

ALTERNATIVAS AGRÍCOLAS PARA EL MANEJO AGROECOLÓGICO DE LA MONILIASIS EN CACAO

Hebandreyna González-García¹, Maryori C. Pineda-Zambrano²,
Aníbal A. Soto-Bracho³ y Ana F. González-Pedraza⁴

RESUMEN

La moniliasis en cacao es considerada como el principal factor fitosanitario que limita la producción en las zonas productoras de Latinoamérica. El objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de alternativas agrícolas mixtas en el manejo agroecológico de la enfermedad. El estudio se llevó a cabo en el municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela, en plantas de 3 años; mediante un diseño completamente al azar, estableciendo siete tratamientos: 1: *Trichoderma harzianum*, 2: Poda de mantenimiento y sanitaria; 3: Humato; 4: *T. harzianum* + poda de mantenimiento y sanitaria; 5: Humato + poda de mantenimiento y sanitaria; 6: Humato + *T. harzianum* y T7: Testigo absoluto, en lotes de cinco árboles de cacao y tres repeticiones, para un total de 105 unidades experimentales. Se evaluaron los índices patométricos: incidencia de la enfermedad (IE), índice de la severidad externa (ISE) e interna en fruto (ISI), así como peso de la almendra en baba (PAB). La IE fue más baja en todos los tratamientos alternativos que en el control, destacándose el uso de poda de mantenimiento y sanitaria con un índice de 22,87 %. Las aplicaciones de Humato mostraron una reducción significativa en el ISE de 1,86 a 0,80 grados comparado con 3,60 en el control. El uso de *T. harzianum* redujo el ISI de la enfermedad en el fruto de grado de 5 (del 61 al 80 % de daño) a 2 (de 1 a 20 % de daño). Finalmente, la poda y el uso de *T. harzianum* fueron los tratamientos que mostraron el mayor incremento del PAB de 130,38 a 338,67 g y 148,33 a 343,33 g. El uso de alternativas agrícolas redujo la enfermedad en frutos e incrementó el peso de la almendra por lo que resultó ser una estrategia integral de manejo.

Palabras clave: Fitosanidad, manejo agroecológico, *Moniliophthera roreri*, prácticas culturales, *Trichoderma*

ABSTRACT

Agricultural alternatives for agroecological management of moniliasis in cocoa

Moniliasis in cocoa is considered the main phytosanitary factor limiting production in the producing areas of Latin America. Evaluate the application of mixed agricultural alternatives in the agroecological management of this disease in cultivation. The study was conducted in the Gavilanes Panamericana sector, municipality Obispo Ramos de Lora of the state of Mérida, Venezuela, on plants 3 years old; using a completely random design, establishing seven treatments, 1: *Trichoderma harzianum*, 2: Maintenance and sanitary pruning; 3: Humato, 4: *T. harzianum* + Maintenance and sanitary pruning; 5: Humato + Maintenance and sanitary pruning; 6: Humato + *T. harzianum* and T7: Absolute control in batches of five cocoa trees and three repetitions, for a total of 105 experimental units. The pathometric indices were evaluated: incidence of disease (IE), external severity index (ISE) and internal in fruit (ISI) and for the records of effect on yields was determined the weight of the almond in dross (PAB). IE was lower in all alternative treatments than in the control, with a remarkable use of maintenance and sanitary pruning at an index of 22.87 %. Humato applications showed a significant reduction in the ISE of 1.86 to 0.80 degrees compared with the increase in the same time range to 3.60 in control. Use of *Trichoderma harzianum* reduced the ISI of the disease in the fruit from grade 5 (from 61 to 80% damage) to 2 (from 1 to 20% damage). Finally, the applications of pruning and the use of *T. harzianum* were the treatments that showed the greatest increase in BAP from 130.38 to 338.67 g and 148.33 to 343.33 g. The use of agricultural alternatives reduced the disease in fruit plants and increased the weight of the almond, which turned out to be an integral management strategy.

Additional Keywords: Agroecological management, cultural practices, *Moniliophthera roreri*, phytosanitary, *Trichoderma*

Editor Asociado: Prof. María Elena Sanabria-Chópita

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es cultivado en

las regiones tropicales de América Latina (Anzules *et al.*, 2019). En Venezuela, históricamente ha representado un rubro de importancia económica,

Recibido: Julio 22, 2024

Aceptado: Febrero 9, 2025

¹Ingeniería Agroindustrial, Escuela de Ingeniería, Corporación Universitaria del Meta. Colombia. email: hebandreyna.gonzalez@unimeta.edu.co (autor de correspondencia)

²Ingeniería de la Producción Agropecuaria, Programa de Ingeniería, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Venezuela. email: pinedamc@unesur.edu.ve

³Escuela de Ciencias Administrativas, Corporación Universitaria del Meta, email: anibal.soto@unimeta.edu.co

⁴Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Colombia. email: ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co.

siendo este el primer bien exportable para el país, lo que permitió generar considerables ingresos e impulsar la actividad económica del territorio nacional (Díaz, 2000). Sin embargo, los problemas fitosanitarios, son el principal factor que promueve la caída de la producción y la baja calidad del producto final (Anzules *et al.*, 2019; Cadena y Poma, 2022). Este último aspecto, es una de las características de interés en la industria procesadora del chocolate, donde la apariencia del grano de cacao, es un índice en la demanda de los mercados mundiales (Pérez, 2018).

Moniliophthora roreri Cif es el patógeno de mayor importancia que afecta el producto final (Compañía Nacional de Chocolates, 2019), debido a que ocasiona la enfermedad de moniliasis, caracterizada por ser altamente invasiva endémica y considerada la más peligrosa. Esta es descrita como una pudrición de mazorcas del cacaotal en el neotrópico; el hongo afecta sólo los frutos en cualquier estado de desarrollo, incidiendo en el 30 hasta el 100% de los rendimientos de producción. En Centroamérica es devastadora sobre la producción, registrándose pérdidas cercanas al 80 % (Phillips y Cerda, 2009; Orellana *et al.*, 2020; Chaguala, 2022).

