africano (alrededor del 50% de la producción mundial) (MINAGRI, 2019). Perú posee el 60% de las variedades mundiales de cacao y su producción ha estado creciendo a una tasa media anual del 15,6% durante 10 años consecutivos (MINAGRI, 2019). Sin embargo, la plantación de cacao se ve afectada en un 40% por moniliasis que provoca el abandono de muchos productores que vieron otras actividades de mayor rentabilidad o por no tener fondos de inversión para recuperarse (López et al., 2020).

La producción de cacao en todo el mundo está limitada por la presencia de enfermedades fúngicas, que se estima causan alrededor del 30% de pérdida de rendimiento y generan un desequilibrio económico para los países exportadores (Aneja et al., 2006). Los patógenos más destructivos del cacao son del género *Moniliophthora* sp, especialmente *Moniliophthora perniciosa* (Aime y Phillips-Mora, 2005) y *Moniliophthora roreri* (Evans et al., 1978), que causa moniliasis y enfermedad de la escoba de brujas. La moniliasis causada por *Moniliophthora roreri* afecta exclusivamente a los frutos en cualquier etapa de desarrollo que pueda causar pérdidas de hasta el 90% de la producción (Bailey et al., 2018). Los síntomas incluyen protuberancias, amarillamiento prematuro o maduración, y manchas oleosas y necróticas, que causan la pérdida total de semillas o disminución de su calidad organoléptica (Joya-Dávila et al., 2015).

Para controlar y reducir estas enfermedades muchas veces se prefiere la aplicación de productos químicos (Tirado-Gallego et al., 2016). Sin embargo, su uso puede generar cunas altas y causar graves daños en el medio ambiente, el suelo y la salud humana (Afrane y Ntiamoah, 2011; Idris et al., 2013). Otros tipos de control son el control cultural (fitosanitario) y el uso de agentes biológicos (hongos y bacterias) (Mejía et al., 2008; Toala et al., 2019; Villamil et al., 2016). Por ejemplo, Seng et al., (2014) aplicaron el *Trichoderma* sp. hongos por infección de cacao cultivado por *Moniliophthora roreri* en Costa Rica y reportó una reducción de monilia del 11% en sólo 35 días. Joya-Dávila et al., (2015) utilizaron *Zingiber officinale* como efecto antifúngico sobre *Moniliophthora roreri* en cacao y reportaron de 88% a 100% de control sobre su formación y germinación. Del mismo modo, Saniasiaya et al., (2017) emplearon extracto de hoja de *áloe vera* en *Aspergillus niger* y *Candida albicans* y encontraron un efecto antifúngico significativo.

Según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2008), el cultivo del cacao es el de mayor importancia económica en la provincia de Leoncio Prado. Sin embargo, su producción se ve afectada entre el 12% y el

24%. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto inhibitor de extractos de Zingiber officiale, áloe vera y Trichoderma sp., en la incidencia de Moniliophthora rozeri sobre Theobroma cacao.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una plantación comercial de cacao de catorce años (CCN-51) durante la campaña 2020 en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, Huánuco-Perú (08° 56 00" S; 76° 02 30" O). La plantación se encuentra a 540 m sobre el nivel del mar mostrando un clima tropical, con una precipitación anual de 2450 mm, una temperatura media y humedad relativa de 23,8 °C y 86%, respectivamente (SENAMHI, 2021).

Durante el período de estudio (6 meses) la temperatura máxima fue de 32°C (entre octubre - noviembre) y el mínimo fue de 15°C (abril a junio). Precipitación máxima reportada en Enero-Febrero (20 mm/día) (Figura 1).

