



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA – CUR
MATAGALPA**

Departamento de Ciencias e Ingeniería

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Evaluación de bioinsumos a base de *Zengiber officinale* y caldo de ceniza para el control de mazorca negra (*Phythophthora spp.*) en cacao (*Theobroma Cacao*), finca Peor es nada Rancho Grande, Matagalpa, en el primer semestre del año 2023.

Autores.

Br. Carlos Enrique Kuan Caldera

Br. Allam José Urbina Méndez

Br. Ronaldo Alejandro Zúniga Galeano

Tutora

Dra. Evelyn Calvo Reyes

Matagalpa, Mayo 2024



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA – CUR
MATAGALPA**

Departamento de Ciencias e Ingeniería

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Evaluación de bioinsumos a base de *Zengiber officinale* y caldo de ceniza para el control de mazorca negra (*Phythophthora spp.*) en cacao (*Theobroma Cacao*), finca Peor es nada Rancho Grande, Matagalpa, en el primer semestre del año 2023.

Autores.

Br. Carlos Enrique Kuan Caldera

Br. Allam José Urbina Méndez

Br. Ronaldo Alejandro Zúniga Galeano

Tutora

Dra. Evelyn Calvo Reyes

Matagalpa, Mayo 2024

ÍNDICE

| | | |
|--------|--|----|
| i. | I DEDICATORIA..... | I |
| ii. | AGRADECIMIENTOS..... | IV |
| iii. | CARTA AVAL DE LA TUTORA | V |
| iv. | RESUMEN..... | VI |
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 4 |
| III. | JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| IV. | OBJETIVOS | 7 |
| | A.1 Objetivo General | 7 |
| | A.2 Objetivos Específicos..... | 7 |
| V. | ANTECEDENTES..... | 8 |
| VI. | MARCO TEÓRICO | 11 |
| 6.1 | Características del cultivo del cacao (<i>Theobroma cacao</i>) | 11 |
| 6.1.1 | Taxonomía de <i>Theobroma cacao</i> | 12 |
| 6.1.2 | Variedades de <i>Theobroma cacao</i> | 12 |
| 6.1.3 | Importancia Socioeconómica del Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) | 14 |
| 6.1.4 | Productividad del cacao en Nicaragua | 16 |
| 6.1.5 | Medio ambiente del cultivo | 16 |
| 6.2 | Mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i>)..... | 18 |
| 6.2.1 | Morfología y fisiología del hongo..... | 20 |
| 7 | Taxonomía de la mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i>) | 22 |
| 8 | Etiología del patógeno (<i>Phytophthora palmivora</i>) | 22 |
| 9 | Ciclo de vida del patógeno (<i>Phytophthora palmivora</i>)..... | 25 |
| 10 | Proceso Infeccioso del patógeno (<i>Phytophthora palmivora</i>)..... | 27 |
| 11 | Sintomatología del patógeno (<i>Phytophthora palmivora</i>) | 28 |
| 12 | Epidemiología del patógeno (<i>Phytophthora palmivora</i>) | 28 |
| 13 | Impacto económico del patógeno (<i>Phytophthora palmivora</i>)..... | 30 |
| 13.1 | Manejo integrado de mazorca negra (<i>Phytophthora</i>) | 31 |
| 13.1.1 | Medidas culturales..... | 32 |
| 13.1.2 | Gestión de mazorcas enfermas | 32 |
| 13.1.3 | Podas..... | 32 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 13.1.4 | Control orgánico | 32 |
| 14 | MARCO LEGAL | 34 |
| 14.1 | Convenio internacional sobre la Biodiversidad Biológica. | 34 |
| 14.2 | Plan estratégico para la Diversidad Biológica..... | 34 |
| 14.3 | Metas Aichi..... | 34 |
| 14.4 | Ley No. 217 “Ley General del medio ambiente y los Recursos Naturales” | 35 |
| 14.5 | Ley Creadora de la Asignatura del Medio ambiente y los Recursos naturales. | 36 |
| 14.6 | Estrategia Nacional de Biodiversidad y su plan de acción Nicaragua 2015 – 2020. | 36 |
| 15 | HIPOTESIS | 37 |
| 15.1 | Hipótesis General | 37 |
| 16 | MARCO METODOLOGICO..... | 38 |
| 16.1 | Localización del área de estudio..... | 38 |
| 16.2 | Tipo de estudio | 38 |
| 16.3 | Manejo experimental del experimento | 39 |
| 16.4 | Manejo agronómico del experimento | 39 |
| 16.4.1 | Preparación de la mezcla | 40 |
| 16.4.2 | Manejo de mazorcas..... | 40 |
| 16.4.3 | Podas..... | 40 |
| 16.4.4 | Chapoda | 40 |
| 16.5 | Población | 40 |
| 16.5.1 | Universo | 40 |
| 16.5.2 | Muestra..... | 41 |
| 16.5.3 | Plano de campo | 42 |
| 16.6 | Técnicas de recolección de la información..... | 42 |
| 16.6.1 | Entrevista | 43 |
| 16.6.2 | Observación directa..... | 43 |
| 16.6.3 | Fotografías | 43 |
| 16.7 | Procesamiento y análisis de la información..... | 43 |
| 16.8 | Delimitación y Limitación del estudio | 43 |
| 16.9 | Aspectos evaluados | 44 |
| 16.10 | Limitantes que se encontraron..... | 44 |
| 16.11 | Variables medidas | 44 |
| 16.11.1 | Operacionalización de variables..... | 45 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 17 | DISCUSION DE RESULTADOS | 45 |
| 17.1 | Incidencia | 45 |
| 17.1.1 | Incidencia de <i>Phythophthora spp</i> | 46 |
| 17.2 | Nivel de efectividad de los bioinsumos para mazorca negra (<i>Phythophthora spp</i>)..... | 50 |
| 18 | CONCLUSIONES | 54 |
| 19 | RECOMENDACIONES | 55 |
| 20 | BIBLIOGRAFÍA..... | 56 |
| 21 | ANEXOS | 61 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Taxonomía del cacao <i>Theobroma cacao</i> | 12 |
| Tabla 2 Lista de especies de <i>Phytophthora</i> que se sabe causan mazorca negra en el cacao..... | 20 |
| Tabla 3 Taxonomía de la mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i>)..... | 22 |
| Tabla 4 Distribución de tratamientos Fuente: Elaboración propia | 39 |
| Tabla 5 Población y Muestra Fuente: Elaboración propia..... | 41 |
| Tabla 6 Tratamientos a evaluar Fuente: Elaboración propia | 44 |
| Tabla 7 Operacionalización de variables | 45 |
| Tabla 8 Conteo de mazorcas de la primera visita y la segunda | 48 |
| Tabla 9 Conteo de mazorcas de la segunda visita y la tercera visita | 50 |
| Tabla 10 Nivel de efectividad de los bioinsumos segunda visita vs primera | 51 |
| Tabla 11 Nivel de efectividad de los bioinsumos tercera visita vs segunda..... | 52 |
| Tabla 12 Nivel de efectividad de los bioinsumos tercera visita vs primera..... | 52 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Morfología característica de <i>Phytophthora palmivora</i> | 21 |
| Ilustración 2 Estructuras de reproducción asexual de <i>Phytophthora</i> sp. a. Esporangio; b. Liberación de las zoosporas por el esporangio; c. Detalle de las zoosporas, presencia de los dos flagelos. .. | 24 |
| Ilustración 3 Estructura de supervivencia de <i>Phytophthora</i> sp. a Clamidospora, reproducción asexual; b. Oospora, reproducción sexual..... | 24 |
| Ilustración 4 Ciclo de vida de <i>Phytophthora palmivora</i> | 26 |
| Ilustración 5 Diagrama esquemático del proceso de infección por <i>Phytophthora</i> sp. | 27 |
| Ilustración 6 Rancho Grande, Comunidad Rancho Alegre Fuente: Google Earth | 38 |
| Ilustración 7 Plano de campo..... | 42 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 Cantidad de mazorcas sanas vs infectadas en la primera visita 15 Ene 2023..... | 46 |
| Gráfico 2 Cantidad de mazorcas sanas vs infectadas en la segunda visita 19 Ene 2023 | 47 |
| Gráfico 3 Cantidad de mazorcas buenas vs infectadas, Tercera visita 12 Feb 2023 | 49 |

i. I DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a todas las personas que aportaron su granito de arena en cada una de mis etapas educativas, en especial a mi familia que me apoyaron en la universidad. Es gracias a ellos hoy puedo finalizar este período universitario.

A mis padres Miriam, Enriqueta, Doris y José quienes son mi motor para poder seguir adelante y me enseñaron el hambre de conocimiento, llevarme por el camino del bien y brindarme las herramientas necesarias para poder siempre dar lo mejor de mí en cada uno de mis proyectos.

Le dedico este logro a mis tías Ivania María Caldera Reyes y Vivian Caldera Reyes, por siempre ser una luz y un ejemplo de superación en mi vida.

A mis maestros, quien con mucho amor y vocación impartieron el pan de conocimiento cada uno de los días de mi formación, en especial a: Dr. Jairo Emilio Rojas Meza por enseñarme e inculcar en mi la pasión por la agroecología, Dr. Francisco Javier Chavarría Aráuz, por enseñarme a desarrollar mis capacidades analíticas y matemáticas en áreas de edafológica, riego y drenaje, y por último a Dra. Evelyn Calvo Reyes quien nos acompañó a mis compañeros y a mi desde el primer día de la universidad hasta el desarrollo de nuestro tema de monografía como tutora.

Br. Carlos Enrique Kuan Caldera.

Dedico este logro obtenido a Dios, principalmente por darme salud, sabiduría, así mismo como paciencia, perseverancia para lograr todo lo que me proponga en la vida, a mi querida madre Rosaura Méndez Pérez, por ser mi principal pilar y apoyo durante todos estos años de preparación, sin ella nada de esto podría llevarse a cabo.

A familiares como Valentina Méndez, Blanca Estela Méndez, Rommell Arauz. Quienes estuvieron presente en cada una de las etapas, brindándome siempre su apoyo incondicional.

Dedicarle a la universidad por la oportunidad que se me brindo, desde el primer momento que abrieron sus puertas para llegar a convertirme en un profesional de calidad.

A mis maestros Dr. Francisco Chavarría Aráuz, Dra Evelyn Calvo, Dr. Jairo Emilio Rojas quienes siempre con esmero y cariño dieron lo mejor de cada uno de ellos, para poder transmitir ese pan de la enseñanza durante todos estos años, dando lo mejor de sí y de esta manera nosotros seguir su valioso ejemplo inculcado, el que siempre llevaremos en nuestra mente y en nuestros corazones, por todos ellos va este logro.

Br. Allam José Urbina Méndez

Dedico este trabajo primeramente a Dios por darme la capacidad intelectual y espiritual, ya que sin él esta meta no se hubiera hecho realidad.

A mis padres Luis Zuniga y Elizeth Galeano mis pilares fundamentales por brindarme su amor, por sus consejos a diario, al recibir su apoyo, por estar siempre conmigo brindándome su confianza que depositaron en mi para culminar uno de mis más grandes logros.

A mis tías Indira Zuniga, Ariana Zuniga y Janeth Galeano por sus consejos, por brindarme sus apoyos que me ayudaron a crecer en mi vida personal y de motivación en todo el transcurso de mi carrera.

A mis abuelas Irma Urbina y Martha Rugama por su apoyo fundamental en mi vida sirviéndome como motivación para salir cada día adelante con mi meta.

A mi abuelo Roberto Zuniga ya que mi formación profesional fué generada gracias a esta gran persona.

A mis maestros, quienes con mucha paciencia y profesionalización impartieron el plan de conocimiento cada uno de los días de lo largo de mi carrera en especial a Dr. Francisco Javier Chavarría Arauz por enseñarme a desarrollar las capacidades en el área de edafología, Dr. Jairo Emilio Rojas Meza por enseñarme a trabajar con la agroecología y por último a la Dr. Eveling Calvo Reyes quien nos ha acompañado desde el inicio de nuestro desarrollo. en el ámbito profesional hasta nuestro tema de monografía como tutora.

Ronaldo Alejandro Zuniga Galeano.

ii. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios quien es el dador de oportunidades, de vida, de fuerzas y de Sabiduría necesarias para poder culminar con esta etapa educativa.

Agradecemos a nuestros padres y familiares que han estado presente en este proceso, principales promotores de nuestro desarrollo y nuestros sueños.

A Cooperación Técnica Internacional Alemana - GIZ quien nos acompañó al inicio estableciendo conexión con productores de la zona, propietario de la unidad productiva Sr. Pablo Ruiz por abrimos las puertas de su unidad productiva y poder desarrollar esta investigación, a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua CUR Matagalpa, por brindarnos ayuda para movilizarnos a la zona de estudio.

A todos los que apoyaron en el proceso educativo estos cinco años de todas las formas dentro y fuera de la universidad, en especial al equipo que nos movilizó a nuestras prácticas de campo.

Br. Carlos Enrique Kuan Caldera.

Br. Allam José Urbina Méndez.

Br. Ronaldo Alejandro Zúniga Galeano.

iii. CARTA AVAL DE LA TUTORA

OPONION DE LA TUTORA

Los Bachilleres Br Carlos Enrique Kuan Caldera, Br Allam José Urbina Méndez, Br Ronaldo Alejandro Zuniga Galeano ha realizado investigación con el tema: Evaluación de bioinsumos a base de Zengiber officinale y caldo de ceniza para el control de mazorca negra (*Phythophora spp*) en cacao (*Theroma Cacao*), finca, Pero es nada Racho Grande, Matagalpa I Semestre 2023.

La investigación cumple con los requisitos de la normativa de Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Es de gran importancia para el desarrollo económico y productivo en el cultivo de cacao, proponiendo una solución a las necesidades del campo para el control de enfermedades fungosa a bajo costo.

Felicito a los bachilleres Kuan, Urbina y Zuniga por su nueva meta obtenida deseando éxitos en su vida profesional.

Dra Evelyn Calvo Reyes

Tutora

iv. RESUMEN

El estudio se realizó en la propiedad de Pablo Ruiz, comunidad de Rancho Alegre en el municipio de Rancho Grande en el primer semestre del año 2023, en este municipio los principales cultivos son café, granos básicos, ganadería y cacao, en el cual en este último las plantaciones se han visto afectadas por diferentes hongos, entre ellos mazorca negra; Rancho grande cuenta con plantaciones en las que su producción es baja, el tipo de experimento es cuasiexperimental debido a que ya existía un plano de campo desarrollado como BCA, la población fue de 16 plantas, los tratamientos sometidos al estudio están elaborados a base de extracto de jengibre (*Zingiber officinale*), caldo de ceniza y la combinación de estos dos, los resultados obtenidos de los tratamientos fue de 16%, 27% y 9% en disminución de la incidencia de (*Phytophthora spp*) respectivamente, esto logró determinar que la afectación de mazorca negra se ve reducida en un 27% por el macerado de ceniza demostrando la mayor efectividad, un 16% por el extracto de jengibre demostrando ser el segundo mejor y por último un 9% de reducción de la incidencia de *Phytophthora spp*, por ende el que mejor resultados demostró fue el caldo de ceniza con un 29% de incidencia en reducción del patógeno causado por *Phytophthora spp*.

La incidencia de la enfermedad al inicio del experimento fue de 41% y al finalizar de 25%, el estudio permitió conocer la incidencia de este patógeno antes y después de hecho el experimento.

Palabras clave: *Phytophthora spp*, extracto de jengibre, macerado de ceniza, patógenos, incidencia.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao posee gran importancia para el mercado en Nicaragua como lo menciona (sicacao, 2023), al existir una oportunidad económica es necesario emplear alternativas que sean amigables para el bolsillo de los pequeños productores y de igual manera con el medio ambiente para alcanzar un equilibrio y sostenibilidad a largo plazo, las enfermedades fungosas en cacao son la fuente de pérdida más importante en este cultivo ya que la mazorca negra puede alcanzar hasta un 100% de presencia en los plantillos si no se les da el manejo adecuado.

Según Cerda R, Muñoz M, (2021) en Costa Rica consideran que la mazorca negra (*Phytophthora spp*) es la segunda enfermedad que causa mayores pérdidas en los cacaotales después de monilia (*Moniliophthora roreri*). La mazorca negra antes clasificada como hongos pero actualmente clasificados como protistas.

Rodríguez P, (2015) menciona que *Phytophthora spp* puede ocasionar pérdidas de hasta el 30% y una reducción del 10% de los árboles, mermas que se pueden incrementar en presencia de factores como la alta humedad en el suelo y en el ambiente, esto lo vemos reflejado en el comportamiento de las plantaciones sin embargo los productores de esta comunidad en su mayoría hacen prácticas agronómicas adecuadas lo cual permite que la enfermedad no avance en índices altos.

