UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EFECTO DEL CALDO BORDALES Y EL CALDO SULFOCALCICO EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (*Phytophthora* spp.) EN EL CULTIVO DE CACAO CLON CCN-51 EN AGUAYTÍA, UCAYALI

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRONÓMO

NÉLIDA DURAN AYRA

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA -
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por **NELIDA DURAN AYRA,** denominada: **"EFECTO DEL CALDO BORDALES Y EL CALDO SULFOCALCICO EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (Phytophthora spp.) EN EL CULTIVO DE CACAO CLON CCN-51 EN AGUAYTIA, UCAYALI",** para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **INGENIERO AGRONOMO**. Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: APROBADO POR UNANIMIDAD

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 22 de enero del 2026

Msc. Eliel Sánchez Marticorena
Presidente

Ing. Isaias Gonzales Ramírez
Secretario

Msc. Roger Vasquez Gómez
Miembro

Msc. Pablo Pedro Villegas Panduro
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Msc. Eliel Sánchez Marticorena ..... PRESIDENTE

Ing. Isaias Gonzales Ramírez ..... SECRETARIO

Msc. Roger Vasquez Gómez ..... MIEMBRO

Msc. Pablo Pedro Villegas Panduro ..... ASESOR

Bach. Nelida Duran Ayra ..... TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/797-2025**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EFECTO DEL CALDO BORDALES Y EL CALDO SULFOCALCICO EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (*Phytophthora spp.*) EN EL CULTIVO DE CACAO CLON CCN-51 EN AGUAYTIA, UCAYALI**"

Autor(es)	:	**DURAN AYRA, NÉLIDA**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Mg. VILLEGAS PANDURO, PABLO PEDRO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 23/12/2025

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, NELIDA DURAN AYRA

Autor de la tesis titulada : "EFECTO DEL CALDO BORDALES Y EL CALDO SULFOCALCICO EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (Phytophthora spp.) EN EL CULTIVO DE CACAO CLON CCN-51 EN AGUAYTIA, UCAYALI".

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Msc. Pablo Pedro Villegas Panduro

Facultad: Ciencias Agropecuaras

Escuela Profesional: Agronomia

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 22/01/2026

Email: nellydoranayra@gmail.com Firma: 

Teléfono: 931594697 DNI: 74612397

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en cada paso de este camino. Por darme la sabiduría, la paciencia y las oportunidades necesarias para llegar hasta aquí. A Él dedico este logro, con gratitud por su amor y bendiciones constantes.

A mi padre, Eleuterio Duran Simón, por su ejemplo de perseverancia, esfuerzo y valores que han marcado mi vida. Gracias por tu apoyo, tus enseñanzas y por inspirarme siempre a seguir adelante. Esta meta también es tuya.

A mi madre, Agapita Ayra Encarnación, por su amor incondicional, su sacrificio y su fortaleza que siempre han sido mi mayor inspiración. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y por acompañarme con cariño en cada etapa de mi vida. Este logro es también tuyo.

A mi familia, por ser mi apoyo constante y mi refugio en los momentos más difíciles. Gracias por su cariño, comprensión y por motivarme siempre a seguir adelante. Cada uno de ustedes ha sido parte esencial de este logro.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en un entorno académico que impulsa la investigación, el pensamiento crítico y el compromiso con el desarrollo de nuestra región. Mi gratitud a esta casa de estudios por ofrecerme las herramientas y los recursos necesarios para culminar satisfactoriamente mi formación universitaria.

A los docentes, quienes con dedicación, paciencia y conocimientos compartidos contribuyeron de manera significativa a mi crecimiento académico y personal. A cada uno de ellos, gracias por su esfuerzo, por sus orientaciones constantes y por el ejemplo de responsabilidad y vocación de servicio que han demostrado durante todo este tiempo.

Al Ing. M.Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro, mi asesor, por su valiosa orientación, dedicación y apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

A Madwin Manuel Duran Espinoza, por su apoyo incondicional, por confiar siempre en mí y por brindarme ánimo en los momentos más importantes de este proceso. Su respaldo ha sido fundamental para continuar y culminar esta etapa.

A mi hermana Sonia Duran Ayra, por ser como una segunda madre para mí, gracias por tu cariño, tu apoyo constante y por acompañarme en cada etapa de mi vida. Tu presencia y dedicación han sido un pilar fundamental en este camino.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte del proceso de elaboración de esta tesis, brindándome su apoyo, motivación y confianza.

ÍNDICE GENERAL

		Pág.
DEDICATORIA……		vi
AGRADECIMIENTO……		vii
INDICE GENERAL……		viii
RESUMEN……		xi
ABSTRACT……		xi
ÍNDICE DE TABLAS……		xiii
ÍNDICE DE FIGURAS……		xvii
INTRODUCCIÓN……		1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……		2
1.1.	Descripción y fundamentación del problema……	2
1.2.	Formulación del problema general y específicos……	4
	1.2.1. Problema general……	4
	1.2.2. Problemas específicicos……	4
1.3.	Objetivo general y objetivos específicos……	4
	1.3.1. Objetivo general……	4
	1.3.2. Objetivos específicos……	5
1.4.	Hipótesis y/o sistema de hipótesis……	5
1.5.	Operacionaliación de las variables……	6
1.6.	Justificción e importancia……	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO……		10
2.1.	Antecedentes……	10
	2.1.1. Antecedentes internacionales……	10
	2.1.2. Antecedentes nacionales……	13

2.1.3. Antecedentes locales…….. 15
2.2. Bases teóricas……..… 16
2.2.1. El cultivo del cacao……..… 16
2.2.2. *Phytophthora palmivora*…….…… 23
2.2.3. El Caldo Bordales……..... 30
2.2.4. El Caldo Sulfocálcico……..…. 34
2.3. Definiciones conceptuales…….…… 38
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA……. 41
3.1. Método de investigación…..…….…… 41
3.2. Tipo y nivel de investigación…...…….. 41
3.3. Población y muestra…….…… 41
3.4. Componentes en estudio…… ……. 43
3.5. Tratamientos en estudio…… ……..….. 43
3.6. Diseño experimental…….…….. 43
3.7. Ejecución del experimento……..... 44
3.7.1. Ubicación y duración del estudio…..……..……..….. 44
3.7.2. Condiciones ambientales…… 45
3.7.3. Proceso experimental…….…… 45
3.7.4. Variables evaluadas……..... 50
CAPÍTULO IV: RESULTADOS…… 52
4.1. Número de mazorcas afectadas con mazorca negra…..... 52
4.2. Porcentaje de incidencia de mazorca negra.…….…… 54
4.3. Mazorcas sanas total, afectadas total, y porcentaje de incidencia total…… 56
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN ….……..… 58

CONCLUSIONES……...……...……..…… 62

RECOMENDACIONES…….……..…… 63

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……... 64

ANEXOS……. 73

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del caldo bordelés y el caldo sulfocálcico en el control de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali. La investigación se desarrolló en una plantación ubicada en el caserío Selva Turística, distrito de Padre Abad, Perú (UTM: latitud –9.035949, longitud –75.635574; altitud 367.2 m s.n.m.), durante un periodo de tres meses, del 10 de julio al 10 de octubre de 2025. Se seleccionaron y georreferenciaron plantas de cacao de nueve años de edad, establecidas a un distanciamiento de 3 × 3 m. Los tratamientos evaluados consistieron en la aplicación de caldo bordelés, caldo sulfocálcico, un producto comercial a base de cobre (Cupravit) y un testigo sin aplicación. Las aplicaciones se realizaron cada 20 días mediante una bomba de mochila de 20 L, siguiendo protocolos estandarizados. Las evaluaciones fitosanitarias se efectuaron semanalmente, considerando variables como número de mazorcas afectadas, incidencia de la enfermedad y número de mazorcas sanas por hectárea. Los resultados evidenciaron que ambos tratamientos (caldo bordelés y caldo sulfocálcico) ejercieron un efecto positivo en el control de la mazorca negra. No obstante, el caldo bordelés presentó mayor eficacia, al registrar un menor número de mazorcas afectadas, una reducción significativa de la incidencia de la enfermedad y un mayor número de mazorcas sanas por hectárea en comparación con el caldo sulfocálcico. Por su parte, el caldo sulfocálcico también mostró capacidad de control, aunque con menor efectividad relativa.

Palabras claves: Eficiencia de control, sustancias protectoras, control preventivo, manejo sostenible de enfermedades.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of Bordeaux mixture and lime sulfur on the control of black pod disease (Phytophthora spp.) in cacao clone CCN-51 (Theobroma cacao L.) in Aguaytía, Ucayali, Peru. The research was conducted in a plantation located in Selva Turística village, Padre Abad district (UTM coordinates: latitude –9.035949, longitude –75.635574; altitude 367.2 m a.s.l.), over a three-month period from July 10 to October 10, 2025. Nine-year-old cacao plants, established at a spacing of 3 × 3 m, were selected and georeferenced. The treatments included the application of Bordeaux mixture, lime sulfur, a commercial copper-based product (Cupravit), and an untreated control. Applications were carried out every 20 days using a 20 L backpack sprayer, following standardized protocols. Phytosanitary evaluations were conducted weekly, considering variables such as the number of infected pods, disease incidence, and the number of healthy pods per hectare. The results showed that both Bordeaux mixture and lime sulfur had a positive effect on the control of black pod disease. However, Bordeaux mixture demonstrated higher efficacy, as evidenced by a lower number of infected pods, reduced disease incidence, and a higher number of healthy pods per hectare compared to lime sulfur. Lime sulfur also showed a control effect, although with comparatively lower effectiveness.

Keywords: Control efficiency, protective substances, preventive control, sustainable disease management.

ÍNDICE DE TABLAS

En el texto: **Pág.**

Tabla 1. Tratamientos……. 43

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza…….. 44

Tabla 3. Número de mazorcas afectadas en los tratamientos estudiados durante las 15 evaluaciones realizadas……..... 52

Tabla 4. Porcentaje de incidencia de mazorca negra en los tratamientos estudiados, durante las 15 evaluaciones realizadas……. 54

Tabla 5. Mazorcas sanas total, mazorcas afectadas total, y porcentaje de incidencia total, en los tratamientos estudiados, durante las 15 evaluaciones realizadas……. 56

En el anexo:

Tabla 1A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la primera evaluación…… 74

Tabla 2A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la segunda evaluación…… 74

Tabla 3A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la tercera evaluación…… 74

Tabla 4A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la cuarta evaluación…… 75

Tabla 5A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la quinta evaluación…… 75

Tabla 6A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la sexta evaluación……. 75

Tabla 7A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la séptima evaluación……. 76

Tabla 8A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la octava evaluación……. 76

Tabla 9A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la novena evaluación……..…….…. 76

Tabla 10A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima evaluación……..…….. 77

Tabla 11A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima primera evaluación……... 77

Tabla 12A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima segunda evaluación……. 77

Tabla 13A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima tercera evaluación……. 78

Tabla 14A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima cuarta evaluación……. 78

Tabla 15A. ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima quinta evaluación……. 78

Tabla 16A. ANVA del porcentaje de incidencia en la primera evaluación……..… 79

Tabla 17A. ANVA del porcentaje de incidencia en la segunda evaluación……..… 79

Tabla 18A. ANVA del porcentaje de incidencia en la tercera evaluación……..… 79

Tabla 19A. ANVA del porcentaje de incidencia en la cuarta evaluación…… 80

Tabla 20A. ANVA del porcentaje de incidencia en la quinta evaluación…… 80

Tabla 21A. ANVA del porcentaje de incidencia en la sexta evaluación…… 80

Tabla 22A. ANVA del porcentaje de incidencia en la séptima evaluación…… 81

Tabla 23A. ANVA del porcentaje de incidencia en la octava evaluación…… 81

Tabla 24A. ANVA del porcentaje de incidencia en la novena evaluación…… 81

Tabla 25A. ANVA del porcentaje de incidencia en la décima evaluación. 82

Tabla 26A. ANVA del porcentaje de incidencia en la décima primera evaluación…… 82

Tabla 27A. ANVA del porcentaje de incidencia en la décima segunda evaluación…… 82

Tabla 28A. ANVA del porcentaje de incidencia en la décima tercera evaluación…… 83

Tabla 29A. ANVA del porcentaje de incidencia en la décima cuarta evaluación…… 83

Tabla 30A. ANVA del porcentaje de incidencia en la décima quinta evaluación…… 83

Tabla 31A. ANVA de las mazorcas sanas totales…… 84

Tabla 32A. ANVA de las mazorcas afectadas totales…… 84

Tabla 34A. ANVA del porcentaje de incidencia total……..… 84

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Croquis de distribución de las unidades experimentales… 42

Figura 2. Diseño de la unidad experimental..…….. 42

Figura 3. Número de mazorcas afectadas en los tratamientos estudiados……..……. 53

Figura 4. Porcentaje de incidencia de mazorca negra…….…… 55

Figura 5. Mazorcas sanas total, mazorcas afectadas total, y porcentaje de incidencia total…… 57

En el anexo:

Figura 1A. Identificación de las plantas experimentales……. 85

Figura 2A. Preparación del Caldo Bordales…….…. 85

Figura 3A. Preparación del Caldo Sulfocálcico……..…… 86

Figura 4A. Preparación del producto comercial Cupravit®……..... 86

Figura 5A. Aplicación de los tratamientos…….…… 87

Figura 6A. Plantas y frutos protegidos con los tratamientos en estudio..... 87

Figura 7A. Evaluación de los parámetros de estudio…..……. 88

Figura 8A. Mazorca de cacao afectada con mazorca negra…..…… 88

Figura 9A. Visita de jurado de tesis……. 89

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye una actividad agrícola de importancia económica y social en la Amazonía peruana, especialmente en la región Ucayali, y representa una fuente relevante de ingresos para pequeños y medianos productores. Sin embargo, su producción se ve afectada por diversas enfermedades, entre las cuales la mazorca negra, causada por *Phytophthora* spp., se considera una de las más limitantes, debido a que genera altos niveles de pérdida de frutos y disminución significativa del rendimiento. Esta problemática se agrava bajo condiciones tropicales de elevada humedad y lluvias frecuentes, como las que caracterizan a Aguaytía, donde el clon CCN-51 se cultiva extensamente por su productividad y tolerancia relativa a factores bióticos y abióticos.