La incidencia de la moniliasis en frutos de cacao puede variar por diversos factores, entre ellos, las condiciones agroclimáticas y el manejo aplicado. Si bien, en condiciones de campo no es controlable, la respuesta podría ser para establecer una barrera entre los umbrales de daño. El principal método de control utilizado para reducir esta enfermedad es la implementación de productos químicos (Pilaloe *et al.*, 2021). Sin embargo, esta práctica resulta ser poco efectiva (Compañía Nacional de Chocolates, 2019), costosa (PROCACAO, 2017; Cadena y Poma, 2022) y puede causar daños graves al medio ambiente, al suelo y a la salud de los seres humanos. Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar la aplicación de alternativas agrícolas en el manejo agroecológico de la moniliasis en el cultivo de cacao en fase de producción, a fin de establecer como incide las diferentes prácticas sobre el avance de la enfermedad en el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. El estudio en fase de campo se llevó a cabo en la unidad de producción Monte Verde, ubicada en el sector

Gavilanes Panamericana, municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela. Esta zona presenta una temperatura de 32 °C como máxima y de 29 °C como mínima, altitud de 59 m.s.n.m., humedad relativa entre el 87 y 93 %. La superficie en estudio fue de 945 m² (0,1 ha) de cacao variedad Criollo. Las plantas para el momento de estudio presentaban 3 años, sembradas a una distancia de 3 m entre planta e hilera; los lotes seleccionados para la investigación fueron demarcados en las plantas con previo diagnóstico fitosanitario para lo cual se realizó la observación de los síntomas, caracterizados por la presencia de manchas foliares y lesiones oscuras en frutos de apariencia aceitosa con protuberancias; posteriormente, se recolectaron las muestras en cada lote y se procedió a realizar el aislamiento en medios específicos para determinar el agente causal asociado a la problemática; seguidamente, se purificó e identificó morfológicamente la presencia de *Moniliophthora roreri* como el agente etiológico de la problemática observada en campo.

Diseño de la investigación. La investigación se llevó a cabo durante el primer semestre del año 2022, se empleó un diseño completamente al azar, bajo condiciones homogéneas de las unidades experimentales/plantas, y la asignación de los tratamientos se realizó en forma aleatoria, tomando plantas con un grado de infestación similar por grupo de tratamiento, para minimizar el error experimental. Se evaluaron tres alternativas agrícolas de manejo empleadas de forma individual y en conjunto, para determinar el efecto de éstos sobre las variables de interés (Cuadro 1). Los tratamientos fueron evaluados con tres repeticiones por cada uno de ellos.

Se establecieron siete tratamientos conformados por lotes al azar dentro de la plantación, cada tratamiento estuvo constituido por tres lotes de cinco árboles cada uno, que representaron las repeticiones para un total de 15 unidades experimentales (UE) por tratamiento y ciento cinco árboles de total efectivo para el estudio.

Variables evaluadas. Para establecer el efecto de las alternativas agrícolas evaluadas en el manejo de la moniliasis en cacao, se calcularon los índices patométricos: incidencia (IE, %) y severidad de la enfermedad (SE) descritos por Agrios (2005) que determinan el porcentaje de individuos enfermos y el grado promedio de afección de la enfermedad en un grupo de plantas.

Cuadro 1. Descripción y enfoques de las alternativas agrícolas evaluadas para el manejo agroecológico de moniliasis en frutos de cacao.

Enfoques	Tratamientos	Producto
Sanitario	T1	<i>Trichoderma harzianum</i> (6,75 g <i>Trichoderma</i> . concentración de 5×10^{-11} mezclado con 22,5 L agua, y aplicado cada 15 días en toda la planta)
Cultural	T2	Poda de mantenimiento y sanitaria efectuando la eliminación de las mazorcas y tejido foliar con lesiones (cada 30 días)
Fertilización	T3	Humato* (0,50 l de Humato en 22,5 L de agua, cada 30 días, al pie de la planta)
Interacción de la labor cultural con cada producto individual	T4	<i>Trichoderma harzianum</i> + poda de mantenimiento y sanitaria
	T5	Humato + poda de mantenimiento y sanitaria
Interacción de la fertilización con enfoque sanitario	T6	Humato + <i>Trichoderma harzianum</i>
Control	T7	Testigo absoluto (control)

*Humato: biofertilizante local producido artesanalmente a partir de hidróxido de potasio, leonardita y agua.

El valor de la incidencia de la enfermedad fue calculada según la fórmula siguiente: $IE = \text{número de frutos enfermos} / \text{número de frutos totales} \times 100$. El índice fue medido al inicio del ensayo (0 días) y al final del estudio (90 días), en cada momento se cuantificó el total de frutos con lesiones visibles (enfermos), sobre el número total de frutos presentes en la planta para el día de medición. En los tratamientos donde se ejecutó la eliminación de frutos lesionados como parte de la poda fitosanitaria, se cuantificó solo el total de frutos presentes al momento del conteo.

La determinación de la severidad en los frutos fue realizada por dos niveles. 1) Índice de severidad externa (ISE), y 2) índice severidad interna (ISI).

El indicador patométrico ISE se evaluó directamente en el árbol de cacao; la evolución del nivel de la escala está estrechamente asociada con la manifestación de la infección en el exterior de la mazorca; para ello, todos los frutos de la planta se clasificaron a partir de la escala dicotómica propuesta por Sánchez *et al.* (1988), en el cual: 0=Fruto sano; 1=puntos aceitosos; 2= Hinchazón

(c y giba) y/o maduración prematura; 3= Manchas chocolate necrosis; 4= Micelio (estroma) hasta un 25 % de la mancha chocolate necrótica y 5= Micelio que cubre más del 25 % de la mancha chocolate necrótica. Además, se calculó el valor ISE según la fórmula de French y Hebert (1982), donde grado de severidad = $(ISE (1x(n) + 2x(n) + 3x(n) + 4x(n) + 5x(n)) / \text{número total de frutos}$; siendo (n) número de frutos que se calificaron en el rango de escala de los datos obtenidos en la evaluación.