Las pérdidas en las cosechas pueden ser atribuidas a un manejo erróneo en las plantaciones de cacao, distribuciones de siembra con una densidad mayor a la recomendada para la zona y condiciones edafoclimáticas, en la parcela de estudio se mantienen pérdidas de hasta el 45% que fácilmente se pueden reducir hasta un 16% y si se prolongan las buenas prácticas agronómicas buscar valores cercanos a 0.

Según Leiva y Meza, (2012) en Costa Rica y en particular en la zona atlántica donde se informó de la enfermedad en 1978, el impacto de este patógeno causó la reducción del 80% en la producción en los años 1979 y 1980, comparado con otros años el poco conocimiento que existía sobre el manejo de la enfermedad y el estado de abandono en que se encontraban las plantaciones, fueron las responsables de esta pérdida económica.

El efecto dañino en la producción, es comparable con el de la mazorca negra en Nicaragua, ya sea sola o combinada con otros patógenos pudiendo alcanzar hasta un 100% en la producción (Leiva & Meza, 2012).

El presente estudio está enmarcado en la incidencia que tienen los bioinsumos de extracto de jengibre (*Zingiber officinale*), caldo de ceniza y la combinación de estos sobre la mazorca negra.

Lo que resulta de este estudio sirve como pautas a todos los que están interesados en la aplicación de bioinsumos y ver cómo reacciona la enfermedad bajo la incidencia de estos, de igual forma servirá como material de apoyo a aquellos estudiante y docentes que deseen profundizar en las propiedades de cada uno de estos tratamientos utilizando datos reales actualizados con criterio científico para próximas investigaciones.

Rancho grande es un municipio productor de cacao, las plantaciones están ubicadas en condiciones heterogéneas, son pocos los productores que se dedican al rubro como fuente principal de ingresos lo que conlleva a que en su mayoría las parcelas no reciban el manejo agronómico tecnificado, existiendo así condiciones favorables para el desarrollo de estos hongos, esto ha sido un problema preocupante en los cultivos de cacao. Debido a estos altos niveles de afectación y que ha sido difícil controlar causando daños al fruto dando como resultado un descenso de la producción y el abandono por parte de los productores.

La plantación de estudio se encuentra en la comunidad de Rancho Alegre, en la parcela productiva con manejo tecnificado propiedad de Pablo Ruiz, esta enfermedad posee caracterización en estudios elaborados anteriormente en la zona sin embargo no posee datos de tratamiento de origen orgánicos, por tal razón surge la pregunta:

Se tiene una estructura dividida en cinco capítulos.

Capitulo I.

Se plantea la introducción, aquí abordaremos el tema de manera esporádica, explicación de lo que se investigó, el propósito con el cual se hizo esta investigación y su estructura.

Capitulo II.

Este acápite menciona el contexto bajo el que se elabora este proyecto y lo que otros investigadores mencionan con respecto a la mazorca negra en los últimos 20 años, el marco conceptual que nos permitirá poder identificar el comportamiento del patógeno en las plantaciones de cacao y aspectos legales con respecto a las iniciativas del gobierno para poder dar respuesta ante estos problemas sanitarios en el campo agrícola.

Capitulo III.

El diseño metodológico permitió identificar el tipo de estudio, el enfoque, su población y muestra, su población y muestra, métodos y técnicas utilizadas para el levantamiento de información y operacionalización de variables.

Capitulo IV.

El análisis y la discusión de resultados es lo resultante de la elaboración de este estudio que permite identificar la efectividad de cada uno de los tratamientos.

Capitulo V.

Las conclusiones permiten dar respuesta a los objetivos de cuál es el tratamiento que mejor influye con respecto a la mazorca negra (*Phytophthora spp*) y a raíz de ello poder dar recomendaciones basadas en datos reales y científicos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cacao de Nicaragua es un producto que está clasificado según ICCO (International Cocoa Organization) 80% cacao fino donde existen 6 regiones productoras de este rubro y generan ingresos a 12,000 productores, existen 6 empresas que se dedican a su producción, 10 medianos y grandes productores. La región ocupada corresponde a 15,750 ha, donde el 68% está en producción y el 32% en desarrollo. Se produjeron aproximadamente 7,730 Tm en 2022 y se generaron 23,000 empleos, se involucraron 13 empresas transformadoras y 9 exportadoras que de ellas 5 son cooperativas (sicacao, 2023).

El cacao es atacado principalmente por moniliasis (*Moniliophthera roleri*), Mazorca negra (*Phytophthora Palmivora L.*), antracnosis, mal de machete (*Ceratocystis*), bubas y pudrición de raíz. (Leiva & Meza, 2012). Para contrarrestar estas enfermedades se utilizan insumos que en los últimos años han tenido un incremento en su precio, lo que aumenta los costos de producción. Los productores hoy en día necesitan producir más con menor costo, el mercado internacional está en constante evolución lo cual exige a los países estandarizar procesos donde se dependa en menor cantidad de los insumos de origen sintético.

El uso inadecuado de tecnologías o el uso nulo de estas ha incrementado la propagación de enfermedades como la mazorca negra por *Phytophthora Palmivora L.* la cual causa daños y por ende bajos rendimientos en los sistemas de producción de cacao.

III. JUSTIFICACIÓN

El uso de bioinsumos en la actualidad pretende reemplazar el material de origen sintético y prácticas de manejo de cultivo que son perjudiciales para los ambientes en los que se manejan los cacaotales en Nicaragua, es fundamental evaluar la eficacia de estos insumos de origen biológico para el manejo de las diferentes enfermedades, en este caso mazorca negra (*Phytophthora Sp*).

Esta investigación posee relevancia ya que, pretende fomentar el uso de prácticas de manejo integrado en el patógeno/agente causal antes mencionado, el cacao es un rubro que conserva gran importancia en el sector agrícola de Nicaragua, el cacao de Nicaragua en el mercado internacional se encuentra valorado como cacao fino lo cual es un prestigio que se debe cuidar. En el año 2021 se exportó \$ 11,7 millones en granos de cacao, convirtiendo al país en el exportador número 31 de granos de cacao en el mundo (Observatorio de Complejidad Económica, 2021).

Según Monge (2014) el uso de herbicidas, de abonos nitrogenados, de insecticidas y nematicidas, empieza poco a poco a deteriorar la calidad del suelo. La microflora y microfauna desaparecen o se ven severamente disminuidas. Las fuentes de agua se empiezan a ver contaminadas por las sustancias utilizadas en los cultivos, la salud humana en general se deteriora y toda aquella biodiversidad abundante desaparece para darle espacio al escenario del monocultivo.

La producción convencional y/o manejo convencional de cultivos lleva a un desgaste de suelos, biodiversidad y recursos, las alternativas que se han venido presentando por diferentes investigadores en contextos distintos o similares a los nuestros, nos comprometen a validar diferentes tecnologías y no solo en el cacao sino más bien trasladarlo a todos los cultivos.

El cacao como cultivo tuvo un crecimiento de al menos 20% en el año 2022 (Lacayo, 2023) existiendo este incremento en la producción también existe un crecimiento en el área destinada para este cultivo, lo cual lleva a preparar áreas de laderas, valles, áreas con pendientes muy elevadas o terrenos con las diferentes texturas de suelos provocando un aumento en los ataques por enfermedades bacterianas, virosis y hongos.

Es necesario para desarrollar una producción sustentable en el escenario descrito anteriormente buscar alternativas de producción más ecológicas, en el cual no se utilizan insumos de síntesis química, en estos tipos de producción se busca recuperar antiguas prácticas de cultivo sin dejar de lado los nuevos conocimientos.

La importancia de la investigación radica en que el jengibre y ceniza posee cualidades antifúngicas que pueden ser evaluadas en el control mazorca negra, de igual modo una alternativa para la adaptación de producción en tiempos donde existen mercados que consumen alimentos de origen orgánicos y explorar oportunidades económicas en este.

Con esta investigación se pretende beneficiar a productores de cacao, que adopten el modelo de agricultura amigable con el medio ambiente y puedan recibir una mayor retribución económica al reducirse inversión en insumos. Este estudio supone un gran beneficio para personas que no tienen conocimiento sobre las ventajas que poseen estos tratamientos.

El impacto de la investigación se espera sea positivo ya que es una técnica de gran valor que implementa un modelo de agricultura amigable con la salud de las personas y el medio ambiente, además traerá a la UNAN - FAREM, Matagalpa, gran relevancia debido a que la investigación quedará disponible en la biblioteca de la universidad, y sus resultados se publicaran en foros, jornadas científicas, congresos y otros espacios que lo requieran lo que traerá como resultado que productores y estudiantes tengan conocimiento de que existen alternativas para contrarrestar los daños causados por hongos, y además que se pueden desarrollar plantaciones económicas y socialmente rentables sin recurrir al uso de insumos de origen sintético.

IV. OBJETIVOS

A.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de bioinsumos en el control de mazorca negra (*Phytophthora spp*) en cacao en el municipio de Rancho Grande en el primer semestre del año 2023.

A.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el nivel de efectividad del caldo de ceniza como control del hongo *Phytophthora spp*.
- Identificar el nivel de efectividad del extracto de jengibre como control biológico del hongo *Phytophthora spp*.
- Describir el nivel de efectividad de jengibre y caldo de ceniza para control del hongo *Phytophthora spp*.

V. ANTECEDENTES

Diferentes iniciativas existen para poder describir los procesos en los cuales funcionan el desarrollo de estos patógenos y a lo largo de los años se han ido identificando estrategias que sirven para darnos una pauta al momento de comunicar alternativas a los insumos de origen sintético. En el año 2006 en Nicaragua el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en conjunto con el organismo alemán Promundo Humano, a través del proyecto IICA-MSU-USAID, informaron de una iniciativa de combate mediante manejo integrado a la Moniliasis en Rancho Grande, Matagalpa.

Entre las recomendaciones para el manejo de *Phytophthora* se debe considerar: Usar plantas resistentes a esta enfermedad especialmente para nuevas plantaciones o en zonas con alta incidencia de *Phytophthora*. Realizar podas (basadas en las recomendaciones previamente mencionadas) para reducir la cantidad de sombra y así permitir la reducción de fuentes de inóculo (Solís , K; 2021).

Estudio realizado por Phillips-Mora, W; & Cerda, R; (2009) explica que la mazorca negra puede atacar a las plantas de cacao en cualquier etapa fenológica del cultivo, sin embargo donde mostrará mayores impactos económicos es en frutos cercanos a la madurez. Empezará mostrando una mancha color café de borde regular y de crecimiento rápido que puede llegar a ser de hasta cinco días pudriendo totalmente el fruto, en etapas de vivero puede causar muerte descendente y en el árbol adulto puede iniciar con una lesión circular sobre los troncos o ramas que al remover la corteza puede evidenciar lesiones rojizas mucho más grandes.

En México, junio del año 2015 se desarrolló un estudio con el objetivo de evaluar en condiciones de laboratorio, la actividad fungicida sobre *Phytophthora spp* los preparados minerales: Caldo visosa (CV), caldo bordelés más permanganato de potasio (CBP), caldo bordelés más sulfato de zinc y sulfato de magnesio (CBS), caldo de bicarbonato de sodio (BiS), caldo silicosulfocálcico (SSC) y polisulfuro de calcio (PC). Se realizaron bioensayos. En el primero, el efecto inhibitorio sobre el hongo se evaluó mediante la técnica de difusión en agar, los compuestos fueron probados en cinco concentraciones (50, 40, 30, 20 y 10 % v/v). En el segundo, mediante la técnica de cultivo en medio líquido en tubos de ensayo se determinó el efecto sobre la formación y germinación de esporas del hongo; el medio de cultivo consistió en una solución de agua más extracto de cacao

(1:1 v/v) a la cual se adicionaron esporas del hongo y 50% (v/v) de cada preparado mineral. Con excepción del BiS al 10%, el crecimiento micelial fue inhibido total o parcialmente por los demás preparados minerales, presentando diferencias estadísticamente significativas con el testigo (Ochoa L, 2025). Los resultados obtenidos en esta investigación nos muestran que los tratamientos a base de minerales impiden en desarrollo del patógeno de *Phytophthora spp* en especial los que están elaborados a base de calcio como el caldo silicosulfocálcico y el polisulfuro de calcio.

En el año 2019 se realizó en Perú un estudio sobre control cultural, biológico y químico de *Phytophthora spp* en *Theobroma cacao* CCN – 51 con el objetivo de evaluar diferentes métodos de control para las enfermedades causadas por los patógenos antes nombrados. Los tratamientos fueron una mezcla de dos pesticidas químicos (Clorotalonil y Pyraclostrobin) y uno biológico (*Bacillus subtilis*) con y sin fertilizante. En total se evaluaron 16 tratamientos con 3 repeticiones instalados en una plantación comercial de cacao CCN – 51 y bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).

Los resultados demostraron que el uso de fungicidas disminuyó la incidencia de “mazorca negra” (*Phytophthora spp*); pero la aplicación de fertilizantes no aumentó la efectividad de estos productos. El tratamiento solo con labores culturales no disminuyó la incidencia final de la mazorca negra; en cambio aumento la incidencia final de otros patógenos, el número de mazorcas y el rendimiento no estuvieron relacionados (Borjas VR, 2019).

En mayo de 2020 se realizó en Ecuador un estudio donde se caracterizó la morfología de este patógeno y se identificaron rizobacterias con potencial biológico para controlar la mazorca negra en cacao. Nueve muestras vegetales con síntomas a la enfermedad se recolectaron de áreas productoras, evaluando sus características morfológicas e identificación por PCR (Polymerase Chain Reaction). Se observan distintos morfotipos de colonias; algodonosos, borde regular y estrellado característico para *Phytophthora spp*. Los perfiles de electroforesis revelan un amplicón de 159 pb para *P. palmivora*, demostrando su distribución en las nueve zonas. Los ensayos en inhibición micelial in vitro a *P. palmivora*, determinaron niveles altos de antagonismo de 78% y 60% por enfrentamiento directo con las rizobacterias. Los resultados en bio-protección a CCN-51 por aplicaciones de *P. veronii* R4, *Acinetobacter calcoaceticus* BMR2-12, *Serratia marcescens* PM3-8 y *Pseudomonas protegens* CHA0 son efectivos al control de *P. palmivora* cepa (BL15), sin aplicación de bacterias se evidencia el avance de la enfermedad a nivel foliar a 15 y 19 dpi con

(2,00E+05) zoosporas. La aplicación edáfica de las rizobacterias en CCN-51, se fusionó la capacidad promotora al crecimiento en plantas y supresión de la enfermedad por *P. palmivora*. (Cedeño, M 2020).

En junio del 2020, en Colombia se hizo una investigación en donde se concluye que el 30 % de la producción de cacao se pierde por *Phytophthora*. Con el objeto de determinar la eficiencia de la remoción de frutas enfermas, la aplicación de fungicidas y un potencializador de resistencia contra *Phytophthora palmivora*, se establecieron durante un ciclo de producción dos ensayos experimentales con clones susceptibles a la enfermedad (CCN51) y cuatro tratamientos: MT (manejo tradicional-remoción ocasional de fruta enferma), MIC-7, MIC-14 Y MIC-21, los cuales incluyeron el manejo integrado del cultivo (MIC) y la remoción de frutos enfermos cada siete, catorce y veintiún días, respectivamente. La incidencia fue determinada inicial y periódicamente de acuerdo con el tiempo de remoción de los frutos en cada tratamiento y los frutos enfermos fueron retirados del árbol. El experimento en campo se estableció bajo un DBCA con dieciséis réplicas (árboles) por tratamiento. Los análisis estadísticos se realizaron empleando ANOVA y la diferencia entre tratamientos se estimó por Tukey ($p \leq 0,05$). Se realizó el análisis económico con el fin de estimar la variación neta de cada tratamiento con relación al MT (Rodríguez & Vera, 2015). En conclusión, la remoción de mazorcas enfermas constituye la base del manejo de *Phytophthora palmivora* en un clon susceptible como CCN51, al permitir una disminución del 43,13 % de la incidencia en el MIC-7 con relación AL MIC-21. El efecto aditivo de la aplicación de las moléculas químicas en el MIC-14 fue insuficiente para disminuir la producción (Rodriguez E; 2020).

