



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

Agroecological management of Moniliasis in cocoa (*Theobroma cacao*) using biofungicides and phytosanitary pruning in the La Troncal canton

Gestão agro-ecológica da Monilíase no cacau (*Theobroma cacao*) utilizando biofungicidas e poda fitossanitária no cantão de La Troncal

Wilmer Pilaloo David¹

wpilaloo@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0653-552X>

Dora Pérez Vaca¹

dora_perez26@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1558-7978>

Allan Alvarado Aguayo¹

aalvarado@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2245-7661>

Sinthya Torres Sánchez²

cinthiatts@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7971-297X>

¹Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil-Ecuador

²Instituto Tecnológico Superior Enrique Noboa Arizaga, La Troncal-Ecuador

Artículo recibido 18 de septiembre 2021 / Arbitrado y aceptado 28 de octubre 2021 / Publicado 13 de diciembre 2021

RESUMEN

Moniliophthora roreri es el causante de grandes pérdidas económicas en el sector cacaotero ecuatoriano. La poda de las ramas y el uso de biofungicidas viene puesto a consideración de los agricultores como método de control, sin embargo, se desconoce la efectividad de los mismos cuando se combinan. Así la presente investigación determinó la mejor forma de control de la moniliasis mediante 4 tratamientos en la provincia del Cañar; T1: Bacillus sp +poda; T2: Trichoderma sp+ poda; T3: Mancozeb; T4: Testigo con solo poda. Pese a las diferencias que se mostraron para las variables incidencia, número de flores y pepinos sanos entre los tratamientos, se corrobora que la aplicación de cualquier tipo de fungicida disminuye el daño ocasionado con el hongo y que la poda por sí sola es la menos eficiente. Tal cual lo mostró la variable rendimiento, misma que no presentó diferencias estadísticas entre el tratamiento 1,2 y 3. Sin embargo el análisis económico arrojó como el de mayor rentabilidad al T1 Bacillus sp +poda con una relación beneficio costo de 1,29 dólares con una aplicación de 1,5 l ha-1.

Palabras clave: Biofungicidas; Poda; Hongo; Moniliasis; Mancozeb

ABSTRACT

Moniliophthora roreri is the cause of great economic losses in the Ecuadorian cocoa sector. The pruning of branches and the use of biofungicides are considered by farmers as a control method, however, their effectiveness when combined is unknown. Thus, the present investigation determined the best way to control moniliasis through 4 treatments in the province of Cañar; T1: Bacillus sp + pruning; T2: Trichoderma sp + pruning; T3: Mancozeb; T4: Control with only pruning. In spite of the differences that were shown for the variables incidence, number of flowers and healthy cucumbers among the treatments, it is corroborated that the application of any type of fungicide diminishes the damage caused by the fungus and that pruning alone is the least efficient. However, the economic analysis showed that T1 Bacillus sp + pruning was the most profitable with a benefit-cost ratio of 1.29 dollars with an application of 1.5 l ha-1.

Key words: Biofungicides; Pruning; Fungus; Moniliasis; Mancozeb

RESUMO

Moniliophthora roreri é a causa de grandes perdas econômicas no setor do cacau equatoriano. A poda de galhos e o uso de biofungicidas têm sido considerados pelos agricultores como métodos de controle, mas sua eficácia quando combinados é desconhecida. Assim, a presente investigação determinou a melhor maneira de controlar a monilíase utilizando quatro tratamentos na província de Cañar: T1: Bacillus sp + poda; T2: Trichoderma sp + poda; T3: Mancozebe; T4: Controle somente com poda. Apesar das diferenças mostradas para as variáveis incidência, número de flores e pepinos saudáveis entre os tratamentos, é corroborado que a aplicação de qualquer tipo de fungicida reduz os danos causados pelo fungo e que a poda por si só é a menos eficiente. Entretanto, a análise econômica mostrou que o T1 Bacillus sp + poda foi o mais rentável com uma relação custo-benefício de 1,29 dólares com uma aplicação de 1,5 l ha-1.

Palavras-chave: Biofungicidas; Poda; fungo; Monilíase; Mancozebe

INTRODUCCIÓN

El cacao es una fruta tropical cuya producción se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. En el país se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional (1). De acuerdo con la Organización Internacional del Cacao, la producción de este rubro es inestable debido a ciertos factores, entre los cuales resaltan las enfermedades como la monilia y los insectos plagas, que ocasionan pérdidas estimadas en 30% de la producción potencial mundial del cultivo (2).

La monilia del cacao, conocido también como: moniliasis del cacao, pudrición acuosa, mano de piedra, Helada, Mancha ceniza o enfermedad de Quevedo es una enfermedad ocasionada por el hongo *Moniliophthora roreri*, el cual ocasiona pudrición de los granos. Este, en presencia de temperatura y humedad altas presenta mayor diseminación, demostrando así, la influencia de estas variables climáticas en la proliferación y severidad del hongo, dependiente de la zona y la época del año (3).