Por su parte, el ISI es un indicador que monitorea la expansión de la lesión en el interior de la mazorca. Para ello, se seleccionaron tres frutos maduros por cada árbol en estudio, que abiertos longitudinalmente se contrastó la escala de evaluación explicada por Jaimes y Aranzazu (2010) en la cual: 0=Fruto sano; 1=1 a 20 % del área necrosada; 2=21 a 40 % del área necrosada; 3=41 a 60 % del área necrosada; 4=61 a 80 % del área necrosada y 5=81 a 100 % del área necrosada. Finalmente, se evaluó el peso de la almendra en baba, contenida en el interior de las

mazorcas maduras por cada árbol en el momento de la evaluación.

Análisis estadístico. El procesamiento estadístico se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA), con pruebas de comparación de promedios Tukey. Los datos fueron procesados estadísticamente con el programa Statistix versión 8,0; a un nivel de significancia $\alpha=0,05$ y proyectados a través de tablas, la severidad de la enfermedad fue representada gráficamente por índices de frecuencia en cada tratamiento.

RESULTADOS

Incidencia de la enfermedad. La ocurrencia de la problemática varió en campo según el esquema que se utilizó. Inicialmente, la incidencia general de la enfermedad fue de 41,97 %, mientras que al finalizar el periodo post tratamiento, se encontró en 35,65 %. Es decir, que en esta variable el manejo fue un factor determinante y observable en la reducción de incidencia de la enfermedad. Al final del estudio, se observó que todos los tratamientos aplicados presentaron una menor incidencia en comparación con el testigo (T7: 59,76 %), siendo esta variable estadísticamente significativa ($p\leq 0,05$).

En conjunto todos los tratamientos de manejo de la enfermedad resultaron ser incidentes en la reducción de frutos enfermos en el cultivo (Cuadro 2). Desde la evaluación inicial (0 días) los lotes presentaron menor incidencia que el testigo, aunque no estadísticamente significativa $p\leq 0,05$; excepto el tratamiento 2, que presentó 28,39 % de incidencia.

Los datos iniciales presentaron diferencias post tratamiento en el grupo control, se encontró un incremento de la incidencia de la enfermedad del 11 % sobre el valor inicialmente reportado (de 59,76 % a 70,96 %); mientras que, los lotes donde se emplearon las alternativas, presentaron un IE menor entre los dos periodos de tiempo; es decir, que la ejecución de las alternativas mostró una reducción significativa entre ambos grupos $p\leq 0,05$. Aunque se destaca la respuesta obtenida con los tratamientos donde se implementó: las podas de formación y sanitaria (T2: 22,87 %); aplicación de Humato y el uso de agentes de biocontrol en conjunto (T6: 26,19 %); y, con poda (T4: 27,45 %) que presentaron menor incidencia que el resto.

En el número de frutos cuantificados por condición sanitaria de mazorcas sanas, que corresponden a frutos sin ninguna lesión o manifestación aparente de la enfermedad, se encontró diferencias en las respuestas de los tratamientos desde el día 0 hasta el 90. Inicialmente ninguno de los lotes obtuvo diferencias significativas en el número de frutos sanos, aunque se destacó el T1 (11,86) con el de mayor cantidad de mazorcas y T5 (3,13) con el de menor. Mientras que, a los 90 días se encontró, que los tratamientos donde se realizó ejecuciones de podas fitosanitarias en los árboles y el uso de *T. harzianum* de forma individual y combinada presentó un incremento significativo ($p\leq 0,05$) de las mazorcas sanas T2 (11), T1 (10,73) y T4 (10,13) comparados con el resto de las alternativas estudiadas, y todas éstas frente al control (Cuadro 3).

Mientras que, en el conteo de mazorcas enfermas, los resultados no mostraron diferencias en el día 0 entre los árboles por tratamiento; aunque se destaca el T1 (6,86) como el de mayor número de frutos enfermos en el lote y el T3 (3,66) como el de menor cantidad para el momento de la evaluación. Al transcurrir las evaluaciones, se encontró una reducción de las mazorcas enfermas en todos los lotes de las alternativas estudiadas comparados frente al control; sin embargo, la respuesta de los tratamientos mixtos entre poda fitosanitaria con *T. harzianum* y Humato T6 (6,13 a 2,20) y T5 (4,86 a 2,33), fue significativa ($p\leq 0,05$) frente al resto.

Al comparar el efecto entre ambos periodos se observó la tendencia de mejor desempeño en las plantas tratadas con podas (T2: 11 frutos) y con *T. harzianum* (T1: 10,73), en ambos casos se muestra un número promedio mayor de mazorcas sanas y reducción del número de frutos enfermos en comparación con el resto de los tratamientos estudiados.

Severidad de la enfermedad. Las evaluaciones comparativas del ISE registraron fluctuaciones entre ambos periodos de evaluación. Los resultados mostraron que con la aplicación de los tratamientos se presentó una reducción del grado de severidad de 1,88 grado (estado de protuberancias o gibas) a 1,39 grado (estado de manchas aceitosas). Inicialmente por orden de menor a mayor severidad se encontraron: T2 (1,13), T1 (1,73), T4 (1,73), T6 (1,80), T3 (1,86),

T5 (2,00), mientras que el control (2,93 grado). Al contrastar el efecto de alternativas empleadas sobre la severidad en las mazorcas (Cuadro 4), se

observaron diferencias significativas $p \leq 0,05$ en los tratamientos frente al control y en ambos momentos de la evaluación.

Cuadro 2. Incidencia de moniliasis en cacao en la unidad de producción Monte Verde, ubicada en el sector Gavilanes Panamericana, municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela.