En Junio del 2022 en Aguascalientes, México se evaluaron extractos de jengibres fresco y seco a 0.5, 1, 2 y 4% por sus propiedades antimicrobianas demostradas en tratamientos in vitro contra algunos hongos fitopatógenos. Se hizo una extracción Soxhet de jengibre a partir de rizomas frescos y secos, utilizando etanol al 96% y se inoculo contra *Botrytis cinérea* in vitro, siendo el del jengibre secos más efectivo que el del jengibre fresco (Corona, 2022).

VI. MARCO TEÓRICO

6.1 Características del cultivo del cacao (*Theobroma cacao*)

El cacao es una planta de ciclo perenne, cuenta con 20 cromosomas (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, 2009). Cuando hablamos de su polinización, es de tipo cruzada, lo que quiere decir que es necesario que se dé el transporte del polen de una planta a otra (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2005). Este tiene una raíz pivotante o raíz principal que puede crecer hasta 1.20 a 1.50 m de profundidad, en algunos otros casos hasta los 2 m de profundidad. La mayoría de las raíces secundarias o terciarias se encuentran en los primeros 20-25 cm de profundidad, cubriendo de forma irregular el área, similar a la copa del árbol en sí.

Su tronco crece de forma vertical, hasta que forma el primer verticilo a una altura de entre 80 y 100 cm, este está cubierto por largas hojas de forma pecioladas. Una vez que el árbol cumple aproximadamente el primer ciclo de vida, desarrolla yemas auxiliares que de forma conjunta es llamada la corona o en algunos casos la horqueta, esto se repite varias veces con la producción de otro verticilo entre los 80 a 100 cm, creciendo de esta forma el árbol indefinidamente.

Las inflorescencias están localizadas en la base de las hojas en la zona de la cicatriz y yema axilar. Florece en las partes viejas o troncos maduros encontrándose muy pocos genotipos que producen ramas nuevas, las primeras flores usualmente salen un poco después de que el árbol cumple los tres años de vida aunque con los híbridos puede darse a la mitad de este tiempo, hay variedades que florecen solo una parte del año, la gran parte del cacao florece todo el año, esto ira dependiendo de su medio, así mismo como de factores climáticos y porcentajes de cada elemento nutricional necesario para la planta, en los cacaos criollos la genética puede ser de mayor influencia. En general el cacao se poliniza por medio de insectos, se han identificado algunas mosquitas del género *Forcipomyia* y algunos otros insectos en menos cantidades que actúan como polinizadores. La polinización no es un factor limitante en la producción, si no que, al revés, usualmente hay un número en exceso de mazorcas fecundadas, esto es controlado por un fenómeno que hace que algunas mazorcas se marchiten formando el “cherelle wilt” o frutos marchitos, esto regula el número de frutos en el árbol.

En casos en que existe una buena cantidad de mazorcas desarrollándose en el árbol, la floración tiende a disminuir y en algunos casos la floración se suspende por completo, el fruto del cacao es como en otras especies, el resultado de la maduración del ovario una vez fecundado, este fruto está sostenido por un pedúnculo leñoso que es la maduración de los pedicelos de la flor. Cada fruto puede tener un número muy variable de semillas pues esto está en dependencia de la fecundación de cada ovario, aunque cada árbol sólo puede tener un aproximado debido al número de óvulos que es constante en cada uno. El mínimo de semillas puede ser de una, pero en general se estima que una mazorca normal crece cuando se han fecundado por lo menos el 25% de los óvulos. La cáscara del fruto del cacao está formada por tres partes: el exocarpio o la sección exterior, la capa de en medio o mesocarpio y la capa interior o endocarpio. El mesocarpio es una capa de células semileñosas bastante duras esto es variable y en dependencia del genotipo. El tiempo de maduración del fruto varía según su genotipo. Para esto pueden existir variaciones de 5 a 7 meses o sea 150 a 210 días, mientras que la regla ambiental es, entre más cálido y húmedo el tiempo más rápido maduran los frutos. (INIAP, 2009)

6.1.1 Taxonomía de *Theobroma cacao*

Tabla 1 Taxonomía del cacao *Theobroma cacao*

| Reino | Tipo | Clase | Orden | Familia | Genero | Especie |
|---------|---------------|---------------|----------|---------------|-----------|----------|
| Plantae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | Malvales | Sterculiaceae | Theobroma | Cacao L. |

Fuente: (Walker, 2020)

6.1.2 Variedades de *Theobroma cacao*

6.1.2.1 Criollos

Los cacaos criollos tienen las siguientes características: mazorcas cilíndricas, con diez surcos profundos simple o bien en cinco pares, cáscara verrugosa, que puede ser delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en cinco ángulos, rectas o recurvadas. El color de la mazorca puede variar de un color verde hasta rojo, con semillas blancas o ligeramente pigmentadas, que pueden tener una forma cilíndrica u ovalada. Los árboles usualmente son más bajos y menos robustos que el de las otras variedades, con copa redonda, hojas pequeñas y ovaladas de un color verde claro, gruesas y con mayor

susceptibilidad a la mayoría de las enfermedades. Las flores son de pedicelos cortos y las estaminodios y líneas guías de los pétalos son rosado claro, las espátulas de los pétalos son de forma y color muy variables. Entre los criollos reconocidos está el Criollo de Nicaragua o Cacao Real, cuya característica más sobresaliente en esta variedad es la frecuencia de los colores rojos intensos en las mazorcas y un cuello de botella, aunque también se encuentran de formas angoletas, pero siempre podemos apreciar la punta recurvada o recta.

6.1.2.2 Forasteros

Característicamente en este grupo se presentan mazorcas ovoides, amelonadas con diez surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio, con los dos extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base, estas mazorcas son generalmente verdes con tonos blanquecinos o rosado y en algunas poblaciones, semillas moradas, triangulares en corte transversal, aplanadas y pequeñas. Los árboles son más vigorosos y de mayor fuste, con un follaje más grande y de color intenso, más tolerante a las enfermedades que las variedades criollas; Las flores tienen estaminodios o líneas guías de los pétalos de color morado.

6.1.2.3 Trinitario

Poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y amelonados, tienen características de mazorcas y semillas muy similar o en forma intermedia, entre los dos grupos de cacaos de los cuales se originan.

6.1.3 Importancia Socioeconómica del Cacao (*Theobroma cacao*)

El cacao tiene una gran relevancia en muchos países de América por ser utilizado como moneda desde tiempos antiguos, además de ser la base del tan agradable chocolate.

Al nivel de exportación el cacao representó en el año 2009 un crecimiento en kg de 1,509,909 lo que equivale a \$ 2,675,739, y en el año 2021, 7,441,970 kg que representa en dólares \$ 10,990.626, ocupando la posición 35 entre las 110 líneas de exportación. (Comisión de Cacao de Nicaragua, 2022)

Para Nicaragua representa una base importante generadora de empleo y divisas al país, en la actualidad se encuentra registrada en Costa Rica la marca colectiva del sector cacaotero de Nicaragua, se formuló el proyecto del Sistema Nacional de Trazabilidad de Cacao en consenso público privado, para las normas técnicas nicaragüenses se encuentra actualizada y aprobada la Norma Técnica Nicaragüense de Cacao en Grano Fermentado – Clasificación y Requisitos – NTN 16 003 – 18 y ajustadas las normas ISO:

ISO 2451 - Cacao en grano - Especificaciones y requisitos de calidad.

ISO 22-92 Granos de cacao – Muestreo.

Como resultados hasta el año 2021 en la producción de cacao según (SICACAO, 2023) se han alcanzado diferentes hitos los cuales son:

- Alcanzado el consenso público privado en la actualización de la Norma Técnica Nicaragüense de Obligatorio Cumplimiento de Registro de Jardines Clonales y Material Vegetativo de Cacao.
- Elaborado el anteproyecto de Normativa de Obligatorio Cumplimiento de Post Cosecha de cacao.
- Incidencia de la COMCACAO en consulta público-privada de anteproyecto de la Ley de Semillas de Nicaragua.
- Elaborado el Plan de Acción de la Estrategia Nacional de Cacao 2012-2026.
- Participación en SICACAO.
- Participación en elaboración de estrategia regional de cacao y estrategia de sostenibilidad de SICACAO.

- Elaborado plan estratégico de la Comisión de Cacao de Nicaragua 217-2021.
- Elaborado y aprobado mecanismo de funcionamiento interno de la Comisión de Cacao de Nicaragua.
- Diseñado y en actualización sitio web de la COMCACAO.
- Realizado estudio de la huella genética de cacao de Nicaragua.
- Realizado el estudio de flavonoides en cacao de siete zonas diferentes del país.
- Organizada la red de catadores en el norte del país.
- Elaborado estudio de sabores y aromas con 13 diferentes protocolos de procesamiento.

Al igual que se han venido realizando todos estos esfuerzos para alcanzar un mejor en la producción y comercialización de cacao nicaragüense, existen desafíos que se deben completar. Ya que existe área que aún no se está explotando para producir cacao, plantaciones que aún no se integran a los diferentes programas que se ofrecen, seguir promoviendo la transformación del cacao, insertar mayor volumen de cacao nicaragüense al mercado internacional, investigar más sobre las bondades del cacao nicaragüense para venderlo como valor agregado, entre otras.

6.1.4 Productividad del cacao en Nicaragua

Obtener altos rendimientos no es una condición suficiente para tomar la decisión de producir, se requiere ser rentable, según (Espinosa-García, y otros, 2015). Para que un productor empiece a tener ganancia es de 770 kg/ha, con lo cual se obtiene una R B/C de 1, un VAN de 0 y una TIR de 10.4%, igual que la tasa de actualización, en esta zona de México, por lo tanto, plantaciones que obtienen rendimientos superiores a esta cantidad son rentables.

Debe haber un balance entre la producción y el coste de producción para que el cultivo será rentable y así poder generar divisas, se necesitan valorar condiciones edafoclimáticas para poder determinar la productividad de un cacaotal y así ubicar regiones con rendimientos de grano de cacao competitivos al nivel mundial con tasas de rentabilidad mayores al costo de oportunidad del capital. Los factores que influyen en la rentabilidad del cultivo estarán dados por los costos que este representa para producir una mazorca o un kg de cacao.

6.1.5 Medio ambiente del cultivo

Existen varias limitantes en el cultivo de cacao, entre estas podemos encontrar, temperatura y precipitación, estas son de los aspectos ambientales más importantes que debemos tener en cuenta, aunque tenemos otros más que estaremos mencionando, pueden limitar las zonas aptas para el desarrollo del cultivo, aunque en algunas zonas geográficas, el viento llega ser el factor limitante de más importancia sin considerar ninguno de los otros, por otro lado tenemos la radiación solar que es considerada un factor importante, aunque esta planta usualmente tiene mejor desarrollo bajo sombra, se ha encontrado en condiciones especiales de luminosidad y bajo sistemas de provisión de agua (riego) que esta puede ser cultivada a plena exposición solar, no obstante los requerimientos de otros factores no deben de ser olvidados (Cerde & Leando Muñoz, 2021).

La temperatura influye en la producción de cacao, entre estos están la formación de flores y la maduración de frutos, como ejemplo se ha visto que, en lugares más fríos, la maduración de frutos tarda desde 167 hasta 205 días mientras que las zonas más calientes con promedios de 25 a 26 grados las mazorcas maduran en 140 a 175 días, la mayoría de los sitios donde se produce cacao las temperaturas medias fluctúan ente 25 y 26 grados C. Aunque se pueden encontrar plantaciones comerciales de buenos rendimientos en zonas donde la temperatura media es de 23 grados C. E.

El Agua con respecto a los requerimientos que necesita anualmente 1500 a 2500 mm en las zonas bajas y cálidas y de 1000 a 1500 mm en las zonas más altas o frescas. Usualmente a través del mundo en la mayoría de las regiones cacaoteras la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración, necesitando esto suelos un buen drenaje para eliminar el excedente. Igualmente, la distribución de las lluvias mensualmente tiene un papel importante tanto por la proliferación de hongos por excedente humedad, así como de estrés en la planta por la cantidad optima que es requerida (Comision de Cacao de Nicaragua, 2022).

Si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos cortos, mientras que en lugares donde no existen los períodos secos tan prolongados, se puede obtener una cosecha permanente durante todo el año usualmente con dos o tres picos de producción no muy pronunciados.

En caso de los vientos cuando tienden a ser muy constantes, así mismo de las brisas hacen que los cacaotales pierdan agua y las hojas cierran sus estomas y dejan de trabajar, estas entonces se produce una destrucción celular a falta de agua y nutrientes, hasta que mueren; en vientos intensos las hojas se caen prematuramente, especialmente a una velocidad a más de 4 m/s.

En zonas costeras donde los vientos son muy comunes en parte del año y pueden alcanzar velocidades considerables, lo más recomendado es el uso de cortinas rompevientos, por lo contrario, en casos donde los vientos son ligeros los mismos árboles de sombra usualmente defienden al cacao lo suficiente como para que estos no sufran daños. El mismo origen del viento también puede ser importante en cómo es afectado el cacaotal, los vientos que vienen del mar usualmente son húmedos, mientras que los vientos que vienen de tierra adentro usualmente son muy secos (Walker, 2020).

El cacao en estado natural vive en asociación con otras especies de plantas tales como palmeras, árboles y arbustos, debido a que al cacao usualmente se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles y que su cultivo se ha hecho tradicionalmente bajo sombra, se ha dicho que el cacao es típicamente umbrofilo, aunque evidencia experimental ha demostrado que se puede tener cacao sin sombra, pero los parámetros productivos y de crecimiento son muy diferentes a plantaciones bajo sombra, sin embargo en la mayoría de las áreas cacaoteras tradicionales es difícil instalar un cacaotal a plena luz del sol, debido a los graves problemas que trae el crecimiento de malezas y

control de plagas, lo que hace conveniente que por lo menos los primeros dos y medio a tres años la plantación tenga una buena sombra temporal (Walker, 2020).

Los efectos y beneficios de la sombra al iniciar la plantación son de reducir la exposición a la luz solar, pero tal vez más importante, reducir el movimiento de aire que puede perjudicar a la planta igual o más que el efecto de luz y temperatura unidos. Una vez que la planta haya crecido para darse auto sombreado, este ya no será tan indispensable y puede iniciarse la eliminación paulatina de ella hasta llegar a un punto de equilibrio.

Una buena sombra es indispensable, en términos generales el grado de sombra adecuado para el cacao es de 50 a 70% durante el estado de plantío (sombra temporal) mientras que para las plantaciones adultas (siembra permanente) donde la autosombra entre los árboles de cacao es considerable, la sombra se puede rebajar a 35% o 25% para un óptimo crecimiento de las plantas. Como en la mayoría de los cultivos el exceso de sombra es perjudicial pero también su escasez puede ser fatal para el cacaotal (Walker, 2020).

La expresión “regular sombra” significa dos importantes principios, quitar donde exceda y establecer donde no hay, en el primer caso esto se hace disminuyendo la población de árboles podando la copa o bien en combinación de ambas acciones; no existe una definición rigurosa sobre el número de podas o regulaciones de sombra que hay que hacer por año, ya que esto depende de aspectos tales como las especies de sombra utilizadas, las distancias de siembra tanto de la sombra como del cacao, manejo que reciba la plantación, el clima y el suelo que hay donde está sembrado el cacao, siempre se aconseja que esta labor se realice en forma permanente, regulando la sombra en aquellos sectores de la plantación lo necesite. Es importante que quede claro que la respuesta a las prácticas de fertilización dependerá del buen manejo que se haga del sombrero de la plantación. (Walker, 2020)

6.2 Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*)

Phytophthora palmivora es un oomiceto hemibiotrófico que tiene la capacidad de infectar a más de doscientas especies de plantas, en este caso se aborda el efecto que esta tiene sobre el *Theobroma cacao* L. comúnmente conocido como Cacao. Infecta muchas partes de la planta del cacao, incluyendo mazorcas provocando en estas la enfermedad de la pudrición o mazorca negra de la vaina. (Walker, 2020). Dentro de la orden Peronosporales, el género más grande con más de

120 especies descritas, *Phytophthora* es un fitógeno hemibiotrófico capaz de infectar una amplia gama de huéspedes, incluidos muchos cultivos agrícolas, uno de los cultivos más importantes y deliciosos vistos desde el punto de vista económico es el cacao.

A escala mundial esta enfermedad mazorca negra o pudrición negra de la vaina es una de las enfermedades más importantes en el cultivo del cacao causadas por varias especies de *Phytophthora* y que a esta se atribuye a que existan pérdidas significativas de hasta el 30% y a la muerte de hasta el 10% de árboles anualmente.

