



Evaluación de métodos de control para escoba de bruja (*Monillioptora pernicioso*) en cacao en época lluviosa

Cumbicus Delgado, Cristian Andrés y Sánchez Gracia, Joao Enrique

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

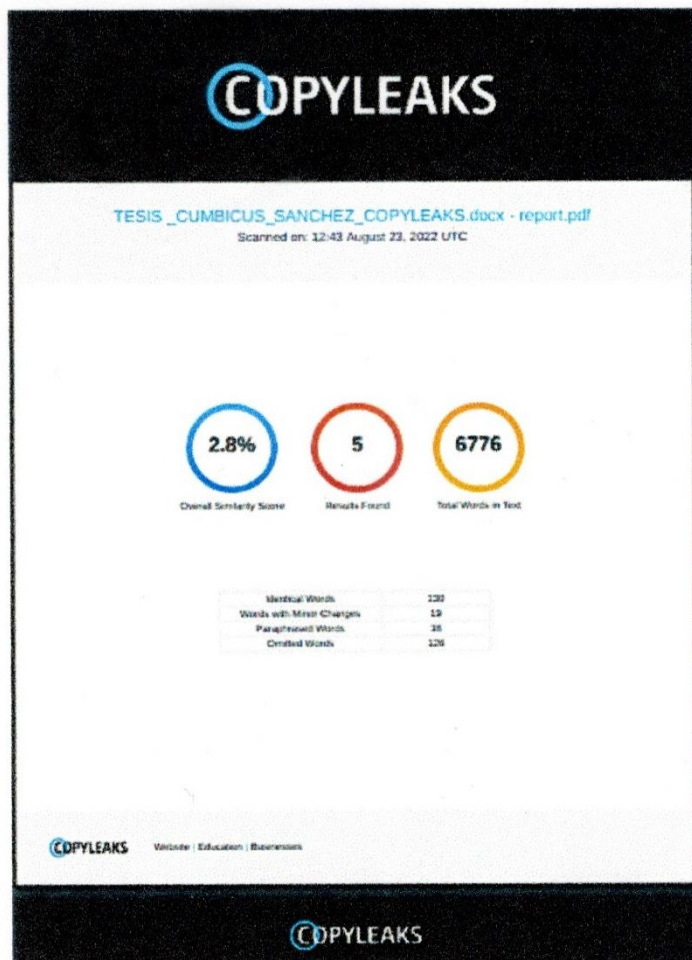
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio Mgs.

24 de agosto del 2022

Reporte de verificación



Firma:



Firmado electrónicamente por:
**EDUARDO
PATRICIO VACA
PAZMINO**

Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio Mgs
Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

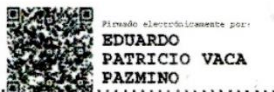
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular: “EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL PARA ESCOBA DE BRUJA (*Monillioptora pernicioso*) EN CACAO EN ÉPOCA LLUVIOSA” fue realizado por los señores **Cumbicus Delgado, Cristian Andres** y **Sánchez Gracia, Joao Enrique** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de agosto del 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:
EDUARDO
PATRICIO VACA
PAZMIÑO

Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio Mgs.

C.C. 1802127355



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cumbicus Delgado, Cristian Andres** y **Sánchez Gracia, Joao Enrique** con cédulas de ciudadanía N° **1727264200** y **1723916167** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL PARA ESCOBA DE BRUJA (*Monillioptora pernicioso*) EN CACAO EN ÉPOCA LLUVIOSA”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de agosto del 2022

Firmas:

Cumbicus Delgado, Cristian Andres
C.C: 1727264200

Sánchez Gracia, Joao Enrique
C.C: 1723916167



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

Autorización de Publicación

Nosotros **Cumbicus Delgado, Cristian Andres** y **Sánchez Gracia, Joao Enrique**, con cédulas de ciudadanía N° **1727264200** y **1723916167**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL PARA ESCOBA DE BRUJA (*Monillioptora pernicioso*) EN CACAO EN ÉPOCA LLUVIOSA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de agosto del 2022

Firmas:

Cumbicus Delgado, Cristian Andres
C.C: 1727264200

Sánchez Gracia, Joao Enrique
C.C: 1723916167

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado para mi madre Piedad Macanchi Delgado, que desde el cielo me ha guiado y protegido con su luz y sabiduría en esta última etapa académica. Siendo mi mayor ejemplo en esfuerzo, coraje, humildad e inteligencia para lograr terminar mis estudios profesionales.

A mi padre, José Cumbicus y hermanos Alberto y Javier; quienes me apoyaron de forma económica, social, emocional y psicología durante el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi hermosa mujer Melanny Hachi Cuenca, por su cariño y dedicación en brindarme su apoyo mutuo en cada etapa de mis estudios y logros alcanzados.

A la comunidad Universitaria de las Fuerzas Armadas ESPE, a grandes amistades, tutores y representantes por ser parte de este logro.

Por todo esto y mucho más, esta meta| es para todos ustedes.

Cumbicus Delgado Cristian Andres

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios, creador y sustentador de mi vida

A mis padres, José y Janeth por su amor, paciencia y su esfuerzo en hacer de mí una persona útil para la sociedad, a través de los valores inculcados desde mi niñez.

A mi hermana, Valeria por su apoyo y confianza en lograr este objetivo.

A mi tía Mercedes, por su amor y apoyo a la distancia.

A amigos y compañeros con los cuales compartí durante esta travesía académica.

Sánchez Gracia Joao Enrique

Agradecimiento

Agradezco a mi madre, que en vida me brindo los valores y principios de la vida, para cumplir las metas que me he propuesto y que desde el cielo junto a Dios me han cuidado para concluir un logro más.

Agradezco a mi tutor de tesis, Ing. Patricio Vaca, por su orientación personal como profesional y ofrecerme la oportunidad de poder realizar este trabajo, por los momentos de enseñanza, consejos, tiempo y predisposición.

A todos mis amigos y amigas de la Universidad ESPE, en especial Omar A., Fernando V., Jessica C., Kevin P., Jessenia Q., Joao S., Marlon P., Yaritza, F., agradezco por ser parte de todo este viaje, tanto en mi vida universitaria como mi vida personal, gracias por su amistad sincera, incondicional, consejos y compañía.

De manera fundamental quiero darle las gracias a mi compañero de Tesis Joao Sánchez por compartir una gran experiencia, risas, motivaciones y haber formado parte de esta etapa esencial. A mis familiares, allegados, mis compañeros de clases que formaron parte de todo este logro. Gracias, muchas gracias a todos

Cumbicus Delgado Cristian Andres

Agradecimiento

A Dios por brindarme la sabiduría, y la valentía para lograr cumplir este objetivo propuesto.

A mis padres y hermana por ser ese soporte e inspiración en mi vida.

A mi tía Mercedes, quién desinteresadamente me brindó su apoyo económico y moral.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Santo Domingo, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y su personal docente y administrativo, por los conocimientos y experiencias compartidas.

A nuestro director de tesis el Ing. Patricio Vaca por instruirnos con su conocimiento y profesionalismo y por la confianza depositada al poner su predio a nuestra disposición para la ejecución de esta investigación, además de proveernos los implementos para la realización de la misma.

A mis amigos Cristian, Marlon, Jonathan y Carol por su amistad y apoyo durante toda esta etapa de formación académica.

Índice de contenido

Caratula.....	1
Reporte de verificación.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	14
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Introducción.....	17
Capítulo II.....	19
Marco teórico	19
Generalidades del cultivo de cacao.....	19
Requerimientos edafoclimáticos.....	19
Escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>).....	20
Ciclo de vida.....	20
Descripción morfológica	21
Sintomatología.....	21
Control cultural	23
Controles Químicos más utilizados	23

Fungicidas Cúpricos	23
Fungicidas con Estrobilurinas	24
Fungicidas con Acilalaninas	25
Evaluación de la enfermedad causada por <i>Moniliophthora perniciosa</i>	26
Severidad.....	27
Incidencia.....	27
Capítulo III.....	28
Metodología	28
Ubicación del lugar de investigación	28
Ubicación política	28
Ubicación geográfica.....	28
Ubicación ecológica.....	29
Materiales	29
Materiales de campo	29
Insumos	29
Equipos.....	30
Métodos.....	30
Diseño experimental.....	30
Factores a probar	30
Tratamientos a comparar	31
Tipo de diseño	31

Repeticiones o bloques	31
Características de la UE.....	32
Análisis estadístico	33
Variables a medir.....	36
Análisis económico.....	36
Actividades realizadas.....	37
Fase de evaluación	40
Capitulo IV.....	41
Resultados y discusión	41
Porcentaje de incidencia	41
Grado de severidad.....	48
Análisis económico	53
Capítulo V	55
Conclusiones.....	55
Capítulo VI	57
Recomendaciones	57
Capítulo VII	58
Bibliografía	58

Índice de tablas

Tabla 1	Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cacao.....	19
Tabla 2	Síntomas ocasionados por <i>Moniliophthora perniciosa</i> en el cultivo de cacao.....	22
Tabla 3	Evaluación de la severidad de escoba de bruja, en función del estado evolutivo de las escobas vegetativas.	27
Tabla 4	Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación.	31
Tabla 5	Esquema de análisis de varianza.	35
Tabla 6	Fungicidas.	39
Tabla 7	Análisis de varianza en la variable porcentaje de incidencia de Escoba de bruja, mediante la aplicación de tres productos fúngicos y frecuencias en cacao CCN-51 en época de lluvia, Santo Domingo, 2022.	41
Tabla 8	Porcentaje de incidencia de Escoba de bruja en cada evaluación.	46
Tabla 9	Análisis de varianza en la variable grado de severidad de Escoba de bruja, mediante la aplicación de tres fungicidas y frecuencias en cacao CCN-51 en época de lluvia, Santo Domingo, 2022.....	48
Tabla 10	Grado de Severidad de Escoba de bruja en cada evaluación.	51
Tabla 11	Relación Beneficio /Costo.	53