Tratamientos	Incidencia de la enfermedad	
	0 días de evaluación	90 días de evaluación
T1	35,95±20,57 ^{ab}	35,09±16,46 ^b
T2	31,37±24,75 ^b	22,87±13,95 ^b
T3	38,89±21,14 ^{ab}	33,68±19,71 ^b
T4	36,09±17,01 ^{ab}	27,45±14,09 ^b
T5	53,56±27,14 ^{ab}	33,37±24,50 ^b
T6	38,68±25,74 ^{ab}	26,19±12,26 ^b
T7	59,76±14,71 ^a	70,96±13,84 ^a

T1: *Trichoderma harzianum*; T2: Poda de mantenimiento y sanitaria; T3: Humato; T4: *T. harzianum* + poda de mantenimiento y sanitaria; T5: Humato + poda de mantenimiento y sanitaria; T6: Humato + *T. harzianum* y T7: Testigo absoluto.

Posterior a los 90 días, se observó que en los grupos donde la severidad fue menor inicialmente el indicador se mantuvo en los primeros grados de evaluación, aunque no fue significativo $p \leq 0,05$, con referente al resto destacándose: T2 (0,26), T3 (0,80), T4 (1,00), T1 (1,13), T6 (1,20), T5 (1,53); mientras que el grupo control, presentó una severidad mayor (T7: 3,60 grado) e incluso sobre el valor inicial observado, incrementándose (0,67 grado). En este caso, aunque el índice patométrico se mantuvo en ambos periodos, la severidad de la enfermedad aumentó. Las diferencias entre el índice de severidad por días evaluados, destacan al T3 con una reducción de 1,06 grados, entre períodos, seguido del T2 con reducción de 0,80 grado, lo que redujo 1 grado en la escala empleada.

La frecuencia del índice de severidad interna (ISI) de la moniliasis en mazorcas de cacao, fue reducido en el tiempo por acción de las estrategias evaluadas. En promedio el indicador inicial obtenido fue de 5,3 grados (según la escala: 61 a

80 % de daño en el interior de la mazorca), mientras que a los 90 días, este valor fue reducido a grado 4 (de 41 al 60 % del daño en el interior de la mazorca), al igual que el comportamiento de ISE la aplicación de las estrategias alternativas sobre la enfermedad permitieron la reducción del grado de daño a pesar de que el tratamiento testigo no mostró ninguna reducción en función del tiempo (Figura 1).

Aunque la enfermedad estuvo presente en todas las unidades experimentales en el estudio post tratamiento, se observó que las estrategias evaluadas mostraron una reducción de la frecuencia de severidad en los grados superiores de la escala (5 y 6). Además, se registró un incremento en los casos en estados iniciales (1, 2 y 3) y un aumento en la cantidad de mazorcas por tratamiento (Figuras 1A y 1B). Por lo tanto, el uso de estas alternativas influyó en el grado de afección de las mazorcas, aunque de diferentes maneras.

Trichoderma harzianum (T1) mostró cambios importantes en la recurrencia del grado promedio, encontrándose en 5 como el más frecuente inicialmente, y posteriormente a los 90 días, las mazorcas se encontraron mayormente tipificadas en 2 (1 a 20 % de las lesiones). Esta tendencia fue

observada en T2 donde hay una disminución de grado de afectación de 5 a 3 (21 al 40 % de daño). Así mismo fue observado que la cantidad de frutos finales fue reducida en los tratamientos T3 y T6, aplicándose en ambos Humato.

Cuadro 3. Cuantificación de las mazorcas de cacao por condición sanitaria en la unidad de producción Monte Verde, ubicada en el sector Gavilanes Panamericana, municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela, 2022.

Tratamientos	Número de mazorcas de cacao por condición sanitaria			
	mazorcas sanas		mazorcas enfermas	
	0 días de Evaluación	90 días de evaluación	0 días de evaluación	90 días de evaluación
T1	11,86±12,16 ^a	10,73±16,46 ^a	6,86±5,24 ^a	5,26±4,58 ^{ab}
T2	8,20±7,40 ^{ab}	11,00±13,95 ^a	6,20±6,15 ^a	3,80±5,30 ^{ab}
T3	4,93±3,49 ^{ab}	5,26±19,71 ^{ab}	3,66±3,35 ^a	3,13±2,69 ^{ab}
T4	8,40±8,02 ^{ab}	10,13±14,09 ^a	4,73±4,13 ^a	3,93±2,57 ^{ab}
T5	3,13±1,88 ^b	5,60±24,50 ^{ab}	4,86±3,77 ^a	2,33±1,67 ^a
T6	7,80±6,61 ^{ab}	6,13±12,26 ^{ab}	6,13±4,56 ^a	2,20±1,65 ^a
T7	4,46±2,50 ^{ab}	2,80±13,84 ^b	6,26±2,49 ^a	6,20±1,78 ^b

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según prueba Tukey entre tratamientos aplicados. T1. Aplicaciones de *Trichoderma harzianum*; T2. Poda de mantenimiento y sanitaria; T3. Aplicaciones Humato; T4. Aplicaciones de *Trichoderma harzianum* + poda de mantenimiento y sanitaria; T5. Aplicaciones de Humato + poda de mantenimiento y sanitaria; T6. Aplicaciones de Humato + aplicaciones de *Trichoderma harzianum*; T7. Testigo absoluto (control).

El testigo mostró aumento de los casos en grado 6, además de una reducción del número total de frutos (de 40 mazorcas a 33) por planta.

Efecto del manejo sobre el peso de la almendra en baba (PAB). En las comparaciones del peso de la almendra en baba se encontró que el T1 y T2, fueron los mejores en ambos períodos de evaluación con respecto al tratamiento control (Cuadro 5). Sin embargo, dentro del mismo grupo de prueba (con las alternativas), el promedio del peso (g) fue mayor en post tratamientos que al inicio del estudio, presentando 621,07 g, más entre ambos periodos, estas diferencias fueron

estadísticamente significativas $p \leq 0,05$ con respecto al testigo. Inicialmente el uso de *Trichoderma harzianum* (148,33 g) y el Humato (178,6 g) presentaron un peso mayor con diferencias estadísticas $p \leq 0,05$ comparadas con el resto de los tratamientos.