Frente a ello, es prioritario el uso de alternativas de manejo fitosanitario accesibles y eficaces dentro de las cuales destacan el caldo bordalés y el caldo sulfocálcico, compuestos tradicionales utilizados para el control de enfermedades fungosas en diversos cultivos. Sus propiedades fungistáticas y su compatibilidad con sistemas de producción sostenible los convierten en una alternativa viable para reducir la incidencia y severidad de la mazorca negra.

Por lo tanto, evaluar el efecto de estos productos en el manejo de Phytophthora spp. en plantaciones comerciales de CCN-51 en Aguaytía resulta fundamental para generar evidencia técnica que permita respaldar prácticas de control eficientes y económicamente viables para los productores cacaoteros.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

Romero (2016) señala que el cacao proviene de los bosques tropicales de América del Sur y que su zona de origen se localiza entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, los cuales desembocan en el río Amazonas.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2019), indica que el cultivo de cacao genera fuente de ingresos principalmente a 40-50 millones de personas a nivel mundial, especialmente en las zonas productoras de cacao como África, Asia Central y Sudamérica, destacando África, especialmente Costa de Marfil el cual produce el 50% del total mundial.

Actualmente, Perú se ubica en el puesto 9 en importancia en el mundo, (2% de la producción mundial), incrementando sosteniblemente las áreas y volúmenes de producción, con un crecimiento de 8,4% por año y un crecimiento de exportaciones de 16,7% promedio anual (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

La Mazorca negra ataca a diferentes órganos de la planta, siendo las mazorcas uno de los más delicados. Las pérdidas pueden fluctuar de 20 a 30%, si no existe control las mazorcas infectadas se pudren en un plazo de 10 a 15 días.

Teniendo en cuenta la agresividad que presenta la Mazorca Negra sobre la producción del cacao en el país y en las zonas productoras de la región Ucayali, se requiere desarrollar y validar estrategias de control de

esta enfermedad.

El caldo bordelés, una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada, fue creado por viticultores de la región de Burdeos, en Francia, donde se le conocía como Bouillie Bordelaise. En un inicio se aplicaba para evitar que las personas que pasaban cerca de los viñedos arrancaran los racimos. Más adelante, los propios productores notaron que las vides tratadas con esta preparación permanecían más saludables que las demás, lo que permitió identificar su capacidad para controlar hongos, bacterias y ácaros. El proceso de fabricación se fundamenta en la neutralización de una solución de sulfato cúprico con la cal, con lo cual la mezcla contiene 20% de cobre (expresado en cobre metal) (Triadani, 2019).

El caldo sulfocálcico se obtiene al combinar azufre en polvo con cal, pudiendo elaborarse tanto industrialmente como de manera artesanal. Este insumo está reconocido como apto para la agricultura orgánica y destaca por su eficacia como insecticida, fungicida y acaricida. Su origen se remonta a Estados Unidos, donde inicialmente se empleó para controlar la sarna en bovinos (Triadani, 2019).

Por estos motivos es necesario el estudio del efecto de la aplicación del caldo bordalés y el caldo sulfocálcico en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) bajo condiciones ambientales de Aguaytía, lo cual permitirá minimizar las pérdidas de producción a causa de esta enfermedad, evitando el uso de productos agroquímicos que pueden generar daños en el ecosistema del cultivo del cacao y rechazos en los mercados internacionales.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál será el efecto del caldo bórdales y el caldo sulfocalcico en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN – 51 en Aguaytía, Ucayali?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del Caldo Bordales en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo del cacao clon CCN - 51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali?

- ¿Cuál será el efecto del Caldo Sulfocalcico en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo del cacao clon CCN - 51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del Caldo Bordales y el Caldo Sulfocalcico en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo del cacao clon CCN - 51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del Caldo Bordales en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo del cacao clon CCN - 51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

- Determinar el efecto del Caldo Sulfocalcico en el control de la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo del cacao clon CCN - 51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- H_0: La aplicación de Caldo Bordelés y Caldo Sulfocálcico no tiene efecto significativo en la incidencia ni en la severidad de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

- H_1: La aplicación de Caldo Bordelés y Caldo Sulfocálcico tiene un efecto significativo en la reducción de la incidencia y la severidad de la mazorca negra (Phytophthora spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

1.4.2. Hipótesis específicas

- H_{o1}: La aplicación del Caldo Bordelés no tiene un efecto significativo en la incidencia ni en la severidad de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.
- H_{a1}: La aplicación del Caldo Bordelés tiene un efecto significativo en la reducción de la incidencia y la severidad de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

- H_{o2}: La aplicación del Caldo Sulfocálcico no tiene un efecto significativo en la incidencia ni en la severidad de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.
- Ha2: La aplicación del Caldo Sulfocálcico tiene un efecto significativo en la reducción de la incidencia y la severidad de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

1.5. Operacionaliación de las variables

1.5.1. Variables independientes

- T1 = Caldo Bordales
- T2 = Caldo Sulfocálcico
- T3 = ®Cupravit
- T4 = Testigo (sin aplicación)

1.5.2. Variables dependientes

- Número de mazorcas sanas
- Número de mazorcas afectadas con mazorca negra
- Porcentaje de incidencia de mazorca negra
- Mazorcas sanas total
- Mazorcas afectadas total
- Mazorcas totales
- Porcentaje de incidencia total
- Mazorcas sanas/ha
- Mazorcas afectadas/ha
- Porcentaje de mazorcas sanas
- Porcentaje de mazorcas afectadas

1.6. Justificación e importancia

El cacao es un cultivo alternativo con alta rentabilidad en la Amazonía peruana, ya que es una planta perenne, los granos de cacao tiene un mercado nacional y mundial desarrollado, asimismo tiene múltiples usos industriales y alimenticios, y se cuenta con áreas apropiadas para el desarrollo del cultivo (Municipalidad Distrital de Irazola, 2013). Por este motivo, la promoción de la cadena productiva del cacao, desde la instalación en campo de las plantaciones hasta el proceso de beneficio y comercialización del grano, viene siendo fomentadas por diversas instituciones privadas y públicas, instituciones internacionales y organizaciones creadas por los propios agricultores como las cooperativas

y asociaciones de productores (Chávez, 2003).

Los clones que están siendo instalado en los campos de cultivo de cacao corresponden al CCN-51, ICS-96 y criollos, este último de larga tradición y amplio uso en la zona (Municipalidad Distrital de Irazola, 2013). El rendimiento promedio es de 300kg/ha la cual es baja, debiéndose principalmente al deficiente manejo agronómico, producto de una asistencia técnica muy limitada (Municipalidad Distrital de Irazola, 2013).

Además de esta situación, la producción de cacao se ve perjudicada por la presencia de diversas enfermedades, como la moniliasis, la mazorca negra y la escoba de bruja, que ocasionan pérdidas superiores al 90% en las zonas cacaoteras del país. Esta problemática se intensifica debido a factores sociopolíticos y al narcotráfico, los cuales dificultan el desarrollo del cultivo de cacao (Paredes, 2003).

La pérdida de rendimiento y capacidad productiva de las plantaciones de cacao, demuestra que el problema sanitario continúa siendo un gran desafío, requiriéndose, clones resistentes a las enfermedades, mejor manejo agronómico y un eficiente manejo integrado de plagas y enfermedades (Hebbar, 2007).

Yturrios (2020) indica que el cacao orgánico representó el 17% de la producción total en 2019. De este volumen, el 70% se destina al procesamiento y solo el 30% se exporta como grano, mientras que en el cacao convencional más de la mitad se envía al extranjero sin procesar. Existe una creciente inclinación por exportar productos con mayor valor agregado y diferenciarse mediante la oferta de cacao orgánico. En esta línea, el 66% de las exportaciones peruanas de chocolates corresponde al

sector orgánico, destacando empresas como Machu Picchu Foods y otras de menor escala que han logrado posicionarse en este nicho.

Por este motivo, se requiere desarrollar metodologías de control de enfermedades como la Mazorca Negra (*Phytophthora* spp.) mediante la utilización de fungicidas orgánicos como el Caldo Bordales y el Caldo Sulfocálcico, que generen condiciones adversas a los patógenos del cacao, y estén acorde con la producción orgánica del cacao.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Silva (2021) evaluó del efecto de caldo bordelés en el control de la roya (Hemileia vastatrix) en cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en poda de rehabilitación con tres frecuencias (15 días, 30 días y 45 días) y diferentes diluciones (1:1, 1:2 y 1:3) en el cantón Taipiplaya – Provincia Caranavi. El resultado en la incidencia fue en la mejor aplicación de frecuencia de tiempo de 30 días con un promedio 34.23% en frecuencia de tiempo para la aplicación del control de la enfermedad de roya con una dilución en la incidencia del 1:1 el tratamiento 1 tuvo el mejor control de la enfermedad con un porcentaje de 37.74% de este tratamiento, en el control de la enfermedad de roya.

Hurtado y Rodríguez (2021), estudiaron el manejo químico y biológico para el control de la pudrición de cogollo causado por *Phytophthora* en piña, estudiándose el comportamiento del fosetil de aluminio, fosfito de potasio, serenade (*Bacillus subtilis*), caldo bordelés, concluyéndose que, el tratamiento serenade (*Bacillus subtilis*), mostro un cambio al detener la pudrición del cogollo, junto al tratamiento Caldo bórdeles, recomendándose implementar manejos con diferentes insumos biológicos ya que son controles curativos.

Salazar (2021) analizó la efectividad de productos orgánicos para el control del tizón temprano (Alternaria solani) en el cultivo de tomate

(*Solanum lycopersicum* L.). Los tratamientos evaluados incluyeron caldo sulfocálcico, caldo bordelés, caldo de ceniza y un fungicida convencional como testigo. Los resultados mostraron que el caldo de ceniza fue el que registró la menor severidad de la enfermedad. Asimismo, se determinó que el tratamiento con caldo sulfocálcico aplicado cada 7 días obtuvo la mejor relación beneficio-costo.

Cieza (2020) evaluó la efectividad de fungicidas tradicionales y de Bacillus subtilis en el control de enfermedades fúngicas en vid (Vitis vinifera L.). Los resultados mostraron que la aplicación de película oleosa fungicida (POF) redujo notablemente la incidencia y severidad del mildiu (Plasmopara viticola) y de la oídiosis (Oidium tuckeri), registrando 31.11% de incidencia y 1.49% de severidad para mildiu, y 33.83% de incidencia y 1.22% de severidad para oídiosis. En orden de eficacia le siguieron el caldo bordelés, el caldo sulfocálcico en aplicación curativa, el caldo sulfocálcico en aplicación preventiva, Bacillus subtilis 2 y Bacillus subtilis 1 con sus respectivos valores de incidencia y severidad. En cuanto al rendimiento, los tratamientos con película oleosa fungicida (4.87 kg) y caldo sulfocálcico curativo (4.59 kg) obtuvieron los mejores resultados, sin diferencias estadísticas entre ellos.

Ochoa et al., (2017) realizaron una evaluación en campo, bajo condiciones semicontroladas, para determinar la eficacia de los fungicidas minerales silicosulfocálcico (SSC) y polisulfuro de calcio (PC) en el control de Moniliophthora roreri en cacao, en el municipio de Tecpatán, Chiapas, México. Para ello, se inocularon frutos de 70 días con el patógeno y se aplicaron ambos productos a una concentración del 10% (v/v), ya sea tres

días antes o un día después de la inoculación. Los resultados mostraron que ambos fungicidas, independientemente del momento de aplicación, lograron inhibir totalmente el desarrollo de la enfermedad, con valores de incidencia y severidad externa e interna iguales a cero, mientras que en el tratamiento testigo (sin aplicación) estos valores alcanzaron 80%, 3.3 y 3.8, respectivamente.