Índice de figuras

Figura 1	Mapa de ubicación de la investigación.....	28
Figura 2	Croquis de distribución de unidades experimentales.....	33
Figura 3	Prueba de Duncan al 5% para incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos de la primera toma de datos.	42
Figura 4	Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la segunda toma de datos.....	43
Figura 5	Prueba de Duncan al 5% para incidencia de escoba de bruja comparando las frecuencias de aplicación en tercera toma de datos.	44
Figura 6	Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la cuarta toma de datos.....	45
Figura 7	Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos para la tercera toma de datos.	49
Figura 8	Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos para la cuarta toma de datos.	50

Resumen

Evaluar métodos de control para Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) en cultivos de cacao es alternativa para reducir pérdidas de producción. La investigación fue realizada en la Finca "Cacao del Valle", ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas, Parroquia Valle Hermoso, Km 6 ½ vía Cristóbal Colón (00°04' 58,3'' S y 79°14' 34'' W) a 370 msnm. Los objetivos planteados fueron determinar la incidencia y grado de severidad de Escoba de bruja en plantas de cacao CCN-51 con aplicación de fungicidas sistémicos y de contacto vs dos frecuencias de aplicación. El diseño utilizado fue un esquema bifactorial manejado por un DBCA con prueba de significancia de Duncan al 5%. Se probaron seis métodos de control con tres alternativas de fungicidas Metalaxil, Hidróxido de Cobre, Pyraclostrobin + Metiram con dos frecuencias de aplicación cada 20 y 25 días más un testigo con eliminación manual de escobas. Los resultados demostraron que las frecuencias de 20 días presentan menor porcentaje de incidencia, respecto al grado de severidad no tuvo diferencia las frecuencias a causa de las condiciones climáticas de la zona. El mejor tratamiento para disminuir la incidencia de Escoba de bruja fue el Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días, seguido por Pyraclostrobin + Metiram cada 25 días con 14.08% y 17.30%, respecto al grado de severidad los mejores tratamientos fueron Metalaxil cada 20 días y Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días con 26.66% y 31.83%. La relación Costo/Beneficio muestra con mejor valor el tratamiento Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días, debido a que cada dólar invertido genera ingresos de \$ 4.62.

Palabras claves: cacao, escoba de bruja, control de escoba de bruja, *Moniliophthora perniciosa*

Abstract

Evaluating control methods for witches' broom (*Moniliophthora perniciosa*) in cocoa crops is an alternative to reduce production losses. The research was conducted at the "Cacao del Valle" farm, located in Santo Domingo de los Tsáchilas, Valle Hermoso Parish, Km 6 ½ via Cristobal Colon (00°04' 58.3" S and 79°14' 34"W) at 370 m above sea level. The objectives were to determine the incidence and degree of severity of witches' broom on CCN-51 cocoa plants with the application of systemic and contact fungicides vs. two application frequencies. The design used was a bifactorial scheme managed by a DBCA with Duncan's significance test at 5%. Six control methods were tested with three fungicide alternatives Metalaxyl, Copper Hydroxide, Pyraclostrobin + Metiram with two application frequencies every 20 and 25 days plus a control with manual broom removal. The results showed that the frequencies of 20 days presented a lower percentage of incidence; with respect to the degree of severity, there was no difference in the frequencies due to the climatic conditions of the area. The best treatment to reduce the incidence of witches' broom was Pyraclostrobin + Metiram every 20 days, followed by Pyraclostrobin + Metiram every 25 days with 14.08% and 17.30%, regarding the degree of severity the best treatments were Metalaxil every 20 days and Pyraclostrobin + Metiram every 20 days with 26.66% and 31.83%. The Cost/Benefit ratio shows the best value for the treatment Pyraclostrobin + Metiram every 20 days, because each dollar invested generates income of \$ 4.62.

Key words: cocoa, witches' broom, witches' broom control, *Moniliophthora perniciosa*.

Capítulo I

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao*) es una fruta tropical, se origina en las riberas del Amazona (América del sur) y parte de los bosques de Centro América. Su reconocimiento a nivel mundial se debe a su relación con las grandes industrias chocolateras de este fruto se obtiene la materia prima (almendras) para elaborar chocolates (Estrada, Romero, & Moreno, 2011). La industria cacaotera está extendida en manufacturas como la cosmética y la medicina (Pontaza & Escobar, 2013).

Según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO, 2019), la producción de cacao es una de las principales fuentes de ingresos para las familias productoras del país, contribuye con el 5% de la población económicamente activa (PEA) y un 15% de la PEA en zonas rurales.

En Ecuador se cultivan dos variedades de cacao; cacao Granel o común CCN-51y el cacao Fino de Aroma, Nacional o Sabor Arriba Nacional (CFN, 2021); siendo este último un producto insignia para el Ecuador. El cacao fino representa el 5 % de la producción mundial. La distribución geográfica y los grandes recursos biológicos que posee Ecuador, hacen de este país una zona ideal para su producción con un aporte del 63 % de la producción mundial (ANECACAO, 2015).

Los principales problemas que enfrenta sector cacaotero, es la presencia de enfermedades, que afectan de tal manera al cultivo que generan pérdidas de hasta un 80 % en la producción. las enfermedades de mayor incidencia son la: Mazorca Negra (*Phytophthora*

palmivora); Moniliasis (*Moniliophthora roreri*); Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y el mal del Machete (*Ceratocystis fimbriata*) (INIAP, 2017).

La escoba de bruja es causada por el hongo (*Moniliophthora perniciosa*); afecta principalmente a brotes jóvenes, cojinetes florales, yemas vegetativas y frutos jóvenes; esta enfermedad en combinación con la monilla, ocasionan pérdidas anuales que bordean el 50% de los frutos producidos, y en casos extremos puede llegar al 90% en pérdidas (Tarqui et. al, 2017).

En 1917, la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) fue identificada por primera vez en Ecuador, ocasionando pérdidas del 40% de la producción durante un periodo de 5 años. En Brasil fue detectado en 1989, como consecuencia disminuyó el rendimiento el 60% entre los años 1990 – 1994 (SENASICA, 2013).

El control para escoba consiste en crear un entorno favorable para el cacao y perjudicial para el hongo, disminuyendo las pérdidas de producción de cojinetes florales y frutos, pero manteniendo al patógeno al margen, en época lluviosa este agente causal se desarrolla de mejor manera. Por ello se han implementado controles culturales, químicos y biológicos (Solórzano, 2018).

En base a los fundamentos expuestos, el presente trabajo tuvo la finalidad de determinar el mejor tratamiento para el manejo de escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) enfatizando el rendimiento de las plantaciones y la economía del productor.

Capítulo II

Marco teórico

Generalidades del cultivo de cacao

El cacao es una planta de clima tropical, con gran presencia a nivel mundial; ampliamente distribuida por África, Asia, Oceanía y América, del género *Theobroma*, perteneciente a la familia Malvaceae. Su origen data en América del Sur y posteriormente desarrollada en Mesoamérica hace 2000 años (Arvelo, González, Maroto, Delgado, & Montoya, 2017).

Es un árbol con altura promedio entre 4 y 8 m. El fruto es una baya grande denominada “mazorca”; en su interior se puede contabilizar entre 30 y 40 semillas color marrón rojizo, tiene hojas grandes, alternas con forma elíptica. Su producción parte del segundo año de establecido el cultivo, logra su máximo rendimiento entre el octavo y décimo año (Quintero & Díaz, 2004).

Requerimientos edafoclimáticos

Tabla 1

Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cacao.

Altitud	15 a 800 msnm
Temperatura	24 a 25 °C
Precipitación	1500 a 3000 mm
Suelo	Fértiles, profundos y francos
pH	6.0 a 7.0

Nota. Recuperado de INIAP (2014).

Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*)

Fue identificada por primera vez en Surinam en 1895, dejando pérdidas del 50% en el rendimiento anual de la plantación. Convirtiéndose en una de las enfermedades de mayor interés para los productores, debido a los efectos devastadores que estos patógenos ocasionan en los cultivos. Sus ataques están direccionados a varios órganos de los árboles como ramas, cojinetes florales y frutos; siendo estos dos últimos los más afectados. En Ecuador, los primeros signos de esta enfermedad se dieron en el año de 1917, reportes señalan que, para el año mencionado, la producción se redujo en un 40% a lo largo de cinco años (Murrieta & Palma, 2018).

Ciclo de vida

Según (Murrieta & Palma, 2018) menciona que, en condiciones de campo el ciclo biológico de la Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) es de 170 días. Esta enfermedad se presenta en dos fases. Durante la fase I, el patógeno contamina el tejido joven a lo largo de la etapa de crecimiento, provocando lo que se conoce como hipertrofia (tejido super desarrollado) e hiperplasia (mayor cantidad de células) parasitando el mismo. En el transcurso de la segunda fase el tejido hipertrofiado muere, produciéndose un cambio en los hábitos del hongo hasta que se vuelve saprófito. El periodo de incubación del patógeno transcurre entre la 3 a 14 semana. Los brotes vegetativos pierden dominancia apical como consecuencia del desequilibrio apical, mientras que las yemas axilares se desarrollan dando paso a los brotes laterales los que finalmente desencadenan los síntomas de escoba de bruja (SENASICA, 2013).

Descripción morfológica

El hongo exhibe un sombrero en forma de paraguas color rojo, ya alcanzada la madurez pierde su color dando paso a una mancha rojo oscuro, que sobresale del centro del hongo, presenta una línea roja en forma de campana; con bordes convexos y cóncavos con un centro de 2-5 mm y diámetro de 5-15 mm cuando se seca (SENASICA, 2013).

Sintomatología

Según Mora & Espínola (2016), *M. pernicioso* ataca órganos de constante crecimiento, brotes tiernos, cojinetes florales y frutos jóvenes, dejándolos hipertrofiados y con crecimientos anormales. En la tabla 2 se puntualizan los principales síntomas producidos por este patógeno:

Tabla 2

Síntomas ocasionados por *Moniliophthora perniciosa* en el cultivo de cacao.