A los 90 días el comportamiento estadístico en el peso mostró que todos los tratamientos fueron mayores al grupo control, y esa diferencia fue estadísticamente significativa; sin embargo, se observó dos grupos de contraste. Un primer en el cual las aplicaciones de *Trichoderma harzianum* (343,33 g) y ejecuciones de poda de

mantenimiento y sanitaria (338,67 g) en donde las plantas tratadas presentaron un incremento de 195 al 200 % sobre su valor, en comparación con la primera etapa del estudio. Un segundo grupo en

donde se encontraron: los tratamientos T4, T6, T5 y T3 con mayor PAB que el control absoluto. De los tratamientos alternativos evaluados, solo el T6 mostró una reducción en PAB final.

Cuadro 4. Índice de severidad externa en frutos de cacao afectados por la enfermedad moniliasis en la unidad de producción Monte Verde, ubicada en el sector Gavilanes Panamericana, municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela, 2022.

Índice de severidad externa de frutos de cacao afectados por moniliasis		
Tratamientos	Índice de severidad externa de frutos de cacao afectados por moniliasis	
	0 días de evaluación	90 días de evaluación
T1	1,73±1,03 ^a	1,13±0,83 ^b
T2	1,13±0,91 ^a	0,26±0,45 ^a
T3	1,86±1,12 ^{ab}	0,80±0,56 ^a
T4	1,73±0,88 ^a	1,00±0,65 ^{ab}
T5	2,00±1,07 ^{ab}	1,53±1,24 ^b
T6	1,80±1,20 ^a	1,20±0,77 ^b
T7	2,93±0,79 ^b	3,60±0,63 ^c

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey entre tratamientos aplicados. T1. Aplicaciones de *Trichoderma harzianum*; T2. Poda de mantenimiento y sanitaria; T3. Aplicaciones Humato; T4. Aplicaciones de *Trichoderma harzianum* + poda de mantenimiento y sanitaria; T5. Aplicaciones de Humato + poda de mantenimiento y sanitaria; T6. Aplicaciones de Humato + aplicaciones de *Trichoderma harzianum*; T7. Testigo absoluto (control).

DISCUSIÓN

Los índices patométricos iniciales de la enfermedad en el lote en estudio (42.04 % / grado 2) señalaron una interacción positiva de los factores que favorecen el establecimiento de la patogenicidad como: presencia del hongo *Moniliophthora roreri* Cif., condiciones favorables en las que prevalece alta humedad relativa, temperaturas desde 32 °C en la zona productora del sector Panamericano, la susceptibilidad de la variedad parietal de cacao establecida y el manejo dado hasta para el momento inicial; estos interactúan y coinciden con los explicados por la Compañía Nacional de Chocolate (2019) la cual manifestó que las

pérdidas ocasionadas por la moniliasis están sujetas a las condiciones climáticas, por ejemplo, en los climas cálidos y húmedos la incidencia de la enfermedad es mayor que en los cálidos o moderados y secos.

Los registros locales de temperatura indicaron descensos en horarios nocturnos, que condicionan un microclima patogénico para la enfermedad. En este sentido, Hernández *et al.* (2012) explicaron que las condiciones óptimas de desarrollo del hongo *Moniliophthora roreri*, se encuentran cuando las temperaturas son mayores de 25 °C y la humedad relativa de 80 %, por lo que el lugar donde está establecida la plantación está considerado el ecosistema ideal para el patógeno. Este rango ecológico le permite a la enfermedad

presentar una amplia elasticidad, que junto con la gran diversidad de variedades que ataca, la adaptabilidad y combinado con la longevidad de sus esporas convierte a la *Moniliophthora roreri* Cif. en un invasor formidable con capacidad de colonizar todos los ecosistemas donde aún no se encuentra (Pérez, 2018).

Al evaluar la patometría de la enfermedad en los lotes se observó el aumento de incidencia en el grupo control posterior a los 90 días de 59,76 % a 70,96 %, lo que indicó la estrecha relación entre el ambiente, la proliferación de la enfermedad y el manejo dado al cultivo. Sin la ejecución de prácticas de manejo en el lote infectado, el material reproductivo (esporas) del patógeno se incrementa como consecuencia volumen del inoculo y material de sobrevivencia es cada vez mayor, en consecuencia, aumenta los factores de riesgo hacia otros órganos de la planta, promoviendo el aumento de incidencia, lo que ocasiona un ciclo continuo de esta enfermedad en el cultivo (policíclicos). Phillips (2003) reportó que las esporas pueden permanecer viables por más de 7 meses, engrosando su pared para soportar condiciones adversas, manteniendo una presión del inóculo sobre el cultivo para iniciar un nuevo ciclo si las condiciones son favorables.

La incidencia en las unidades experimentales tratadas con las alternativas mostró una reducción de la media general de 10 % entre ambos tiempos de medición (de 39,09 % a 29,80 %), señalando que esta respuesta está directamente relacionada con la estrategia que se emplee para manejar la enfermedad. A pesar de una respuesta hacia la disminución del indicador sanitario, se encontró que este varía según la alternativa utilizada. El contraste entre ambos tiempos de medición indicó que los tratamientos donde se encontró mayor reducción porcentual fueron el T5: las aplicaciones conjuntas de Humato y poda de mantenimiento y sanitaria reduciendo 20,19 % y T6: Humato y *Trichoderma harzianum* con 12,49 %. Estos valores son contrarios y mayores a los presentados por Ochoa *et al.* (2017) con un porcentaje de incidencia del 21% aplicando remoción de frutos como práctica cultural. Los resultados indicaron un alto nivel de infección inicial en el lote; al ser tratados, descendió solo 10 % contrastando con lo reportado por Pilalola

et al. (2021), quienes indican que el índice de incidencia promedio en los lotes de cacao, previo a la aplicación de tratamientos, fue de 20 %; mientras que al final del experimento, el índice descendió hasta 7,58 %.