Ochoa et al., (2015) analizaron en laboratorio la actividad fungicida de varios preparados minerales contra Moniliophthora roreri: caldo visosa (CV), caldo bordelés con permanganato de potasio (CBP), caldo bordelés con sulfato de zinc y sulfato de magnesio (CBS), caldo de bicarbonato de sodio (BiS), caldo silicosulfocálcico (SSC) y polisulfuro de calcio (PC). Excepto el BiS al 10%, todos los demás tratamientos lograron inhibir total o parcialmente el crecimiento micelial, mostrando diferencias estadísticamente significativas frente al testigo. Los preparados SSC y PC fueron los más efectivos, alcanzando una inhibición del 100% incluso a una concentración del 10%. En ensayos en medio líquido, a las 96 horas, estos mismos tratamientos redujeron el número de esporas en 98.2% y 79.9%, respectivamente.

Vera et al., (2016) analizaron cómo distintas variables influyen en la roya del cafeto en las variedades Típica y Caturra, en los distritos de Omia y Cochamal. Para ello, implementaron seis tratamientos que incluyeron manejo agronómico control de malezas, poda y fertilización y la aplicación de caldo bordelés como fungicida orgánico. Los resultados mostraron que combinar un buen manejo del cultivo con un mayor número de aplicaciones

del fungicida orgánico reduce significativamente la presencia de la enfermedad.

Heredia (2011) evaluó cuál caldo mineral es más efectivo para controlar las enfermedades Mancha aceitosa (Xanthomonas campestris), Antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides) y Mancha ojo de pollo (Phomopsis spp.) en maracuyá. Los resultados indicaron que el caldo bordelés de origen natural mostró la mayor eficacia contra Phomopsis spp., superando a los fungicidas sintéticos Phyton–Score (en aplicaciones alternadas) y a los productos naturales caldo visosa y caldo sulfocálcico. En cambio, los fungicidas sintéticos Phyton–Score (aplicación alternada) fueron los más eficientes para controlar Xanthomonas campestris y Colletotrichum gloeosporioides presentes en los frutos de maracuyá.

2.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación realizada en Alto Pendencia (Huánuco) evaluó la eficacia del caldo bordelés, caldo sulfocálcico, el embolsado de frutos y Beauveria bassiana en el control de enfermedades del cacao y del mazorquero (Carmenta foraseminis), así como su rentabilidad. Bajo un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos, se analizaron variables como producción, incidencia, infestación, eficacia de control y rentabilidad. Los resultados mostraron que el caldo bordelés al 2% y el sulfocálcico al 10% redujeron significativamente la infestación del mazorquero (15,2% y 17,8%), mientras que el embolsado disminuyó la infestación en 12,48%, redujo enfermedades y presentó menor avance epidemiológico, además de lograr el mayor rendimiento (1 642 kg/ha) y una

rentabilidad de 1,32. B. bassiana no mostró diferencias significativas frente a los caldos minerales (Aquino, 2022).

La investigación realizada en el CIP Santo Tomás–Abancay evaluó diferentes dosis de caldo sulfocálcico para controlar Akaropeltopsis sp. en palto variedad Fuerte, bajo un diseño experimental completamente al azar. Se aplicaron tres dosis y un testigo, determinándose que el tratamiento T3 (3 L/25 L de agua) obtuvo la mayor eficacia de control (94,5 %) y el mayor número de frutos cuajados (126). Se concluye que esta dosis es la más viable para reducir la incidencia de la plaga y favorecer el cuajado de frutos. (Oscco, 2023).

El estudio tuvo como finalidad caracterizar la diversidad de Phytophthora spp. y rizobacterias con potencial de biocontrol en la mazorca negra del cacao CCN-51. Se recolectaron nueve muestras con síntomas, identificándose P. palmivora en todas mediante análisis morfológico y PCR. Las pruebas in vitro mostraron que ciertas rizobacterias inhibieron el crecimiento del patógeno hasta en 78 %. Además, aplicaciones de cepas como P. veronii, A. calcoaceticus, S. marcescens y P. protegens resultaron efectivas en la protección del cultivo, reduciendo el avance de la enfermedad y promoviendo el crecimiento de plantas, demostrando su potencial como agentes de biocontrol (Cedeño et al., 2020).

Para la elaboración de la presente revisión bibliográfica se aplicó una metodología cualitativa de tipo documental, mediante la revisión sistemática de literatura científica publicada entre 2019 y 2024 en bases de datos como Scopus, SciELO, Redalyc y Google Scholar, seleccionándose 24 estudios relevantes que cumplieron con criterios de

actualidad, rigor científico y aplicabilidad. Los hallazgos destacan que el “caldo bordelés” es efectivo para reducir la incidencia de enfermedades en el cacao, accesible para pequeños productores y compatibles con sistemas orgánicos; sin embargo, su uso prolongado puede generar acumulación de cobre en el suelo, afectando la microbiota y sostenibilidad del agroecosistema. Por tanto, se recomienda su aplicación racional y complementaria con otras prácticas del manejo integrado, como podas sanitarias, control biológico y monitoreo fitosanitario. Esta revisión proporciona evidencia técnica que fundamenta el uso sostenible del caldo bordelés y su integración en estrategias agroecológicas para una producción cacaotera más resiliente y ambientalmente responsable (Cuadros et al., 2025).

2.1.3. Antecedentes locales

Revatta (2023) evaluó en parcelas de Ucayali la eficacia de un controlador biológico y de dos agroquímicos (entre ellos productos cúpricos tipo caldo bordelés) sobre moniliasis, escoba de bruja y mazorca negra en cacao. El estudio reportó que las aplicaciones preventivas de cobre redujeron la incidencia de mazorca negra cuando se integraron con prácticas culturales, aunque se recomendó rotación y monitoreo para evitar resistencias y acumulación de cobre en suelos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El cultivo del cacao

El cacao es una especie vegetal originaria de América, cuyo centro de origen se ubica en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. En la actualidad, su distribución abarca desde el sur de México hasta las zonas tropicales de Brasil, Bolivia y Perú (Ministerio de Agricultura, 2010).

A nivel global, las principales áreas de cultivo se concentran entre los 10° de latitud norte y sur, especialmente en África Occidental, América Latina y el Sudeste Asiático (M inisterio de Agricultura, 2010).

Durante la campaña 2009/2010, la producción mundial de cacao alcanzó los 3.6 millones de toneladas. África aportó 2.5 millones de toneladas (68%), destacando Costa de Marfil (1.2 millones), Ghana (650 mil), Nigeria (260 mil) y Camerún (200 mil). Asia contribuyó con el 18%, principalmente Indonesia (535 mil toneladas), mientras que América generó el 14% mediante países como Brasil (155 mil), Ecuador (150 mil) y otros (ICCO, 2012).

El Perú produce alrededor del 0.7% del cacao mundial, situándose en el puesto 13 entre los países productores y en el sexto lugar dentro de Sudamérica y el Caribe. El país cuenta con condiciones agroecológicas óptimas para obtener cacao de alta calidad (MINAG, 2010).

El principal producto exportado es la manteca de cacao, que representa más del 34% del total; en menor proporción se exportan chocolate, pasta de cacao, cacao en polvo y granos (MINAG, 2010).

En 2006, el valor de las exportaciones de cacao alcanzó los US$ 41.3 millones. Además, el 70% del área destinada al cultivo pertenece a productores con menos de 10 hectáreas; el 19% corresponde a predios entre 10 y menos de 20 hectáreas, y solo el 11% pertenece a unidades agropecuarias de mayor extensión (PDA, 2010).

En términos generales, el 70% de la producción de manteca de cacao se destina a la exportación, mientras que el 30% se comercializa en el mercado interno. Los principales destinos, considerando todos sus derivados, incluyen Chile, Holanda, Estados Unidos y otros países. En el Perú, las regiones con mayor producción de cacao son, en este orden: Cusco particularmente - La Convención – Quillabamba con 41.8%; Ayacucho - Valles del río Apurímac - Ene con 23.6%; Junín, especialmente Satipo con 13%; Huánuco - Tingo Maríacon 6%; Amazonas - Bagua y Alto Marañón, también con 6%; seguido de San Martín con 2.7% y Ucayali con 2% del total nacional (ICCO, 2010).

Taxonomía del cacao

Según Miranda (2015), la clasificación taxonómica del cacao es el siguiente:

- División: Fanerógamas
- Clase: Angiosperma
- Subclase: Dicotiledónea
- Orden: Malvales
- Familia: Esterculeaceae
- Género: Theobroma

- Especie: *Theobroma cacao* L.

Descripción botánica

El cacao es una especie alógama, lo que significa que depende de la polinización cruzada realizada por pequeños insectos. Presenta una raíz pivotante que puede alcanzar entre 1.20 y 1.50 m de profundidad, mientras que las raíces secundarias y terciarias encargadas de absorber nutrientes y agua se concentran principalmente en los primeros 20 cm del suelo y se expanden en un área similar a la copa del árbol (Trinidad, 2011).

El tronco crece de manera vertical hasta llegar a unos 80–100 cm de altura, punto en el que se forma la horqueta o corona a partir del desarrollo de yemas laterales. Este proceso puede repetirse varias veces, permitiendo que el árbol llegue a medir hasta 10 m (Trinidad, 2011).

Las hojas son simples, enteras, alargadas y de color verde con variaciones tonales; su vida útil, bajo condiciones normales, es de aproximadamente un año (Batista, 2009).

Las inflorescencias se desarrollan en la base de las hojas, en la zona de la cicatriz y la yema axilar, y aparecen principalmente en ramas envejecidas o en troncos maduros. La emisión de las primeras flores suele darse a partir del tercer año, aunque algunos clones pueden florecer desde el segundo. La mayoría de los clones produce flores durante todo el año, siempre que no se presenten sequías prolongadas o cambios bruscos de temperatura (Benito, 2010).

El fruto o mazorca es una drupa grande cuyos atributos, tamaño, forma y color varían entre materiales genéticos. Generalmente posee una

cáscara gruesa y dura (en algunos casos más suave y flexible), con surcos profundos o superficiales, mide cerca de 25 cm de largo, entre 8 y 10 cm de diámetro y pesa entre 300 y 400 g. Su corteza carnosa, de unos 2 cm, recubre una pulpa gelatinosa, agridulce y rica en azúcares (Benito, 2010).

Dentro de la mazorca se encuentran entre 25 y 50 semillas dispuestas en 5 a 8 hileras, con forma de almendra, sabor amargo y hasta 3 cm de longitud (PDA, 2010).

En las regiones tropicales, el cacao florece casi de manera continua, sobre todo en la estación seca, mientras que la maduración de los frutos se concentra hacia el final de la época lluviosa o al inicio de la estación seca (Lojka y Quiñones, 2009).

Condiciones climáticas para el cacao

Precipitación

El cacao requiere un suministro de agua adecuado para efectuar sus procesos metabólicos. Dado que su distribución varía notablemente de una a otra región, es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo (Somarriba y Quesada, 2011). La precipitación óptima para el cacao es de 1600 a 2500 mm distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao (Benito, 2010).

Temperatura

La temperatura es un factor decisivo para el desarrollo, la floración

y la producción de frutos en el cultivo de cacao. La temperatura media anual ideal se aproxima a los 25 °C (Benito, 2010). Cuando las temperaturas descienden, se reduce la velocidad del crecimiento vegetativo, el desarrollo de los frutos y la intensidad de la floración. Además, las temperaturas bajas influyen en la actividad de las raíces y en la brotación de la planta (Arévalo, 2004).

Según Arévalo (2004), los rangos de temperatura adecuados para el cultivo de cacao son los siguientes:

- Mínima de 23 °C
- Máxima de 32 °C
- Óptima de 25 °C

Las temperaturas extremas determinan hasta dónde puede cultivarse el cacao en términos de altitud y latitud. La temperatura influye directamente en la capacidad de las raíces del cacao para absorber agua y nutrientes. Es importante destacar que, cuando la temperatura desciende por debajo de 15 °C, la actividad radical se reduce notablemente (INIA, 2006).

Viento

El viento es un factor que influye en la tasa de evapotranspiración del agua tanto en el suelo como en las plantas (Benito, 2010). En zonas donde las plantaciones están sometidas de forma continua a vientos intensos, suele ocurrir defoliación o caída temprana de las hojas. Cuando la velocidad del viento alcanza alrededor de 4 m/seg y existe poca sombra, las defoliaciones severas son comunes. En contraste, en áreas donde los

vientos solo alcanzan entre 1 y 2 m/seg, este problema no se presenta (Lojka, 2009).

Altitud

El cacao se desarrolla óptimamente en regiones tropicales, donde puede cultivarse desde el nivel del mar hasta unos 800 metros de altitud. No obstante, en zonas próximas al Ecuador, su cultivo se mantiene sin inconvenientes incluso en altitudes que alcanzan entre 1000 y 1400 msnm (IICA, 2009).

Si bien la altitud influye, no es tan determinante como las condiciones climáticas y edafológicas en una plantación cacaotera. Cuando se presentan niveles adecuados de fertilidad del suelo, temperatura, humedad, precipitación, viento y radiación solar, la altitud pasa a ser un factor de menor relevancia (Lojka, 2009).