La forma de control más utilizada es la química, dejando de lado el uso de hongos antagonistas, poco estudiados en nuestro medio y las prácticas culturales, que para efecto de control de monilia, consisten en podas y eliminación de mazorcas (4).

La moniliasis ataca específicamente a los frutos del cacao afectando la producción entre un 45 % a 100 %, lo que representa millones de pérdidas por año (5). Así, la comunidad 10 de agosto, del cantón La Troncal, provincia del Cañar, al ser una zona dedicada a la producción

de cacao clonal de la Colección Castro Naranjal 51 (CCN – 51), evidencia moniliasis en mazorcas, disminuyendo los rendimientos y aumentando el uso de agroquímicos en el intento de controlar y mermar la enfermedad. Misma que se marca aún más con la ausencia de podas fitosanitarias.

El cacao ecuatoriano, variedad CCN-51, creada en Ecuador por Homero Castro Zurita es cotizado en las industrias a nivel mundial, según Cedeño (6), en el país cuenta con alrededor de 400.000 hectáreas de cacao, de las cuales alrededor de 100.000 son de CCN-51, que producen 50% o más, de las 260.000 toneladas de cacao que produce Ecuador. Posicionándolo como el cuarto productor del mundo, (del séptimo lugar en que se encontraba hace 7 años con 110.000 toneladas).

En la última década, el cantón La Troncal ha sufrido por la infección del hongo *Moniliophthora roreri*, a las plantaciones de cacao CCN-51, llevando a la búsqueda de métodos de control entre las buenas prácticas fitosanitarias, así la poda ayuda al mantenimiento de los árboles en buen estado evitando la humedad relativa que favorece el desarrollo del hongo; y, la aplicación de fungicidas orgánicos como *Trichoderma* spp y *Bacillus* spp podrían reducir y mermar ataques a las plantas de cacao sin afectar al medio ambiente debido a que su mecanismo de acción son parasitar o depredar a ciertos hongos.

Por lo expuesto, la presente investigación propone el uso de poda fitosanitaria conjuntamente con el uso de biofungicida,

como una alternativa o complemento para el control de la enfermedad, incluyéndolo dentro de un programa de manejo integrado, para controlar el ataque de la moniliasis y no afectar la producción.

El presente trabajo se desarrolló desde agosto 2020 a enero 2021, en la comunidad 10 de agosto del Cantón La Troncal, provincia del Cañar cuyas coordenadas geográficas son $X = -2.486566$ $Y = -79.356508$. Presenta un clima Sub-Tropical con temperaturas que oscilan entre 18°C y 24°C y con una pluviosidad de 2.027,2 milímetros de lluvia, repartidas mayormente en los meses de enero a mayo con 1.732,8 mm lo que equivale al 85.47%. Marcando dos épocas estacionales, una lluviosa de enero a mayo y otra seca de mayo a diciembre (7).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos usados fueron Teóricos-Científicos, usando técnicas analíticas, empírico-experimental donde se evaluó la

aplicación de dos biofungicida comerciales más la poda fitosanitaria, con el fin de determinar si dicha combinación representa menor gasto y mejor control contra el hongo causante de la enfermedad de la monilia en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN – 51, mismos que serán aplicados en la Hacienda “Don Braulio”, ubicada en el Cantón La Troncal, provincia del Cañar; en los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre

La aplicación de los biofungicidas se realizó en dos presentaciones, una a base de *Trichoderma* y la segunda de *Bacillus*, en una finca de 12 hectáreas con un distanciamiento de siembra de 3 x 3, cuya edad de plantación es de 18 años. Se realizó la aspersion con una bomba de mochila, a toda la planta y a la mazorca en horas de la mañana, con dosis de 1 litro por hectárea dosificada para 12 plantas por parcela, como se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos implementados en la investigación.

Tratamiento	Producto
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda fitosanitaria
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda fitosanitaria
T3	Químico + poda fitosanitaria
T4	Poda fitosanitaria sin aplicación

La investigación contó con variables independientes representadas por los tratamientos biocontroladores a base de *Trichoderma* y *Bacillus* más la poda fitosanitaria y el testigo químico.

Las variables dependientes, siendo estas: incidencia de la enfermedad expresada en porcentaje, cantidad de flores por planta, número de pepinos y mazorcas por planta, cantidad de frutos enfermos, porcentaje de

incidencia de monilia, severidad externa, peso (g), longitud y diámetro de las mazorcas (cm), rendimiento (kg/ha) y estudio económico.

Se instalaron veinte parcelas experimentales, con una dimensión de 10 metros de largo y 10 metros de ancho, con un total por cada parcela de 100 m². Aquí se tomaron 5 plantas, mismas que fueron evaluadas a frecuencia quincenal.