Parcialmente los resultados en la reducción de la incidencia con el uso de *T. harzianum* coinciden con la respuesta reportada por Cadenas y Poma (2022) en cuyo estudio disminuyó en un 6 % al emplear dosis de 300 g. Aunque, los niveles en el presente estudio fueron mayores, el resultado confirmó los beneficios de biocontrol del antagonista.

Por su parte los tratamientos donde se realizó el manejo con una sola técnica, la reducción fue mayor al control frente a las alternativas mixtas de aportes nutricionales a la planta con fertilización orgánica e inoculación de hongos antagonista y poda, a pesar de prevalecer las condiciones que favorecen el patógeno; aplicar esta tecnología sobre el cultivo de cacao, responde favorablemente en el patosistema. El uso de agentes de control biológico en este rubro, es mundialmente considerado como una herramienta confiable, segura y compatible, lográndose bajos porcentajes de incidencia de la enfermedad con aplicaciones de *Trichoderma harzianum* (Cadena y Poma, 2022).

Del mismo modo, Anzules *et al.* (2019), no encontraron un efecto de reducción significativa de la enfermedad por medio de un control cultural (poda sanitaria + eliminación de mazorcas enfermas); no obstante, para la Compañía Nacional de Chocolates (2019) sigue siendo una práctica eficiente que reduce la incidencia de la enfermedad, además de la destrucción total de mazorcas infectadas semanalmente antes de la esporulación (Pérez, 2018; Rodríguez *et al.*, 2024).

Esto indicó que el uso de bioinsumos como agentes de biocontrol resultó ser una alternativa efectiva de manejo de la enfermedad en campo, en las condiciones ambientales presentes, porque mantuvo los niveles de incidencia en 35 % a diferencia del testigo, en el que hubo un incremento. Con aplicaciones de 255 mL de *Thichoderma* por parcela experimental, cada 15 días, se observó un porcentaje más bajo de incidencia (16%) (Quintana, 2021).

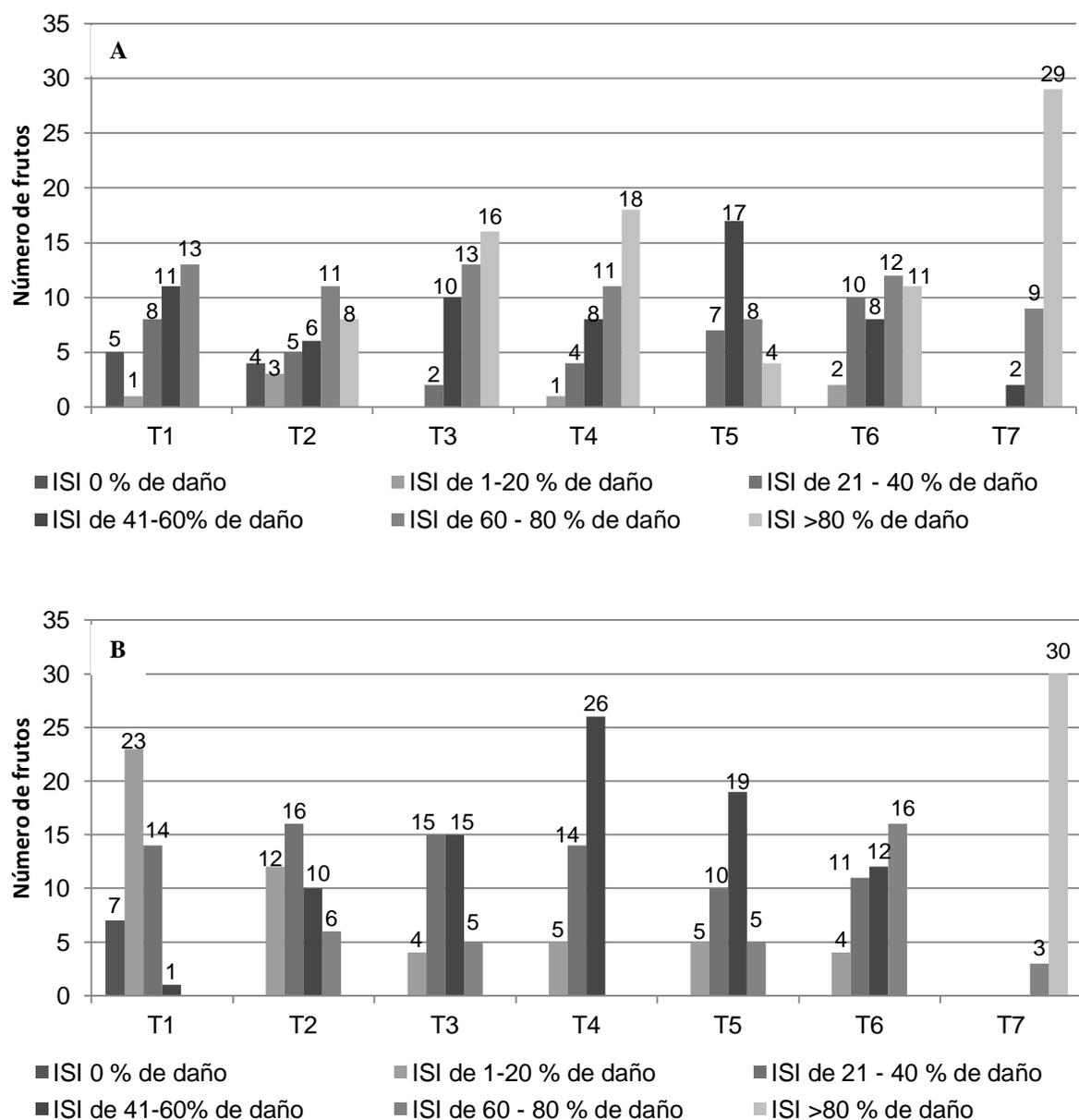


Figura 1. Índice de severidad interna en frutos de cacao afectados por moniliasis a los 0 y 90 días de evaluación en la unidad de producción Monte Verde, ubicada en el municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela, 2022. 1A: ISI a los 0 días de evaluación y figura 1B: ISI a los 90 días post tratamiento.