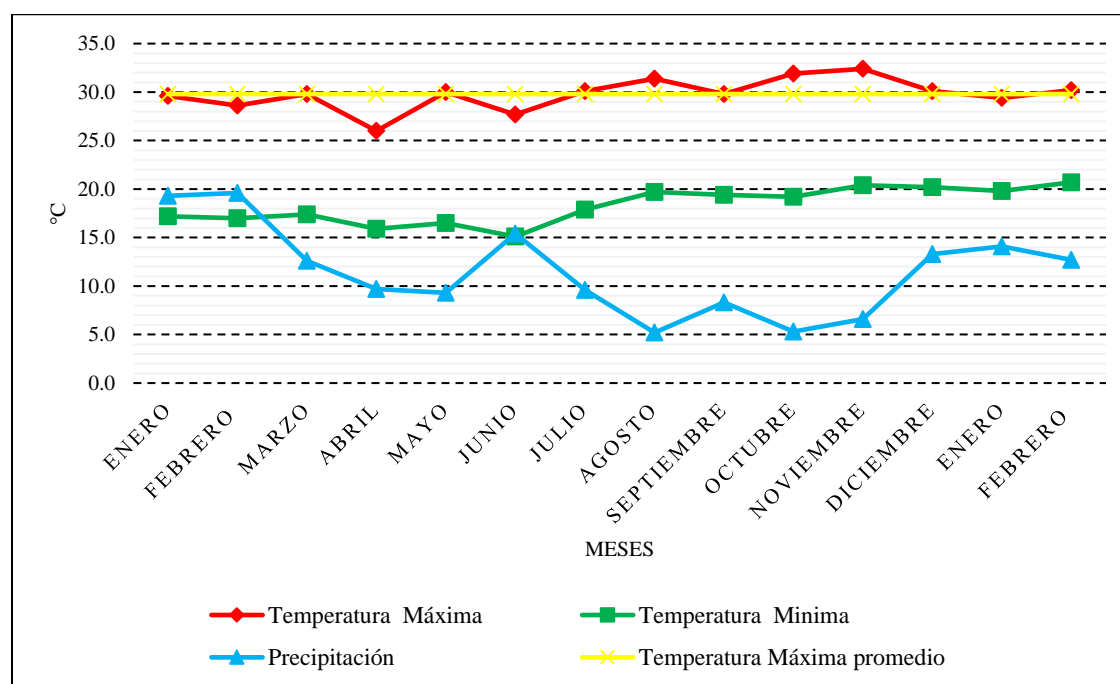


Figura 1. Temperatura y precipitación durante el desarrollo del estudio con cacao.

2.2. Diseño estadístico

El experimento se realizó empleando un diseño de bloque aleatorio (ACB) con 4 tratamientos y 3 repeticiones. El área experimental fue de 630 m² con 96 plantas de cacao divididas en dos parcelas. Cada parcela tenía 48 plantas (6 columnas con 8 plantas) a 3 x 2 m². Se tomaron datos de 3 plantas centrales para evitar el efecto de borde.

2.3. Tratamientos

En total se aplicaron cuatro tratamientos: tres tratamientos biológicos como fungicidas: i) T1 = Zingiber officinale (fue macerado, y 333 mL de jugo obtenido se diluyó en 20 L de agua), ii) T2 = áloe vera purina (se realizó una mezcla de 200 g de áloe vera, 200 g de hojas de paico, 200 g de cola de caballo seca y 200 g de jabón, todos diluidos en agua de 2 L), iii) T3 = una combinación (20 L total) de Trochoderma harzianum (w/v, 14 g/10 L de agua) y Bacillus Subtilis (v/v, 15 mL/10 L de agua), y iv) T4 = control cultural (nada aplicado). Se aplicó la gestión de control cultural (poda sanitaria + remoción de mazorcas enfermas) cada quince días. Los tratamientos se aplicaron a lo largo de cuatro períodos en 2021: P1 (11 Janeiro), P2 (27 Janeiro), P3 (11 de febrero) y P4 (26 de febrero), utilizando un pulverizador back-pack PH-B20 operado manualmente. Los aerosoles se suministraron a una velocidad de 10 L.min⁻¹, mojando todo el tronco, hojas, frutos y ramas desde el suelo hasta 3,0 m.