A continuación, se especifica para cada variable, la técnica usada para el levantamiento de datos:

Incidencia inicial de la enfermedad (%)

Basándose en los criterios expuestos en Fedecacao (8), se realizó la evaluación de frutos, este se hizo al inicio de los tratamientos sobre los árboles identificados, contando todos los frutos que presenten los síntomas o signos de Moniliasis y los frutos sanos maduros (únicamente los frutos pintones y maduros). Los frutos evaluados se eliminaron de los árboles, para evitar que sean nuevamente contados en las evaluaciones siguientes.

Fórmula de cálculo

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de frutos enfermos}}{\text{Número total de frutos}} \times 100$$

Cantidad de flores por planta

De cada tratamiento se contó el número de flores de las 5 plantas centrales de las ramas productivas desde la base hasta la copa, con el fin de determinar cuántas flores fructificarán.

Numero de pepinos y mazorcas por planta

Para la obtención de este dato se contaron el número de pepinos por planta para conocer cuántas flores fructificaron a partir de los quince días de primera aplicación, así mismo, se contaron el número de pepinos cada quince días desde la primera aplicación y al término de la cuarta se contaron el número de mazorcas existentes por planta.

Cantidad de frutos enfermos

Para obtener este dato se contaron el número de mazorcas existentes en cada planta.

Porcentaje de incidencia de la monilía (*Moniliophthora roreri*)

Las evaluaciones se realizaron después de cada aplicación de los productos (treinta y sesenta días), observando las plantas en estudio por tratamiento. Se contabilizaron el número de mazorcas sanas y con daños o lesiones por monilia, lo que se valoró mediante una escala, para determinar el porcentaje de la incidencia de daño.

Severidad externa

Esta variable mide el nivel de daño externo causado por el hongo y su habilidad para producir propágulos. Se contabilizó en mazorcas la apariencia externa del fruto y los signos del patógeno, utilizando la escala de severidad que muestra la Tabla 2, en base a los síntomas de la *M. roreri* propuesta por Pérez y Zorrilla (9). Para mejor identificación se usaron también las imágenes de referencia de la Figura 1.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos implementados en la investigación.

Valor	Interna (% afectado)	Externa (Síntomas)
0	0	Fruto sano
1	1 a 20	Presencia de punto aceitoso (hidrosis)
2	21 a 40	Presencia de tumefacción y/o madurez prematura
3	41 a 60	Presencia de mancha chocolate
4	61 a 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: Pérez y Zorrilla (2017).

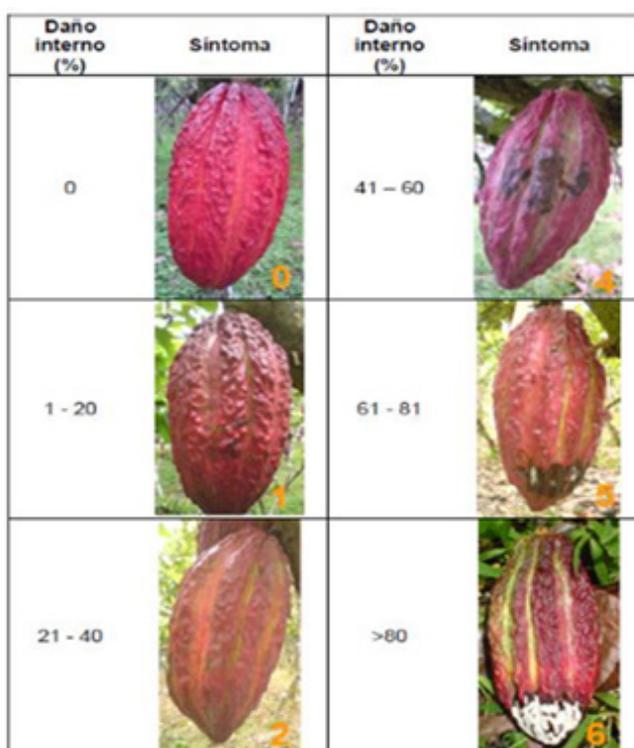


Figura 1. Síntomas externos de moniliasis (*Monilophthora roeri*) según la escala de clasificación propuesta por Arteaga (10).

Peso del grano (g)

Para determinar esta variable se tomaron al azar ocho mazorcas por cada tratamiento y repetición, que fueron pesadas en una balanza.

Longitud de las mazorcas (cm)

A las mismas ocho mazorcas se les midió la longitud de la mazorca con la ayuda de una cinta métrica, desde la base del pedúnculo

hasta el extremo inferior del fruto pasando por curvatura, registrando los valores en centímetros.