Aunque los niveles de incidencia fueron mayores desde el inicio, el desempeño del biológico varió en función a la agresividad de la cepa y la concentración del producto. Sin embargo, la aplicación de tratamientos en los que se utilizó fertilización por encima del biológico indicó una baja calidad del bioinsumo (5×10^{11}).

Esto puede generar altos niveles de estrés fisiológico en la planta, asociados a una nutrición inadecuada, lo que desencadena retrasos en la respuesta de inhibición fitosanitaria y una menor eficacia de los mecanismos elicitors de la planta.

Cuadro 5. Peso de la almendra en baba de frutos de cacao en la unidad de producción Monte Verde, ubicada en el sector Gavilanes Panamericana, municipio Obispo Ramos de Lora del estado Mérida, Venezuela, 2022.

Tratamientos	Peso de la almendra en baba de frutos de cacao	
	0 días de evaluación	90 días de evaluación
T1	148,33±48,61 ^a	343,33±18,86 ^a
T2	130,33±74,55 ^{ab}	338,67±21,81 ^a
T3	68,67±37,53 ^{bc}	146,00±82,79 ^{bc}
T4	78,73±20,10 ^{bc}	174,20±62,60 ^b
T5	68,13±21,04 ^{bc}	149,00±62,68 ^{bc}
T6	178,67±11,39 ^a	164,00±79,71 ^{bc}
T7	60,67±16,24 ^c	39,40±18,19 ^c

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según prueba Tukey entre tratamientos aplicados. T1. Aplicaciones de *Trichoderma harzianum*; T2. Poda de mantenimiento y sanitaria; T3. Aplicaciones Humato; T4. Aplicaciones de *Trichoderma harzianum* + poda de mantenimiento y sanitaria; T5. Aplicaciones de Humato + poda de mantenimiento y sanitaria; T6. Aplicaciones de Humato + aplicaciones de *Trichoderma harzianum*; T7. Testigo absoluto (control).

La severidad externa fue otro indicador que mostró un efecto en la reducción del grado de afección de la mazorca de 2 a 1, posterior a la aplicación de los tratamientos; mientras que el control, ascendió 2 grados adicionales al identificado inicialmente. A pesar de que la respuesta a la reducción de severidad externa es distinta en cada alternativa evaluada, los resultados indican que la intervención con cualquiera de estas prácticas en estudio redujo este índice, retrasando el avance de la enfermedad en el fruto. Por su parte, Páez et al. (2024) hallaron que la aplicación de cepas de *Bacillus* endófitos redujo la severidad de la moniliasis en plantaciones de cacao, mientras que Quintana (2021) encontró un menor porcentaje en este índice patométrico aplicando 255 mL de *Trichoderma* en cada parcela experimental.

Al comparar los resultados de la post aplicación (90 días), todos los tratamientos fueron estadísticamente superiores al testigo, indicando que el uso de estas alternativas redujo el daño de la enfermedad. El aumento de 0,67 grados de severidad en el grupo control, señala que la falta de intervención en la plantación

sumado a las condiciones existentes, permite el avance de la esporulación y desarrollo del hongo dentro del tejido vegetal, lo que conduce el incremento de la severidad y el aumento del número de mazorcas infectadas. Respuestas similares de aumento de severidad del control y la reducción con el uso *Trichoderma* coincidieron con lo mencionado por Amorim et al. (2019) y Pilalola et al. (2021); con estos últimos se difiere parcialmente en este estudio, los autores mencionaron que en sus investigaciones la ejecución de podas fitosanitarias no ejerció reducción de la severidad.

Las evaluaciones de severidad interna iniciales determinaron que el grado promedio de la enfermedad en los lotes oscilaba en 2, al respecto, Rodríguez et al. (2024) señalaron que el agente causal de la enfermedad tiene un alto nivel de adaptación a diferentes ambientes, por lo que es considerado un patógeno muy severo. En las comparaciones de reducción de severidad entre los rangos de tiempo de 0 y 90 días, se encontró que el tratamiento 3 (aplicaciones de Humato, con una reducción de 1,06 grados), el

tratamiento 2 (ejecución de poda sanitaria, con una reducción de 0,87 grados) y el tratamiento 4 (*Trichoderma harzianum* y poda sanitaria, con una reducción de 0,6 grados) mostraron una disminución mayor en comparación con el resto de los tratamientos alternativos respecto a la medición inicial.

Las aplicaciones de *Trichoderma* ocasionaron reducciones de severidad, pudiéndose atribuir a los mecanismos de acción con los que este agente de biocontrol actúa sobre los hongos patógenos. Así lo explicaron Pineda *et al.* (2020), al mencionar que el hongo redujo la actividad parasitaria utilizando sustancias antibióticas, la competencia por espacio o micoparasitismo; este último, pudiendo reducir en diferentes grados según el patógeno con el que se enfrente.

Además, el efecto del antagonista aplicado de manera individual presentó un comportamiento menos efectivo en comparación con las aplicaciones conjuntas que incluyeron la realización de podas.

Los ISE e ISI se comportaron con las tendencias observadas sobre la variable incidencia, donde los tratamientos alternativos fueron mejores estadísticamente que el control, aunque con variaciones entre ellos. Sin embargo, estas diferencias entre grupo no fueron significativas; lo que señaló la relación entre el manejo que se aplique y el establecimiento de la enfermedad, esta última reflejada en el grado de lesiones en el fruto. El control cultural resultó ser efectivo para esta reducción de la misma manera que lo fue con los casos de frutos enfermos.

En cuanto al efecto de las alternativas sobre el peso en baba de la almendra, los resultados mostraron que, a pesar de que las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad, el manejo e incorporación de estrategias en el cultivo permitieron el incremento de PAB, aun cuando la severidad de la moniliasis se encuentre en grado ≥ 5 . En este sentido, el manejo puede incidir en la reducción de la severidad de la mazorca y estos sobre el PAB. Al respecto, Pilaloa *et al.* (2021) recomendaron realizar podas fitosanitarias en conjunto con aplicaciones de *Trichoderma*.