Luminosidad

La luz constituye otro factor ambiental clave para la fotosíntesis y el adecuado desarrollo del cacao. Durante la fase de establecimiento del cultivo, se recomienda sembrar especies que proporcionen sombra, ya que las plantas jóvenes pueden verse perjudicadas por la radiación solar directa. En plantaciones ya consolidadas, una intensidad lumínica inferior al 50% del total disponible tiende a reducir los rendimientos, mientras que niveles superiores al 50% favorecen su incremento (Robles, 2007).

Fenología del cultivo del cacao

El crecimiento, desarrollo y rendimiento del cacao dependen directamente de las condiciones ambientales del lugar de cultivo. Por ello, los factores climáticos tienen un impacto determinante en la productividad de una plantación; en consecuencia, la temperatura y la humedad deben mantenerse dentro de rangos adecuados, ya que al ser una especie perenne, su ciclo vegetativo, incluyendo floración, brotación y cosecha está condicionado por el clima. Esta relación entre las variaciones climáticas y las fases de desarrollo permite definir calendarios agroclimáticos (Ministerio de Agricutura, 2004).

Asimismo, Sánchez (2011) señala que el cacao presenta cuatro etapas fisiológicas bien diferenciadas, las cuales pueden superponerse: la floración se extiende por 6 meses; el desarrollo de frutos y llenado de granos dura otros 6 meses; y la maduración de los frutos también abarca un periodo de 6 meses.

- **Floración:** Según Mossu (1992) y Enríquez (2004), citados por Cerda (2009), la floración comienza alrededor de los 3 años en plantas provenientes de semilla, mientras que en los clones inicia entre los 18 y 24 meses. Desde la aparición de los primordios florales en el cojín hasta su apertura transcurre aproximadamente un mes; una vez abiertas, las flores permanecen viables por solo dos días y, si no son polinizadas, caen. Aunque los árboles producen muchas flores, menos del 60% llega a ser polinizada y únicamente entre el 0 y el 5% se convierte en fruto.

- **Fructificación:** Cerda (2009) señala que desde la polinización o fecundación hasta que la mazorca alcanza la madurez transcurren entre 5 y 7 meses.
- **Botón floral**: Los botones presentan un tamaño aproximado de un centímetro.
- **Floración:** En esta etapa los botones se abren y las flores permanecen expuestas durante un periodo breve, cercano a las 24 horas.
- **Fructificación:** El fruto inicia su crecimiento, y esta fase se identifica cuando alcanza alrededor de 2 centímetros.
- **Maduración:** Los frutos llegan a su tamaño definitivo y adquieren el color característico de la variedad (Sutherland, 2009).

2.2.2. *Phytophthora palmivora*

Clasificación taxonómica

Las especies causantes de la enfermedad mazorca negra del cacao pertenece al dominio Eukaryota.

- Reino Stramenopila (o Chromista)
- Filum Oomycota
- Clase Oomycetes
- Orden Pythiales
- Familia Pythiaceae
- Género Phytophthora (Griffith et al., 1992).

Las especies del género Phytophthora, pertenecientes a los Oomycetes, se distinguen de los hongos verdaderos por varias características particulares, entre ellas la presencia de celulosa en su pared celular, su fase vegetativa diploide, la estructura heteroconte de sus flagelos y las crestas mitocondriales de forma tubular. Además, los Oomycetes cuentan con rutas metabólicas específicas que los diferencian claramente de los hongos superiores (Griffith et al., 1992).

Distribución geográfica

Las investigaciones moleculares señalan que este microorganismo tiene su origen en África y plantean que su adaptación específica al cacao ocurrió cuando las primeras plantas fueron introducidas en dicho continente (Brasier y Hansen, 1992).

El género Phytophthora presenta una distribución global, y sus especies predominantes varían según la región y el tipo de hospedero. En el cultivo de cacao se han identificado siete especies patógenas: P. palmivora, *P. megakarya, P. capsici, P. citrophthora, P. nicotianae var. parasitica, P. megasperma* y *P. arecae*.

Descripción morfológica

Las especies que afectan al cacao comercial presentan diferencias morfológicas, lo que permite distinguirlas entre sí (Stamps, 1998).

En el caso de *P. palmivora*, sus hifas son completamente uniformes y rara vez superan los 5 µm de diámetro. Esta especie produce con frecuencia clamidiosporas de 30 a 35 µm, especialmente en las etapas

iniciales de desarrollo. Los esporangioforos son delgados, simples, de crecimiento simpoidal y con paredes bien definidas. Los esporangios, que se forman fácilmente en medios de cultivo, son elipsoidales u ovoides y miden entre 35–60 µm por 20–40 µm, pudiendo alcanzar dimensiones máximas de 90 x 45 µm. Los oogonios no suelen observarse en cultivos puros, pero aparecen en abundancia cuando se cruzan aislados de compatibilidad opuesta (A1 y A2). Presenta anteridios anfígenos y estructuras esféricas u ovaladas de aproximadamente 14 x 15 µm. Las oosporas ocupan casi por completo el oogonio y poseen una pared de 2 µm. Los cultivos in vitro muestran un patrón uniforme, con ligero aspecto radiado y poco micelio aéreo. Su crecimiento se inicia a partir de los 11 °C, con una temperatura óptima entre 27 y 32 °C, y un máximo cercano a los 35 °C (Stamps, 1998).

Etiología y ciclo biológico

La mazorca negra es provocada por diversas especies del género Phytophthora. A lo largo de la mayor parte de su ciclo biológico, estos organismos presentan una fase haploide y su pared celular está formada por celulosa, lo que los distingue de los hongos verdaderos, cuya pared contiene quitina. Otra diferencia clave entre *Phytophthora* spp. y los hongos es su capacidad de movimiento, característica que influye notablemente en la forma en que la enfermedad se dispersa. Entre las especies más destructivas destaca *P. megakarya*, responsable de pérdidas cercanas al 80% de la producción de cacao en países como Nigeria, Camerún y zonas de Ghana (Pokou et al., 2008). De acuerdo con la velocidad de

propagación observada, se prevé que en los próximos 10 a 15 años esta especie se extienda por todas las áreas productoras de Ghana y Costa de Marfil, lo que podría reducir la producción mundial de cacao entre un 20% y 40%, con un grave impacto económico para el sector (Tahi et al., 2006).

Aunque *P. megakarya* es altamente dañina, *P. palmivora* es la especie más extendida y la de mayor incidencia global, ocasionando pérdidas del 20% al 30% de la producción anual y alrededor del 10% de mortalidad de árboles (Guest, 2007). También se reporta *P. parasitica*, presente en África y Latinoamérica, además de otras especies como *P. citrophthora, P. capsici* y algunas aún no identificadas que contribuyen a la enfermedad en la región (Hebbar, 2007).

El ciclo de vida de *Phytophthora* spp. incluye fases sexuales y asexuales, que se manifiestan según las condiciones ambientales. La fase asexual es la predominante y se inicia cuando los esporangios germinan y, bajo niveles adecuados de humedad y temperaturas entre 15 °C y 38 °C, liberan zoosporas. Estas esporas móviles, de vida corta, poseen dos flagelos: uno anterior que facilita su desplazamiento en el agua hasta unos 1,5 cm, y otro posterior que funciona como timón, guiando su dirección (Judelson y Blanco, 2005; Walker y Van West, 2007).

Las zoosporas cumplen dos funciones esenciales en el ciclo del patógeno: (1) permitir la transmisión del microorganismo entre hospederos y (2) dirigirlo hacia el sitio de infección (Walker y Van West, 2007).

Sintomatología

La enfermedad causada por especies de Phytophthora comienza en

la superficie de la mazorca como una mancha descolorida, que luego evoluciona a una lesión de color chocolate o negro con bordes bien definidos. En aproximadamente dos semanas, esta lesión se expande hasta cubrir toda la mazorca. En frutos mayores de tres meses, la infección suele iniciarse en la punta o en la zona cercana al pedúnculo (McMahon y Purwantara, 2004).

Los granos de mazorcas afectadas pueden permanecer intactos por varios días después de iniciada la infección en la cáscara, lo que implica que una cosecha frecuente ayuda a evitar pérdidas considerables. Las infecciones ubicadas en el ecuador de la mazorca suelen asociarse con heridas en la superficie y pueden provocar la descomposición completa del tejido carnoso, la pulpa y las semillas (McMahon y Purwantara, 2004).

Cuando los frutos están cerca de la madurez fisiológica y las semillas aún no son muy grandes ni están en contacto directo con la cáscara, estas no suelen infectarse, por lo que dichos frutos pueden cosecharse y fermentarse sin problemas. El patógeno aparece externamente como una capa blanquecina que sostiene la formación de esporangios. Con el tiempo, la mazorca se ennegrece, se marchita y es invadida por hongos secundarios. Aunque P. palmivora puede ocasionar marchitez en frutos inmaduros, es importante diferenciar este daño del marchitamiento fisiológico que ocurre por exceso de carga en el árbol (McMahon y Purwantara, 2004).

Cánceres

El cáncer del tallo se manifiesta como una zona necrótica de color marrón en la corteza del tronco. Al retirar la superficie afectada, el tejido

subyacente se observa acuoso, pegajoso y con tonalidades que van del gris pardo al rojo claro. La lesión no avanza más allá del cambium. Cuando el cáncer es amplio y rodea completamente el tronco, puede provocar la muerte repentina del árbol (McMahon y Purwantara, 2004).

La enfermedad puede diseminarse fácilmente mediante herramientas de poda contaminadas, convirtiéndose estas en un medio efectivo de transmisión hacia nuevos brotes. Los cojines florales también pueden desarrollar cánceres por contaminación con cuchillos de cosecha o por insectos vectores (McMahon y Purwantara, 2004).

El patógeno puede infectar tanto hojas muertas endurecidas como tejidos jóvenes de tallos verdes. En ocasiones también afecta hojas maduras, aunque esto no suele representar un daño grave. Las infecciones en hojas y tallos florales pueden provocar la muerte del punto de crecimiento o incluso de plántulas completas, y pueden generar cánceres en la corteza cuando el patógeno invade un chupón. Dado que las plántulas crecen rápidamente durante sus primeros meses, sus hojas tiernas son especialmente vulnerables a la infección (McMahon y Purwantara, 2004).

Epidemiología

El inicio de la infección está fuertemente condicionado por el ambiente; una humedad relativa elevada y temperaturas bajas propias de la temporada de lluvias favorecen la liberación de zoosporas desde los esporangios y facilitan su dispersión. Los principales medios de propagación incluyen: la salpicadura de lluvia, que traslada el inóculo presente en el suelo hacia las mazorcas cercanas; la escorrentía, que

transporta zoosporas en el flujo de agua hasta distancias de aproximadamente 2 metros; y el viento, que desplaza zoosporas atrapadas en microgotas pudiendo llevarlas hasta 12 metros (Efombagn et al., 2004).

Una vez liberadas, las zoosporas reaccionan ante señales químicas del hospedero y, entre los 20 y 30 minutos, se enquistan sobre el tejido vegetal. A partir de este momento inicia el proceso infeccioso: la zoospora pierde sus flagelos, germina y, en respuesta a señales dependientes de Ca^{2+} emitidas por la planta, desarrolla una hifa infectiva que penetra directamente el tejido e invade los espacios intercelulares. Se ha encontrado evidencia de que esta penetración puede producirse a través de las estomas (Iwaro et al., 1999).

Bajo condiciones favorables, esta fase dura cerca de 48 horas (Attard et al., 2008). La evolución de la enfermedad depende de múltiples factores, como las características morfológicas del hospedero, su balance iónico, las condiciones del entorno y la densidad y tamaño de las estomas, ya que se considera que constituyen una vía de entrada para el patógeno (Iwaro et al., 1999).

Ocasionalmente, los tejidos incluyendo las semillas se deshidratan y originan mazorcas momificadas, que actúan como reservorios del patógeno y pueden liberar inóculo durante al menos tres años (Jaimes y Aranzazu, 2010).

En ambientes húmedos, una sola mazorca puede producir hasta 4 millones de esporangios. Estos son dispersados por el viento, la lluvia, insectos, restos de cosecha, herramientas de poda contaminadas y el suelo, dando inicio a nuevos ciclos de infección (Flood y Murphy, 2004).

Tanto P. palmivora como *P. megakarya* también infectan chupones y troncos, generando cánceres. Cuando la lesión aparece en la base del tronco, la infección puede avanzar hacia las raíces. Los cánceres suelen estar asociados a la presencia de insectos barrenadores. Las especies de Phytophthora causan la muerte repentina de hasta un 10% de los árboles al año, además de mermar la producción y generar costos adicionales por resiembra (Flood y Murphy, 2004).

La fase sexual de Phytophthora es poco común en condiciones naturales, ya que las especies patógenas que afectan al cacao son heterotálicas, por lo que requieren la unión de un anteridio y un oogonio provenientes de hifas de distinto grupo compatible para producir oosporas. Estas estructuras son fundamentales por su capacidad de persistir durante años en el suelo o en restos vegetales, resistiendo condiciones ambientales adversas como bajas temperaturas, degradación microbiana o fungicidas. Además, la reproducción sexual permite la aparición de nuevos genotipos recombinantes que pueden originar cepas más agresivas o resistentes a fungicidas (Prakob y Judelson, 2007).