2.4. Monitoreo

Los frutos de cada árbol experimental fueron monitoreados para detectar infección por monilia en 6 plantas (cada planta puede contener un número determinado de mazorcas) en cuatro períodos: 11 (primera evaluación después de la aplicación del tratamiento) y 27 de enero, y 11 y 26 de febrero de 2021. En cada período, se evaluaron los frutos mayores de 15 cm considerando: i) número de mazorcas sanas; ii) número de mazorcas afectadas con *M. roreri*; iii) número de semillas en mazorcas sanas; y iv) peso total de las semillas. Antes de aplicar cualquier tratamiento en el área experimental se observó que la mayoría de las mazorcas de cacao estaban infectadas por *Moniliophthora roreri*. Así, los frutos infectados totalmente con monilia fueron cortados y retirados de sus árboles y enterrados bajo tierra (ver Figura 2). La incidencia (%) de las mazorcas recolectadas con "moniliasis" se cuantificó mediante la siguiente ecuación: $I (\%) = (IC/CH) \times 100$ (donde, I (%) = porcentaje de frutos infectados con la enfermedad, IC = número de mazorcas infectadas; y CH = número total de mazorcas cosechadas). El peso total (baba cacao) se calculó pesando (kg/planta) los granos extraídos de frutos maduros cosechados durante el período de evaluación.



Figura 2. Frutos de cacao infectados con monilia, siendo enterrados.

Se recogió suelo cerca de la plantación de cacao y se realizó un análisis en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El método utilizado fue el recomendado por Soil Science Society of America, (1992). El suelo de la plantación de cacao orgánico mostró un franco viscoso, con un pH de 7,97.

2.5. Análisis de datos

Los datos obtenidos se sometieron al análisis unidireccional de varianza (ANOVA) y a la prueba posterior de Tukey (valor de $p < 0,05$ fue significativo) para comparar la media entre los diferentes tratamientos aplicados. Los gráficos y el análisis estadístico se realizaron utilizando el software R, versión 3.3.6 (R Team Core, 2019).

3. Resultados y discusiones

En la figura 2, se muestra el número de mazorcas sanas, mazorcas afectadas por *Moniliophthora roreri*, y el total de mazorcas evaluadas en cada período (P1, P2, P3 y P4) y a través de cuatro tratamientos: dos orgánicos: T1 = *Zingiber officinale*, T2 = *áloe vera*, un T3 biológico = *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis*, y T4 = control cultural. En el Periodo 1 (P1) (después de los primeros 15 días de aplicación de los tratamientos) se observa que aún existe un elevado número de mazorcas infectadas en comparación con el total evaluado. Por ejemplo, para T1, T2, T3, T4 se informó que el 51,8%, 38,9%, 45,5% y 55,6%, todavía estaba infectado, respectivamente. En contraste, en el P2 (después de 30 días de evaluación y segunda aplicación de tratamientos) para T1, T2, T3 y T4 se encontró que el 10,0%, 16,6%, 0,0%, y 44,4 estaban todavía infectados, pero mostrando una reducción infecciosa. Para P3 y P4 se observó un comportamiento similar de reducción para todos los tratamientos, excepto para T4 (control cultural) que mantuvo casi el mismo número de mazorcas infectadas en todos los períodos.

Los resultados de este ensayo mostraron la opción de utilizar controles biológicos y orgánicos para la moniliasis en el área de estudio. Por ejemplo, Joya-Dávila et al., (2015) produjeron ocho hidro-destilados de *Z. officinale* (T1) para inhibir la infección por moniliasis y reportaron entre el 88% y el 100% del control de

la infección. Tamayo et al., (2016) también reportaron efectividad de *Z. officinale* en moniliasis en cultivos de *T. cacao*. Estos resultados se encuentran de acuerdo con el presente estudio.