En este estudio, los lotes de tratamiento control presentaron una reducción de PAB del 70 %; estos resultados coincidieron con los reportados en fincas con bajo índice de labores

de manejo en el occidente de Venezuela (Sánchez *et al.*, 2003), donde señalaron que la enfermedad puede reducir los rendimientos en los cacaotales hasta el 50 %.

CONCLUSIONES

El uso de alternativas mixtas puede ser empleado en el manejo de la enfermedad moniliasis en cacao. La combinación de prácticas culturales y aplicaciones reducen los índices de incidencia y severidad, aunque con distintos niveles de respuesta. La eliminación de los tejidos enfermos (poda fitosanitaria) y podas de formación para fomentar la ventilación y aireación entre plantas, junto con aplicaciones de *Trichoderma harzianum* y fertilizaciones de orgánicas (Humato) pueden incrementar el número de frutos sanos, aumentar el peso de la almendra en baba y reducir la severidad de la enfermedad en los frutos enfermos. Su uso es una alternativa sostenible para el cultivo.

LITERATURA CITADA

1. Agrios, G. 2005. Plant pathology. Elsevier Academic Press. USA.
2. Amorim, O.A., C.R. Orlandelli y A.J. Pamphile. 2019. Control of cocoa plant (*Theobroma cacao* L.) pathogens by fungal endophytes from genera *Trichoderma* and *Clonostachys*. Uningá Review 34(1): 1-10.
3. Anzules, V., R. Borjas, L. Alvarado, V. Castro y A. Julca. 2019. Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. Scientia Agropecuaria 10(4): 511-520.
4. Compañía Nacional de Chocolates. 2019. La moniliasis del cacao: Daños, síntomas, epidemiología y manejo. Compañía Nacional de Chocolates S.A.S, Grupo Nutresa. Colombia.
5. Cadena, F. y E. Poma. 2022. Manejo de la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) con la aplicación de dos especies de *Trichoderma*. Revista de Investigación e

- Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 9(2): 37-43.
6. Chaguala V.I.A. 2022. Buenas Prácticas Agrícolas y manejo sostenible de los suelos en fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el municipio de Tame, departamento de Arauca. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7(1): 28-39.
 7. Díaz, K. 2000. La comercialización del cacao en Venezuela: Un análisis antes y después de la apertura comercial. 1975-1998. Agroalimentaria (11): 33-46.
 8. French, E. y T. Hebert. 1982. Métodos de investigación fitopatológica. IICA. Colombia.
 9. Hernández, E., M. López, E. Garrido, J. Solís, A. Zamarripa, C. Avendaño y A. Mendoza. 2012. La moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) del cacao: Búsqueda de estrategias de manejo. Revista Agro Productividad 5(6): 3-8.
 10. Jaimes, Y. y E.F. Aranzazu. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). CORPOICA, Produmedios. Colombia. <https://n9.cl/mpwia9>
 11. Ochoa-Fonseca, L., S. Ramírez-González, O. López-Báez, S. Espinosa-Zaragoza, A. Alvarado-Gaona y F. Álvarez-Siman. 2017. Control in vivo de *Moniliophthora roreri* en *Theobroma cacao* L., utilizando polisulfuro de calcio y silico sulfocálcico. Revista Ciencia y Agricultura 14(2): 59-66.
 12. Orellana, R., E.C. Orellana y R. Méndez. 2020. Calidad del agroecosistema de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la finca Los Lirios municipio Sucre estado Portuguesa Venezuela. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 5(1): 3-8.
 13. Páez-Martínez, P.P., A. Bernal-Cabrera, H.A. Castro-Albán, R. del P. Castro-Gómez y M.A. Vera Loo. 2024. *Bacillus* endófitos como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri* en cacao bajo condiciones de campo. Bioagro 36(3): 325-334.
 14. Pérez, L. 2018. *Moniliophthora roreri* H.C. Evans *et al.* y *Moniliophthora pernicioso* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. Rev. Protección Veg. 33(1).
 15. Phillips-Mora, W. y R. Cerda. 2009. Catálogo. Enfermedades del cacao en Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7753>.
 16. Phillips, W. 2003. Origen, Biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the Cacao (*Theobroma cacao* L) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans *et al.* as determined using molecular phytopathological and morpho-physiological evidence. (Tesis). Reading UK: University of Reading. 373 p.
 17. Pilaloe, W., D. Pérez, A. Alvarado y S. Torres. 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. ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias 5(15): 453-468.
 18. PROCACAO. 2017. Control de la moniliasis del cacao a través de prácticas culturales. Boletín 12. INFOCACAO.
 19. Pineda, M., D. Pineda, J. Labarca y H. González. 2020. Caracterización y comportamiento biológico de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* del sur del lago de Maracaibo – Venezuela. Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria 5(1): 9-15.
 20. Quintana, I. 2021. Aplicación de tres métodos para el control de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en cacao, Cantón Bucay Provincia del Guayas. (Trabajo de grado). Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. <https://n9.cl/259kq>
 21. Rodríguez, E., D. Navarro, P. Bermeo y E. Bayardo. 2024. Ofertas tecnológicas para el manejo de la monilia y la pudrición parda en cacao (*Theobroma cacao* L.). AGROSAVIA.

- Colombia. <https://editorial.agrsavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/378>.
22. Sánchez, L., E. Gamboa y J. Rincón. 2003. Control químico y cultural de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) del cacao (*Theobroma cacao* L) en el estado Barinas. Revista de la Facultad de Agronomía 20 (2).
23. Sánchez, J., O. Brenes, W. Phillips y G. Enríquez. 1988. Metodología para la inoculación de mazorcas de cacao con el hongo *Moniliophthora roreri* (Monilia). En: Proceedings the Tenth International Cocoa Research Conference. Cocoa Producers Alliance. Santo Domingo, República Dominicana. pp. 467-472.