El género *Phytophthora* posee especies que causan mazorca negra y estas se encuentran distribuidas en regiones distintas entre sí, mientras que *Phytophthora palmivora*, que se aisló originalmente de la palma Palmyra (*Borassus flabellifer*) en 1907, tiene una distribución pantropical y se encuentra en todas las áreas de producción de cacao (C, 1996). Además, tiene una amplia gama de huéspedes de más de 200 especies de plantas de los trópicos (Guest, 2007). Esto tiene serias implicaciones para los pequeños agricultores que producen más del 80% de cacao, ya que los árboles de cacao se cultivan principalmente bajo árboles de sombra, ya sean en sistemas agroforestales intercalados o seminaturales. (Walker, 2020)

Tabla 2 Lista de especies de *Phytophthora* que se sabe causan mazorca negra en el cacao

| Nombre de la especie | Distribución Geográfica |
|---|---|
| <i>Phytophthora capsici</i> | Brasil, El Salvador, Guatemala, India, Jamaica, México, Trinidad, Venezuela |
| <i>Phytophthora citrophthora</i> | Brasil, India, México |
| <i>Phytophthora heveae</i> | Malasia |
| <i>Phytophthora megakarya</i> | Camerún, Costa de Marfil, Bioko, Gabón, Ghana, Nigeria, Santo Tomé y Togo. |
| <i>Phytophthora megasperma</i> | Venezuela |
| <i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>Parásito</i> | Cuba |
| <i>Phytophthora palmivora</i> | Pantropical |

Fuente: (Walker, 2020)

6.2.1 Morfología y fisiología del hongo

Phytophthora como oomiceto, es parte de un grupo distinto de microbios eucariotas parecidos a los hongos, comparte una variedad de características morfológicas con los hongos, pero posee otras características exclusivas de las plantas, como que el componente principal de su pared celular es la celulosa, a diferencia de los verdaderos hongos que se componen principalmente de quitina (Mélida, Hugo, et al 2013). Otra característica que su micelio está compuesto por filamentos hialinos, ramificados y no septados, mientras que las hifas de los hongos los tienen septados.

La dispersión de *Phytophthora* por el viento y el agua se logra mediante esporangios asexuales que desarrollan en los extremos de las puntas de las hifas especializadas, la morfología de los esporangios puede ser bastante diversa, pero las formas de los esporangios varían desde ovoides-elipsoides hasta obpiriformes, son papilados caducos, es decir, pedicelos cortos (Maora, 2016). Los esporangios pueden germinar directamente formando tubos germinales e hifas, o liberan esporas asexuales móviles llamadas zoosporas. Las zoosporas anodotáticas de *Phytophthora* nadan activamente con la ayuda de dos flagelos en la superficie húmeda de los tejidos vegetales o en suelos inundados mediante geotaxis negativa, por electrotaxis en campos eléctricos naturales generados por raíces y por quimiotaxis. Además, la alta humedad o las salpicaduras de agua ayudan

a la propagación de dichas zoosporas de una planta a otra. Por lo tanto, la reducción de la alta humedad y evitar el exceso de agua son algunas de las prácticas en invernaderos/invernaderos para el control de la enfermedad de *Phytophthora* (J & M, 2008).

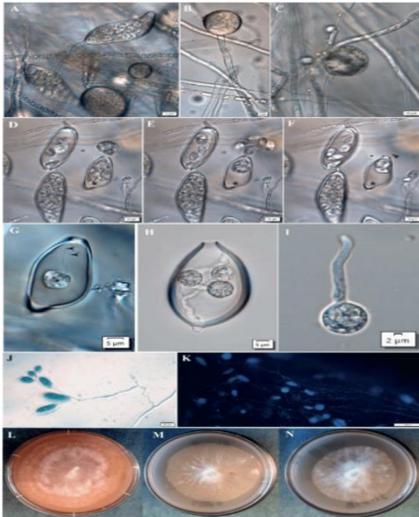


Ilustración 1 Morfología característica de *Phytophthora palmivora*

Fuente: Ilustración basada en <https://q-bank.cu/Fungi/BioloMICS.aspx>

Estos aislados de *Phytophthora palmivora* MAG14, NSP11 y NSP19 procedían de mazorcas de cacao infectadas de tres granjas diferentes en Madang y Bougainville (PNG) en 2005 (Maora, 2016). NSP11 y NSP19 eran de dos distritos diferentes, Sinaí y Buin, respectivamente, en Bougainville. (A) Esporangio papilado (maduro); (B) clamidospora terminal formando una nueva extensión de hifas; (C) clamidospora intercalar; (D – F) liberación de zoosporas en un período de 1 minuto en un esporangio (asteriscos negros); (G) zoosporas atrapadas; (H) quistes atrapados que germinan dentro de un esporangio; (I) quiste en germinación en un portaobjetos de vidrio para microscopio; (J) ramificación simpodial del esporangióforo con esporangios papilados teñidos con azul de lactofenol; (K) Tinción DAPI de núcleos en hifas, zoosporas dentro de esporangios y clamidosporas; (L) a (N) Tipos de colonias estrelladas/estriadas a radiales de aislados MAG14 (L), NSP11 (M) y NSP19 (N) en agar de zanahoria después de 7 días de crecimiento a 26 ° C respectivamente. Las puntas de flecha negras resaltan la presencia de flagelos en (F, G). (A, D – G, I – K) aislar MAG14 en agar de zanahoria después de 6 días de crecimiento a 26 ° C; (B, C, H) aislar NSP11 en agar avena después de 12 días de crecimiento a 26 ° C. Las micrografías (A – K) se capturaron utilizando un microscopio Olympus BX51 equipado con una

cámara Olympus DP74 bajo contraste de interferencia diferencial (DIC) y fluorescencia ultravioleta (UV).

6.2.2 Taxonomía de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*)

Tabla 3 Taxonomía de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*)

| | |
|---------------------|--------------------------|
| Reino: | Chromista (Stramenopila) |
| División: | Oomycota (Moho acuático) |
| Subdivisión: | Mastigomicotina |
| Clase: | Phycomycetes |
| Subclase: | Oomycetes |
| Orden: | Peronosporales |
| Familia: | Pythiaceae |
| Genero: | Phytophthora |

Fuente: (Walker, 2020)

Las especies de *Phytophthora* causantes de la mazorca negra en cacao se encuentran agrupadas así: reino Chromista donde este grupo se caracteriza por los organismos eucariotas, Stramenopila como hongo parásito (generalmente) clasificado dentro de este reino, división Oomycota como un hongo acuático, subdivisión Phycomycetes, subclase Oomycetes, orden Peronosporales, familia Pythiaceae, género *Phytophthora*.

Estos organismos Oomycetes son un grupo de organismos miceliales pertenecientes al reino Chromista (Rodríguez Polanco & Vera Rodríguez, 2015), estos representan una línea evolutiva única y distante de los hongos verdaderos, el carácter unificador del reino Chromista es el flagelo anterior de tipo oropel, el cual porta dos filas de vellosidades tubulares tripartitas y que está presente en el aparato flagelar heteroconto de las zoosporas.

6.2.3 Etiología del patógeno (*Phytophthora palmivora*)

El género *Phytophthora* (del griego *Phyton*: planta; *phthora*: destructor) fue creado por Bary en 1876 con *P. infestans* de Bary como especie tipo. Existen muchas más especies del género *Phytophthora* y éstas son agentes causales de varias patologías de gran importancia para algunos

cultivos de interés. Las características que diferencian al género *Phytophthora*, perteneciente al reino Chromista, de los hongos verdaderos (reino fungí), está basado en la morfología que estos presentan en las crestas mitocondriales (tubulares semejantes a las de las plantas), la bioquímica de las paredes celulares, que se compone de β -1, 3 y β -1, 6 glucanos y no de quitina (el polímero de N – acetil glucosamina, que se encuentra en las paredes de los hongos verdaderos); la síntesis de lisina por la vía del ácido diaminopimélico (misma vía de las plantas), como se puede ver, los oomicetos presentan varias características bioquímicas y ultraestructurales que los asemejan a las plantas y algas.

Estas características amparadas también con un abordaje filogenético basado en las regiones conservadas de su genoma soportan la clasificación de los oomicetos en el reino Chromista junto con algunas algas. Los análisis de las secuencias moleculares de la subunidad 18S del rADN (ribosomal) han confirmado que los oomicetos están estrechamente relacionados con las Crhysophytas, Diatomeas y algas cafés, pero se separaron relativamente temprano de las formas pigmentadas.

La mayoría de las especies de oomicetos se reproducen sexual y asexualmente, la reproducción asexual es por germinación directa del esporangio, por medio de zoosporas móviles, cuyos flagelos son característicos y distintivos de las especies, o por germinación de las clamidosporas (figuras a, b, c) (Rodríguez Polanco & Vera Rodríguez, 2015). La reproducción sexual es ogámica. El gameto femenino (oogonio) es relativamente más grande, forma de huevo no flagelado y es fecundado por el gameto masculino (anteridio) que es notablemente más pequeño y flagelado, formando una espora sexual (oospora).

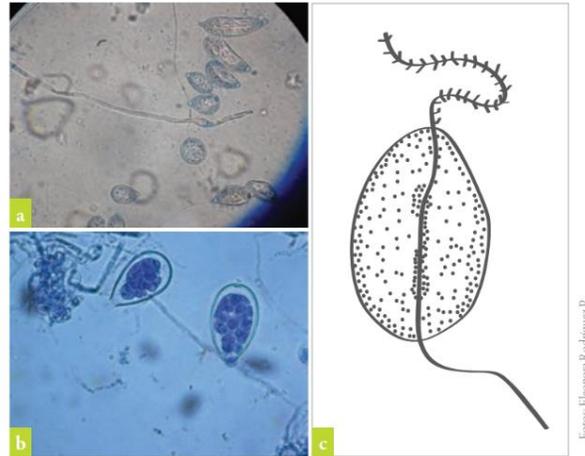


Ilustración 2 Estructuras de reproducción asexual de *Phytophthora* sp. a. Esporangio; b. Liberación de las zoosporas por el esporangio; c. Detalle de las zoosporas, presencia de los dos flagelos.

Fuente: Ilustración basada en <https://q-bank.cu/Fungi/BioloMICS.aspx>

Phytophthora produce dos tipos de esporas diseñadas para sobrevivir a largo plazo: las clamidosporas y las oosporas; la diferencia principal entre los dos tipos es el origen asexual de las clamidosporas (esporas clonales), mientras que las oosporas resultan de la combinación sexual (figuras 2 a y b).

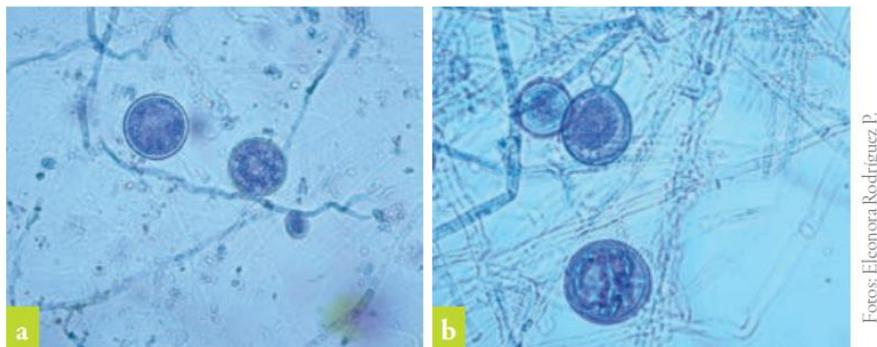


Ilustración 3 Estructura de supervivencia de *Phytophthora* sp. a Clamidospora, reproducción asexual; b. Oospora, reproducción sexual.

Fuente: Ilustración basada en <https://q-bank.cu/Fungi/BioloMICS.aspx>

6.2.4 Ciclo de vida del patógeno (*Phytophthora palmivora*)

El ciclo de vida para *Phytophthora palmivora* está influenciado por condiciones en: suelo, clima, genotipos de cacao, virulencia de la cepa, manejo integrado de la plantación y otros vectores bióticos como la microfauna. Esta enfermedad es el resultado de condiciones ambientales donde existe humedad; cuando es la época lluviosa los umbrales de daño presentan un aumento debido a la correlación de la humedad relativa y las bajas temperaturas. Según (Jorgelina Lezaun, 2023) la incidencia y la humedad relativa al 95% y temperatura entre los 18 °C y 20 °C son condiciones donde el patógeno se desarrolla con mayor facilidad.

La precipitación es uno de los factores que más influye en la propagación de brotes repentinos luego de 4 – 5 días después de una fuerte lluvia, el agua libre favorece la esporulación, liberación y diseminación de las zoosporas ya que son móviles en agua pueden ser propagadas por la lluvia e infectan los frutos y el tallo de la misma planta.

Para poder describir el ciclo de vida del patógeno es importante recalcar que existen dos tipos de reproducción: Sexual y Asexual.

Asexual: El patógeno para esta reproducción se favorece de los ambientes fríos o húmedos, la temperatura óptima para la formación de esporas es de 12 °C – 18 °C en ambientes de agua saturada o en casi en saturación. mientras que la producción de zoosporas se favorece por debajo de los 15°C. Las zoosporas se enquistan en las superficies sólidas, toman una forma redonda y forman una pared celular, que al tener humedad desarrollan un tubo germinativo y penetran la hoja por las estomas para que la hifa ingrese directamente a través de la cutícula.

La temperatura óptima de crecimiento de las lesiones es de 20-24°C. El ciclo de vida asexual del patógeno puede completarse en menos de cuatro días bajo condiciones favorables; sin embargo, los síntomas pueden ser visibles hasta el tercer o cuarto día después de la infección inicial.

De esta esta reproducción se producen esporangios, zoosporas y clamidosporas. Se inicia con la producción de esporangios sobre el tejido infectado (frutas infectadas, hojas, tallos o raíces) que pueden germinar directamente sobre la superficie de la planta o en el suelo.

Las unidades infectivas más importantes para la diseminación son las zoosporas cuyas funciones dentro del ciclo de la enfermedad: diseminación del patógeno a nuevos hospederos y reconocimiento de señales en el sitio de infección; son atraídas por señales de la planta hacia los potenciales sitios de infección y, en un tiempo aproximado de 20 a 30 minutos, encuentran su hospedero y se enquistan. Posteriormente se produce la penetración del patógeno a través de las estomas y la germinación ocurre en la epidermis de los tejidos; esto ocurre en un periodo aproximado de 48 horas (Jorgelina Lezaun, 2023)

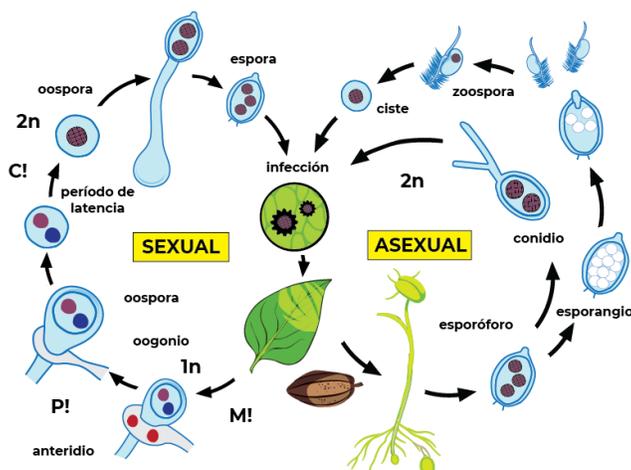


Ilustración 4 Ciclo de vida de *Phytophthora palmivora*

Fuente: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/phytophthora-infestans-un-hongo-devastador-para-las-hortalizas>

Sexual: Para poder reproducirse sexualmente es necesario la presencia de los dos tipos de apareamiento (A1 y A2), ya que uno actúa como gameto femenino y el otro como gameto masculino, dando lugar a la formación de oosporas, estructuras que le permiten al patógeno subsistir en condiciones desfavorables, permanecer latentes durante largo tiempo y tener genotipos resistentes y muy agresivos. Cada tipo de apareamiento es bisexual, capaz de producir oogonios y

anteridios a partir de la diferenciación de su micelio vegetativo. Ambos tipos de apareamiento son considerados grupos de compatibilidad y no formas sexuales, ya que el anteridio u oogonio de un tipo puede aparearse con el oogonio o anteridio, respectivamente, del tipo opuesto.

6.2.5 Proceso Infeccioso del patógeno (*Phytophthora palmivora*)

Phytophthora palmivora pertenece al Clado 4, cuyas especies forman esporangios papilados y se sabe que son patógenas para las raíces de las plantas, causando la pudrición de las raíces en muchas plantas. Esta puede infectar tejidos de otras plantas como tallos, hojas, frutos de muchas plantas tropicales sin importar que sean dicotiledóneas o monocotiledóneas, según (Walker, 2020) se demostró que en suelos donde existe el inoculo de *Phytophthora palmivora* es una fuente masiva y constante de inoculo y que la infección por este patógeno desde el suelo hasta las mazorcas de cacao parece deberse principalmente a través del contacto o las salpicaduras de lluvia.