2.2.3. El Caldo Bordales

El caldo bordelés es una mezcla tradicional elaborada con sulfato de cobre, cal hidratada y agua, empleada desde hace siglos para combatir enfermedades en plantas debido a su notable acción fungicida y acaricida. Su nombre proviene del término francés Bouillie Bordelaise, en alusión a su creador, quien lo desarrolló para tratar patologías de la vid. Este preparado es ampliamente usado en agricultura orgánica y resulta eficaz

en la prevención y manejo de hongos como antracnosis, ojo de gallo, monilia, mazorca negra y mal de hilachas en café; además, puede aplicarse de forma foliar para fortalecer las plantas (Fischer y Robkamp, 2001).

El caldo bordelés se obtiene neutralizando sulfato de cobre ($CuSO_4$) con cal hidratada fresca (hidróxido de calcio, $Ca(OH)_2$). En el caso de la vid, su concentración habitual oscila entre 0,8–2 kg de sulfato de cobre y 0,5–1,3 kg de cal por cada 100 L de agua. Mientras que el cobre es el componente responsable de la acción fungicida, la cal reduce el efecto irritante y desecante del cobre aplicado sin neutralizar (Reynier, 2002).

Este producto constituye un fungicida cúprico de amplio espectro, capaz de proteger contra diversas enfermedades causadas por hongos y bacterias. Su acción fue descubierta por Millardet en 1878, durante sus estudios sobre el mildiu de la vid (Plasmopara viticola). Cuatro años después observó, de manera accidental, que plantas impregnadas con sulfato de cobre y cal mostraban mayor resistencia a la enfermedad. También constató que las esporas germinaban normalmente en agua destilada, pero no en agua que contenía 5 mg/L de cobre debido a la corrosión de una bomba antigua, lo que confirmó el papel del cobre como agente fungicida. Desde entonces, diferentes compuestos cúpricos se han empleado ampliamente en vides, frutales, olivo y hortalizas (Barberá, 1989).

El caldo bordelés se formula a partir de sulfato de cobre y cal viva o apagada, y además de actuar como fungicida y acaricida, puede funcionar como repelente de ciertos insectos, incluidos coleópteros de la papa,

plagas del tabaco y algunas cigarritas en diversos cultivos (Restrepo, 2007).

Para que el caldo sea eficaz y seguro, debe presentar una reacción neutra o ligeramente alcalina. Si la cal utilizada es de mala calidad y posee bajo contenido de óxido de calcio, la mezcla puede quedar ácida, lo que exige añadir más agua-cal para corregir la acidez. Actualmente, se emplean indicadores de pH de uso sencillo para evaluar la mezcla en campo, aunque muchos agricultores todavía recurren a herramientas de hierro como prueba empírica (Restrepo, 2007).

Al igual que otros fungicidas cúpricos, el caldo bordelés actúa únicamente de forma preventiva, ya que no penetra los tejidos vegetales. Su aplicación puede generar fitotoxicidad en frutales y hortalizas, aunque el riesgo disminuye al aumentar la proporción de cal. La fórmula clásica 1:1:100 puede ajustarse en plantas jóvenes o en crecimiento activo. Algunas especies como frutilla, apio, azalea, geranio, pensamientos y brotes tiernos de rosa, manzano, peral, duraznero y ciruelo presentan mayor sensibilidad al exceso de cobre. El maíz, altamente susceptible, no debe tratarse con caldo bordelés. Aunque los fungicidas modernos de “cobre fijo” son menos corrosivos y más compatibles con otros pesticidas, tienden a ser menos persistentes y efectivos que el caldo bordelés sobre el follaje. Dichas formulaciones como sulfato básico, cloruro básico u óxido-hidróxido de cobre poseen menor solubilidad y, por tanto, menor fitotoxicidad, aunque también presentan ciertas limitaciones (Cruz, 2004).

¿Cuándo aplicar?

Las aplicaciones deben realizarse cada 7 u 8 días.

En la etapa de plántulas en vivero, se recomienda utilizar una mezcla compuesta por 50% de la solución y 50% de agua; mientras que en las plantaciones establecidas en campo se emplea el producto al 100% (mezcla sin diluir) (Restrepo, 2007).

El tratamiento debe comenzar tan pronto se identifiquen los primeros focos de mildiu en las fases iniciales de crecimiento, antes de que inicie la floración. Debido a que el caldo bordelés, al igual que otros fungicidas cúpricos, no penetra los tejidos, los órganos ya afectados no se recuperarán; sin embargo, protegerá preventivamente los tejidos sanos y evitará nuevas infecciones. Su efectividad dependerá de la oportunidad y prontitud con que se realicen las aplicaciones. Estas deben repetirse cada 7 a 10 días, aunque su frecuencia final dependerá de las condiciones locales de riesgo, especialmente la presencia del patógeno y las lluvias con temperaturas superiores a 10 °C (Cruz, 2004).

Es importante considerar que el caldo bordelés puede resultar fitotóxico en ciertos frutales y hortalizas. Para disminuir esta toxicidad, se puede incrementar la proporción de hidróxido de calcio. La formulación más común es 1:1:100 (kg de $CuSO_4$: kg de $Ca(OH)_2$: L de agua). En plantas jóvenes en crecimiento activo, ambas cantidades deben reducirse, utilizando fórmulas como 0,25:0,25:100 o 0,25:0,75:100 (Cruz, 2004).

Mecanismo de acción

Actúa sobre todas las estructuras somáticas del hongo, afectando especialmente el inóculo presente en la superficie foliar. Impide tanto la liberación como la germinación de las zoosporas, además de bloquear la germinación de las estructuras vegetativas del hongo y destruir su pared celular (Cerexagri, 2016).

2.2.4. El Caldo Sulfocálcico

En el manejo de hortalizas y frutales, las plagas reducen el rendimiento y elevan los costos de producción; sin embargo, existen alternativas económicas y fáciles de preparar. Una de ellas es el caldo sulfocálcico, un fungicida - acaricida preventivo permitido en agricultura orgánica, elaborado a partir de minerales como azufre y cal, los cuales poseen de manera independiente efectos fungicidas conocidos desde hace tiempo. Este preparado es especialmente eficaz para prevenir y controlar enfermedades fúngicas como mildiu, cenicilla y botritis, y gracias a su contenido de azufre también resulta útil para el manejo de ácaros y trips (CENTA, 2011).

¿Qué es el caldo sulfocálcico?

La lechada de cal $Ca(OH)_2$ reacciona con el azufre elemental (S) para formar el denominado “cal de azufre”, tradicionalmente empleado como insecticida. Su principio activo es el sulfuro de calcio, cuya fórmula es CaS_x (CENTA, 2011).

Para reducir el impacto de plagas y enfermedades en los cultivos, además del uso de alternativas como los fungicidas naturales, es fundamental incorporar prácticas culturales que mejoren la sanidad del cultivo. Entre ellas destacan evitar el encharcamiento del suelo, realizar podas sanitarias para eliminar hojas envejecidas o dañadas, manejar adecuadamente el distanciamiento entre plantas para favorecer la luz y ventilación, retirar plantas enfermas, recolectar frutos afectados, restringir el ingreso de personas ajenas y desinfectar el calzado con soluciones cloradas antes de entrar a las parcelas, entre otras (CENTA, 2011).

Este producto, ampliamente utilizado en la agricultura orgánica, ofrece buenos resultados a los productores. Se obtiene mediante la combustión de azufre, cal y agua, y se emplea tanto para prevenir y controlar hongos como para nutrir las plantas vía aplicación foliar (Barberá, 1989).

El caldo sulfocálcico es especialmente eficaz para prevenir y controlar enfermedades como mildiu, cenicilla y mohos causados por Botrytis spp.; adicionalmente, su contenido de azufre permite manejar poblaciones de ácaros y trips (Barberá, 1989).

El uso del azufre en el control del oídio de la vid (Oidium tuckeri) se remonta a mediados del siglo XIX, cuando el jardinero Kyle descubrió accidentalmente su efecto en un invernadero cercano a Londres. La exposición del azufre al sol genera compuestos gaseosos que actúan con fuerza sobre el micelio del hongo, provocando su desecación y muerte. Su eficacia aumenta con la temperatura, activándose entre 15 y 18 °C; sin embargo, no debe aplicarse por encima de los 32 °C debido al riesgo de

quemaduras, especialmente en frutales y en otras especies sensibles (Barberá, 1989).

Mecanismo de acción

El azufre ingresa a las células del micelio de Oidium spp. en forma de vapor, gracias a su capacidad para disolverse en los lípidos presentes en las paredes celulares del hongo. Una vez dentro, es transformado en sulfuro de hidrógeno, compuesto que interfiere en diversos procesos metabólicos al bloquear la respiración celular y frenar la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas (Cruz, 2004).

Su acción preventiva se basa en la eliminación de las conidias, las cuales son particularmente susceptibles debido a su elevado contenido lipídico. Esta eficacia depende de que el azufre permanezca sobre la planta y esté presente antes de que llegue el inóculo. En cuanto a su acción curativa, esta se manifiesta únicamente en micelio joven, cuando las hifas están comenzando a desarrollarse. En micelio más viejo, las hifas se compactan y entrelazan, dificultando el contacto con los vapores del azufre y reduciendo su efectividad (Cruz, 2004).

Utilización

- Para enfermedades causadas por hongos en cultivos de hortalizas como: cebolla, frijol, chile dulce y tomate; aplicar medio litro de sulfocalcico por bomba de 18 litros.
- Para cultivo de frutales como limoneros, mangos, cocos y papaya: aplicar 2 litros de caldo por bomba de 18 litros.

- Para control de trips y ácaros en cultivos de chile, tomates y cebolla aplicar ¾ de litro por bomba de 18 litros.
- La pasta o sedimento que queda al fondo del recipiente se puede utilizar como cubre corte después de efectuar podas en árboles frutales (Tejada y Escobal, 2014).

Recomendaciones prácticas

- Aplicar en horas frescas.
- Para aplicar no utilizar agua con sedimentos de tierra, ya que desactivan el producto.
- No aplicar a cultivos de cucurbitáceas (melón, sandía, ayote, pipián, pepino y otras de esta familia).
- No aplicar al frijol cuando está en floración (Tejada y Escobal, 2014).

Ventajas de su aplicación

- Es un producto de bajo costo.
- Permisible en agricultura orgánica (Tejada y Escobal, 2014).

Limitantes

- No utilizarlo en cultivos de leguminosas en floración.
- No se recomienda el uso en cucurbitáceas, ya que causa envejecimiento prematuro de las plantas (Tejada y Escobal, 2014).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Mazorca negra:** La “mazorca negra” del cacao es una enfermedad del cultivo del Theobroma cacao causada por oomicetos del complejo Phytophthora (por ejemplo, Phytophthora palmivora y otras especies afines) que infectan diversas partes de la planta raíces, tallos, hojas, ramas y frutos, pero tienen su mayor impacto en las mazorcas: aparecen manchas necróticas marrones a oscuras que se extienden rápidamente, provocando pudrición del fruto y pérdida de almendras viables, siendo favorecida por condiciones de alta humedad y lluvias intensas (Rodriguez y Vera, 2015).

- **Incidencia:** la incidencia de enfermedades en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*) se define como la proporción o porcentaje de plantas, mazorcas u otras unidades de cultivo que presentan síntomas de una enfermedad en un momento o periodo determinado, lo que refleja la aparición de nuevos casos en la población de cultivo bajo observación. Este indicador es clave para evaluar la severidad de brotes, planificar estrategias de manejo fitosanitario y estimar pérdidas potenciales. Estudios en cacao han reportado incidencias de enfermedades fúngicas en rangos que oscilan entre 0,37% y 35,59% según la región y el patógeno (Villamizar et al., 2019).

- **Cacao:** El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie perenne originaria de las regiones tropicales de América, perteneciente a la familia Malvaceae. Es el principal cultivo utilizado para la producción

de chocolate y otros derivados, debido a que sus semillas contienen compuestos como teobromina, cafeína, lípidos y polifenoles. Además de su valor económico, el cacao tiene una gran importancia social y ambiental, ya que es fuente de ingresos para millones de pequeños productores en zonas tropicales y contribuye a la conservación de ecosistemas agroforestales (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020).

- **Caldo Bordales:** El caldo bordelés (o mezcla bordelesa) es un fungicida de contacto tradicional compuesto por sulfato de cobre ($CuSO_4$) y hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), utilizado ampliamente para el control preventivo de enfermedades fúngicas y bacterianas en diversos cultivos, incluyendo el cacao, café, vid y frutales. Actúa formando una capa protectora sobre los tejidos vegetales que impide la germinación de esporas y la penetración de patógenos. Es considerado uno de los primeros fungicidas desarrollados y, aunque es de origen mineral, su uso debe manejarse con precaución para evitar acumulación de cobre en el suelo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016).