El *áloe vera* (T2, Figura 3) como fungicida mostró disminución de la moniliasis en *Theobroma cacao*. En la literatura científica, no hay información sobre la aplicación de *áloe vera* y su efecto antifúngico y antibacteriano sobre la moniliasis. Sin embargo, este bio-fungicida mostró resultados exitosos en el control de *Mycosphaerella fijiensis* (Jaramillo et al., 2017), otomosis patogénica (Saniasiaya et al., 2017). Asimismo, Asmerom et al., (2020) evaluaron el efecto antibacteriano y antifúngico del *áloe megalacantha* sobre seis bacterias (*S. aureus* (standard), *S. aureus* (clinical isolate), *E. coli* ATCC 25922 (standard), *E. coli* (clinical isolate), *K. pneumoniae* (standard), y *P. aeruginosa* ATCC 27853 (estándar)) y cuatro cepas de hongos (*C. albicans*, *C. glabrata*, *C. tropicalis*, y *C. krusei*), reportando mayor actividad contra *C. krusei* y *S. aureus*.

Seng et al., (2014) reportaron una reducción de la infección monilia después de 35 días de tratamiento con *Trichoderma sp* (T3) siendo este resultado similar al encontrado en este estudio (30 días). Asimismo, Carvajal et al., (2015) evaluaron dos especies aisladas de *Trichoderma sp* y una de *Bacillus sp* y encontraron infección por moniliasis después de cuatro semanas (28 días). Sin embargo, no se notificaron diferencias significativas entre tratamientos.

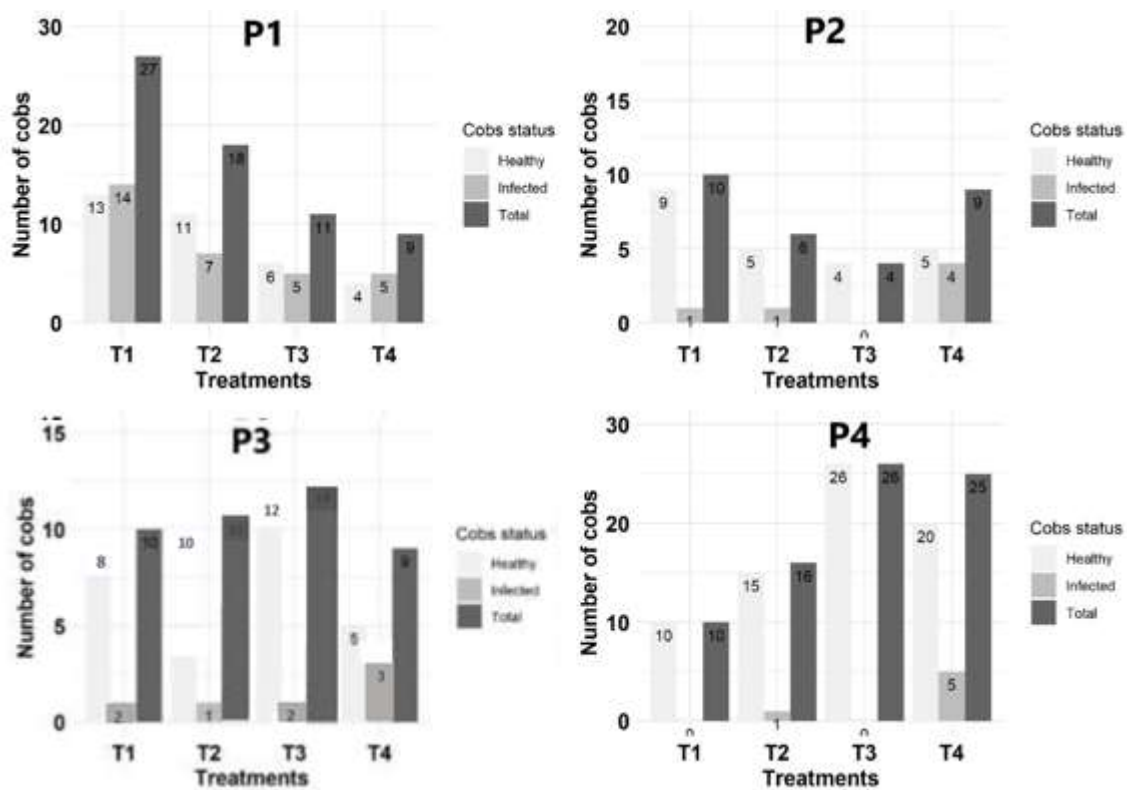


Figura 3. Número de mazorcas sanas, mazorcas afectadas por *Moniliophthora roreri*, y el total de mazorcas en cada período (P1, P2, P3 y P4) y cada tratamiento.