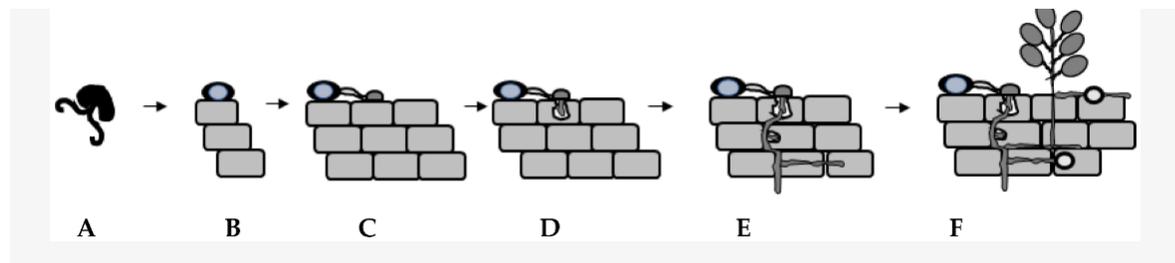


Ilustración 5 Diagrama esquemático del proceso de infección por *Phytophthora* sp.

Fuente: <https://www.mdpi.com/2309-608X/6/3/167>

(A) Zoospora lista para iniciar el proceso de infección, (B) La zoospora pierde su motilidad al desprenderse de sus flagelos, se enquista en la pared y se adhiere a la superficie de la planta, (C) El quista empieza su proceso de germinación formando un tubo germinal y luego un apresorio que proporciona una adhesión más fuerte a la superficie del huésped en preparación para la invasión posterior a la epidermis de algunos tejidos aéreos. (Walker, 2020)

En los tejidos terrestres el tubo germinal puede penetrar la epidermis de la raíz creciente intracelularmente a lo largo de las paredes celulares anticlinales, (D) En el sitio de adhesión del apresorio las hijas de *Phytophthora palmivora* crecen para invadir intracelularmente, formando un haustorio, esta es la etapa biotrófica, (E) Durante la etapa necrotrófica, se forman hifas secundarias

que matan a la célula huésped; y (F) nueva estructura característica del oomiceto, es decir, se desarrollan clamidosporas y esporangios intercalares y terminales, proporcionando nuevos inóculos para futuras infecciones de otras regiones del mismo huésped o de otros huéspedes en el campo.

6.2.5 Sintomatología del patógeno (*Phytophthora palmivora*)

Phytophthora palmivora tiene la capacidad de infectar cualquier parte del fruto y sin importar la etapa fenológica de la planta, generalmente estas infecciones ocurren en los polos de las mazorcas que es donde se almacena más agua y en frutos maduros que son los más susceptibles. (Rodríguez ,P & Vera ,R, 2015). La infección en estadio de plántulas causa necrosis de la hoja, dañando el sistema radicular y al tallo principal que culmina con la muerte de estas. La infección en hojas maduras se demuestra como necrosis irregular en toda el área foliar, en esta etapa según (Lezaun, J 2023) no es significativa para la diseminación y supervivencia del patógeno.

Este patógeno posee la capacidad de desarrollarse en ambientes donde existe alta humedad en el medio, los primeros síntomas se manifiestan aproximadamente a las 30 horas después de ocurrido el contacto con el inóculo del hongo, se expresaran primeramente con pequeñas manchas en la superficie del fruto de apariencia acuosa, luego se desarrollaran lesiones necróticas de color café siempre y cuando siga el ambiente húmedo y tardaran entre 3 y 5 días después de la aparición de los primeros síntomas. Sobre esta superficie podremos observar la presencia de un crecimiento del micelio y los esporangios del hongo. (Rodríguez P, Vera R, 2015)

La lesión avanza en su interior con la misma velocidad que progresa la lesión externa. La lesión crece rápidamente y llega a cubrir la totalidad de la superficie del fruto y los tejidos internos, incluyendo los granos en un periodo de 10 a 14 días. Según (Rodríguez, P; Vera, R; 2015) el borde de la lesión puede avanzar aproximadamente 12 mm/día y se caracteriza por tener límites bien definidos. En frutos de más de 3 meses la infección generalmente puede iniciar en la punta o en el pedúnculo de la mazorca y al ser infectada también puede sentirse un fuerte olor a pescado.

6.2.6 Epidemiología del patógeno (*Phytophthora palmivora*)

Las especies del género *Phytophthora* presentan dos tipos de reproducción: asexual (con la formación de clamidosporas y esporangios, que contienen las zoosporas) y sexual (mediante la formación de oosporas). Los esporangios, que son las estructuras reproductivas asexuales del

hongo, requieren de agua para su germinación y pueden presentar dos modos de germinación dependientes de las condiciones de temperatura. La temperatura más elevada favorece la germinación directa del esporangio en la cual el tubo germinativo se origina, principalmente, a partir de la papila del esporangio; este, a su vez, puede dar lugar rápidamente al micelio o producir un nuevo esporangio (Villavicencio & Jimenez).

La baja temperatura favorece la ruptura del esporangio, liberación y germinación de las zoosporas, lo que incrementa el nivel de inóculo, ya que cada esporangio tiene de 20 a 30 zoosporas que constituyen un mayor número de unidades infectivas o propágulos, mientras que la germinación directa del esporangio constituye un solo propágulo del hongo por tanto, las zoosporas son los propágulos infectivos más importantes para la diseminación del hongo, aunque no se descarta la posibilidad de propagación por medio de clamidosporas e hifas. (Cedeño M, et al; 2020).

Las zoosporas de *P. palmivora* y *P. megakarya* tienen la capacidad de sobrevivir en el suelo o en las raíces por un periodo de hasta cuatro meses, mientras que las clamidosporas sobreviven hasta por 6 años y las oosporas por 13. La humedad es uno de los factores que contribuyen al desarrollo del hongo; es el principal agente de diseminación. El inóculo llega de tejidos infectados o del suelo a los tejidos sanos a través de la lluvia o el salpique. Además de vectores como roedores y hormigas, el hombre es un dispersor rápido, principalmente cuando se utilizan herramientas de poda y cosecha contaminadas que pasan de árboles enfermos a sanos (Romeu, 1978).

Las principales fuentes de inóculo son la corteza de mazorcas cosechadas y los frutos enfermos, las mazorcas momificadas, el suelo infestado, los cojines florales, la corteza del tronco y los frutos de cacao infectados que crecen cerca del suelo. La concentración de carbohidratos solubles en el fruto se ha encontrado asociada con la susceptibilidad del material a la enfermedad; es así como clones altamente susceptibles presentan concentraciones mayores que los clones resistentes.

6.2.7 Impacto económico del patógeno (*Phytophthora palmivora*)

La enfermedad puede afectar tanto a los árboles adultos como a los brotes jóvenes, lo que resulta en una disminución en la producción de cacao. Los frutos infectados por *Phytophthora* se vuelven inutilizables, lo que reduce la cantidad y calidad de la cosecha. Esto se traduce en una disminución de los ingresos para los productores y un menor volumen de cacao disponible en el mercado. Pérdida de árboles y plantaciones en casos severos de mazorca negra, los árboles de cacao pueden morir.

Esto implica una pérdida de la inversión inicial realizada en la plantación y una reducción en la capacidad de producción a largo plazo. Además, la enfermedad puede propagarse rápidamente entre los árboles de un sistema agroforestal, lo que puede llevar a la destrucción de grandes áreas de cultivo. Aumento de los costos de producción: El control y manejo de *Phytophthora* requiere la implementación de medidas preventivas y el uso de fungicidas. Estos insumos y prácticas de manejo adicionales aumentan los costos de producción para los agricultores. Además, los productores pueden tener que invertir en la rehabilitación de plantaciones afectadas y en la adopción de variedades de cacao más resistentes, lo que también conlleva gastos adicionales.

Debido al gran avance que se ha presentado actualmente en el cacao nicaragüense, el potencial productivo se estima en 350,000 hectáreas, por ende las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales están implementando capacitaciones para fomentar y concientizar a los productores de cacao que realicen los debidos manejos integrados en sus plantaciones y poder contrarrestar los ataques de Mazorca negra para no obtener baja en la producción y calidad del cacao (sicacao, 2023)

6.3 Manejo integrado de mazorca negra (*Phytophthora*)

Las principales estrategias para el manejo de mazorca negra en cacao incluyen prácticas que han sido la base para combatir cualquier tipo de enfermedad en este cultivo. Tradicionalmente se menciona de: A) El uso de variedades tolerantes, B) Diseño adecuado de siembra, C) Manejo nutricional, D) Condiciones ambientales que reduzcan la presencia de esta enfermedad, E) Podas fitosanitarias. (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1958)

Si las enfermedades pueden causar pérdidas de más del 50% de la producción potencial del cultivo, es necesario replantear la idea de un programa más enfocado en la prevención sanitaria, si es necesario adoptar el enfoque preventivo ya que, una vez enfermos tanto los frutos como los brotes estamos ante una situación donde lo existe la posibilidad de un enfoque curativo. El programa de prevención sanitaria debe ser integral y combinar las podas de mantenimiento y aclaramiento con esto nos referimos a: eliminar tejidos enfermos, cojines florales, frutos, y brotes, una remoción semanal de frutos enfermos y mantener pendientes en la época lluviosa o de mayor infección (Generalmente en periodos húmedos) con fungicidas a base de cobre, clorotalonil o azoxystrobina, así como un plan de fertilización adecuado.

El crecimiento de las plantas de cacao es un proceso constante, se produce mediante brotes foliares que la planta emite cada 3 a 4 meses, dependiendo de las reservas alimenticias acumuladas. Por tanto, el crecimiento debe ser controlado para mantener una planta no mayor de 3 metros, con una copa balanceada, sin ramas entrecruzadas e individualizada en su propio espacio y así facilitar las labores del cultivo. En un ambiente de copa cerrada, se incrementa el autosombreamiento y la humedad al interior (Solís K; Peñaherrera S; Vera D; 2021).

Los tejidos tiernos (hojas, brotes, cojines florales y frutos) son susceptibles a la infección por *Phytophthora palmivora*, ya que están cubiertos con una lámina de agua que tarda en evaporarse, debido a que, el autosombreamiento bloquea la entrada de luz solar, ofreciendo las condiciones propicias para el desarrollo de las enfermedades.

6.3.1 Medidas culturales

Es importante una buena selección de sitios adecuados al establecer un cacaotal, sitios con condiciones favorables para el cacao y que sean menos propensos al desarrollo del hongo. Tomando en cuenta un buen espaciamiento adecuado para facilitar una mejor circulación de aire y reducir la humedad en el cultivo, esto ayuda a minimizar la enfermedad de mazorca negra, haciendo podas adecuadas, eliminando ramas enfermas y/o muertas, la eliminación de frutos enfermos antes de que se propague a otros frutos, el manejo adecuado de otras especies bajando así una competencia por nutrientes y agua además de que estas pueden servir como hospederos del agente causal de la enfermedad. (Solís K; Peñaherrera S; Vera D; 2021).

6.3.2 Gestión de mazorcas enfermas

Identificación temprana a realizar un monitoreo regularmente de los árboles de cacao para caracterizar mazorcas enfermas de los principales síntomas en los frutos de cacao con manchas marrones o negras, bultos acuosos y la aparición de una sustancia pulverulenta en su superficie, luego de haber identificado los frutos enfermos se retiran de los árboles de cacao de manera cuidadosa y de la plantación, se entierran en un lugar retirado de la parcela de cacao, ya que el hongo se propaga por esporas y al momento de retirar las mazorcas enfermas tenemos que contar con medidas de higiene como llevar herramientas limpias y desinfectadas al retirar frutos infectados. (Cerde & Leando Muñoz, 2021)

6.3.3 Podas

Las podas se realizan en los primeros años para darle una estructura adecuada al árbol y promover un desarrollo equilibrado en esta etapa se eliminan las ramas de abajo y las débiles o cruzadas, se busca un árbol con estructura bien abierta y ramas bien distribuidas, también las podas de mantenimientos se realizan en la etapa de producción para mantener una buena estructura del árbol, no debemos olvidar la poda de sombra que se puede hacer por medio de podas selectivas en donde sea necesario, para permitir que la luz penetre en las plantas de cacao y mejor circulación de aire, de esta manera controlamos que no se desarrollen las enfermedades ni los hongos.

6.3.4 Control orgánico

Uso de extracto de plantas con propiedades insecticidas o fungicidas pueden utilizarse como alternativas naturales a los productos químicos/sintético de esta forma podemos utilizar

organismos benéficos como depredadores, parasitoides o microorganismos antagonista para control de plagas y enfermedades. Estos organismos ayudan a mantener un equilibrio natural en el agroecosistema y a reducir la población de organismos perjudiciales de igual manera estos insumos ayudan a mantener un suelo fértil, esto es fundamental para fortalecer la resistencia de los árboles de cacao a plagas y las enfermedades.

6.3.4.1 Jengibre (*Zingiber officinale*)

El jengibre (*Zingiber officinale*) es una planta conocida por sus propiedades medicinales y cumple con buena función en la mazorca negra y la monilia en los cultivos de cacao. Sugiriendo que el jengibre tiene propiedades antifúngicas que podrían ayudar en el manejo de estas enfermedades y han mostrado tener propiedades antifúngicas contra ciertos hongos y funciona como repelente por el aroma fuerte funcionando como insecticida. Trejo C, 2023

6.3.4.2 Caldo de ceniza

El caldo de ceniza se ha utilizado tradicionalmente como control de diversas enfermedades en los cultivos, contiene compuestos alcalinos que pueden elevar el pH, tiene efectos inhibidores sobre algunos patógenos, contiene propiedades desinfectantes, también en la aplicación a las plantas queda una barrera de partículas que dificultan el acceso de algunos insectos y patógenos.

6.3.4.3 Jengibre – Caldo de ceniza

El jengibre y el caldo de ceniza los dos combinados trabajan muy bien porque el caldo de ceniza tiene propiedades desinfectante y partículas de ceniza que se adhieren en las plantas y en combinación con el jengibre contiene propiedades antifúngicas con un aroma fuerte que funciona como repelente para algunos insectos.

VII. MARCO LEGAL

7.1 Convenio internacional sobre la Biodiversidad Biológica.

En la Cumbre para la Tierra en 1992 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en Río de Janeiro, los líderes mundiales acordaron una estrategia amplia para un desarrollo sostenible. En este marco se ratificó también el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). Sus objetivos son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes, la participación justa y equitativa en los beneficios que se derivan de la utilización de los recursos genéticos. Este Pacto convenido entre la gran mayoría de los gobiernos del mundo es el primer acuerdo global que integra los recursos genéticos, especies y ecosistemas, así como todos los aspectos de la diversidad biológica. Este acuerdo establece compromisos para mantener la diversidad biológica como un bien mundial para la supervivencia de la humanidad y reconoce que la conservación de la diversidad biológica es una parte integral del proceso de desarrollo. (ONU, 1992).

7.2 Plan estratégico para la Diversidad Biológica

La décima reunión de la Conferencia de las Partes, celebrada en octubre de 2010 en Nagoya, Japón, adoptó para el período 2011-2020 un Plan Estratégico para la Diversidad Biológica. Es un marco de acción para todos los países para salvar la diversidad biológica y mejorar sus beneficios para las personas. Reconociendo la urgente necesidad de acción, la Asamblea General de Naciones Unidas ha declarado del 2011 al 2020 como el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Biodiversidad. (Conferencia de las Partes, 2010)

7.3 Metas Aichi

El Plan Estratégico incluye las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica. Se definen 20 metas ambiciosas para lograr cinco objetivos estratégicos, pero en este caso abordaremos las que están más orientadas al tema agrícola. (Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 2012)

Meta 1: Para 2020, a más tardar, las personas tendrán conciencia del valor de la diversidad biológica y de los pasos que pueden dar para su conservación y utilización sostenible.

Meta 4: Para 2020, a más tardar, los gobiernos, empresas e interesados directos de todos los niveles habrán adoptado medidas o habrán puesto en marcha planes para lograr la

sostenibilidad en la producción y el consumo y habrán mantenido los impactos del uso de los recursos nacionales dentro de límites ecológicos seguros.

Meta 5: Para 2020, se habrá reducido por lo menos a la mitad y, donde resulte factible, se habrá reducido hasta un valor cercano a cero, el ritmo de pérdida de todos los hábitats naturales, incluidos los bosques, y se habrá reducido de manera significativa la degradación y fragmentación.