Órganos	Síntomas
Órgano vegetativo de plantas adultas	Tejidos de ramas engrosados, entrenudos acortados con deformaciones, proliferación de yemas, desde la semana 6 los tejidos mueren, toman apariencia de escobas secas.
Cojines florales	Crecimiento anormal, presencia de yemas vegetativas convertidas en pequeñas escobas. Las flores muestran forma estrellada, pedicelo engrosado y sépalos necrosados.
Frutos	Malformaciones “frutos chirimoya”, que se necrosan y mueren. El exterior de las mazorcas adultas presenta maduración prematura, se observan abultamientos e hinchazones. En etapas avanzadas de la enfermedad, se ven manchas necróticas redondas, rodeadas de un halo amarillo; semillas con aspecto gelatinoso.

Nota. Recuperado de Parra, Contreras, & Pineda (2008).

Control cultural

Es una práctica eficiente, consiste en eliminar brotes afectados por la Escoba de bruja, realizando podas fitosanitarias y cortes de 15 a 20 cm debajo del punto de infección (SENASICA, 2013).

Según el Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias INIAP, (2019), esta práctica se debe hacer una a dos veces al año en época seca, donde existe condiciones desfavorables para la reproducción del hongo. Las escobas viejas que están en el suelo pueden producir basidiocarpos a los pocos días, en condiciones de lluvias, por lo cual se deben retirar a tiempo. Cabe recalcar que una Nutrición Integral y Podas Oportunas hará a las plantas más resistentes y vigorosas al ataque de patógenos (Murrieta & Palma, 2018).

Controles Químicos más utilizados

Fungicidas Cúpricos

Fairhurst, Caliman, & Hardter (2005), indican que los cúpricos forman parte esencial de las proteínas y enzimas, está involucrado en el transporte de electrones en la fotosíntesis y en la síntesis de lignina. Este ingrediente es de acción preventiva de contacto brindando resistencia a la pared celular de la planta e inactivando la mayoría de las enzimas, coenzimas y desnaturalizando las proteínas en el metabolismo del patógeno (Ecuaquimica, 2016).

De acuerdo con Takacs (2014), determinaron en su investigación el uso de cupricos para el control de *M. pernicioso* en Perú, demostro que el fungicida óxido cuproso (30g/20Lt) presenta menor incidencia de *Moniliophthora pernicioso*, con un 55,80%, seguido del hidróxido de cobre (80g/20Lt) con 64,40% y el tebuconazole (20ml/20Lt) con un 74%, dando una incidencia total de 65% de *Moniliophthora pernicioso*. Esto tambien lo menciona Bravo (2015),

en su investigación de control de enfermedades en cultivo de cacao, demostro que en época de verano el Hidróxido de cobre (3Kg/ha) mostro menos valor en Cherville wilt, y Escoba de bruja.

Contreras (2017), menciona que el uso de cupricos presenta los mayores beneficio económico, esto lo recalca con el uso de Oxicloruro de cobre en dosis de 1kg/ha para el control de enfermedades fungosas en cacao CCN 51.

Hidroxido de cobre

Grupo Químico: Cuprico, Modo de acción: Fungicida de contacto

Fórmula: $\text{Cu}(\text{OH})_2$ Concentración: 538 gr/kg

Formulación: Granulo dispersable (WG)

Fungicidas con Estrobilurinas

Presentan acción de amplio espectro controlan ascomicetos, basidiomicetos, deuteromicetes y oomicetos. Su mecanismo de acción en la planta es preventivo y curativo. Son una clase de fungicidas sistémicos y su única acción bloquea la respiración del patógeno impidiendo la formación y penetración de las esporas (Zurita, 2018).

En una investigación desarrollada por Vivanco (2022), usando Pyraclostrobin + Metiran (C/20 días) (1gr/Lt) demostró excelentes resultados en la incidencia de la Escoba de Bruja en cultivo de cacao con un promedio de 16,67% y 1,67% de severidad en campo.

Por su parte , Anzules, Borjas, Alvarado, & Castro (2019), determinaron que labores Culturales + Clorotalonil (1 kg/ha) (C/15 días) + Pyraclostrobin (0,5 kg/ha) (C/90 días) + Fertilizante (0,4 kg/ha) + Abono (2 kg/planta), obtuvieron el mayor ingreso neto/hectárea y control de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora spp.* Mencionando que *Moniliophthora roreri* es del mismo género que *Moniliophthora perniciosa*.

Zurita (2018), determinó la incidencia de la *Moniliophthora roreri* frente al fungicida Pyraclostrobin, y su efecto sobre la actividad fisiológica del cacao, demostrando que el mejor resultado fue Pyraclostrobin (0.50 L/ha) con dos y tres aplicaciones, respectivamente, con un 2.36 % de presencia de la enfermedad.

Pyraclostrobin + Methiram

Ingrediente Activo: Pyraclostrobin, Modo de acción: Fungicida sistémico

Grupo Químico: Methoxy carbamates (estrobirulinas)

Fórmula: $C_{19}H_{18}ClN_3O_4$, Concentración: 250 g/L

Formulación: Concentrado Emulsionable (EC)

Fungicidas con Acilalaninas

Las acilalaninas tienen acción sistémica, actúan en la incorporación de la uridina en la síntesis del ARN, ideal para el control de oomicetos y en bajas concentraciones inhibe la aparición, expansión, esporulación de lesiones y la germinación de los esporangios producidos en la superficie del órgano afectado, su uso requiere un manejo adecuado para preservar la utilidad del fungicida (Tun, 2008).

Bravo (2015), en su investigación, indica que el Metalaxil + Mancozeb (2,75 kg/ha) como anti esporulante contra enfermedades en el cultivo de cacao presentó los menores valores. Pero obtuvo el mayor peso fresco en época de invierno.

Según Vivanco (2022), en su investigación utilizó Metalaxil-M + Mancozeb con beneficios contra la incidencia y severidad de *Moniliophthora perniciosa*. No obstante, el uso de Mancozeb conlleva a altos riesgos asociados con la afección de la salud de los trabajadores y del medio ambiente y esto lo afirma Brody, y otros (2013), indicando que el uso de fungicidas

con contenido de manganeso como Mancozeb se han asociado con afecciones neurodegenerativas como la enfermedad de Parkinson. En otro estudio Contreras, Morales, Colmenares, Dávila, & Quintero (2016), menciona que la atrazina y Mancozeb puede provocar daño neuronal asociado con excitotoxicidad y citotoxicidad.

Acilalaninas

Ingrediente Activo: Metalaxyl, Modo de acción: Fungicida sistémico

Grupo Químico: Acilalaninas

Fórmula: $C_{15}H_{21}NO_4$, Concentración: 240 g/L

Formulación: Concentrado Emulsionable (EC)

Evaluación de la enfermedad causada por *Moniliophthora perniciosa*

La mejor forma de evaluar la “Escoba de bruja” en campo es determinar y conocer la enfermedad y recorrer el cultivo en zig-zag, observando y tomando datos de la presencia de la enfermedad en ramas apicales, frutos y cojinetes florales especialmente en este tejido ya que siempre se encuentra en crecimiento (Murrieta & Palma, 2018), la mayor incidencia de la enfermedad se da en época de lluvias.

Severidad

Tabla 3

Evaluación de la severidad de escoba de bruja, en función del estado evolutivo de las escobas vegetativas.

Escala	Representación	Características del nivel
1	Infección leve	Inicial engrosamiento anormal del brote.
2	Infección moderada	Engrosamiento anormal del brote y deformación de las hojas en hojas apicales.
3	Infección elevada	Escoba completamente formada en el brote.

Nota. Recuperado de Loor, Casanova, & Plaza (2018) & Murrieta & Palma (2018).

Incidencia

Para esta evaluación se realizó los siguientes pasos:

- a. En cada planta marcada se cuantificó el número de escobas por el total de todos los brotes del mismo árbol.
- b. Para arboles elites, se evaluó el porcentaje de escobas y estado evolutivo de las escobas, en plantas de uno a tres años de edad.
- c. La incidencia siempre será en porcentaje y se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de escobas vegetativas}}{N^{\circ} \text{ total de brotes}} \times 100$$

Capítulo III

Metodología

Ubicación del lugar de investigación

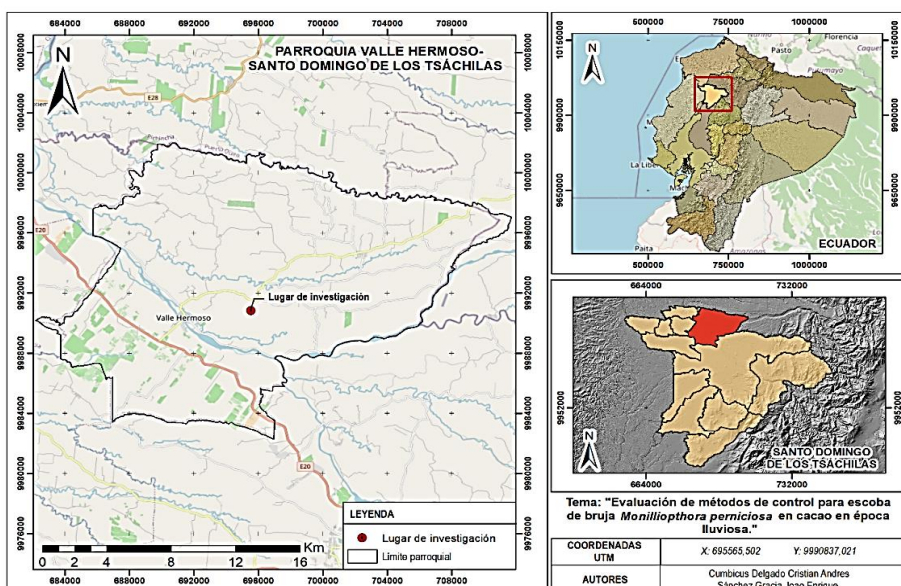
Ubicación política

País	:	Ecuador
Provincia	:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón	:	Santo Domingo
Parroquia	:	Valle Hermoso
Sector	:	km 6 - Recinto Cristóbal Colon

Ubicación geográfica

Figura 1

Mapa de ubicación de la investigación.