Diámetro de las mazorcas (cm)

Por último, a las mazorcas empleadas anteriormente se les midió el diámetro de la mazorca con la ayuda de un calibrador.

Rendimiento (kg/ha)

Se pesaron las almendras cosechadas por cada parcela y al peso obtenido se restó el 40 % de la merma. El resultado representa el valor del cacao en seco. Todo esto expresado en Kg por ha.

Estudio económico

El análisis económico se realizó en base a la fórmula de Komiya (11), de relación beneficio/costo, mediante la siguiente fórmula:

$$RBC = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{costos totales}} - 1$$

Tabla 3. Presupuesto para la realización del experimento.

N°	Concepto	Presupuesto
1	Labores culturales	200
2	Fertilización	100
3	Producto a base de <i>Bacillus</i> sp	10
4	Producto a base de <i>Trichoderma</i> sp	14,5
5	Producto químico	7,5

Estadística descriptiva e inferencial

El presente trabajo utilizó un diseño de Bloques completos al Azar (DBCA) y la prueba de Tukey como comparación de medias.

Tabla 4. Esquema de ANDEVA.

F de V	Formula	Desarrollo	GL
Tratamientos	(t-1)	(4-1)	3
Repeticiones	(r-1)	(5-1)	4
Error Experimental	(t-1) (r-1)	(4-1) (5-1)	12
Total	(tr)-1	(4x5)-1	19

Diseño experimental

En campo se contó con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, instalados al azar, con un área experimental de 100 m², tomando cinco árboles al azar.

Tratamientos

Tabla 5. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Producto	Dosis (ha)	Dosis (100 m ²)	Frecuencia
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda fitosanitaria	1,5 lit	0,015 lit	Al iniciar el tratamiento, a los 30 y 60 días.
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda fitosanitaria	1,5 lit	0,015 lit	Al iniciar el tratamiento, a los 30 y 60 días.
T3	Químico + poda fitosanitaria	1 lit	0,010 lit	Al iniciar el tratamiento, a los 30 y 60 días.
T4	Poda fitosanitaria sin aplicación			Al iniciar el tratamiento, a los 30 y 60 días

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nivel de incidencia inicial de *Monilia* en el cultivo de cacao

De acuerdo con lo establecido en la metodología, se evaluó el porcentaje de

incidencia inicial de la enfermedad en las diferentes parcelas, antes de las aplicaciones, basado en el número de mazorcas sanas y enfermas registrando los valores que a continuación se observa en la tabla 6:

Tabla 6. Porcentaje de incidencia inicial por tratamiento.

Tratamientos	N° Mazorcas totales	N° Mazorcas enfermas	% Incidencia
T1 <i>Bacillus sp</i> + poda	312	68	22
T2 <i>Trichoderma sp</i> + poda	308	61	20
T3 Mancozeb + poda	322	66	20
T4 Testigo	336	68	20

Los valores presentados y sus respectivas letasmuestranque las parcelas experimentales iniciaron el ensayo con el mismo nivel de infección, al no existir diferencias estadísticas entre las mismas, de acuerdo con la prueba de Tukey.

Identificación del tratamiento que presenta mayor eficacia para el control de moniliasis en el cultivo de cacao CCN-51.

Para establecer el mejor tratamiento reflejado en control de la incidencia de enfermedad se compararon las medias de los tratamientos como lo muestra la Tabla 7.

Tabla 7. Valores de las medias de incidencia de *Moniliophthora roreri* con las aplicaciones a los 30 y 60 días.

Tratamientos		30 días	60 días
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda	8,82 a	3,47 a
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda	15,4 b	4,77 a
T3	Mancozeb + poda	16,2 b	6,80 a
T4	Testigo	29,9 c	15,33 b
CV		18,54	15,02

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La tabla superior muestra la respuesta de los árboles de cacao a las aplicaciones de los tratamientos; evidenciando que el uso de las podas ayuda en el control de monilia a lo largo del tiempo, pero, que por sí solo, se presenta como el tratamiento menos efectivo, de acuerdo con el valor del testigo. Así, el mejor tratamiento en las dos evaluaciones corresponde a *Bacillus sp* + poda, quien controla la incidencia de la enfermedad desde la primera aplicación, resultando ser igual de

eficiente que *Trichoderma sp.*+ poda a los 60 días, seguido por el tratamiento químico.

Número de flores a los 30 y 60 días

Como medida para establecer la influencia de monilia en los arboles de cacao y, el efecto de los tratamientos en el desarrollo y productividad de la planta, se evaluó la variable de número de flores a los 30 y 60 días. Obteniendo lo mostrado la Tabla 8.

Tabla 8. Medias del número de flores a los 30 y 60 días.