Meta 7: Para 2020, las zonas destinadas a agricultura, acuicultura y silvicultura se gestionarán de manera sostenible, garantizándose la conservación de la diversidad biológica.

Meta 13: Para 2020, se habrá mantenido la diversidad genética de las especies vegetales cultivadas y de los animales de granja y domesticados y de las especies silvestres emparentadas, incluidas otras especies de valor socioeconómico y cultural, y se habrán desarrollado y puesto en práctica estrategias para reducir al mínimo la erosión genética y para salvaguardar su diversidad genética.

7.4 Ley No. 217 “Ley General del medio ambiente y los Recursos Naturales”

La presente Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del Medio Ambiente y los Recursos Naturales que lo integran asegurando su uso racional y sostenible, de acuerdo con lo señalado en la Constitución Política. (Club de Jóvenes Ambientalistas, 2012).

7.5 Ley Creadora de la Asignatura del Medio ambiente y los Recursos naturales.

Esta iniciativa de legislación comprende aspectos educativos a todos los niveles en donde la consecución del desarrollo sostenible implica la transformación de muchas de las pautas vigentes en la sociedad nicaragüense en su relación con el ambiente y los recursos naturales; siendo la educación la que permitirá al ciudadano tener conciencia y conocimiento de la importancia de su protección. La educación formal y no formal son herramientas indispensables para lograr un cambio de criterios y esto lo trasladamos a la investigación y desarrollo de cultivos y como combatir sin perjudicar el medio ambiente las diferentes plagas y enfermedades. (Club de Jóvenes Ambientalistas, 2012)

7.6 Estrategia Nacional de Biodiversidad y su plan de acción Nicaragua 2015 – 2020.

Es importante mencionar que, mediante el Plan Nacional de Desarrollo Humano, el Gobierno promueve el uso y manejo de la biodiversidad, tal es el caso del lineamiento 10: “El Sector Productivo priorizando la Economía Familiar, Comunitaria y Cooperativa y la Soberanía y Seguridad Alimentaria en un contexto de Cambio Climático”, donde se definen las siguientes Estrategias y Políticas: (MARENA, 2015)

Estrategia Vivir Limpio, Vivir Sano, Vivir Bonito para Vivir Mejor.

Estrategia Productiva del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional.

Estrategia Alimentaria y Política de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional.

Estrategia Agropecuaria y Forestal para el crecimiento de la producción con incremento de la productividad.

Desarrollo de la Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa, Asociativa y MIPYMe´s.

Política de Fomento del Turismo.

Política de Fomento a la Minería.

Política de Organización y Prevención ante los Fenómenos Naturales y el Cambio Climático.

8 HIPOTESIS

8.1 Hipótesis General

Ho. Los tratamientos evaluados no muestran diferencias estadísticas significativas en la reducción de la *Phytophthora spp.*

Ha. Existen diferencias estadísticas significativas en el control de mazorca negra con la aplicación de bioinsumos a base de jengibre y ceniza.

9 MARCO METODOLOGICO

9.1 Localización del área de estudio

El estudio se localiza en el departamento de Matagalpa, municipio de Rancho Grande, comunidad Rancho Alegre, ubicado a 52 km de la ciudad de Matagalpa. Sus fronteras son: N: El Cúa y San José de Bocay, S: Rio Blanco y Matigúas, E: Waslala, O: El Tuma- La Dalia. Rancho Grande cuenta con una extensión de 598 km cuadrados y una población aproximadamente de 38 mil habitantes.

Su clima predominante es de sabana tropical de altura, caracterizado como semihúmedo, precipitaciones promedio anuales, que se caracterizan por su distribución homogénea y varían entre los 2,000 y 2400 mm al año, este alcanza el 74% de humedad, temperaturas promedio de 28° y 30° centígrados.

El tipo de suelo que se encuentra es de tipo franco arcilloso, con una muy buena capa agrícola, el terreno cuenta con planicies, así como de elevaciones montañosas, caracterizado por sus múltiples plantaciones de cacao y café (Municipios de Nicaragua, s.f.)

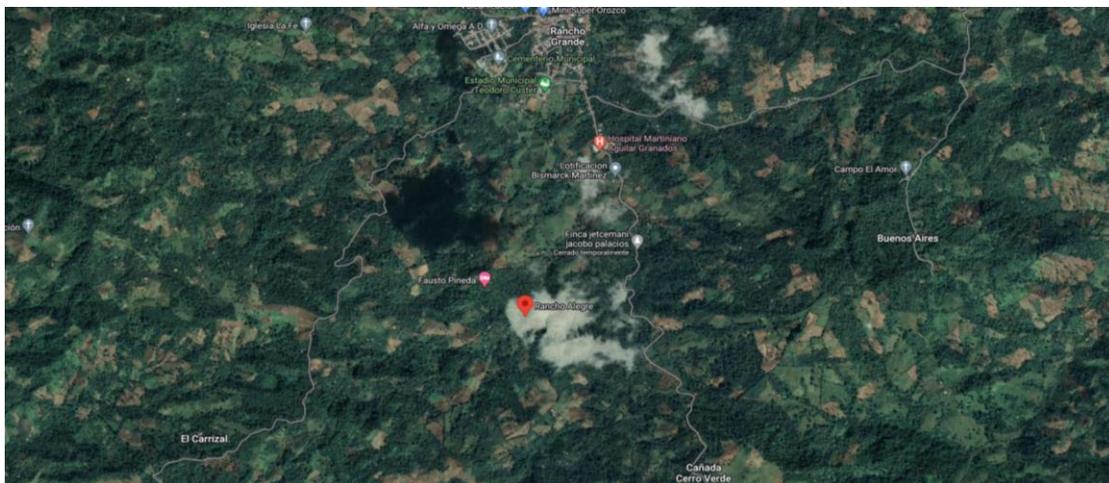


Ilustración 6 Rancho Grande, Comunidad Rancho Alegre Fuente: Google Earth

Fuente: Google Earth

9.2 Tipo de estudio

El estudio que se propone para poder darle seguimiento a la evaluación de estos datos es el Cuasiexperimental ya que el contexto no permitió aleatorizar los grupos, en este caso se encontró

la plantación de Cacao ya establecida pudiendo formar un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), además el diseño es transversal porque el levantamiento de datos se realizó en un tiempo único correspondiente a las fechas de 15 y 29 de enero y 12 de febrero del año 2023. Cuantitativo descriptivo porque permite cuantificar la cantidad de mazorcas enfermas por *Phytophthora palmivora* (Mitjana, 2019).

9.3 Manejo experimental

Se estableció en una parcela experimental que ya estaba conformada por 16 plantas en total, distribuidas uniformemente, distancias similares de 3x3 entre planta y surcos, en la cual cada una de las plantas se consideró como una unidad experimental, estuvo conformada por 4 tratamientos, 3 fungicidas, entre ellos uno compuesto por 2 mezclas al 50% de cada una y por último el testigo que no recibió ningún control.

Al ser un Diseño de bloques completamente al azar (BCA) estuvo compuesto por 4 bloques cada uno de ellos con 4 repeticiones por cada tratamiento a usar, para un total de 16 repeticiones. Cada uno de los fungicidas más el compuesto, constituye un tratamiento evaluar, los cuales fueron diferenciados por medio de colores en el cual, Azul representa tratamiento 1, rojo T2, azul y rojo T3 y Doble rojo como Testigo.

| Tratamiento | Color | Mezcla | Variedad |
|-------------|-------------|---------------------------|------------|
| T1 | Azul | Jengibre | PM CT - 58 |
| T2 | Rojo | Ceniza | ICS – 95 |
| T3 | Azul y Rojo | 50% Ceniza y 50% Jengibre | ICS – 39 |
| T4 | Rojo y Rojo | Sin aplicación. | CATIE – R6 |

Tabla 4 Distribución de tratamientos

Fuente: Elaboración propia

9.4 Manejo agronómico del experimento

El manejo agronómico que se le dio al experimento consistió en las labores comunes que involucran preparación de bioinsumos, deshija, podas sanitarias entre otras.

9.4.1 Preparación de la mezcla

Los productos utilizados para cada tratamiento son: jengibre, ceniza y agua destilada. Las dosis correspondientes para poder elaborar sustratos de estos tratamientos son: jengibre trituramos 2.65 lb, diluido en 1/4 de agua destilada, se deja reposar durante 2 días para su posterior uso, 10 cc diluidos en 2 litros de agua en el caso de la ceniza sería 4 onzas en 1L de agua se saca el extracto que son 30 cc de ceniza diluidos en 2 L de agua,. Por último, la combinación de 50% de ceniza y 50% de Jengibre, que sería la mitad de la dosis de cada una de las mezclas: 5cc de jengibre junto con 15 cc de caldo de ceniza diluidos en 2 litros de agua .

9.4.2 Manejo de mazorcas

Con el propósito de reducir la afectación de mazorca negra el cultivo cacao, se hizo la recolección de frutos afectados, para su posterior entierro en una fosa excavada, esto se hace con el fin que la espora del hongo no se siguiera proliferando y afectando a las plantas en su formación, es considerada como una efectiva y Buena Práctica Agrícolas (BPA).

9.4.3 Podas

Las podas se utilizaron para regulación de sombra, y también para aireación en el cultivo, de gran beneficio para controlar las incidencias de hongos, así mismo la luz necesaria para el desarrollo óptimo del cacao, de esta forma se evitan deficiencias y enfermedades futuras.

9.4.4 Chapoda

La chapoda se utiliza con el fin de eliminar hospederos de plagas y brindarle mejores aportes nutricionales a la planta, además de agregarle una cobertura al suelo, que nos sirve para la retención de humedad y menor erosión del suelo así de como su lixiviado.

9.5 Población

La población objeto de estudio en sí estuvo compuesta por las plantas de cacao presente en la parcela de experimento, existe un jardín clonal con diferentes variedades en la finca del Sr. Pablo Ruiz, se ubicó el centro de la parcela para reducir en la varianza en cuanto al levantamiento de datos, aproximadamente son 625 plantas de población.

9.5.1 Universo

El universo de estudio correspondió a plantas ubicadas en una misma parcela de la finca que son 1250 plantas de cacao entre las diferentes variedades establecidas.

9.5.2 Muestra

Para poder determinar la parcela de muestra se realizó la metodología propuesta por el CATIE (Romeu, 1978). Al lado derecho del cacaotal se diseñó un cuadro de muestreo ya que en la otra mitad existe diferencia entre cada árbol y sus respectivas pendientes, por lo tanto se dividió en dos sectores solamente para designar esta tarea y disminuir la variabilidad al momento de que se levantaran los datos, al centro del lado derecho se ubicó a percepción propia el centro y una vez que se realizó el trazado del contorno del cacaotal la muestra fue conformada por 16 plantas, las cuales fueron tomadas del centro de la parcela, esto para eliminar el efecto borde y también reducir influencia de otros tratamientos cercanos.

Tabla 5 Población y Muestra Fuente: Elaboración propia

| Variedad de Cacao | No. Plantas |
|--------------------------|--------------------|
| PM CT – 58 | 4 |
| ICS – 95 | 4 |
| ICS – 39 | 4 |
| Catie – R6 | 4 |

Fuente: Elaboración propia

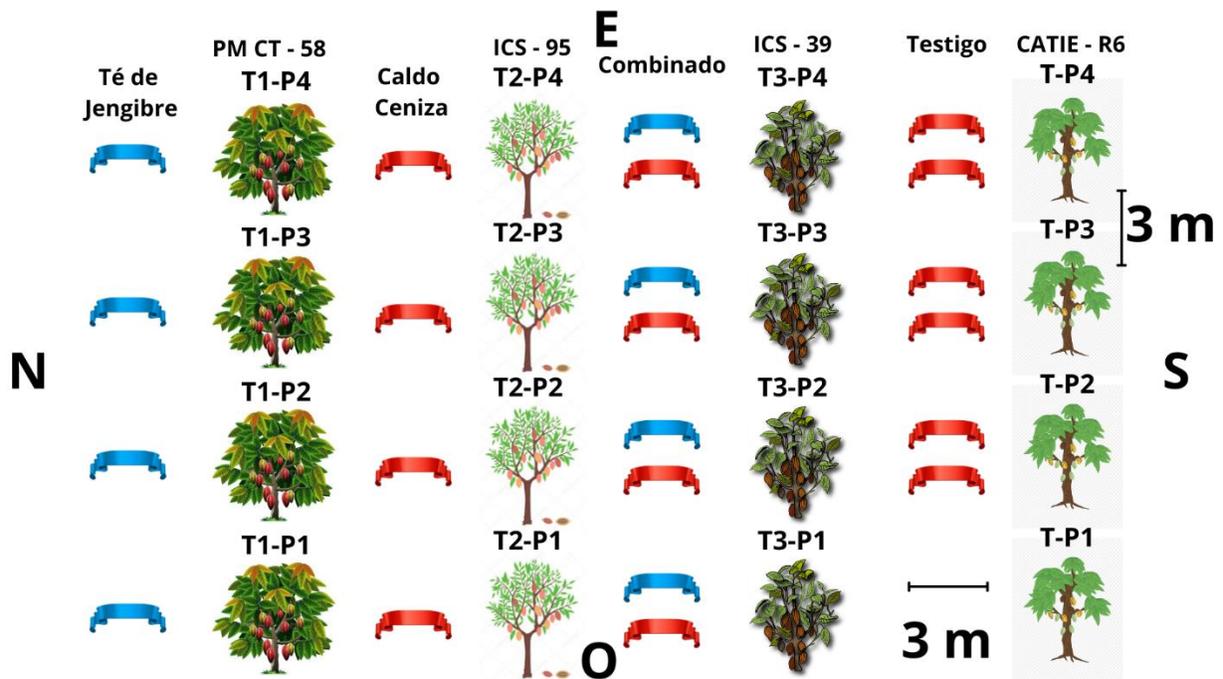
9.5.3 Plano de campo

El cuadro para el levantamiento de datos tiene una superficie de 144 m², las cuales están dividida en 16 parcelas de 3x3 m. Ilustración 7

Las celdas en cada cuadro de muestreo están señalizadas con cintas de colores azul, rojo, azul – rojo, doble rojo y cada repetición en cada surco estaría señalada de menor a mayor orientado de oeste a este el orden.

9.5.3.1 Plano 1 – Experimento 1

Ilustración 7 Plano de campo.



Fuente: Elaboración propia

9.6 Técnicas de recolección de la información

Para llegar recopilar la información necesaria en este trabajo investigativo se eligieron técnicas adecuadas para poder cumplir con el objetivo de este mismo, entre las técnicas idóneas se encuentran:

9.6.1 Entrevista

Para la recopilación de datos se utilizará la entrevista que es una técnica cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Revisión de registros productivos, esto para tener información al momento de establecer la correlación entre las variables para la discusión de los resultados. (Palma V, et al 2015)

9.6.2 Observación directa

Observación directa que es la descripción detallada, donde se especifica claramente lo que está pasando servirá como medio para comprobar directamente la situación en que se encuentran los plantíos de la finca (Palma, V & Olivas A, 2015).

9.6.3 Fotografías

Fotografías como un instrumento auxiliar para dar respaldo a la investigación y tener un medio visual para conocer el trabajo realizado y la comprobación directa del lugar de estudio.

Materiales para utilizar: libreta de campo, lapiceros, cámara digital, balanza graduada, lupa, instrumentos como ficha de observación, entrevista y registro de levantamiento de datos.

9.7 Procesamiento y análisis de la información

En este acápite se recopiló toda la información generada por las diferentes visitas a campo que se realizaron y mediante la aplicación de estos instrumentos previamente diseñados para guiarse al momento de conocer el comportamiento de los materiales evaluados.

Para el procesamiento de los datos se implementó el programa de Excel y para temas de redacción Word.

9.8 Delimitación y Limitación del estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Rancho Alegre municipio de Rancho Grande, en parcelas productivas afectadas por *Phytophthora spp* en la Finca Peor es Nada. La participación fue de tres estudiantes de la carrera de Ing. Agronómica y el propietario de la unidad productiva en enero y febrero del año 2023.

9.9 Aspectos evaluados

Se evaluó la presencia de *Phytophthora spp* en los primeros meses del año, el manejo integrado de mazorca negra por medio del uso de repeticiones de fungicidas que son de origen biológico, de igual manera se valoró la idea de realizar podas, deshija, manejo de tejidos, control de plantas epifitas y parasitas, drenaje, enmiendas, demás practicas agronómicas que contrarresten la incidencia y propagación de la Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) en las plantaciones de cacao.