En la figura 4, se muestra la cantidad de mazorcas sanas, infectadas y totales estudiadas por el tratamiento durante todos los períodos. En la figura 4 se observa que las mazorcas sanas siguieron el siguiente orden: T3 (Trichoderma sp., n = 48) > T2 (n =41) > T1 (n = 40) > T4 (n = 34). No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el T1 y el T2. Sin embargo, entre otros tratamientos ($p < 0,05$) se encontraron diferencias significativas. Mejor efecto de Trichoderma sp. , puede explicarse porque este hongo es un antagonista natural de M. royeri y sus especies producen más de 40 metabolitos diferentes capaces de inhibir varios microorganismos fitopatógenos (Harman et al., 2004).

Las mazorcas infectadas se ordenan de la siguiente manera: T4 (n = 18) > T1 (n = 17) > T2 (n = 10) > T3 (n = 7). No se encontraron diferencias ($p < 0,05$) entre el T1 y el T4, pero los otros tratamientos mostraron diferencias ($p > 0,05$) entre ellos. El control cultural mostró ser menos efectivo en comparación con otros tratamientos. Toala y otros, (2019) reportaron resultados similares con aumento en el número de mazorcas infectadas cuando solo se aplicó control cultural.

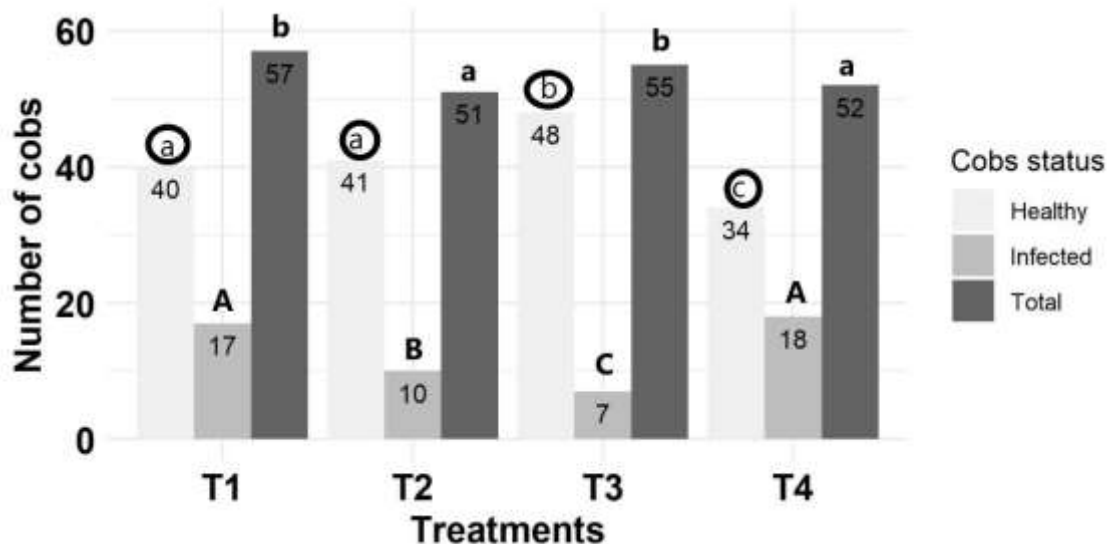


Figura 4. Número de mazorcas sanas, mazorcas infectadas por M. royeri, y total de muestras monitoreadas para cada tratamiento.