Ubicación ecológica

Zona de vida	:	Bosque húmedo tropical
Altitud	:	370 msnm
Temperatura	:	24,8 °C
Precipitación	:	3200 mm/año
Humedad Relativa	:	85%
Suelos	:	Limo arcillosos y arenosos.

Materiales**Materiales de campo**

- Tijera de podar y de altura
- Cinta métrica
- Vaso dosificador
- Materiales de oficina (esfero, lápiz, regla, libreta)
- Papel de aluminio
- Letreros de identificación de parcelas

Insumos

- Foraxil (*Metalaxyl*)
- Cabrio Top (*Pyraclostrobin + Metiram*)
- Kocide 2000 (*Hidróxido de Cobre*)
- Adherentes (Agrotin)
- Micro Algae K+ (*Ascophyllum nodosum*)

- Fertilizantes, fercacao Gold, Kieserita

Equipos

- Bomba a motor con turbo
- Balanza gramera
- Chapeadora
- GPS
- Equipos de Protección (guantes, gafas y mascarilla)

Métodos

Diseño experimental

Factores a probar

El factor a experimentar en la investigación, es la aplicación de tres fungicidas químicos con dos frecuencias de aplicación para el cacao CCN-51 contra la escoba de bruja (*Monillioptora perniciosa*), en época lluviosa.

Se aplicó dos fungicidas de acción sistémica y un preventivo de contacto, ampliamente comerciales en el Ecuador para el control de escoba de bruja (*Monillioptora perniciosa*).

Al testigo se le dio un control cultural, removiendo las escobas con tijeras de podar.

Tratamientos a comparar

Tabla 4

Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación.

Tratamiento	Frecuencia	Dosis	Descripción
T1	C/15 días		Control manual de escobas
T2	C/20 días	0,75 ml/Lt	Metalaxyl
T3	C/20 días	2 gr/Lt	Hidróxido de Cobre
T4	C/20 días	1 gr/Lt	Pyraclostrobin + Metiram
T5	C/25 días	0,75 ml/Lt	Metalaxyl
T6	C/25 días	2,5 gr/Lt	Hidróxido de Cobre
T7	C/25 días	2 gr/Lt	Pyraclostrobin + Metiram

Tipo de diseño

Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

Repeticiones o bloques

El diseño fue siete tratamientos incluido el testigo, con tres repeticiones y 21 unidades experimentales.

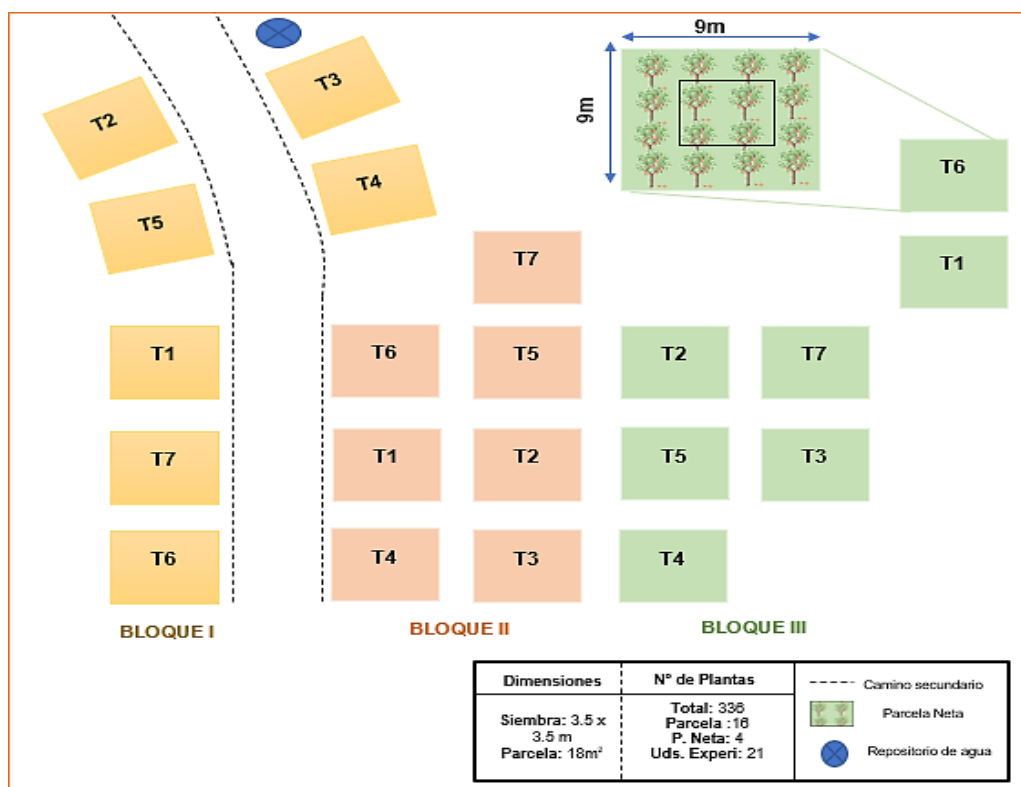
Características de la UE

Distancia de siembra	:	3,5 m x 3,5 m
Plantas total a utilizar	:	336
Número de unidades experimentales	:	21
Área de la unidad experimental	:	2321,30 m ²
Largo	:	74,31 m
Ancho	:	65,80 m
Forma de la UE	:	Cuadrada
Área total del ensayo	:	4889,59 m ²
Forma del ensayo	:	Rectangular

Croquis del diseño

Figura 2

Croquis de distribución de unidades experimentales.



Análisis estadístico

La investigación presento siete tratamientos experimentales incluyendo un testigo, con tres repeticiones, obteniendo un total de 21 unidades experimentales.

Tipo de diseño

Se usó un esquema bifactorial 3x2 (tres productos y dos frecuencias de aplicación) más un testigo llevado por un diseño de bloques completos al azar (DBCA) distribuido en tres bloques, 6 tratamientos más un testigo, generando 21 unidades experimentales.

El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ : Es el efecto de la media global

α_i : Es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A

(Productos)

β_j : Es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor B

(Frecuencias de aplicación)

$(\alpha\beta)_{ij}$: Es el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i -ésimo del factor A y el nivel j -ésimo del factor B.

ε_{ijk} : Es el error aleatorio.

Esquema del análisis de varianza

Tabla 5

Esquema de análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	2
Tratamiento	6
Error Experimental	12
Total	20

Coefficiente de variación

La fórmula empleada para el cálculo fue:

$$cv = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde;

cv = Coeficiente de variación

CMe = Cuadrado medio del error

\bar{x} = Media de tratamiento

Análisis funcional

Para las diferencias significativas en variables estadísticas se utilizó la prueba de significancia de Duncan al 5% de probabilidad de error y comparaciones.

Variables a medir

- Incidencia de escoba de bruja
- Grado de severidad de la enfermedad
- Análisis económico

Incidencia de escoba de bruja

La incidencia se alcanza con la siguiente fórmula, que consiste en dividir el número de escobas vegetativas encontradas en cada árbol con el número total de brotes del árbol multiplicado por 100.

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de escobas vegetativas}}{N^{\circ} \text{ total de brotes}} \times 100$$

Grado de severidad

La severidad se alcanza mediante una escala mencionado por Loor, Casanova, & Plaza (2018) y Murrieta & Palma (2018) que se encuentra detallada en la Tabla 3. consiste “en señalar brotes enfermos y evaluar su estado evolución (vigor) de las escobas vegetativas, con las tres escalas”.

Análisis económico

Se efectuó el análisis económico por hectárea, tomando en cuenta el rendimiento por cada tratamiento multiplicado por el promedio de número de mazorcas de planta evaluada. Adicional se añadió los valores de costo de cada uno de los productos utilizados en la

investigación, con la finalidad de obtener un balance de los costos – beneficios para una mejor elección hacia el productor.

Actividades realizadas

Delimitación de parcelas

Se realizó al inicio de la investigación, delimitando parcelas de 16 plantas por unidad experimental obteniendo 7 parcelas por bloque y 21 en todo el ensayo.

Marcación de plantas de evaluación

Cada unidad experimental tiene 16 plantas de las cuales se marcaron 4 plantas del centro, para ser identificadas con una numeración para el registro de datos.

Marcación de escobas vegetativas

Dentro de la parcela neta se marcó 5 escobas vegetativas con tachuelas en cada árbol, para evaluar el grado de severidad mediante escalas.

Etiquetado de parcelas

Se colocaron letreros en cada unidad experimental, con su respectivo código de tratamiento y bloque.

Limpieza de plantas

Antes de la aplicación de los tratamientos se eliminaron mazorcas enfermas, secas, escobas apicales y cojines florales enfermos con escoba de bruja.

Control de malezas

Fue mecanizada, con una desmalezadora por una sola ocasión el 22 de marzo de 2022, debido a una baja presencia de maleza.

Limpieza de escobas

La limpieza de las escobas se realizó cada 15 días en el testigo. Aquellas escobas se estaban secas en los tratamientos se las removió manualmente.

Aplicación de bioestimulante foliar

Se realizaron tres aplicaciones de Micro Algae K+ 2 gr/Lt cada 10 días en todo el ensayo, comenzando el 29 de abril de 2022 con una bomba de motor más adherente, como un aporte foliar de nutrientes.

Aplicación de fertilizantes

Se aplicó macroelementos con el fertilizante Fercacao Gold en la zona de goteo en forma de corona el 10 de junio de 2022, cinco días después se aplicó Magnesio + Azufre como Kieserita en la misma zona de la primera aplicación el día 15 de junio de 2022. Estas dosificaciones y fuentes nutricionales están relacionadas al análisis químico del suelo.