Tratamientos		30 días	60 días
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda	242,80 a	241,00 a
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda	215,60 ab	229,89 a
T3	Mancozeb + poda	191,60 bc	160,20 b
T4	Testigo	168,40 c	164,20 b
CV		20,01	21,31

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Los resultados arriba mostrados permiten interpretar que los tratamientos biológicos *Trichoderma sp* y *Bacillus sp* combinados con poda, presentan mayor número de inflorescencia y diferencias estadísticas significativas al ser comparados con el testigo y el control químico, quienes entre sí no presentan diferencias a los 60 días. Resultando que los biofungicidas, influyen en el número de flores de las plantas de cacao.

Número de frutos a los 30 y 60 días

Como indicador en el proceso del ensayo se contabilizaron y compararon la cantidad de frutos después de las dos aplicaciones, tal como lo muestra la Tabla 9 con las letras que indican su significancia estadística.

Tabla 9. Media del número de frutos a los 30 y 60 días.

Tratamientos		30 días	60 días
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda	23,06 a	37,00 a
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda	22,08 a	37,36 a
T3	Mancozeb + poda	17,12 b	24,2 b
T4	Testigo	16,74 b	23,62 b
CV		5,47	5,66

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Según la diferenciación de medias que se aprecia en la tabla superior, se destacan los tratamientos de *Bacillus sp.* y *Trichoderma sp.* + poda, como los que mayor número de frutos sanos presentan en la evaluación a los 30 días y 60 días, incrementado su cantidad entre ellas y presentando diferencias estadísticas altamente significativas versus los otros tratamientos, pero no entre sí. Por otro lado, en lo que se

refiere al tratamiento con Mancozeb y testigo, no presentan diferencias estadísticas entre sí, aunque también muestran un incremento en la variable en estudio a lo largo del tiempo.

Número de frutos enfermos a los 30 y 60 días

En lo que a frutos enfermos se refiere en los dos tiempos de evaluación, los resultados se encuentran plasmados en la Tabla 10.

Tabla 10. Medias del número de frutos enfermos.

Tratamientos		30 días	60 días
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda	5,00 a	3,60 a
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda	3,40 b	1,76 b
T3	Mancozeb + poda	3,00 b	1,64 b
T4	Testigo	2,00 c	1,28 b
CV		17,31	16,73

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Según la tabla anterior, la mayor cantidad de frutos enfermos a los 30 días los presenta el testigo, con diferencias estadísticas significativas versus el resto de tratamientos, seguidos por los tratamientos de *Trichoderma* y Mancozeb + poda, siendo estadísticamente iguales entre sí, y, como mejor tratamiento por presentar menor número de frutos infectados se tiene a *Bacillus* + poda. Permitiendo observar como con el paso del tiempo el número de frutos afectados por la enfermedad disminuye gracias al control efectuado, existiendo el mismo grado de control entre los fungicidas versus el testigo.

Severidad

Con la finalidad de determinar la eficacia de los tratamientos en cuanto a severidad, se procedió a evaluar la plantación en dos momentos, uno antes de las aplicaciones y otro a los sesenta días, considerada como severidad final. Los valores fueron obtenidos usando la escala especificada en la metodología, asignando valores de 1 a 5 a cada porcentaje, de acuerdo con la sintomatología que presentó. A continuación, los resultados:

Tabla 11. Severidad de monilia en cacao.

Tratamientos		Inicial	Final
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda	4 a	3 a
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda	4 a	3 a
T3	Mancozeb + poda	4 a	3 a
T4	Testigo	4 a	4 b
CV		9,69	6,78

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La Tabla 11, muestra que la severidad al inicio de la investigación fue la misma en todos los tratamientos, sin existir diferencias estadísticas tal como lo muestra la diferenciación de medias obtenida en la prueba de Tukey al 5%. Mientras que, a los sesenta días, la severidad en el testigo mostró ser estadísticamente mayor cuando comparada con el resto de tratamientos, de aquí la diferencia de letras a (T1, T2, T3) y b (T4).

Peso del grano (g)

La figura que se presenta a continuación, representa el peso del grano en gramos obtenido al final de las aplicaciones de los diferentes tratamientos, restando el 40% correspondiente a la merma.

Tabla 12. Media del peso de las mazorcas al finalizar la investigación.

Tratamientos		Peso (g)
T1	<i>Bacillus sp</i> + poda	210,07 b
T2	<i>Trichoderma sp</i> + poda	208,20 b
T3	Mancozeb + poda	207,77 b
T4	Testigo	154,95 a
CV		7,12

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

De acuerdo a los valores obtenidos con las medias del peso, se aprecia que los bio-fungicidas y el fungicida químico presentaron valores similares, sin diferencias estadísticas (a) pero con pesos superiores al testigo (b).

Longitud de las mazorcas en centímetros

Para la variable longitud de mazorcas, se obtuvieron las medidas en centímetros y con los valores de las medias se obtuvo la Figura 2.