En la tabla 1, se presenta la incidencia de moniliasis (%) y el peso de la fruta (kg) para cada periodo y tratamiento y su promedio en el control de M. royeri. La incidencia de moniliasis media se ordena de la siguiente manera: T4 (41,1%) > T1 (20,5%) > T2 (17,7%) > T3 (14,9%). Asimismo, el peso medio de los frutos T3 (8,4 kg) > T2 (7,3 kg) > T1 (6,9 kg) > T4 (5,4%). A partir de los resultados, el T3 (Trichoderma sp) mostró un mejor rendimiento en la reducción de la incidencia de moniliasis y obtener el mayor peso del fruto. Asimismo, se notificaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la incidencia y el peso del fruto (excepto T1 y T2).

Tabla 1. Incidencia de moniliasis (%) y peso del fruto (kg/planta) por periodo y tratamiento para controlar la enfermedad de *M. roleri*.

Treatment	Period	Incidence per Treatment (%)	Fruit weight (kg) per treatment	Incidence (%)	Fruit weight (kg)
T1	P1	51.9	2.4	20.5 a	6.9 a
	P2	38.9	2.3		
	P3	45.5	0.9		
	P4	55.6	0.6		
T2	P1	10.0	1.2	17.7 b	7.3 a
	P2	16.7	1.0		
	P3	0.0	0.6		
	P4	44.4	0.75		
T3	P1	20.0	1.3	14.9 c	8.4 b
	P2	9.1	1.55		
	P3	14.3	2.1		
	P4	37.5	1.1		
T4	P1	0.0	2.0	41.1 d	5.4 c
	P2	6.3	2.4		
	P3	0.0	4.8		
	P4	20	2.9		
TOTAL				24.2	27.9

Los valores en cada línea vertical seguidos por la misma letra no difieren significativamente en $p < 0.05$.

4. Conclusiones

Los resultados indican que el uso de fungicidas biológicos disminuye la incidencia de moniliasis y aumenta el peso de los frutos. El T3 (*Trichoderma* + bacilo) mostró mejor desempeño en la disminución de la infección por moniliasis que el T1 (*Zingiber officinale*) y el T2 (áloe vera). Sin embargo, la planta de áloe vera debe ser estudiada aplicando diferentes métodos de extracción y aplicando a diferentes concentraciones para encontrar mejores efectos antifúngicos.

Referencias

- Afrane, G., Ntiamoah, A., 2011. Use of Pesticides in the Cocoa Industry and Their Impact on the Environment and the Food Chain, in: *Pesticides in the Modern World - Risks and Benefits*. In Tech, Shanghai, China, pp. 51–68. <https://doi.org/10.5772/17921>
- Aime, M.C., Phillips-Mora, W., 2005. The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (*Theobroma cacao*) form a new lineage of *Marasmiaceae*. *Mycologia* 97, 1012–1022. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832751>