Aplicación de los tratamientos

Para las aplicaciones se usó una pulverizadora a gasolina con capacidad 15 litros, en conjunto con los fungicidas se aplicó un adherente (Agrotin) todas las pulverizaciones se dirigieron al área foliar en horas de la mañana, la frecuencia de aplicación estuvo en función de cada tratamiento.

Tabla 6

Fungicidas.

Producto Comercial	Presentación / Acción	Ingrediente activo	Dosis – Bomba (15Lt)	Observaciones
	100 gr		30 gr – c/20	
	Contacto		días	
Kocide 200		Hidróxido de cobre	37,5 gr – c/25 días	
	500 gr		15 gr – c/20	Adherente Agrotin en
	Sistémico		días	dosis de 0,5 ml/L
		Pyraclostrobin +	30 gr – c/25	
Cabrio Top		Metiram	días	
	1 Lt		11,25 ml –	Adherente Agrotin en
	Sistémico		c/20 días	dosis de 0,5 ml/L
			11,25 ml –	
Foraxil		Metalaxyl	c/25 días	

Fase de evaluación

Al iniciar la investigación se tomó una línea base del estado del cultivo, antes de las aplicaciones de los tratamientos. Esta línea base determina el estado inicial en que parte la investigación, el estado evolutivo de la escoba de bruja que se encuentra en el árbol de cacao, se recolectaron datos de los 4 árboles de la parcela neta de cada unidad experimental, de las escobas, mazorcas sanas, mazorcas enfermas y cojinetes florales sanos y enfermos.

La toma de datos se realizó con una matriz de datos mensuales. Se realizaron 5 tomas de datos incluyendo la línea base, se tomaron cada 30 días y van del 07 de marzo de 2022 al 05 de julio de 2022.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Porcentaje de incidencia

Tabla 7

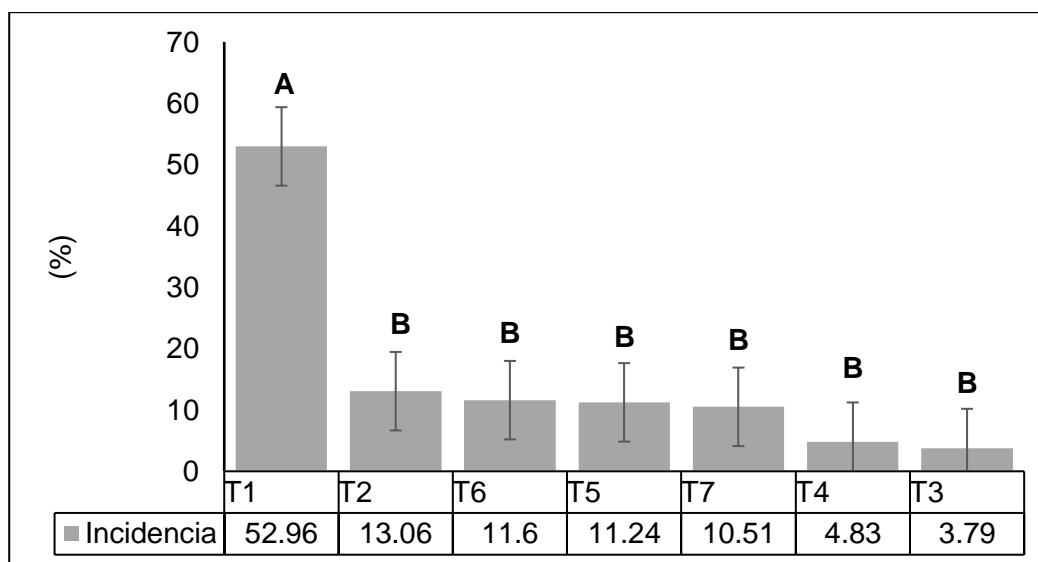
Análisis de varianza en la variable porcentaje de incidencia de Escoba de bruja, mediante la aplicación de tres productos fúngicos y frecuencias en cacao CCN-51 en época de lluvia, Santo Domingo, 2022.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios				
		Línea Base	1	2	3	4
Bloque	2	120.48ns	64.59ns	6.92*	681.9ns	4.29*
Tratamientos	6	21.13ns	859.22*	2.94*	585.83ns	1265.73*
Factor A	2	30.02ns	39.87ns	49.05ns	0.62ns	79.51ns
Metalaxyl vs Hidróxido de Cobre, Pyraclostrobin – Metiram	1	57.84ns	79.74ns	92.96ns	33.81ns	149.86ns
Hidróxido de Cobre vs Pyraclostrobin + Metiram	1	2.21ns	0.0016ns	5.14ns	292.15ns	9.17ns
Factor B	1	35.59ns	68.17ns	238.49ns	5.82*	782.63ns
Lineal	1	35.59ns	68.17ns	238.49ns	5.82*	782.63ns
Productos vs Frecuencia	2	13.22ns	38.46ns	2.48ns	1.69ns	932.16*
Testigo vs el Resto	1	4.72ns	4930.5*	1300.37*	754.85ns	4788.42**
Error	12	22.84	129.97	152.28	321.4	258.82
Total	20					
CV		66.8	73.9	59.0	56.2	45.9

En la tabla 7 se indica que el factor A correspondiente a los productos, no presenta diferencia significativa sobre la incidencia de la Escoba de bruja presentando un p-valor de > 0,05. El factor B correspondiente a las frecuencias de aplicación, tuvo diferencia en la tercera evaluación y en la cuarta evaluación se presentó diferencia en los productos vs la frecuencia. Los tratamientos demuestran diferencia significativa del testigo desde la primera, segunda y altamente significativa en la cuarta evaluación con un nivel de significancia del 5%.

Figura 3

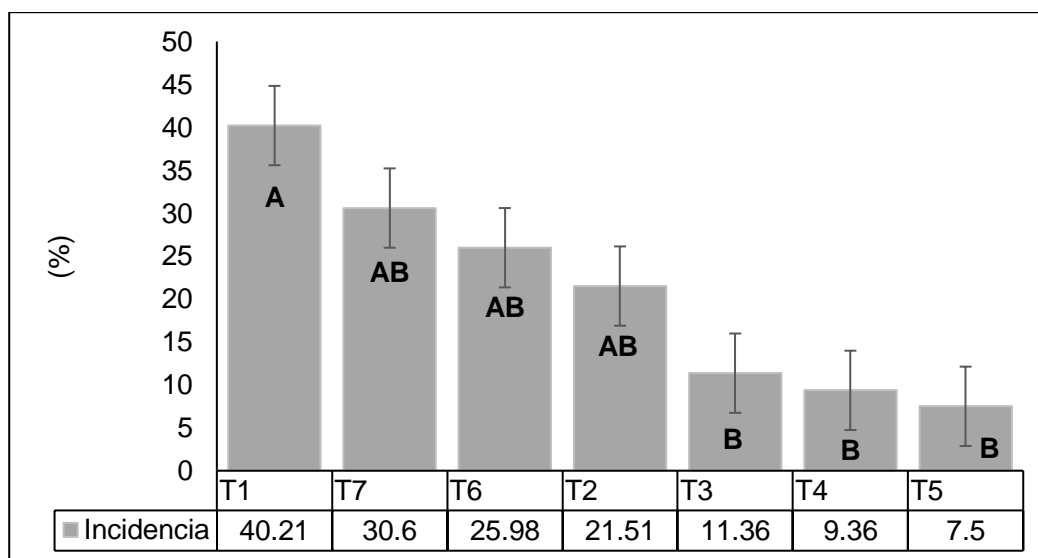
Prueba de Duncan al 5% para incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos de la primera toma de datos



En la figura 3, se observa diferencia significativa entre el testigo con los tratamientos, siendo este el que presenta mayor incidencia de Escoba de bruja con un 52.96%, mientras que los tratamientos no presentan diferencia significativa entre ellos, sin embargo, existe diferencia numérica con el T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) y T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) con incidencia de 4.83% - 3.79% respectivamente.

Figura 4

Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la segunda toma de datos.



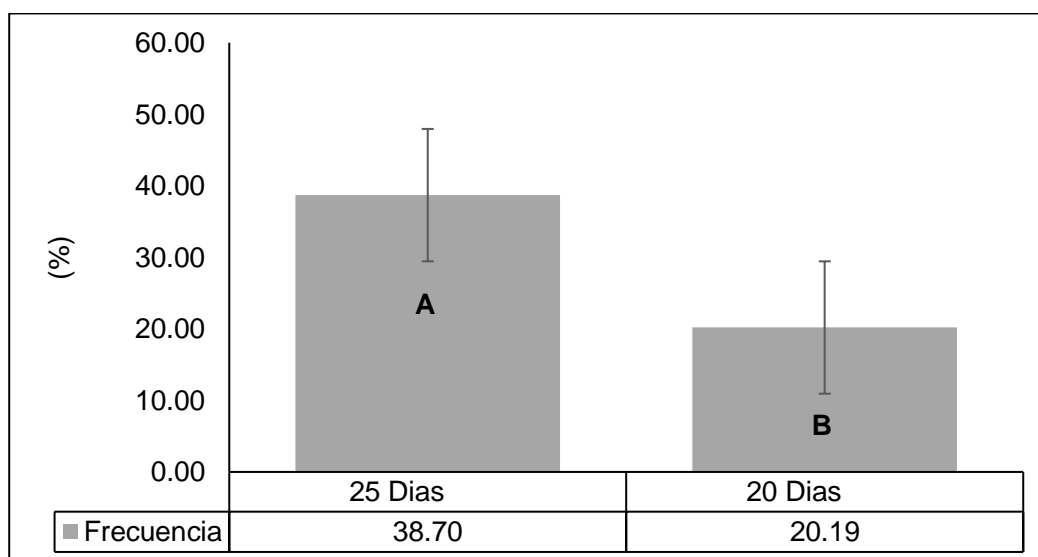
En la figura 4, se observa diferencia significativa entre los tratamientos, presentando al testigo con la mayor incidencia de Escoba de Bruja con un 40.21%, mientras que los tratamientos con menor porcentaje de incidencia son el T5 (Metalaxil/25 días), T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) y T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) con 7.5% - 9.36% - 11.36%.