Tabla 6 Tratamientos a evaluar.

| No | Tratamiento | Dosis/mz |
|----|--|---------------------------------|
| 1 | Extracto de <i>Zingiber officinale</i> | 1.56 L/mz |
| 2 | Caldo de ceniza | 2.3 L/mz |
| 3 | Extracto de <i>Zingiber officinale</i> + Caldo de ceniza | Jengibre 0.78cc/Ceniza1.17cc/mz |
| 4 | Sin aplicación | |

Fuente: Elaboración propia

9.10 Limitantes que se encontraron

La época del año en la que se realizó el estudio y el ciclo productivo del cacao disminuyó por lo que no se pudo contabilizar la producción en general.

9.11 Variables medidas

Las variables que medir son:

- a) Incidencia de *Phytophthora spp* (Antes y después)

9.11.1 Operacionalización de variables

Tabla 7 Operacionalización de variables

| Variable | Sub - Variable | Indicadores | Instrumento |
|---------------------------|----------------|--|--|
| Grado de infección | de Incidencia | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Conteo de mazorcas totales. ❖ % mazorcas infestadas con <i>Phytophthora spp</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Observación directa. ➤ Hoja de campo. ➤ Calculadora. ➤ Lápiz. |

Fuente: Resultado de investigación

10 DISCUSION DE RESULTADOS

Esta investigación tiene como resultado conocer si existe relación alguna de los bioinsumos en la incidencia de *Phytophthora spp*, determinar el grado de incidencia de esta enfermedad en las plantaciones y caracterizar el nivel de efectividad de cada uno de estos bioinsumos.

10.1 Incidencia

Con respecto a la incidencia de mazorca negra (*Phytophthora spp*), se hizo una primera visita en donde se valoró la viabilidad del estudio constatando que existe afectación de esta enfermedad en la parcela, la cuantificación de los granos se forjó en tres visitas, a partir de estas se logró contabilizar granos inoculados por este patógeno y los efectos que pueden o no haber por los bioinsumos utilizados, para poder contabilizar las mazorcas se hicieron con mazorcas mayores a 2 cm, lo que permitió darle seguimiento a pepinillos antes de contabilizarlos en las primeras visitas, por esta razón al finalizar la época de levantamiento de datos se cuenta con una cantidad mayor de mazorcas en comparación a la primera visita.

Como menciona Phillips-Mora & Cerda, (2009) pudimos constatar que la etapa fenológica de la mazorca no es influyente en la incidencia de la enfermedad, pueden ser contagiadas mazorcas pequeñas y grandes por igual.

10.1.1 Incidencia de *Phytophthora spp*

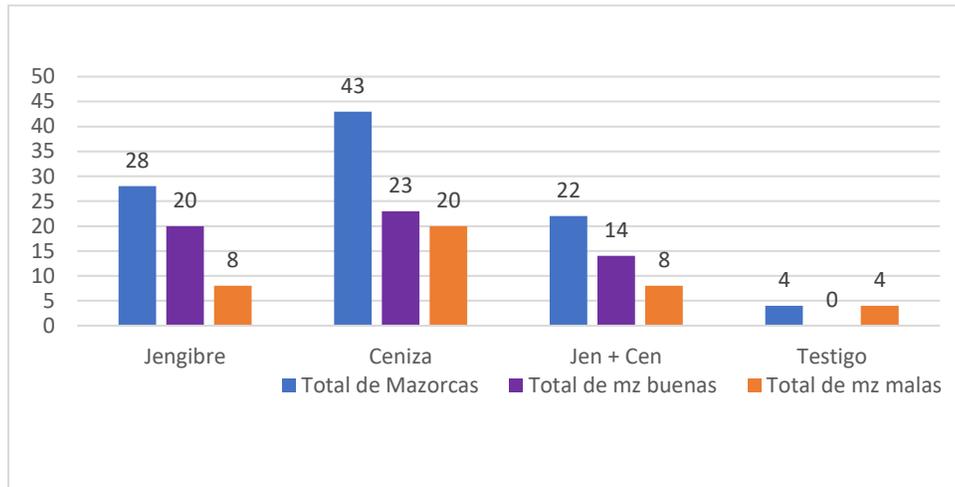


Gráfico 1 Cantidad de mazorcas sanas vs infectadas en la primera visita 15 Ene 2023

Fuente: Resultado de investigación

Este estudio se realizó en las primeras semanas de enero y febrero por el alto índice de humedad que existe en la zona y coincide con que para la época seca es el periodo de más importancia como lo relata Leiva & Meza, (2012). El gráfico 1 refleja que en la primera visita se encontró con un total de 40 mazorcas afectadas con el inoculo de *Phytophthora spp*; 28 mazorcas totales para el tratamiento de extracto de Jengibre (*Zingiber officinale*) de las cuales 8 mazorcas estuvieron afectadas por este hongo; 43 mazorcas totales para el tratamiento de macerado de ceniza con 20 mazorcas afectadas por el patógeno, 22 mazorcas totales para la combinación de ambos bioinsumos de las cuales 8 mazorcas estuvieron afectadas por el hongo y para el testigo absoluto 4 mazorcas totales de las que 4 estuvieron afectadas por el hongo, estos datos nos sirvieron como pautas para poder evaluar el cómo se comportan los tratamientos con respecto a *Phytophthora spp*.

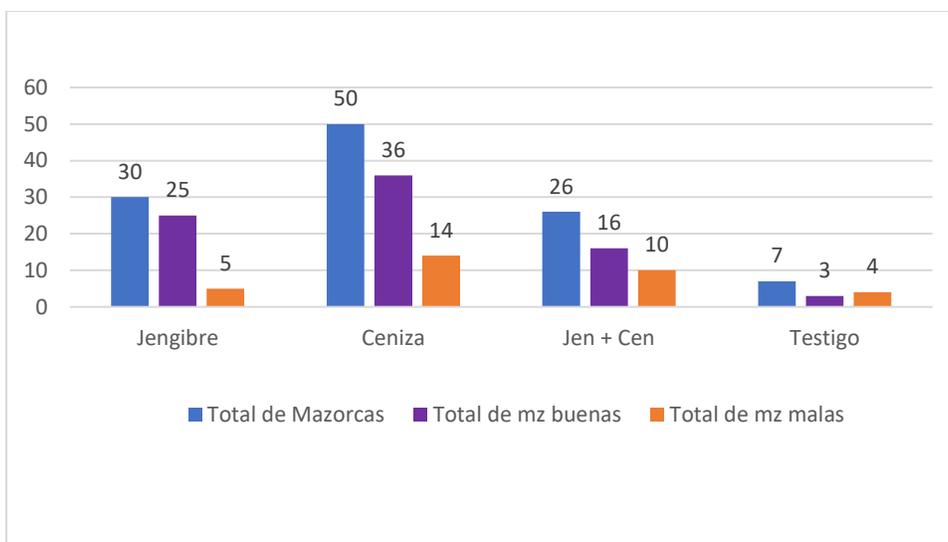


Gráfico 2 Cantidad de mazorcas sanas vs infectadas en la segunda visita 19 Ene 2023

Fuente: Resultado de investigación

En el gráfico 2 podemos ya identificar el comportamiento de *Phytophthora spp* bajo el efecto de los tres tratamientos, en esta visita se encontraron 113 mazorcas de las cuales 33 unidades resultaron con infección del patógeno, para extracto de Jengibre se contabilizaron 30 mazorcas totales de las cuales 5 unidades resultaron con infección; El macerado de ceniza se contabilizaron 50 mazorcas totales de las cuales 14 mazorcas se encontraron con infección del hongo; Para el surco que tuvo aplicación de ambos tratamientos extracto de jengibre y macerado de ceniza se contabilizaron 26 mazorcas totales de las que 10 resultaron con infección y para el testigo se encontraron en total 7 mazorcas de las cuales 4 se encontraron infectadas.

Tabla 8 Conteo de mazorcas de la primera visita y la segunda

| | 1 visita | | 2 visita | |
|---------------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| | Mazorcas sanas | Mazorcas infectadas | Mazorcas sanas | Mazorcas infectadas |
| Extracto jengibre | 20 | 8 | 25 | 5 |
| Macerado de ceniza | 23 | 20 | 36 | 14 |
| Jengibre + Ceniza | 14 | 8 | 16 | 10 |
| Testigo | 0 | 4 | 3 | 4 |

Fuente: Resultado de investigación

Con respecto a la incidencia de la primera visita encontramos que en T1 (Extracto de *Zingiber officinale*) existe incidencia de mazorca negra (*Phytophthora spp*) sin embargo el tratamiento muestra un aumento de 5 mazorcas sanas lo que dejaría una totalidad del 125% en contra parte a las 20 primeras mazorcas sanas encontradas y una disminución de 3 mazorcas enfermas, sin embargo 2 mazorcas que entraron en la etapa en que ya cumplían con las características para poder ser contabilizadas hacen la suma de 5 para el aumento del 25% a la cantidad de mazorcas sanas contabilizadas en la primer visita.

En el T2 (Macerado de ceniza) se encontró con un aumento del 57% de mazorcas sanas que corresponden a 13 unidades, al menos 6 son mazorcas que se encontraron enfermas en la primera visita y lograron curarse disminuyendo en un 45% la incidencia de mazorcas enfermas y 7 mazorcas entraron en la etapa en que ya cumplían con las características para poder ser contabilizadas, estas mazorcas hacen la suma de 36 que explican el aumento del 57% de las mazorcas contabilizadas en la primera visita.

La combinación de ambos bioinsumos extracto de jengibre + macerado de ceniza dio como resultado el aumento del 14% (2 unidades) de mazorcas sanas dando una cantidad de 16 unidades sanas y presentó un aumento del 25% (2 unidades) en mazorcas enfermas, lo que explica el aumento en las unidades sanas, este aumento en mazorcas sanas se debe a que al menos en 2 mazorcas que presentaron características ser contabilizadas gracias al tratamiento no estuvieran infectadas y dos mazorcas “sanas” fueran contagiadas en el intervalo de tiempo que sucedió entre ambas visitas.

En el testigo absoluto se encontró con 3 unidades que cumplieron con las características para ser contabilizadas dentro de las mazorcas sanas sin embargo no mostro cambio con las mazorcas infectadas.

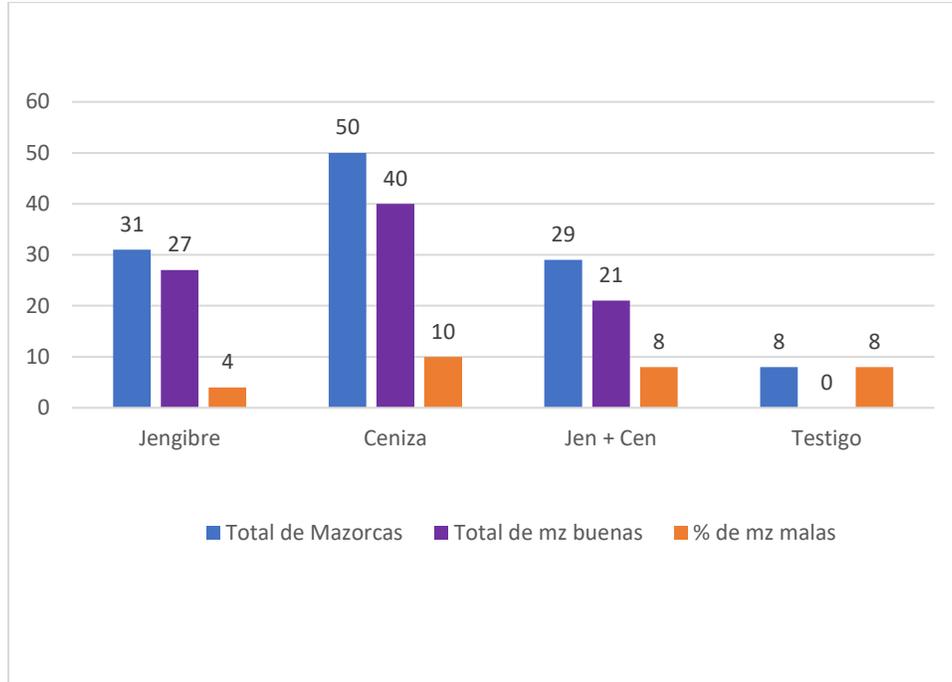


Gráfico 3 Cantidad de mazorcas buenas vs infectadas, Tercera visita 12 Feb 2023

Fuente: Resultado de investigación

En el grafico No. 3 refleja que para *Zingiber officinale* posee 31 mazorcas totales de las cuales 27 son sanas y 4 infectadas, en el tratamiento de macerado de ceniza se contabilizaron 50 mazorcas totales de las cuales 40 son sanas y 10 infectadas, para la combinación de ambos tratamientos se contabilizaron 29 mazorcas totales, 21 mazorcas sanas y 8 mazorcas infectadas).

Tabla 9 Conteo de mazorcas de la segunda visita y la tercera visita

| | 2 visita | | 3 visita | |
|-----------------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| | Mazorcas sanas | Mazorcas infectadas | Mazorcas sanas | Mazorcas infectadas |
| Extracto de jengibre | 25 | 5 | 27 | 4 |
| Macerado de ceniza | 36 | 14 | 40 | 10 |
| Jengibre + Ceniza | 16 | 10 | 21 | 8 |
| Testigo | 3 | 4 | 0 | 8 |

Fuente: Resultado de investigación.

El comportamiento de los datos en relación de la tercera visita con la segunda siguen un patrón con respecto de la segunda visita y la primera, como se observa en la tabla 8 para el primer tratamiento (Extracto de *Zingiber officinale*) las mazorcas sanas aumentan en dos sin embargo las mazorcas infectadas disminuye en 1, esto se debe a que una mazorca cumplió con las características para ser contabilizada y entro en la caracterización de mazorca sana, en el segundo tratamiento encontramos un incremento de 4 mazorcas sanas y una disminución de 4 mazorcas infectadas lo que nos indica que existe una relación en cómo influye este tratamiento con respecto a la enfermedad causada por mazorca negra (*Phytophthora spp*).

La combinación de estos tratamientos presenta un aumento de 5 mazorcas sanas y una disminución de 2 para mazorcas infectadas lo que nos indica que 3 mazorcas entraron en la etapa en la que cumplieron las características para ser contabilizadas lo que da resultado a las 5 mazorcas sanas que se pueden contabilizar extra en la última visita, con respecto al testigo absoluto vemos una disminución total de las mazorcas sanas y aún más interesante que una mazorca que cumplió con las características para ser contabilizada sin embargo no tenía la misma edad de las otras y se encontró contagiada dando una totalidad de 8 mazorcas infectadas.

10.2 Nivel de efectividad de los bioinsumos para mazorca negra (*Phytophthora spp*)

La mazorca negra (*Phytophthora spp*) demuestra tener presencia en todos los tratamientos. Como menciona Leiva, Y & Meza, N; (2012). Los tratamientos demostraron tener afectividad en el control de la mazorca negra (*Phytophthora spp*); Es importante mencionar que en distintos niveles se pueden observar cómo se comportó el patógeno.

Tabla 10 Nivel de efectividad de los bioinsumos segunda visita vs primera

| Tratamientos | Pruebas de incidencia | | Incidencia disminuida en comparación a la primera visita |
|---------------------------|-----------------------|----------|--|
| | 1 visita | 2 visita | |
| Ext. jengibre | 29% | 17% | 12% |
| Macerado de ceniza | 47% | 28% | 19% |
| Jengibre + Ceniza | 36% | 38% | -2% |
| Testigo | 100% | 57% | 43% |

Fuente: Resultado de investigación.

Los tratamientos 1, 2 y 3, mostraron efectos sobre el comportamiento de la mazorca negra (*Phytophthora spp*), registrando para la segunda visita una efectividad de 12%, 19% y -2% de incidencia contra el 100% para el caso del tratamiento 4, que en este caso corresponde al testigo absoluto que no se utilizó tratamiento alguno. Esto representa 3.58, 2.26 veces más probabilidad de ser afectados por mazorca negra para el tratamiento 1 y el tratamiento 2 respectivamente y en el caso del tercer tratamiento más probabilidad de adquirir el patógeno, sin embargo, este debido aumento en cantidad de mazorcas sanas y enfermas de mazorca negra como se observa en la tabla 7.

Para el tratamiento 3 existe un aumento de 2 mazorcas enfermas y dos mazorcas sanas lo que cambia la cantidad de incidencia en el mismo, en el cuarto tratamiento encontramos una disminución en la incidencia del patógeno, esto se debe a que el día que se realizó esta visita coincidió en que 3 mazorcas alcanzaron las características necesarias para ser contabilizadas y se incluyeron en la suma de mazorcas sanas disminuyendo así la incidencia del patógeno para este momento.