- Aneja, M., Gianfagna, T.J., Hebbar, P.K., 2006. *Trichoderma harzianum* produces nonanoic acid, an inhibitor of spore germination and mycelial growth of two cacao pathogens. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 67, 304–307. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2006.05.002>
- Asmerom, D., Kalay, T.H., Tafere, G.G., 2020. Antibacterial and Antifungal Activities of the Leaf Exudate of *Aloe megalacantha* Baker. *Int. J. Microbiol.* 1, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2020/8840857>
- Bailey, B.A., Evans, H.C., Phillips-Mora, W., Ali, S.S., Meinhardt, L.W., 2018. *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Mol. Plant Pathol.* 19, 1580–1594. <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>
- Carvajal, J.E.V., Rosero, S.E.V., Orozco, W.L.V., 2015. Aplicación de Antagonistas Microbianos para el Control Biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. bajo condiciones de campo. *Rev. Fac. Nac. Agron.* 68, 7441–7450. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47830>
- Delgado, J., Mandujano, J., Reátegui, D., Ordoñez, E., 2018. Development of dark chocolate with fermented and non-fermented cacao nibs: total polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity and sensory evaluation. *Sci. Agropecu.* 9, 543–550. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.10>
- Evans, H.C., Stalpers, J.A., Samson, R.A., Benny, G.L., 1978. On the taxonomy of *Monilia roreri*, an important pathogen of *Theobroma cacao* in South America. *Can. J. Bot.* 56, 2528–2532. <https://doi.org/10.1139/b78-305>
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M., 2004. *Trichoderma* species - Opportunistic, a virulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2, 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>
- Idris, A., Rasaki, K., Folake, T., Hakeem, B., 2013. Analysis of pesticide use in cocoa production in Obafemi Owode local government area of Ogun State, Nigeria. *J. Biol. Agric. Healthc.* 3, 1–9.
- Jaramillo, E., Barrezueta-Unda, S., Luna, E., Castillo, S., 2017. In vitro evaluation of the *Aloe vera* gel on *Mycosphaerella fijiensis*, causative agent of black Sigatoka disease in *Musa* (AAA). *Sci. Agropecu.* 8, 273–278. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.10>
- Joya-Dávila, J.G., Ramírez-González, S.I., López-Báez, O., Alvarado-Gaona, Á.E., 2015. Efecto antifúngico de hidrodestilados de *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Moniliophthora roreri* (Cif&Par). *Cienc. Y Agric.* 12, 21. <https://doi.org/10.19053/01228420.4350>
- López, Y.M.C., Cunias, M.Y.R., Carrasco, Y.L.V., 2020. Peruvian cocoa and its impact on the national economy. *Rev. Univ. y Soc.* 12, 344–352.
- Mejía, L.C., Rojas, E.I., Maynard, Z., Bael, S. Van, Arnold, A.E., Hebbar, P., Samuels, G.J., Robbins, N., Allen, E., 2008. Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biol. Control* 46, 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.012>
- MINAGRI, 2019. Observatorio de Commodities: Cacao 2019, Observatorio De Commodities: Cacao.

- MINAGRI, 2008. Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Lima, Perú.
- R Team Core, 2019. A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria.
- Saniasiaya, J., Salim, R., Mohamad, I., Harun, A., 2017. Antifungal effect of Malaysian aloe vera leaf extract on selected fungal species of pathogenic otomycosis species in in vitro culture medium. *Oman Med. J.* 32, 41–46. <https://doi.org/10.5001/omj.2017.08>
- SENAMHI, 2021. Boletín pronóstico de riesgos agroclimáticos de cultivo de Cacao (*Theobroma cacao*). Huánuco, Perú.
- Seng, J., Herrera, G., Vaughan, C.S., McCoy, M.B., 2014. Use of *Trichoderma* fungi in spray solutions to reduce *Moniliophthora roreri* infection of *Theobroma cacao* fruits in northeastern Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 62, 899–908. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i3.14059>
- Soil Science Society of America, 1992. Chemical and microbiological properties, in: *Methods of Soil Analysis*. Madison, Wis. : American Society of Agronomy : Soil Science Society of America, p. 1159.
- Tamayo, L., Ramírez, S., López, O., Quiroga, R., Espinosa, S., 2016. Extractos por destilación de *Origanum vulgare*, *Tradescantia spathacea* and *Zingiber officinale* for handling of *Moniliophthora roreri* de *Theobroma cacao*. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* 7, 1065–1076.
- 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 TT - Strategies for Control of *Moniliophthora roreri* and *Moniliophthora perniciosa* in *Theobroma cacao* L.: A Systematic Review TT - *Es. Cienc. y Tecnol. Agropecu.* 17, 417–430.
- Toala, V.A., Ventura, R.B., Huamán, L.A., Castro-Cepero, V., Julca-Otiniano, A., 2019. Cultural, biological and chemical control of *Moniliophthora roreri* and *Phytophthora* spp in *Theobroma cacao* ‘CCN-51.’ *Sci. Agropecu.* 10, 511–520. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>
- Villamil, J.E.C., Sierra, L.J.A., Olarte, Y.L., Mosquera, A.T.E., Fajardo., J.D.C., Pinzón, E.H., Martínez, J.W.O., 2016. Integración de prácticas culturales y control biológico para el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par. *Rev. Ciencias Agrícolas* 32, 13. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.9>