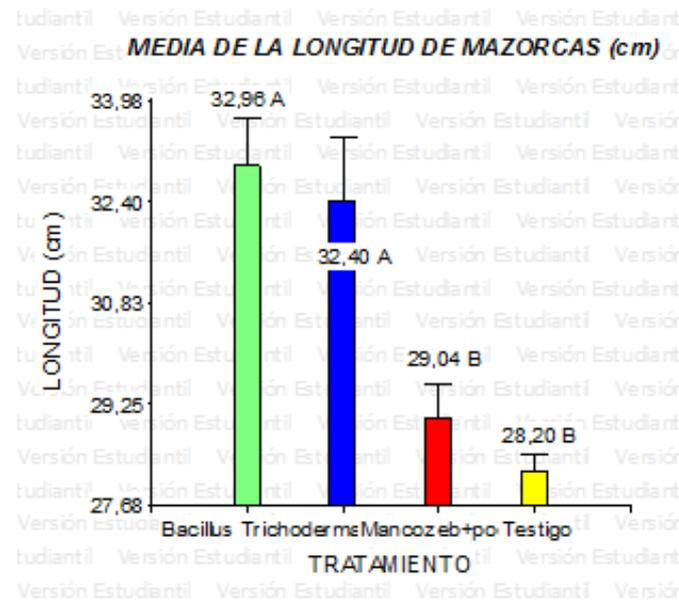


Figura 2. Medias de la longitud de mazorcas al finalizar la investigación.

En este caso, así como, para la variable de peso de las mazorcas, la tendencia de los resultados fue igual; es decir que el testigo resultó ser el de menor longitud, junto con el tratamiento químico, al compararlos con los fungicidas, tal como lo muestran las letras a y b de cada barra.

Diámetro de las mazorcas en centímetros

La última variable considerada en la mazorca fue su diámetro y sus resultados están graficados a continuación:

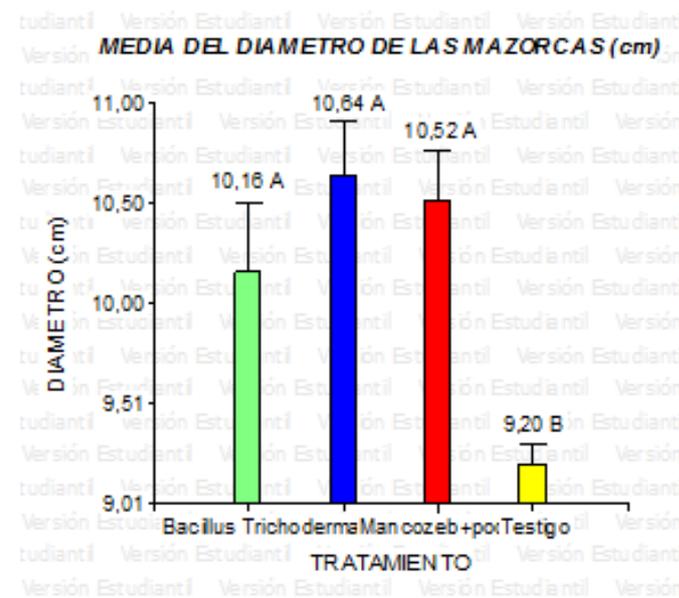


Figura 3. Medias del diámetro de mazorcas al finalizar la investigación.

Las gráficas muestran que, para la variable en cuestión, el testigo continúa siendo el de menor promedio versus los fungicidas.

Rendimiento

La producción obtenida se proyectó para una hectárea de cultivo, sumando todos los rendimientos obtenidos de grano seco a lo largo del ensayo. Estos valores demostraron que el tratamiento con mejor rendimiento fue el de *Bacillus* sp más poda con 1191,78 kg/ha, seguido por *Trichoderma* sp más poda 1176,83 kg/ha, a continuación, el tratamiento Mancozeb con 1101,13 kg/ha y por último el tratamiento de solo poda con 645,58 kg/ha.

La prueba de Tukey en el apéndice 16, demuestra que existieron diferencias

estadísticas entre los tratamientos, creando dos grupos de acuerdo con la diferenciación de medias. El primero formado por *Bacillus* sp, *Trichoderma* sp y Mancozeb, los cuales no mostraron diferencias entre ellos (letra a) pero, si fueron mejores comparados con el testigo.

Análisis económico mediante la relación beneficio – costo, para el experimento: Poda fitosanitaria con la aplicación de biofungicidas para el control de moniliasis en cacao CCN- 51

A continuación, se muestran los diversos rubros que permitieron llegar a obtener la relación beneficio/costo del presente ensayo.

Tabla 13. Análisis económico mediante la relación beneficio – costo del experimento.