Según Bravo (2015), el Metalaxil + Mancozeb actúa como anti esporulante de hongos patógenos del cacao, de igual forma Vivanco (2022), menciona que Metalaxil-M + Mancozeb brindaron cierta reacción beneficiosa contra la incidencia y severidad de *Moniliophthora perniciosa*, podemos afirmar que el uso de Metalaxil sin Mancozeb presenta resultados satisfactorios en la segunda evaluación, puesto que el Mancozeb está prohibido en la Unión Europea por relacionarlo directamente a la enfermedad de Parkinson.

Según Anzules, Borjas, Alvarado, & Castro (2019), el uso de fungicidas químicos disminuye la incidencia de enfermedades vasculares en el cultivo de cacao en especial los de doble acción, esto se confirma puesto que el fungicida sistémico de doble acción Pyraclostobin + Metiran disminuyó la incidencia de la enfermedad.

Figura 5

Prueba de Duncan al 5% para incidencia de escoba de bruja comparando las frecuencias de aplicación en tercera toma de datos.



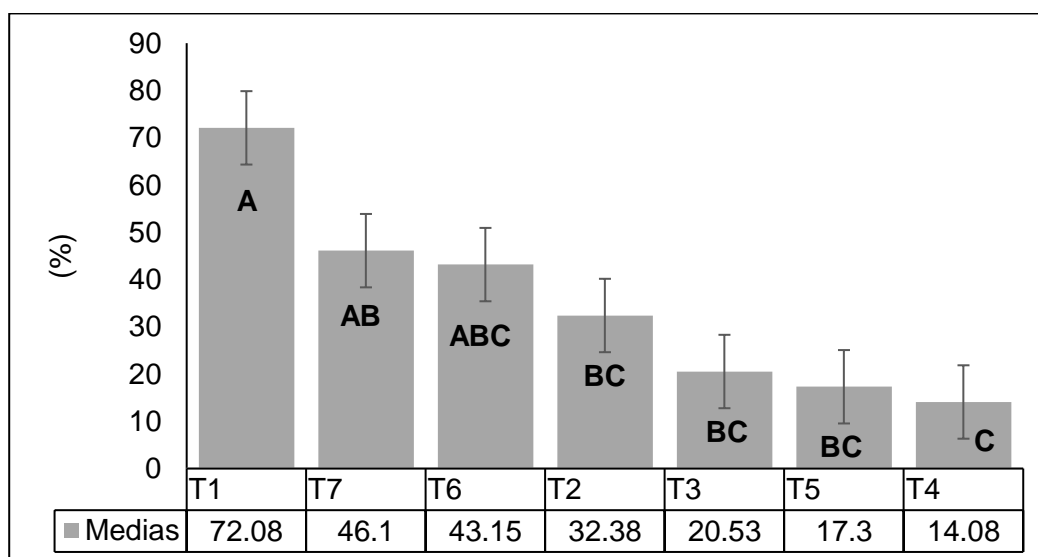
En la figura 5, correspondiente a la frecuencia de la evaluación tres se indica que existe diferencia significativa en las frecuencias de aplicación de los productos agroquímicos, existiendo menor porcentaje de incidencia de Escoba de bruja a los 20 días con un promedio de 20.19%, mientras que la frecuencia de 25 días presentó un promedio de 38.70% de incidencia.

Esta diferencia de frecuencia en la tercera evaluación está ligada al ciclo del patógeno, como argumenta Vivanco F. (2022), el ciclo del patógeno puede variar de 3 a 14 semanas, mientras que Mora & Espínola (2016), menciona que las condiciones óptimas para la liberación

de basidiocarpos ocurren en la noche a temperaturas de 20-25 °C y humedad relativa de 80 %. En la época de invierno estas condiciones son óptimas para el desarrollo del patógeno, por lo cual la frecuencia de 25 días presenta mayor incidencia por dos factores, las condiciones favorables del patógeno y la limpieza del producto por la lluvia.

Figura 6

Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de incidencia de escoba de bruja en la comparación de tratamientos en la cuarta toma de datos.



En la figura 6, se observa diferencia altamente significativa entre tratamientos, el T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) presenta la menor incidencia de Escoba de Bruja entre todos los tratamientos con un promedio de 14.08%, mientras que T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) y T5 (Metalaxil/25 días), presenta resultados similares con medias de 20.53% y 17.03%, de igual manera el T2 (Metalaxil/20 días), T6 (Hidróxido de Cobre/25 días) y T7 (Pyraclostrobin + Metiram/25 días) no presentan diferencias significativas entre estos productos con promedios de 32.38% - 43.15% - 46.10% respectivamente. El testigo presentó la mayor incidencia de Escoba de bruja con 72.08%.

La incidencia de escoba de bruja en época de lluvia se presenta con mayor agresividad, los factores climáticos son favorables para su desarrollo, liberación y dispersión de esporas.

Durante la cuarta toma de datos realizada en Julio de 2022, presento condiciones ideales para una alta incidencia en el cultivo, por tanto, la incidencia de la zona (testigo) presenta igual resultados a Vivanco (2022), en la parroquia de Valle Hermoso – Santo Domingo. De acuerdo con Zurita (2018), el uso de estrobilurina como el ingrediente activo Pyraclostrobin demuestra excelentes resultados en la incidencia del género *Moniliophthora* y aumenta su actividad fisiológica del cultivo.

Takacs (2014), indica que el uso de Hidróxido de Cobre en la escoba de bruja presenta incidencias superiores al 50%, con el uso de este ingrediente se logra incrementar la producción con un 11% a 41% por su efecto de proteger a la mazorca y no como estimulante en tamaño de frutos. Podemos asegurar que en el análisis económico el Hidróxido de Cobre permite tener mayor número de mazorcas sanas.

Tabla 8

Porcentaje de incidencia de Escoba de bruja en cada evaluación.

Tratamientos			Toma de datos				
			Línea Base	1	2	3	4
Testigo		T1	8.31	52.96	40.21	46.58	72.08
Metalaxil	Cada 20 días	T2	9.21	13.06	21.51	47.08	32.38
Hidróxido de Cobre	Cada 20 días	T3	2.17	3.79	11.36	16.94	20.53
Pyraclostrobin - Metiran	Cada 20 días	T4	5.27	4.83	9.36	14.52	14.08
Metalaxil	Cada 25 días	T5	9.77	11.24	7.50	33.90	17.30
Hidróxido de Cobre	Cada 25 días	T6	8.35	11.60	25.98	23.40	43.15
Pyraclostrobin - Metiran	Cada 25 días	T7	6.97	10.51	30.60	62.77	46.10

En la tabla 8, se observa el porcentaje de incidencia de Escoba de bruja en cada evaluación, teniendo en cuenta que en Julio 2022 terminó la época lluviosa y es correspondiente a la cuarta evaluación se observa alta diferencia significativa, el mejor es T4

(Pyraclostrobin + Metiram/20 días) seguido del T5 (Metalaxil/25 días) y T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) con los menores porcentajes de incidencia 14.08% - 17.30% - 20.53 %, mientras que el testigo tuvo un promedio de 72.08% seguido del T7 (Pyraclostrobin + Metiram/25 días) y T6 (Hidróxido de Cobre/25 días) con 46.10% - 43.15% respectivamente.

Con los resultados presentados se menciona que existe diferencia estadística entre los tratamientos, pero no existió mayor diferencia en las frecuencias en cada evaluación por condiciones de clima, ya que a veces se presentó altas precipitaciones provocando el lavado del producto y la presencia de películas de agua en la superficie de las hojas y ramas disminuyendo el efecto del fungicida. Los fungicidas sistémicos fueron escogidos en función a una investigación realizada en la época seca con acción directa al género del patógeno. Según Murrieta & Palma (2018), el único manejo son las limpiezas manuales donde se presente infección por Escoba de bruja, con esto podemos contratecir lo antes mencionado debido a que T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) si presentó la menor incidencia en la investigación y solo en la tercera evaluación presenta una diferencia de la frecuencia.

La diferencia estadística del testigo entre los tratamientos se comenzó a observar desde la segunda evaluación, siendo T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) seguido del T5 (Metalaxil/25 días) y T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) los que tuvieron los mejores resultados en campo analizado con Duncan al 5%, sabiendo que el tiempo de infección del micelio del patógeno es de alrededor de 3 a 4 semanas, por esto el uso de fungicidas de doble molécula (sistémico y contacto) interfieren en el desarrollo del patógeno por su residualidad y translocación rápida en el interior de la planta, resulta en una menor incidencia de la Escoba de bruja. En la investigación se presentó una variabilidad de porcentaje de incidencia en cada toma de evaluación debido a las condiciones óptimas que se presenta en la copa del árbol para

el desarrollo del patógeno, evolucionando el hongo a la etapa saprobia liberando las esporas para contaminar nuevas ramas.