Tabla 11 Nivel de efectividad de los bioinsumos tercera visita vs segunda

| Tratamientos | Pruebas de incidencia | | Incidencia disminuida en comparación a la segunda visita |
|---------------------------|-----------------------|----------|--|
| | 2 visita | 3 visita | |
| Ext. jengibre | 17% | 13% | 4% |
| Macerado de ceniza | 28% | 20% | 8% |
| Jengibre + Ceniza | 38% | 28% | 11% |
| Testigo | 57% | 100% | -43% |

Fuente: Resultado de investigación.

Para la segunda evaluación los tratamientos 1, 2 y 3 presentaron un patrón interesante en la tabla No. 10 aún siguen manteniendo efecto sobre la incidencia de mazorca negra, el nivel de incidencia disminuyó en un 4%, 8%, 11% respectivamente y para el cuarto tratamiento (Testigo absoluto) nos confirma que la disminución de la incidencia se debió meramente a que en ese momento las mazorcas nuevas no estaban infectadas con el hongo ya que en esta segunda evaluación se volvió a encontrar un 100% de incidencia para el testigo absoluto (Sin aplicación).

En esta segunda ocasión la probabilidad de ser afectados por mazorca negra es de 10.75, 5.37 y 3.9 respectivamente, lo que nos indica que estos tratamientos poseen cualidades a largo plazo y a media de que se prolonga su uso, tienen mayores oportunidades de incidir positivamente en plantaciones con presencia de mazorca negra (*Phytophthora spp*).

Tabla 12 Nivel de efectividad de los bioinsumos tercera visita vs primera

| Tratamientos | Pruebas de incidencia | | Incidencia disminuida en comparación a la primera visita |
|---------------------------|-----------------------|----------|--|
| | 1 visita | 3 visita | |
| Ext. jengibre | 29% | 13% | 16% |
| Macerado de ceniza | 47% | 20% | 27% |
| Jengibre + Ceniza | 36% | 28% | 9% |
| Testigo | 100% | 100% | 0% |

Fuente: Resultado de investigación.

Los tratamientos 1, 2 y 3 presentaron en su evaluación general una disminución de 16%, 27% y 9% respectivamente demostrando la tendencia a actuar en contra del patógeno, la probabilidad en general de ser afectadas por mazorca negra es de 6.25, 3.70, 11.11 respectivamente.

En el intervalo de tiempo que se logró medir como inciden los tratamientos en mazorca negra nos dimos cuenta que todos ellos poseen cualidades antifúngicas, sin embargo encontramos que el tratamiento 2 (Macerado de ceniza) es más efectivo para contrarrestar el hongo de mazorca negra, en segundo lugar el tratamiento 1 (Extracto de *Zingiber officinale*) sigue teniendo propiedades antifúngicas y con menor potencia el tratamiento 3 (Extracto de Jengibre + macerado de ceniza), el tratamiento 4 (Sin aplicación de bioinsumo) tuvo el comportamiento esperado considerando que no se le aplico en ninguna etapa del experimento tratamiento en contra del hongo y demostró que al no neutralizar esta enfermedad representa una amenaza en contra de la economía de las familias que se dedican a la comercialización de *Theobroma cacao*.

Según la información encontrada en nuestro contexto se concuerda con Ochoa Fonseca, L, (2025). Ya que entre la primera y segunda visita el T2 a base de ceniza presenta resultados con mayor posibilidades de reducir el hongo y así evitar la plorifelación de este mismo. En el estudio de Corona, (2022) donde somete al *Zingiber officinalis* a un riguroso análisis de sus propiedades antimicrobianas coincidimos en que posee capacidades de reducir los fitopatógenos que corresponden a *Phytophthora palmivora* ya que en el diseño estudiado es el que posee los segundos mejores resultados. De la misma manera se coincide con Rodríguez Polanco & Vera Rodríguez, (2015) en que la remoción de mazorcas enfermas constituye la base del manejo de *Phytophthora palmivora* ya que en el T4 donde no se aplicó bioinsumo alguno el patógeno tuvo una presencia del 100% en todo el ciclo.

Considerando la accesibilidad con la que se pueden preparar estos bioinsumos se considera que son útiles como una alternativa amigable al medio ambiente y más importante aún amigable al bolsillo del pequeño productor, con este estudio se fundamenta el bajo costo de estas herramientas y su impacto socioambiental.

11 CONCLUSIONES

Se concluye que evaluar bioinsumos para el control de mazorca negra (*Phytophthora spp*) en cacao nos permitió conocer cómo influyen los diferentes tratamientos en el patógeno, encontrando que tiene mayor efectividad el macerado de ceniza con un 27% de efectividad con respecto a los demás, el extracto de *Zingiber officinale* con un 16% y la combinación de ambos una efectividad de 9%.

La incidencia de *Phytophthora spp* en los cacaotales del experimento fue de 45%, esta amenaza a la integridad de las familias que dependen de la comercialización de este rubro, ya que por cada 100 mazorcas que se produzcan al menos 45 de ellas corren el riesgo de no culminar su desarrollo causando pérdidas económicas.

El extracto de jengibre (*Zingiber officinale*) como antagonista del hongo *Phytophthora spp*, es el segundo que mejor efecto positivo posee sobre este hongo, siendo capaz de inhibirlo en 16% cuando se aplica el tratamiento, pudiendo elevar más si se prolonga el uso de este.

El macerado de ceniza como antagonista del hongo *Phytophthora spp* posee las mayores cualidades antifúngicas del experimento ya que fue capaz de inhibir el inóculo del hongo en un 27%, pudiendo alcanzar mejores resultados si se prolonga el uso de este.

El nivel de efectividad del extracto de jengibre más caldo de ceniza como antagonista del hongo *Phytophthora spp* es el que mostro calificaciones menores en cuanto al manejo del diseño ya que cuenta con un 9% de capacidad para disminuir el hongo, de los tres fue el que se comportó más débil, sin embargo, se puede realizar por su fácil forma de preparación.

12 RECOMENDACIONES

Basados en los resultados obtenidos en esta investigación recomendamos a toda persona que este involucrada en el desarrollo de este cultivo:

- Utilizar cualquiera de los tratamientos para contrarrestar los efectos negativos que tiene el hongo sobre las plantaciones de cacao, su fácil acceso puede ser una gran alternativa económica para esta tarea.
- Eliminar las condiciones favorables para el desarrollo del hongo manteniendo el control de sombra, podas de formación, eliminar frutos infectados y desecharlos en lugares específicos para evitar la proliferación del hongo.
- Hacer prácticas amigables con el medio ambiente, esto llevara a maximizar el uso de los recursos disponibles en las unidades productivas.
- Establecer calendario de labores y manejo agrícola del cultivo.
- Establecer otra época del año para poder evaluar en pico de cosecha cada uno de los tratamientos abordados.

13 BIBLIOGRAFÍA

Albuquerque. (2005).

Borjas Venturas, Ricardo; Anzules Toala, Vicente; Alvarado Huamán, Leolel; Castro-Cepero, Viviana; Julca-Otiniano, Alberto. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri*, *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* "CCN - 51". *Scientia Agropecuaria*.

Buchert. (2008).

C, E. D. (1996). *CAB Direct*. Obtenido de CAB Direct: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19971001256>

Castaño. (2002).

Cedeño Moreria, Angel Virgilio; Romero Meza, Ricardo Fernando; Auhing Arcos, Javier Andres; Mendoza Leon, Antonio Francisco; Abasolo Pacheco, Fernando; Canchignia Martínez, Hayron Fabricio;. (2020). Caracterización de *Phy* spp y aplicación de rizobacterias con potencial en la enfermedad de la Mazorca negra en *Theobroma cacao* variedad CCN - 51 . *Scientia Agropecuaria* .

Cerda, R., & Leando Muñoz, M. (2021). *Guía para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao*. Torrialba: CATIE.

Club de Jóvenes Ambientalistas. (2012). *Compendio Jurídico de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua*. Managua, Nicaragua.

Comisión de Cacao de Nicaragua. (2022). *Cacaos de Nicaragua: una apuesta conjunta para mejorar los mercados*.

Conferencia de las Partes. (2010). CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. *DECISIÓN ADOPTADA POR LA CONFERENCIA DE LAS PARTES EN EL CONVENIO* . Nagoya, Jap[on].

Convenio Sobre la Diversidad Biológica. (2012). *DECISION ADOPTADA POR LA CONFERENCIA DE LAS PARTES EN EL CONVENIO* . Hyderabad, India.

Corona, C. N. (2022). *Uso de extracto de Jengibre (*Zingiber officinale*) y quitasano para el control de *Botrytis cinerea**. Aguascalientes.

Correa Álvarez, J., Castro Martínez, S., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *SciELO*.

- Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-López, G., Inurreta-Aguirre, H. D., & Gongora-González, S. F. (2015). *Productividad y rentabilidad potencial del cacao (Theobroma cacao L.) en el trópico mexicano*. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500012&lng=es&tlng=es.
- FAO. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenible*. Roma.
- Fundacion Hondureña de Investigacion Agricola. (1993). Enfermedades del Cacao. En *Enfermedades del Cacao* (págs. 2-14). Honduras.
- Google Earth. (9 de Febrero de 2023). *Google Earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@0,-0.2581001,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r>
- Guest, D. (14 de Noviembre de 2007). *APS Publications*. Obtenido de APS Publications: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-97-12-1650>
- INIAP. (2009). Instituto Nacional de investigaciones agropecuarias. *Cultivo de cacao para la amazonia ecuatoriana*.
- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (1958). Materiales de enseñanza de Café y Cacao. *Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas*, 1-16.
- INTA. (2005).
- J, U., & M, A. (13 de Noviembre de 2008). *Scholar Space*. Obtenido de Scholar Space: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/items/3c3e891c-94ed-4369-98a3-20803ac61ed6/full>
- Johnson. (2008).
- Jorgelina Lezaun. (Agosto de 2023). *CropLife Latino América*. Obtenido de CropLife Latino América: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/mazorca-negra-del-cacao-pudricion-parda-o-negra-mancha-negra-phytophthora-sp>
- Lacayo, M. (2 de Enero de 2023). *Centro Nacional de Informacion y Documentación Agropecuaria*. Obtenido de Centro Nacional de Informacion y Documentación Agropecuaria: <https://cenida.una.edu.ni/index.php/2023/02/01/nicaragua-alcanza-crecimiento-del-20-en-produccion-nacional-de-cacao-en-el-2022/>
- las, C. d. (s.f.).

- Leiva, Y. P., & Meza Mendez, N. (2012). *Prevalencia de Moniliophthora roreri y Phytophthora spp, época seca y lluviosa en Cacao*. Waslala. Obtenido de file:///E:/KINGSTON/Monograf%C3%ADa/Bibliografia%20mazorca%20negra/Monograf%C3%ADa%20Yohana%20y%20Noem%C3%ADx%20waslala.pdf
- López, R. &. (2010).
- Lumbi Pérez, D. H., & Zeledon Ortiz, N. M. (2014). *Inoculacion de micorrizas en el cultivo de café (Coffee arábica) en etapa de producción en la finca El Arenal, comunidad Aranjuez, Matagalpa, Nicaragua, II semestre 2014*. Matagalpa.
- Maora, J. S. (20 de Mayo de 2016). *British Society for Plant Pathology*. Obtenido de British Society for Plant Pathology: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.12557>
- Mélida, Hugo; Dieguez Uribeondo, Javier; Sandoval Sierra, José V; Bulone, Vicent;. (29 de Enero de 2013). *American Society for Microbiology*. Obtenido de American Society for Microbiology: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/ec.00288-12>
- Menocal. (2005).
- Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales - MARENA. (2015). *Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción Nicaragua 2015 - 2020*.
- Mitjana, L. R. (4 de Julio de 2019). *Psicología y Mente*. Obtenido de <https://psicologiymente.com/miscelanea/investigacion-cuasi-experimental>
- Municipios de Nicaragua. (s.f.). *Municipios de Nicaragua*. Obtenido de <https://www.municipio.co.ni/menciones-legales.html>
- Observatorio de Complejidad Económica. (2021). *Observatorio de Complejidad Económica*. Obtenido de Observatorio de Complejidad Económica: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/cocoa-beans/reporter/nic#:~:text=Acerca%20de&text=Exportaciones%3A%20En%202021%2C%20Nicaragua%20exportó,de%20cacao%20en%20el%20mundo>.
- Ochoa Fonseca, L. E., Ramírez González, S. I., López Báez, O., Moreno Martínez, J. L., & Espinoza Zaragoza, S. (2025). Efecto de preparados minerales sobre el crecimiento y desarrollo in vitro de *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.) Evans. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1072-1073.
- Organizacion de las Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biologica*. Rio de Janeiro.
- ortega. (2006).

- Palma Vivas, J., & Olivas Arauz, R. (2015). Manejo integrado de Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en cacao (*Theobroma cacao*) y su impacto en el rendimiento, Cooperativa Flor de Pancasán 2014 - 2015.
- Phillips-Mora, Wilberth; Cerda, Rolando;. (2009). *Enfermedades de Cacao en Centro America*. Turrialba, CR: CATIE.
- Rodríguez Polanco, E., & Vera Rodríguez, A. G. (2015). *Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (Phytophthora sp) en cacao*. Obtenido de Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora sp*) en cacao:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13138/76985_66411.pdf?sequence=1
- Rodriguez Polanco, E., Parra Alferes, E. B., Bermeo Fuquene, P. A., Segura Amaya, J. D., & Rodríguez Polanco, L. A. (2020). Manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora palmivora*) en cacao por aplicación conjunta de prácticas culturales y químicas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 79-94.
- ROLDAN. (2008).
- Romeu, R. D. (1978). *Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero*. Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez. (2003).
- sicacao. (2023). *Cacaos de nicaragua una apuesta conjunta para conquistar los mercados*.
- Solís Hidalgo, karina; Peñaherrera Villafuerte, Sofia; Vera Coello, Danilo;. (2021). *Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo*. Provincia de los Rios, Ecuador.
- Suárez. (1993).
- Surujdeo-Maharaj, S. y. (1993 a 2016).
- Trejo Corona, C. N. (2023). *Uso de extracto de jengibre *Zingiber officinale* y quitosano para el control de *botrytis cinerea**. Aguascalientes.
- Villavicencio, M., & Jimenez, M. (s.f.). Caracterización morfológica, fisiológica y patogénica de *Moniliophthora roreri* aislados de cinco provincias de la costa Ecuatoriana.

Walker, F. P. (3 de 6 de 2020). *Journal of fungi*. Obtenido de MDPI:
<https://doi.org/10.3390/jof6030167>

14 ANEXOS





**INSTRUMENTO MONITOREO DE
TRATAMIENTOS**

| NOMBRE DEL PRODUCTOR: | | PABLO RUIZ | | | | | | | |
|------------------------------|--|-------------------|---------------------------|----------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| NOMBRE DE LA FINCA | | PEOR ES NADA | | | | | | | |
| COMUNIDAD | RANCHO ALEGRE | MUNICIPIO: | RANCHO GRANDE | | | | | | |
| ASNMI | | T°C DÍA | 28 | LATITUD | | LONGITUD | | | |
| FECHA | TRATAMIENTO | REPETICIÓN | RECUESTO DE FRUTAS | | | | PRODUCCION | | |
| | | | SANAS | MONILIA | MAZORCA NEGRA | # MAZORCAS | PESOS MCA S | PESOS BABA | X GRANO/MAZ |
| | 1 PM CT - 58 (GENGIBRE) Azul | 1 | | - | - | | - | - | - |
| | | 2 | | - | - | | - | - | - |
| | | 3 | | - | - | | - | - | - |
| | | 4 | | - | - | | - | - | - |
| | 2 ICS - 95 (CALDO DE CENIZA) Rojo | 1 | | - | - | | - | - | - |
| | | 2 | | - | - | | - | - | - |
| | | 3 | | - | - | | - | - | - |
| | | 4 | | - | - | | - | - | - |
| | 3 ICS - 39 (GENGIBRE + CALDO DE CENIZA) Azul + Rojo | 1 | | - | - | | - | - | - |
| | | 2 | | - | - | | - | - | - |
| | | 3 | | - | - | | - | - | - |
| | | 4 | | - | - | | - | - | - |
| | 4 Catie - R& (Testigo) Rojo + Rojo | 1 | | - | - | | - | - | - |
| | | 2 | | - | - | | - | - | - |
| | | 3 | | - | - | | - | - | - |
| | | 4 | | - | - | | - | - | - |