- **Caldo Sulfocálcico:** El caldo sulfocálcico es un fungicida e insecticida de contacto elaborado a partir de la reacción entre azufre y cal viva (óxido de calcio o hidróxido de calcio) en agua, que produce polisulfuros de calcio. Es un producto de origen mineral y bajo costo, utilizado principalmente en el manejo integrado de plagas y enfermedades en frutales, hortalizas y cultivos como el

cacao y el café. Actúa sobre ácaros, cochinillas y hongos superficiales, siendo especialmente útil en programas de agricultura orgánica. Su efectividad depende del pH, la concentración y la correcta aplicación, ya que puede causar fitotoxicidad si se usa en exceso o bajo altas temperaturas (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017).

- **Cupravit®:** El Cupravit es un fungicida cúprico de contacto a base de oxicloruro de cobre ($Cu_2(OH)_3Cl$), utilizado en la prevención y control de enfermedades fúngicas y bacterianas en una amplia variedad de cultivos, como cacao, café, papa, tomate y frutales. Su acción se basa en la liberación de iones de cobre que inhiben el desarrollo de esporas y micelios de los patógenos sobre la superficie vegetal. Es especialmente eficaz contra enfermedades como la mazorca negra del cacao (*Phytophthora* spp.), la roya, el mildiu y la antracnosis. Aunque es un producto de baja toxicidad para mamíferos, su uso debe ser controlado para evitar acumulación de cobre en el suelo y efectos negativos sobre organismos benéficos (BASF, 2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En este estudio se emplearon métodos cuantitativos, apoyados en descripciones estadísticas, análisis de la información y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación

El nivel de la investigación fue experimental, porque se manipularon las variables independientes (aplicaciones de Caldo Bordales y Caldo Sulfocálcico), y se midieron las variables dependientes (Incidencia de *Phytophthora* sp. y rendimiento del cultivo) (Hernández et al., 2010).

La investigación por su naturaleza fue aplicada, ya que existen bases teóricos relacionadas, las cuales fueron utilizadas para desarrollar la investigación (Hernández et al., 2010)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo constituida por 1111 plantas, que constituyen una hectárea de cultivo de cacao, correspondiente clon CCN – 51, sembrados aun distanciamiento de 3 m x 3 m, de 9 años de instalado.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 192 plantas, distribuidas en 4 tratamientos, 4 bloques y 12 plantas por unidad experimental.

Figura 1

Croquis de distribución de las unidades experimentales

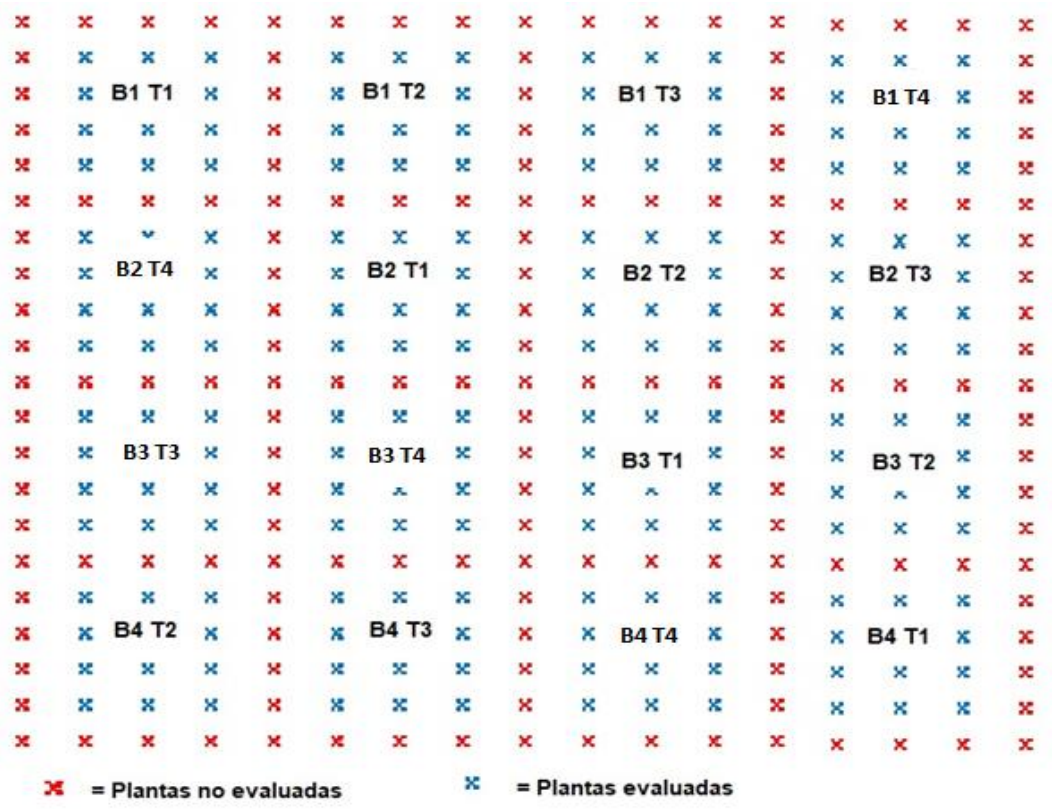
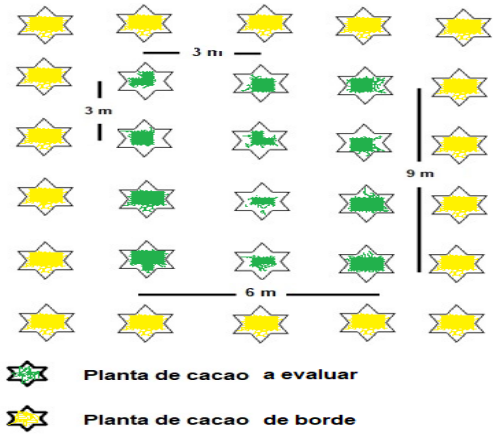


Figura 2

Diseño de la unidad experimental



3.4. Componentes en estudio

Los caldos orgánicos como el caldo bordales, caldo sulfocálcico, y el producto comercial Cupravit®, y la indicencia de *Phythophthora* sp. y el rendimiento del cacao.

3.5. Tratamientos en estudio

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Tabla 1

Tratamientos

Tratamiento	Descripción	Bloques
1	Aplicación de Caldo Bordales	4
2	Aplicación de Caldo Sulfocálcico	4
3	Cupravit®	4
4	Testigo	4

3.6. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloque Completo al Azar, con cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) bloques, haciendo un total de 16 unidades experimentales, con 12 plantas evaluadas por cada unidad experimental.

Se aplicó la prueba de promedios de Tukey con un alfa = 0,05, cuando se observaron diferencias estadísticas.

El modelo estadístico del diseño experimental es el siguiente:

$$Yij = U + Bi + Tj + Eij$$

Dónde:

Yij = Variable respuesta

U = Media general

Bi = Efecto del i – esimo bloque

Tj = Efecto del j – esimo tratamiento

Eij = Efecto del error experimental

Tabla 2

Esquema del análisis de varianza

F.V.	G.L.
Bloque	3
Tratamiento	3
Error	9
Total	15

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

La investigación se llevó a cabo en la plantación de cacao, ubicado en el caserío de Selva Turística, distrito de Padre Abad Aguaytía, con las siguientes coordenadas:

- UTM Latitud -9.035949 Longitud -75.635574
- Elevación 367.2m

La investigación se llevó a cabo durante 3 meses, iniciando el 10 de julio hasta el 10 de octubre 2025.

3.7.2. Condiciones ambientales

La provincia de Coronel Portillo registra una temperatura promedio mensual de 25,7 °C. Su régimen de lluvias es estacional, con una época lluviosa de enero a abril, una seca de mayo a agosto y una semiseca en octubre, noviembre y parte de diciembre. Entre agosto y octubre se intensifica la evaporación debido a los cielos despejados. En Pucallpa se contabilizan 1 817,8 horas de sol al año, siendo febrero y marzo los meses con menor radiación solar (109,2 y 117,4 horas), mientras que julio, agosto y septiembre presentan los valores más altos (200,9; 183,1 y 171,3 horas). Además, los vientos en la zona se caracterizan por su baja velocidad, alcanzando un máximo de 2,2 m/seg en octubre.

3.7.3. Proceso experimental

Para el desarrollo del proceso experimental se utilizó como material vegetal una plantación de cacao correspondiente al clon CCN 51, con una edad de nueve años de instalación, la cual presentó condiciones adecuadas para la ejecución de las evaluaciones establecidas en la investigación. Las plantas seleccionadas fueron identificadas y manejadas de acuerdo con los tratamientos planteados durante el estudio.

Asimismo, se emplearon diversos materiales de campo que permitieron realizar las actividades de identificación, preparación y aplicación de los tratamientos. Entre estos materiales se utilizaron etiquetas de metal para el marcado de las unidades experimentales, jarras medidoras de plástico para la dosificación de insumos, baldes de 5 litros

para la preparación de mezclas, tijeras de podar para labores de manejo del cultivo y bolsas de plástico de 2 kilos para el traslado y almacenamiento de materiales requeridos durante el experimento.

En relación con los equipos, se utilizó una balanza gramera para el pesado exacto de los reactivos empleados y una bomba de mochila con capacidad de 20 litros para la aplicación homogénea de los tratamientos en el campo experimental.

Por otro lado, los reactivos utilizados durante la investigación estuvieron conformados por cal viva o hidratada (óxido de calcio o hidróxido de calcio), sulfato de cobre, azufre y aceite agrícola a base de soya, los cuales fueron empleados en la preparación de las soluciones aplicadas al cultivo de cacao, de acuerdo con las dosis y procedimientos establecidos en el experimento.

Historia del campo

El proyecto de tesis se desarrolló en una plantación de cacao con nueve años de establecimiento, conformada por plantas del clon CCN 51, sembradas a un espaciamiento de 3 x 3 m. El manejo del cultivo correspondió a un nivel tecnológico intermedio, que incluyó podas, eliminación de frutos enfermos y control ocasional de malezas, además de una fertilización mínima o inexistente. Durante el periodo de estudio no se aplicaron agroquímicos para el control de enfermedades del cacao.

Demarcación del área experimental

Se delimitó la distribución de los tratamientos y sus repeticiones siguiendo el diseño experimental, compuesto por 4 bloques y 4 tratamientos, organizados aleatoriamente (ver figura 1).

Designación de tratamientos y repeticiones

La asignación de los tratamientos y sus repeticiones se realizó al azar, conforme al croquis del campo (ver figuras 1 y 2), utilizando etiquetas metálicas para su identificación. Las unidades experimentales fueron ubicadas de acuerdo con el plano de distribución correspondiente.

Preparación del Caldo Bordales

- Se disolvió1 kg de sulfato de cobre en 10 L de agua en un balde pequeño de plástico.
- En el recipiente grande de plástico se disolvió el kilogramo de cal hidratada o cal viva, apagada previamente en 90 L de agua.
- Luego disolver los el sulfato de cobre y la cal hidratada, en forma separada, ambos fueron mezclados, cuidando siempre de agregar el preparado del sulfato de cobre sobre la cal, nunca a la inversa y revolviendo constantemente (INIA, 2016)
- Se comprobó si la acidez de la preparación fue la óptima para aplicarla en los cultivos. Esto se verificó sumergiendo un machete en la mezcla, si la hoja metálica muesta manchas rojas (oxidación), es porque está ácida y necesita más cal para neutralizarla, si esto no sucede es porque está en su punto para ser utilizada.

Preparación del Caldo Sulfocálcico (cantidades para elaborar 20 litros)

- Se pesó el azufre y la cal, dos libras (0.907 kg) de cada uno.
- Se colocó en un depósito metálico, 20 litros de agua hasta que hierva.
- Cuando el agua estuvo hirviendo se agregó el azufre y luego la cal.
- Se empleó un pañuelo para cubrir la boca y nariz, y así evitar problemas respiratorios por inhalación de polvos y vapores.
- Se mezcló constantemente con una paleta de madera, durante aproximadamente una hora con fuego fuerte.
- El caldo estuvo listo cuando, después de hervir por aproximadamente una hora, cambió de color amarillo a color rojo ladrillo.
- Se dejó reposar hasta que enfríe, luego se envasó en recipientes plásticos, de colores oscuros (Tejada y Escobal, 2014).

Aplicación de los tratamientos a estudiar

Para la preparación de los tratamientos se empleó agua proveniente de un pozo, verificándose previamente su pH mediante un medidor portátil, con el fin de asegurar que se encontrara dentro del rango de 5.8 a 7.

Para la aplicación del Caldo Bordelés, la mezcla preparada se vertió en una bomba de mochila utilizando un cedazo, adicionando 100 ml de aceite agrícola orgánico a base de soya antes de su aplicación en los tratamientos asignados.

En el caso del Caldo Sulfocálcico, se midieron 2 litros del producto previamente elaborado con ayuda de una jarra graduada, los cuales se diluyeron en un balde de 5 litros con agua limpia sin presencia de cloro. A esta mezcla se añadieron 100 ml de aceite agrícola orgánico a base de soya. Luego, la solución se transfirió a la bomba de mochila y se completó su volumen hasta 20 litros para proceder con la aplicación correspondiente.

Para el tratamiento con Cupravit®, se pesaron 30 g del producto comercial, los cuales se disolvieron en 5 litros de agua limpia sin cloro, agregando posteriormente 100 ml de aceite agrícola orgánico a base de soya. Esta mezcla fue vertida en la bomba de mochila y ajustada a un volumen total de 20 litros para su aplicación.