Grado de severidad

Tabla 9

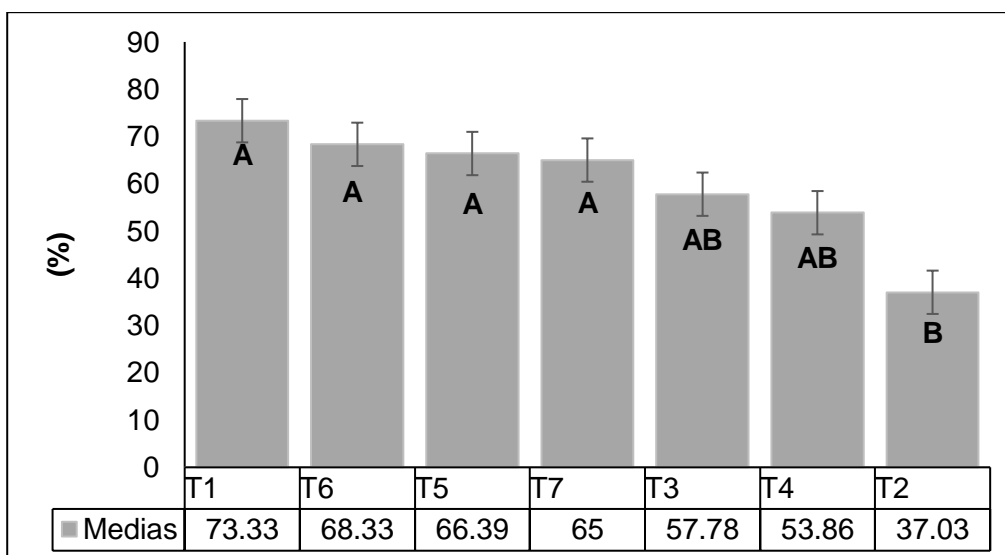
Análisis de varianza en la variable grado de severidad de Escoba de bruja, mediante la aplicación de tres fungicidas y frecuencias en cacao CCN-51 en época de lluvia, Santo Domingo, 2022.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios				
		Línea Base	1	2	3	4
Bloque	2	83.84ns	460.12ns	121.19ns	1116.94*	119.29ns
Tratamientos	6	119.07ns	24.62ns	84.30ns	441.35*	494.26ns
Factor A	2	3.85ns	1.73ns	30.26ns	201.37ns	202.43ns
Metalaxyl vs Hidróxido de Cobre, Pyraclostrobin - Metiram	1	1.93ns	3.45ns	52.2ns	363.28ns	89.78ns
Hidróxido de Cobre vs Pyraclostrobin - Metiram	1	5.77ns	0.0000083ns	8.32ns	39.46ns	315.09ns
Factor B	1	246.94ns	84.02ns	0.15ns	3.95ns	330.93ns
Lineal	1	246.94ns	84.02ns	0.15ns	3.95ns	330.93ns
Productos vs Frecuencia	2	96.44ns	22.29ns	74.26ns	171.44ns	87.84ns
Testigo vs el Resto	1	266.92*	15.68ns	296.61ns	599.46*	2054.1*
Error	12	41.35	162.95	194.1	156.88	250.76
Total	20					
CV		11.1	18.21	22.11	20.79	37.31

En la tabla 9, se observa que las evaluaciones efectuadas en el factor A, los fungicidas no presentaron diferencia significativa en el grado de severidad de Escoba de bruja teniendo todos un p-valor > 0.05, al igual que el factor B, las frecuencias de aplicación tuvieron un p-valor > 0.05, indicando la inexistencia significativa. Los tratamientos demuestran diferencia significativa del testigo desde la tercera a la cuarta evaluación.

Figura 7

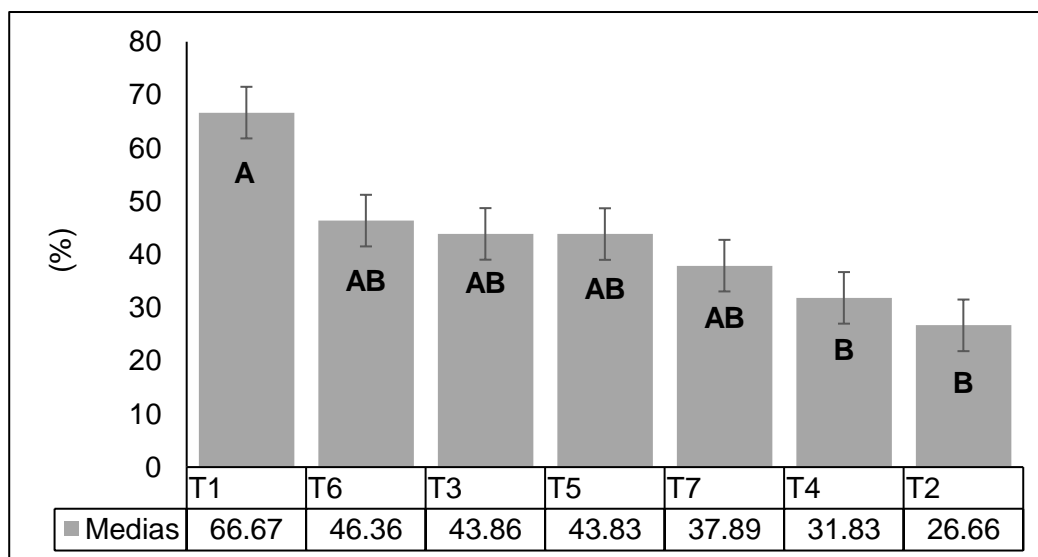
Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos para la tercera toma de datos.



En la figura 7, se observa diferencia estadística en T2 (Metalaxil/20 días), presentando un grado de severidad menor a 37.03%, mientras que los tratamientos con mayor grado de severidad de escoba de bruja fueron T1 (Testigo), T6 (Hidróxido de Cobre/25 días), T5 (Metalaxil/25 días), T7 (Pyraclostrobin + Metiram/25 días), T3 (Hidróxido de cobre/20 días) T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) con 73.33% - 68.33% - 66.39% - 65% - 57.78% y 53.86%, respectivamente.

Figura 8

Prueba de Duncan al 5% para grado de severidad de escoba de bruja en la comparación de tratamientos para la cuarta toma de datos.



En la figura 8, se observa diferencia estadística entre los tratamientos contra el T1 (Testigo), presentando un grado de severidad de 66.67% siendo el de mayor severidad, mientras que el tratamiento con menor grado de severidad fue el T2 (Metalaxil/20 días) con una diferencia numérica de 26.66%.

Tabla 10

Grado de Severidad de Escoba de bruja en cada evaluación.

Tratamientos			Toma de datos				
			Línea Base	1	2	3	4
Testigo		T1	66.67	72.22	72.22	73.33	66.67
Metalaxil	Cada 20 días	T2	55.56	75.00	61.11	40.56	26.66
Hidróxido de Cobre	Cada 20 días	T3	55.56	69.44	59.72	57.78	43.86
Pyraclostrobin - Metiran	Cada 20 días	T4	47.22	72.22	63.33	53.86	31.83
Metalaxil	Cada 25 días	T5	58.33	66.67	66.67	66.39	43.83
Hidróxido de Cobre	Cada 25 días	T6	61.11	72.22	62.50	66.94	46.36
Pyraclostrobin - Metiran	Cada 25 días	T7	63.89	66.67	55.56	65.00	37.89

En la tabla 10, se observa el grado de severidad de Escoba de bruja en cada evaluación efectuada, siendo el T2 (Metalaxil/ 20 días) el que menor grado de severidad presentó al cierre de la investigación con 26.66%, percibiéndose una disminución frente a los demás tratamientos a partir de la tercera toma de datos, a diferencia del testigo, el cual exhibió un elevado grado de severidad en comparación a los demás tratamientos, quedándose con un 66.67% en severidad, al final de la investigación.

Los resultados alcanzados con base en la prueba de Duncan al 5%, no develan que producto tuvo un elevado efecto sobre el grado de severidad de escoba de bruja, todos los tratamiento en confrontación al T1 (testigo), mostraron un menor grado de afectación, siendo Metalaxil cada 20 días el de menor grado de severidad, sin embargo, esta diferencia no es altamente significativa como para designar al producto como el más conveniente.

La prueba de Duncan al 5% demostró que la frecuencia no influye de manera directa en la disminución del grado de severidad de escoba de bruja en el cultivo de cacao, por lo tanto, al aplicar cualquiera de los productos previamente evaluados durante la época lluviosa ya sea en frecuencias de 20 o 25 días, los efectos visualizados en campos serán los mismos.

Esto puede atribuirse a las condiciones climáticas de la zona; con una temperatura que bordea los 23 - 26 °C y una humedad relativa del 90,9%; Valle Hermoso es considerada una zona húmeda tropical. En concordancia con (Murrieta & Palma, 2018) y (Hernández, 2016) manifiestan que la dispersión y multiplicación de *M. pernicioso* se ve influenciada principalmente por la lluvia y el viento; así como, también, estas condiciones contribuyen a la disminución de la efectividad de los productos, esto debido al lavado del mismo a consecuencia de la lluvia. Además, (Pérez, 2018), señala que las basidiósporas producidas en las épocas húmedas infectan los nuevos brotes dando paso al desarrollo de un micelio monocariótico, que después se convertirán en escobas verdes y chireles deformados y manchados. Entre la 12 y 16 semana, durante el periodo seco, las escobas y frutos secos producen micelio dicariótico delgado, que en el periodo húmedo producirán carpóforo y basidiósporas, repitiéndose el ciclo.

Analisis economico

Tabla 11

Relación Beneficio /Costo.

Descripción	Cantidad/Ha	Tratamientos						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Metalaxil (Lt)	0.15		\$28.93			\$20.66		
Hidroxido de Cobre (Kg)	0.40			\$50.00			\$44.64	
Pyraclostrobin - Metiran (Kg)	0.20				\$48.57			\$69.39
Mano de obra		\$380.00	\$160.00	\$160.00	\$160.00	\$220.00	\$220.00	\$220.00
Indirectos		\$33.60	\$64.88	\$54.32	\$64.88	\$55.62	\$47.70	\$55.62
Total de Egresos		\$413.60	\$253.81	\$264.32	\$273.45	\$296.28	\$312.34	\$345.01
Ingresos (Ha)		\$657.07	\$901.13	\$1,004.39	\$1,262.52	\$844.81	\$882.36	\$948.06
Utilidad		\$243.47	\$647.32	\$740.07	\$989.07	\$548.53	\$570.01	\$603.06
Relación costo beneficio		1.59	3.55	3.80	4.62	2.85	2.82	2.75

En la tabla 11, se observa que la relación Costo/Beneficio indica el costo del control manual y los insumos en promedios de \$ 253.81 y \$ 413.60 (testigo); los datos de producción de libras de cacao por tratamiento se realizaron en base al número de mazorcas cosechadas por el total de plantas que conforman el tratamiento. El valor considerado para calcular los ingresos totales fue de \$ 95.00 por quintal de cacao seco, siendo el precio promedio en el mercado durante la investigación.