Componentes	Tratamientos			
	1	2	3	4
Costos variables (Costos de los tratamientos)	342	384	345	120
Costo de producción sin tratamientos	1240,8	1240,8	1240,8	1240,8
Costos Totales \$	1582,8	1624,8	1585,8	1360,8
Rendimiento total (kg/ha)	1191,78	1176,83	1101,13	645,58
Beneficio bruto (\$/ha)	2383,56	2353,66	2102,26	1291,16
Beneficio neto	2041,56	1969,66	1757,26	1171,16
Relación Beneficio/Costo	1,29	1,21	1,11	0,86

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La Tabla 13, refleja el análisis económico realizado mediante la fórmula expuesta en la metodología. La interpretación de los resultados destaca como mejor rendimiento al tratamiento de la aplicación de *Bacillus sp.* y *Trichoderma sp.*, los cuales presentan una RB/C de 1,29 y 1,21; indicando que por cada dólar de inversión se obtiene de utilidad más alta, cuyos valores son los antes mencionados.

Discusión

Se asegura que el uso de *Trichoderma sp.* es efectivo en el control de hongos debido a su actividad antagonista (12), lo cual justifica los resultados obtenidos en la presente investigación en cuanto a control de la incidencia de monilia después de las aplicaciones con los diferentes biofungicidas, mostrando como mejores a los tratamientos con *Bacillus* y *Trichoderma*. Estos mismos resultados coinciden con Coronel (13), quien manifiesta un control del porcentaje de incidencia durante las fechas evaluadas en un ensayo realizado en la provincia de Esmeraldas.

En cuanto al número de frutos sanos, un estudio realizado en INIAP por Paredes (14), muestra que la aplicación de fungicidas de síntesis química no favorecen la obtención de frutos sanos, esto, coincide con lo obtenido aquí, donde se mostró que el tratamiento químico se ubica por debajo de los biofungicidas en cuanto a producción de mazorcas y pepinos, ya que este no influye en la parte nutricional ni beneficia la absorción de nutrientes, cumpliendo únicamente su acción, la cual se

basa en inhibir la germinación de las esporas, así como en el desarrollo micelial, inactivando aminoácidos o procesos bioquímicos importantes (15).

Para la variable severidad no hay diferencia significativa entre los tratamientos fungicidas aplicados pero que, cada uno de estos disminuyó la presencia de la enfermedad. Esto puede darse debido a que, como lo expresa Muñoz (16), los biofungicidas son efectivos y por su naturaleza, el control biológico no elimina, sino que reduce las poblaciones del patógeno y, como consecuencia, reduce la incidencia y daño interno de la enfermedad.

Lo anterior sugiere que para un mayor aprovechamiento del potencial de control biológico de *Moniliophthora roreri* en cacao demostrado en este estudio concordando con otros similares (17), la aplicación de estos antagonistas microbianos debe integrarse con prácticas de prevención de diseminación de la enfermedad y con la asociación de prácticas culturales.

En cuanto a rendimiento, López *et al.* (18) manifiestan que la aplicación de biofungicidas como *Bacillus sp.* y *Trichoderma sp.* permiten una antibiosis del hongo del 89%, lo cual junto con una poda adecuada destaca su efecto positivo en el incremento productivo. Lo que indica, tal como manifiestan Michel *et al.* (19) que la combinación de labores culturales junto con fungicidas, pueden incrementar la producción de cacao sano en un 20%. Con lo anterior, se corroboran los resultados emitidos en el presente ensayo, en el cual, a pesar de no existir diferencias estadísticas

entre los tratamientos a base de biofungicidas y el químico, estos se ubican por encima del tratamiento testigo, calificándose como los más eficientes en el control de monilia y los de mayor rendimiento.

Así, con base en todo lo expuesto se acepta la hipótesis de la investigación "La combinación de podas fitosanitarias con la aplicación de biofungicidas controlan la moniliasis en cacao CCN – 51".

CONCLUSIONES

El nivel de incidencia fue controlado desde la primera aplicación con mayor éxito por los tratamientos a base de biofungicidas, con una media en porcentaje de 3,46 para *Bacillus* sp. y 4,77 para *Trichoderma* sp a los sesenta días.

Para las variables, número de frutos, de pepinos y mazorcas sanas los valores más altos se registraron a los 60 días, por los biofungicidas seguidos por el tratamiento químico y el testigo.

En cuanto al número de frutos enfermos a los 30 y 60 días, el testigo presentó mayor cantidad de estos con un promedio de 5 y 3,6 respectivamente, seguido por el químico (3 y 1,68) y los biofungicidas *Bacillus* sp más poda (3 y 1,28) *Trichoderma* sp. más poda (2 y 1,74) quienes no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Y, Al analizar la severidad se concluye que no existen diferencias entre los fungicidas, pero resultan ser más eficientes que el testigo que incluye solo poda.