Las aplicaciones se realizaron con una bomba de mochila manual, lo que permitió dirigir el producto con precisión dentro de las unidades experimentales y minimizar la deriva. Durante este proceso se cuidó que la aspersión alcanzara una altura máxima de 1.8 m, cubriendo tallos, ramas principales y frutos, que constituían los órganos evaluados.

Frecuencia de aplicación

Las aplicaciones se realizaron cada 20 días, los cuales se llevaron acabo en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre, realizandose un total de 4 aplicaciones.

Las aplicaciones se realizaron cuando el campo de cultivo estuvo en proceso de fructificación, y en su mayoría, no observándose mucha floración, en el mes de julio, extendiéndose por un período de 3 meses, incluyendo, medio mes de julio, agosto, setiembre y medio mes de octubre del 2025.

Evaluación de incidencia

Se efectuó la evaluación individual de cada planta registrando tanto las mazorcas sanas como aquellas afectadas por Mazorca Negra, considerando todos sus estados de desarrollo.

El número de mazorcas sanas y dañadas se anotó en la ficha de evaluación, información que posteriormente se empleó para determinar el porcentaje de incidencia, así como el total de mazorcas sanas, afectadas y el número total de frutos.

La frecuencia de evaluación fue semanal.

3.7.4. Variables evaluadas

Variables independientes

- T1 = Caldo Bordales
- T2 = Caldo Sulfocálcico
- T3 = Cupravit®
- T4 = Testigo

Variables dependientes

- Número de mazorcas afectadas con mazorca negra
- Porcentaje de incidencia de mazorca negra
- Mazorcas sanas total
- Mazorcas afectadas total
- Porcentaje de incidencia total

Operacionalización de variables

- **Número de mazorcas afectadas:** Se contó el número de mazorcas afectadas con mazorca negra por planta, bloque y tratamiento estudiado. La evaluación se realizó en forma semanal.

- **Porcentaje de incidencia de mazorca negra:** Se calculó el porcentaje de i ncidencia aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de Incidencia} = \left(\frac{\text{Número de Mazorcas Afectadas}}{\text{Número Total de Mazorcas Evaluadas}} \right) \times 100$$

  Se calculó el porcentaje de incidencia por planta, bloque y tratamiento estudiado. La evaluación se realizó en forma semanal.

- **Mazorcas sanas total:** Se calculo sumando el total de mazorcas sanas evaluadas durante las 15 semanas de evaluación.

- **Mazorcas afectadas total:** Se calculo sumando el total de mazorcas afectadas con mazorca negra evaluadas durante las 15 semanas de evaluación.

- **Porcentaje de incidencia total:** Se calculó sumando el total del porcentaje de indicidencia de mazorca negra durante las 15 semanas de evaluación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Número de mazorcas afectadas con mazorca negra

La tabla 3 muestra los resultados del análisis de medias de Tukey, para el número de mazorcas afectadas, obtenidas en los tratamientos estudiados, durante las 15 evaluaciones realizadas.

Tabla 3

Número de mazorcas afectadas en los tratamientos estudiados durante las 15 evaluaciones realizadas

	Mazorcas afectadas							
Tratamientos	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4	Eval 5	Eval 6	Eval 7	Eval 8
Caldo Bordales	2.1 a	2 b	1.7 b	1.5 b	2 a	1.3 b	0.9 c	1.3 c
Caldo Sulfocálcico	2.1 a	2 b	2 ab	1.8 ab	1.3 c	1.2 b	0.9 c	0.9 d
Cupravit	2 a	2.1 b	2 ab	2 ab	1.6 b	2 a	1.4 b	1.6 b
Testigo	2.6 a	4.1 a	2.1 a	2.1 a	2.1 a	2 a	2.3 a	2.2 a
Tratamientos	Mazorcas afectadas							
	Eval 9	Eval 10	Eval 11	Eval 12	Eval 13	Eval 14	Eval 15	
Caldo Bordales	1.8 a	1.8 ab	1.4 b	1.6 a	1.1 c	0.7 b	1.1 b	
Caldo Sulfocálcico	0.5 b	1.3 b	1.4 b	1.6 a	1.3 bc	1.6 a	1.2 b	
Cupravit	1.8 a	2 a	1.5 b	1.6 a	1.7 b	1.8 a	2 a	
Testigo	2 a	2 a	2.3 a	2 a	2.2 a	2 a	2.1 a	

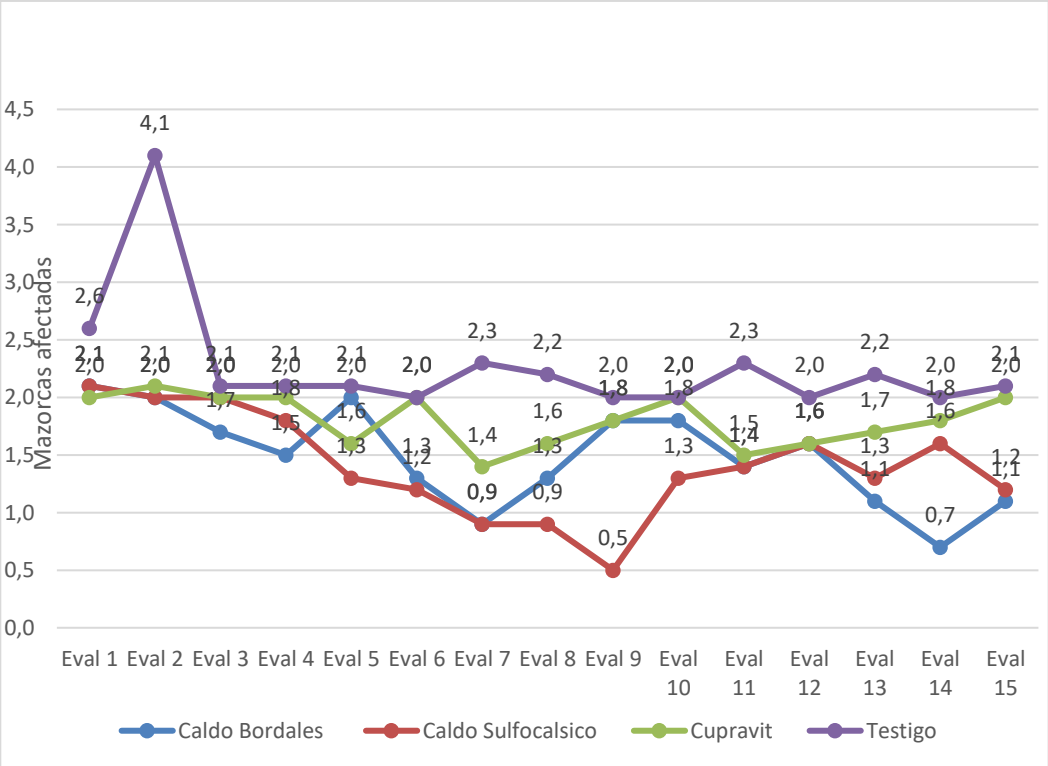
Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0,05

La tabla 3 muestra que, en la primera evaluación, no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, en la segunda, tercera y cuarta evaluación, el tratamiento testigo mostró el mayor número de mazorcas afectadas, en la quinta evaluación, los tratamientos con caldo bordales y testigo mostraron el mayor número de mazorcas afectadas, en la sexta, séptima y octava evaluación, el tratamiento testigo mostró el

mayor número de mazorcas afectadas, en la novena evaluación, los tratamientos con caldo bordales, cupravit y testigo mostraron el mayor número de mazorcas afectadas, en la decima evaluación, los tratamientos con cupravit y testigo mostraron el mayor número de mazorcas afectadas, en la décimo primera evaluación, el tratamiento testigo mostró el mayor número de mazorcas afectadas y en la décimo segunda evaluación, todos los tratamientos no mostraron diferencias significativas, en la décimo tercera evaluación, el tratamiento testigo mostró el mayor número de mazorcas afectadas, en la décimo cuarta evaluación, los tratamientos con caldo sulfocalcicos, cupravit y testigo, mostraron el mayor numero de mazorcas afectadas y en la décimo quinta evaluación, los tratamientos con cupravit y testigo mostraron el mayor número de mazorcas afectadas, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3

Número de mazorcas afectadas en los tratamientos estudiados



4.2. Porcentaje de incidencia de mazorca negra

La tabla 4 muestra los resultados del análisis de medias de Tukey, para el porcentaje de incidencia de mazorca negra, obtenidas en los tratamientos estudiados, durante las 15 evaluaciones realizadas.

Tabla 4

Porcentaje de incidencia de mazorca negra en los tratamientos estudiados, durante las 15 evaluaciones realizadas

Tratamientos	Porcentaje de incidencia							
	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4	Eval 5	Eval 6	Eval 7	Eval 8
Caldo Bordales	16.1 c	19.6 d	18.5 b	21.4 ab	27.4 a	17.4 b	13.8 c	17.6 b
Caldo Sulfocálcico	30.1 a	26 c	19.1 ab	21.3 b	14.6 b	24.6 a	11.8 d	10.6 c
Cupravit	19.4 bc	31.1 b	15.8 c	22.3 ab	25.9 a	18.8 b	23.7 a	25.9 a
Testigo	23.7 b	37.2 a	20.6 a	23.4 a	16.7 b	23.2 a	21.5 b	25 a

Tratamientos	Porcentaje de incidencia						
	Eval 9	Eval 10	Eval 11	Eval 12	Eval 13	Eval 14	Eval 15
Caldo Bordales	20.6 b	15.3 b	14.1 c	25.3 b	13.6 c	15.1 c	16.3 c
Caldo Sulfocálcico	8 c	21.7 a	22.3 b	22.3 c	13.4 c	12.7 d	16.1 c
Cupravit	23.6 a	20.1 a	24.8 a	25.5 b	29.9 a	19.2 b	18.5 b
Testigo	24.2 a	20.9 a	21.1 b	29.1 a	25.5 b	23 a	21.4 a

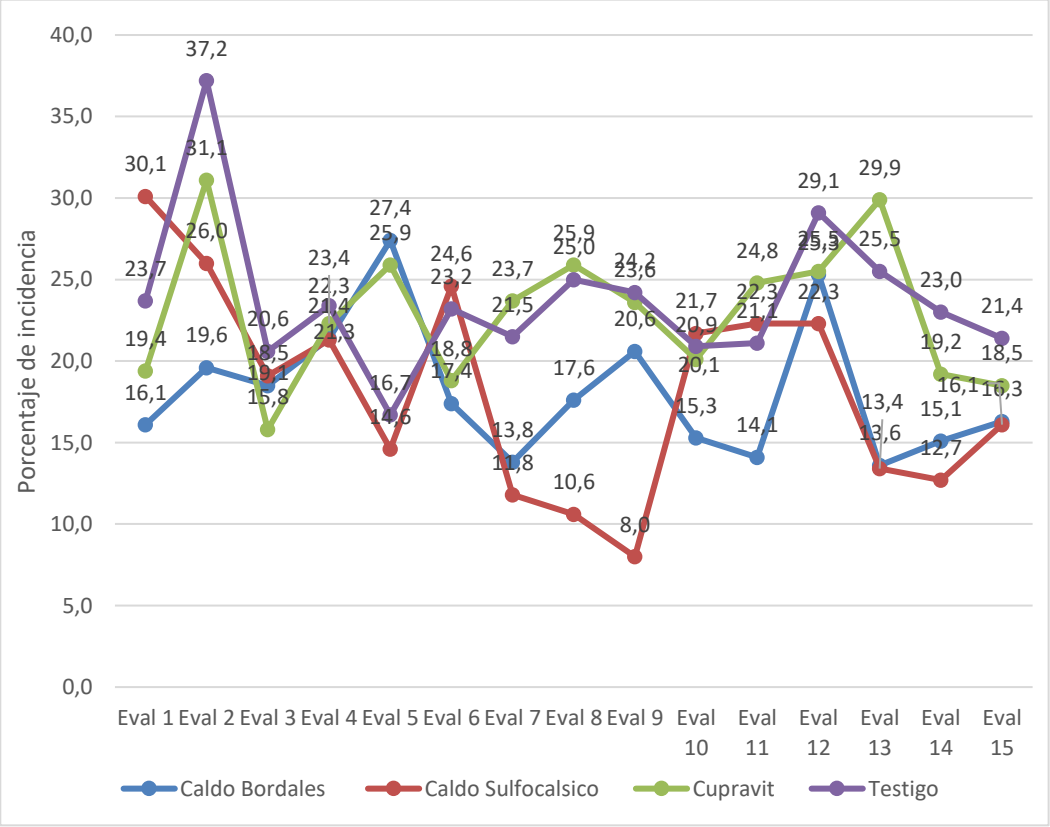
Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0,05

La tabla 4 muestra que, en la primera evaluación, el tratamiento con caldo bordales logró el menor porcentaje de incidencia, en la segunda evaluación, el tratamiento con caldo sulfocalcico logró el menor porcentaje de incidencia, en la tercera evaluación, el tratamiento con cupravit mostró el menor porcentaje de incidencia, en la cuarta evaluación, el tratamiento con caldo sulfocalcico, mostró el menor porcentaje de incidencia, en la quinta evaluación, los tratamientos con caldo sulfocalcico y testigo mostraron el menor porcentaje de incidencia, en la sexta evaluación los tratamientos con caldo bordales y cupravit mostraron el menor porcentaje

de incidencia, en la séptima, octava y novena evaluación el tratamiento con caldo sulfocalcico mostró el menor porcentaje de icidencia, en la decima y décimo primera evaluación, el tratamiento con caldo bordales mostró el menor porcentaje de incidencia, en la décimo segunda evaluación, el tratamiento con caldo sulfocalcico mostró el menor porcentaje de incidencia, en la décimo tercera evaluación, los tratamientos con caldo bordales y caldo sulfocalcico mostraron menor porcentaje de incidencia, en la décimo cuarta evaluación, el tratamiento con caldo bordales mostró el menor porcentaje de incidencia y en la décimo quinta evaluación, los tratamientos con caldo bordales y caldo sulfocalcico mostraron el menor porcentaje de incidencia, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4

Porcentaje de incidencia de mazorca negra



4.3. Mazorcas sanas total, afectadas total, y porcentaje de incidencia total.

La tabla 5 muestra los resultados del análisis de medias de Tukey, para las mazorcas sanas total, mazorcas afectadas total, mazorcas totales, y porcentaje de incidencia total, obtenidas en los tratamientos estudiados.