El tratamiento más rentable fue el T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) dando una utilidad de \$ 989.07; mientras que T1 (Testigo) tuvo la rentabilidad más baja respecto a los demás tratamientos.

En la relación Costo/Beneficio el T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) seguido del T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) tuvieron los valores más altos de \$ 4.62 y \$ 3.80 por cada dólar invertido hay una utilidad neta de \$ 4.62 y \$ 3.80 respectivamente.

Capítulo V

Conclusiones

Las aplicaciones de fungicidas en diferentes dosis disminuyen la incidencia de la Escoba de bruja en época lluviosa. La menor incidencia de esta enfermedad tiene el T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) seguido del T5 (Metalaxil/25 días) y T3 (hidróxido de Cobre/20 días) con 14.08% - 17.30% - 20.53% respectivamente, puesto que llegan a la cuarta toma de datos con los menores valores de incidencia de escoba.

Desde la primera toma de datos en adelante T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) presento los menores porcentajes de incidencia de la enfermedad.

Para el grado de severidad de *Monillioptora perniciososa* todos los tratamientos disminuyeron la enfermedad desde la primera toma de datos, excepto el testigo que no mejoró durante la investigación, el menor grado de severidad fue T2 (Metalaxil/20 días) con 26.66% en la última evaluación, seguido de T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días) con 31.83%, mientras que T1 (Testigo) con 66.67% presento el mayor grado de severidad.

Las frecuencias de aplicación impactan la incidencia de la enfermedad, solo en la tercera evaluación la mejor frecuencia fue la de 20 días con 20.19%; la frecuencia de 25 días alcanzó el 38.70% independiente de los insumos usados.

En el grado de severidad las frecuencias no presentaron diferencias, por las condiciones climáticas favorables para el patógeno, provocando su rápido desarrollo.

En el análisis económico Costo/Beneficio se refleja mejoras económicas significativas a comparación del T1 (Testigo), siendo el más rentable T4 (Pyraclostrobin + Metiram/20 días), seguido del T3 (Hidróxido de Cobre/20 días) y T2 (Metalaxil/20 días) con una relación

Costo/Beneficio de \$ 4.62 - \$ 3.80 - \$ 3.55 y con una utilidad por hectárea de \$ 989.07 - \$ 740.07 – \$ 647.32 respectivamente.

Capítulo VI

Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de fungicidas sistémicos como Pyraclostrobin + Metiram y Metalaxil con frecuencias de 20 días, cuatro veces seguidas para mantener una incidencia inferior o igual a 14.08% y la severidad de 26.66% en el cultivo.

Para mantener costos bajos y beneficios económicos altos, se recomienda Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días; su relación Costo/Beneficio es de \$ 4.62.

Para el manejo de Escoba de bruja en las dos épocas del año, se recomienda aplicar fungicidas sistémicos en rotación; usando cúpricos con Pyraclostrobin + Metiram cada 20 días y rotando también con Metalaxil con la finalidad de no presentar resistencia en campo.

Se recomienda realizar podas oportunas, control de malezas, eliminación manual de brotes enfermos, cojinetes florales enfermos y ramas afectadas, etc., para crear condiciones desfavorables para el hongo.

Se recomienda realizar otro trabajo de campo con los mejores tratamientos obtenidos en este estudio, en la misma época del año, pero disminuyendo progresivamente las frecuencias de las pulverizaciones para encontrar en el tiempo un manejo fitosanitario sostenible del cultivo.

Capítulo VII

Bibliografía

- ANECACAO. (2015). *Cacao Nacional: Un producto emblemático del Ecuador*. Guayaquil.
Obtenido de <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacao-nacional.html>
- ANECACAO. (2019). *Estadísticas de exportación nacional de cacao*. Guayaquil. Obtenido de <http://www.anecacao.com/index.php/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>
- Anzules, V., Borjas, R., Alvarado, L., & Castro, V. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51' .
Universidad Nacional de Trujillo, 1.
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao: Buenas Prácticas para América Latina*. IICA, San José.
- Bravo, J. (2015). Uso de moléculas químicas de baja toxicidad para incluir en la estrategia de manejo de enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) . *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO*, 7.
- Brody, H., Chou, E., Gray, J., Pokyrwk, N., Raley-Susman, & Kathleen. (2013). Los déficits conductuales inducidos por mancozeb preceden a la degeneración neural estructural.
Programa en Neurociencia y Comportamiento, Poughkeepsie, NY, EE. UU., 2.
- CFN. (2021). *Agricultura e industria manufacturera: Cultivo de cacao. Elaboración de cacao, chocolate*. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>

- Contreras, P. (2017). Control fitosanitario en el cultivo de cacao CCN 51 con tres grupos de fungicidas sobre los problemas que afectan a su producción, en la zona de San Antonio, Cantón Pueblo-viejo. *Universidad Técnica de Babahoyo*, 10.
- Contreras, Z., Morales, Y., Colmenares, M., Dávila, D., & Quintero, A. (2016). Atrazina y mancozeb inducen excitotoxicidad y citotoxicidad en cultivos primarios de corteza cerebelosa de ratón. *Química Toxicológica y Ambiental*, 3.
- Ecuaquimica. (2016). KOCIDE 200. *Edifarm*, 1.
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas: CATIE*. San Salvador. Obtenido de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2015/12/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf
- Fairhurst, T., Caliman, J., & Hardter, R. (2005). Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes. *International Plant Nutrition Institute (IPNI)*, 39.
- Hernández, J. (2016). *INCIDENCIA DE LA ESCOBA DE BRUJA (Crinipellis perniciososa) SOBRE el RENDIMIENTO DE DOS AGROECOSISTEMAS DE CACAO CON DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO*. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Área de Producción Vegetal, Carabobo. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100008
- INIAP. (2014). *Cacao*. Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcacao>
- INIAP. (2017). *Enfermedades en Cacao*. Obtenido de <http://eva.iniap.gob.ec/web/cacao/enfermedades-cacao/>

INIAP. (2019). Manejo de Enfermedades. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, 1.

Loor, R., Casanova, T., & Plaza, L. (2018). MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ. *INIAP- MAGAP*, 3.

Mora, G., & Espínola, M. (2016). *Escoba de bruja del Cacao (Moniliophthera perniciosa): Ficha N°4*. SENASICA, Vigilancia epidemiológica fitosanitaria, México, D.F. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172327/Ficha_T_cnica_de_Escoba_br_uja_del_cacao.pdf

Murrieta, E., & Palma, H. (2018). *Manejo Integrado de la Escoba de Bruja en el Cultivo de Cacao*. Alianza Cacao Perú, Lima. Obtenido de https://issuu.com/comunicacionesalianzacacaoperu/docs/manual_mip_escoba_de_bruja

Parra, D., Contreras, I., & Pineda, J. (2008). *Escoba de bruja del Cacao en Venezuela*. INIA, Estado Miranda. Obtenido de <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Escoba-de-Bruja-2008.pdf>

Pérez, L. (2018). *Moniliophthora roleri H.C. Evans et al. y Moniliophthora perniciosa (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000100007

Pontaza, A., & Escobar, E. (2013). *USO DEL Theobroma cacao sp. (CACAO) RECOLECTADO EN EL ÁREA DE ALTA VERAPAZ PARA LA FABRICACIÓN DE CUATRO COSMÉTICOS*. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas

Y Farmacia, Ciudad de Guatemala. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1280.pdf>

Quintero, M., & Díaz, k. (2004). *El mercado mundial del cacao*. Universidad Central de Venezuela, Mérida. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004#:~:text=El%20comercio%20mundial%20de%20productos,mayor%C3%ADa%20de%20los%20pa%C3%ADses%20subdesarrollados.

SENASICA. (2013). *Escoba de bruja del cacao Moniliophthora perniciosa*. México, D.F. Obtenido de <http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/FTNo4Escobadebruja.pdf>

Solórzano, R. (2018). *Efectos de fungicidas, químico y biológico en el control de tres enfermedades fungosas en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) CCN 51- en la parroquia Zapotal*. UTEQ, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3275/1/T-UTEQ-0109.pdf>

Takacs, T. (2014). "EFECTO DEL ÓXIDO CUPROSO, HIDRÓXIDO DE COBRE Y TEBUCONAZOLE, EN *Moniliophthora perniciosa*, EN EL CULTIVO DE *Theobroma cacao* L., VARIEDAD CRIOLLO, SATIPO." *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ*, 11.

Tarqui, O., Sotomayor, I., Casanova, T., Rodríguez, G., Plaza, L., & Zambrano, F. (2017). *Selección de genotipos de cacao (Theobroma cacao L.) con resistencia a escoba de bruja (Moniliophthora perniciosa) en Los Ríos, Ecuador*. Los Ríos. Obtenido de <https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/V10%20N1%203Tarqui%20et%20al%202017.pdf>

Tun, G. (2008). EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DEL FUNGICIDA OXICLORURO DE COBRE PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary EN PAPA *Solanum tuberosum* L. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA GRARIA*, 22-24.

Vivanco, F. (2022). *Evaluación de métodos de control para escoba de bruja Moniliophthora perniciosa en cacao*. Santo Domingo. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28986/1/T-ESPESD-003207.pdf>

Zurita, D. (2018). Eficacia del pyraclostrobin para el control de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y su efecto sobre la fisiología del cultivo de cacao. *Universidad Central del Ecuador*, 20.