En cuanto a rendimiento, a pesar de no existir diferencias estadísticas significativas entre los fungicidas más poda, su análisis de

relación beneficio costo demostró que *Bacillus* sp más poda tuvo la rentabilidad más alta, de 1,29 dólares, seguido por *Trichoderma* sp. más poda con 1,21 dólares, el químico 1,10 dólares y por último el testigo con 0,86 dólares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guerrero G. El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV. Revista Líderes, 1. 2015. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuadoriano-historia-empezo-siglo.html>
2. Sánchez M, Jaramillo E, y Ramírez I. Enfermedades del cacao. Machala-Ecuador: Universidad Técnica de Machala. 2015.
3. Barrera L., y Hurtado N. Enfermedades del cultivo de cacao. Nicaragua: Instituto Nacional Tecnológico. 2016. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos88/enfermedades-del-cultivo-cacao/enfermedades-del-cultivo-cacao.shtml>
4. Mercedes L. Control de la "Moniliasis del cacao" *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans con *Trichoderma* sp., bajo condiciones de campo en Tinga María. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2019. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/83/AGR-526.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Alvarado AH. Estudio económico de la producción de cacao y las principales enfermedades de la variedad CCN - 51 en el cantón La Troncal, Guayas, Ecuador. DELOS, 2017;10(30), 1. <http://www.eumed.net/rev/delos/30/enfermedades-cacao.html>
6. Cedeño S. Una excelencia de la industria chocolatera. El Universo. 2015. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/opinion/2015/12/19/nota/5305215/excelencia-industria-chocolate>
7. Cevallos. Sistema Ambiental y Riesgos. La Troncal: Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial.

2016. Obtenido de http://app.sni.gov.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0360000660001_FINAL_16-03-2015_23-58-17.pdf
- 8.** Fedecacao. Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Código: 00.09.39.12C ed.). Bogotá - Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 2015. <https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/->
- 9.** Pérez E, y Zorrilla J. Biofungicidas para el control de moniliasis en el cultivo de *Theobroma cacao* L. clon 575 en la Spam MFL. Calceta - Manabí: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 2017. Obtenido de <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/537/1/TA64.pdf>
- 10.** Arteaga S. Eficacia de dos productos a base de *Trichoderma*, en tres dosis de aplicación para el control de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y moniliasis (*Moniliophthora roreri*), en el cantón Francisco de Orellana Prov. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2019. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4828/1/13T0820%20.pdf>
- 11.** Komiya A. Qué es el análisis beneficio costo. 2019. Recuperado el 30 de julio de 2020, de <https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/>
- 12.** Villavicencio M, Espinoza R, Pérez S, y Sosa D. Hongos endófitos foliares como candidatos a biocontroladores contra *Moniliophthora* spp. de *Theobroma cacao* (Malvaceae) en Ecuador. *Acta Biológica Colombiana*, 2018;23(3). <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v23n3.69455>
- 13.** Coronel N. Análisis de los patrones de producción de lipopéptidos antifúngicos de *Bacillus subtilis* Ctpx S2 - 1 durante diferentes etapas de crecimiento. UDLA. 2018. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9235/1/UDLA-EC-TIB-2018-17.pdf>
- 14.** Paredes M. Manual del cultivo de cacao. Perú: Ministerio de agricultura. 2016. Obtenido de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/manual_cultivo_cacao_2003.pdf
- 15.** Estrella E, y Cedeño J. Medidas de control de bajo impacto ambiental para mitigar la moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif y Par. Evans et al.) en cacao híbrido nacional trinitario en Santo Domingo de los Tsáchilas. Santo Domingo - Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército. 2018. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5588/1/T-ESPE-IASA%20II-002461.pdf>
- 16.** Muñoz J. (2019). Control de *Phytophthora palmivora* en *Theobroma cacao* L. Clon CCN - 51 con fosetil aluminio, hidróxido de cobre y propineb en Satipo. Perú: UNCP. Obtenido de http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/5379/T010_46167706_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 17.** Villarreal M, Villa E, Cira L, Estrada M, Parra F, y De los Santos S. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 2018;36(1). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000100095#B12
- 18.** López U, Brito H, Morales D, Salaya J, y Gómez E. Papel de los *Trichoderma* en los sistemas agroforestales - cacaotal como un agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2017;20(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93950595003.pdf>
- 19.** Michel A, Otero M, Solano L, Arizaga R, Barrios A, y Rebolledo A. Biocontrol in vitro con *Trichoderma* spp. de *Fusarium subglutinans* (Wollenweb. y Reinking) Nelson, Toussoun y Marasas y *F. oxysporum* Schlecht., Agentes Causales de la " Escoba de Bruja" del Mango (*Mangifera indica* L.). 2019;18-26. *Revista mexicana de fitopatología*