Tabla 5

Mazorcas sanas total, mazorcas afectadas total, y porcentaje de incidencia total, en los tratamientos estudiados

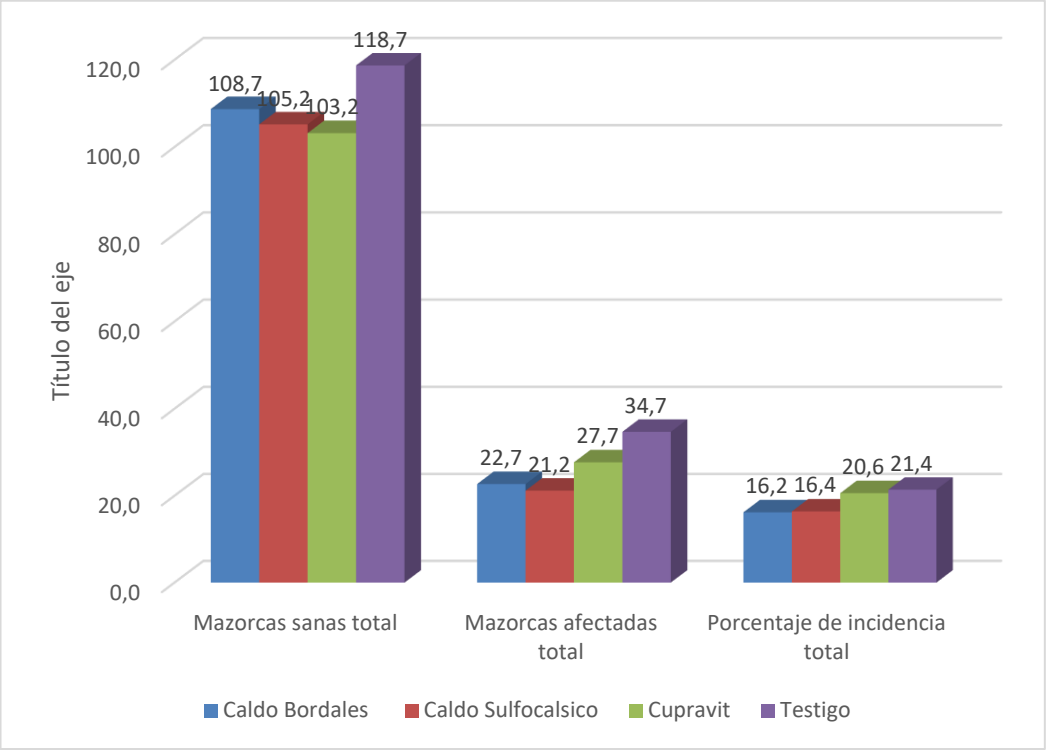
Tratamientos	Mazorcas sanas total	Mazorcas afectadas total	Porcentaje de incidencia total
Caldo Bordales	108.7 b	22.7 c	16.2 c
Caldo Sulfocálcico	105.2 c	21.2 c	16.4 c
Cupravit	103.2 c	27.7 b	20.6 b
Testigo	118.7 a	34.7 a	21.4 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey p≤ 0,05

La tabla 5 muestra que, el tratamiento testigo logró el mayor número de mazorcas sanas totales, asimismo, logró el mayor número de mazorcas afectadas total, sin embargo, los tratamientos con caldo bordales y caldo sulfocalcico mostraron los menores porcentajes de incidencia de mazorca negra, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5

Mazorcas sanas total, mazorcas afectadas total, y porcentaje de incidencia total



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Sobre la importancia del uso del caldo bordales y el caldo sulfocálcico, diversos autores confirman su eficiencia en el control de enfermedades, en ese sentido, Cuadros et al. (2025), concluye que el caldo bordelés es una medida eficaz y accesible para pequeños productores de cacao, reduce la incidencia de enfermedades de fruto (por ejemplo, pudrición por Phytophthora) y puede integrarse en estrategias agroecológicas; sin embargo, advierte sobre la acumulación de cobre en suelos y la necesidad de uso racional y rotación de productos, asimismo, IICA (s.f.) afirma que, en ensayos en cacao y frutales muestra que aplicaciones preventivas de caldo bordelés reducen significativamente la infección por hongos de fruto; la protección de contacto que deja el depósito cúprico limita la penetración fúngica y, cuando se combina con poda y recolección de frutos enfermos, mejora sustancialmente el control de enfermedades.

Asimismo, Oscco (2023), indica que, en estudio experimental en palto demostró que el caldo sulfocálcico es eficaz como tratamiento preventivo y curativo: dosis mayores (ej. 3 L/25 L agua) alcanzaron alta eficacia (>90%) frente a patógenos foliares y aumentaron el cuaje de frutos, lo que evidencia su doble función (protección + aporte nutricional de S y Ca) en frutales. Del mismo modo, PlantwisePlus Knowledge Bank / CABI. (2018), afirma que, en fichas técnicas y guías de extensión recomiendan el caldo sulfocálcico como medida preventiva en frutales (cítricos, palto, durazno, papaya) con diluciones prácticas (~10% en bomba de 20 L), enfatizando aplicaciones en periodos de riesgo (humedad/lluvia) y la importancia de capacitar a productores en preparación y

seguridad, y, en concordancia, Ochoa et al., (2015) afirma que, en ensayos comparativos y revisiones técnicas indican que los preparados minerales (bordelés, sulfocálcico y otros caldos) reducen la germinación de esporas y el crecimiento micelial in vitro y en campo, mostrando eficacia elevada como protectantes de contacto; su rendimiento depende de la dosis, frecuencia de aplicación y condiciones climáticas (severidad en época húmeda).

Asimismo, Aquino (2022), afirma que, el bordelés y el sulfocálcico son opciones viables para programas de manejo integrado de enfermedades: ambos alcanzan reducciones significativas de incidencia e infestación cuando se aplican con criterios (momentos críticos, dosis correctas) y en combinación con prácticas culturales (poda, manejo de sombra, recolección de órganos enfermos). Del mismo modo, documentos oficiales del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (2017), y guías técnicas locales destacan la utilidad práctica del caldo sulfocálcico y del bordelés en la prevención y control de varias enfermedades fúngicas en cultivos tropicales; al mismo tiempo, recomiendan monitoreo de residuos (cobre) y medidas de manejo ambiental para mantener la sostenibilidad del agroecosistema.

Referente al uso del caldo bordales y el caldo sulfocalcico, diferentes autores afirman la eficiencia de los caldos organicos en el control de enfermedades, como, Olaya (2023), quien afirma que, en ensayo y revisión técnicos en la región muestran que el caldo sulfocálcico aplicado en combinación con podas de mantenimiento reduce la severidad de enfermedades de fruto y mejora condiciones de cuaje en cacao y otros frutales; el éxito depende de la cobertura, técnicas de aplicación y momentos de tratamiento (periodos húmedos). Asimismo, documentos de extensión regional y campañas de

instituciones (gobiernos regionales, Plantwise, SENASA) recomiendan el caldo sulfocálcico como alternativa preventiva en cacao por su acción fungicida y sus efectos secundarios (aporte de azufre/calcio), destacando su uso en periodos de riesgo (épocas húmedas) y la conveniencia de capacitar a los productores para su correcta preparación y aplicación en campo (Gobierno Regional de Piura, 2022).

El efecto de control del caldo bordales y el caldo sulfocalcico, se reconoce bajo diferentes acciones mencionadas por diferentes autores, como, Drenth y Guest (2004), los cuales indican que, el caldo bordelés actúa como un fungicida de contacto que deposita una película de iones cúpricos en la superficie del fruto, los cuales inhiben la germinación de zoosporas y la penetración del patógeno. Su eficacia radica en su acción protectante previa a los eventos de infección, lo que lo convierte en una herramienta útil en períodos de alta humedad, cuando la esporulación de Phytophthora es elevada. Asimismo, Bailey y Meinhardt (2016), explican que, los fungicidas cúpricos, incluido el caldo bordelés, reducen significativamente la severidad de la mazorca negra al limitar la expansión de las lesiones iniciales y disminuir la viabilidad del inóculo presente en la superficie del fruto. Su uso regular dentro de un programa preventivo reduce el número de frutos infectados y el avance de la enfermedad. Asimismo, FAO (2010) indica que, el caldo sulfocálcico, compuesto por polisulfuros y tiosulfatos, presenta un efecto fungicida que actúa por desnaturalización de proteínas y alteración de estructuras celulares de hongos patógenos, incluyendo Phytophthora spp. Aunque su acción es menos persistente que la del cobre, contribuye a disminuir la viabilidad del inóculo en frutos y estructuras vegetales, y puede complementar el manejo de enfermedades en sistemas de producción orgánica. Thorold (1975)

explica que, tanto el caldo bordelés como el caldo sulfocálcico muestran su mayor eficacia cuando se integran con prácticas culturales como poda sanitaria, eliminación de frutos enfermos, manejo de sombra y drenaje adecuado. Estos caldos, al actuar como protectantes, permiten reducir el uso de fungicidas sintéticos y mejorar la eficiencia del manejo integrado de enfermedades.

Por estos argumentos, Evans (2007) indica que, en zonas cacaoteras de clima húmedo, donde la presión de Phytophthora es elevada, los depósitos de cobre del caldo bordelés ofrecen una protección más estable frente a lluvias intensas, mientras que el caldo sulfocálcico funciona mejor como complemento durante períodos secos o intermedios. Ambos productos han demostrado eficacia en la reducción de la infección primaria y secundaria de frutos.

Por este motivo, International Cocoa Organization (ICCO) (2012), afirma que, el caldo bordelés y el caldo sulfocálcico son insumos permitidos en la producción certificada orgánica, y su aplicación racional facilita la reducción de residuos químicos y la transición hacia sistemas agroecológicos más sostenibles. Su eficiencia depende de la oportunidad de aplicación, la cobertura completa del fruto y el respeto a las dosis recomendadas.

Sin embargo, Graham y Menge (2000), sostienen que, si bien el caldo bordelés es eficaz, su uso excesivo puede generar acumulación de cobre en el suelo, afectando el microbiota benéfico. Por ello, se recomienda alternarlo con otras estrategias como el caldo sulfocálcico o agentes biocontroladores (Trichoderma, rizobacterias). Esto mantiene la eficacia y reduce riesgos ambientales.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- La aplicación de caldo bordelés y caldo sulfocálcico evidenció efectos positivos en el control de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) en el cultivo de cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en Aguaytía, Ucayali.

- El tratamiento con caldo bordelés presentó mayor eficacia, reflejada en un menor número de mazorcas afectadas, una reducción del porcentaje de incidencia total de la enfermedad y un mayor número de mazorcas sanas por hectárea, en comparación con el caldo sulfocálcico.

- Por su parte, el caldo sulfocálcico también mostró efecto de control sobre la mazorca negra, evidenciado en la disminución del número de mazorcas afectadas y del porcentaje de incidencia total, aunque con menor efectividad relativa frente al caldo bordelés.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el caldo bordales y el caldo sulfocalcico en el control de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.), ya que muestra menor numero de mazorcas afectadas con mazorca negra total y menor porcentaje de incidencia total de mazorca negra.

- Aplicar ambos caldos de manera preventiva durante periodos críticos de alta humedad y lluvias, cuando las condiciones favorecen la aparición de mazorca negra, para reducir la incidencia antes de que se manifieste visiblemente.

- Capacitar a los productores en dosis, preparación y técnica de aplicación de los caldos, asegurando que se utilicen correctamente para lograr una mayor efectividad en el control de la enfermedad.

- Integrar el uso de los caldos dentro de un Manejo Integrado de Enfermedades (MIE), complementándolo con prácticas culturales como poda, ventilación del dosel, recolección de frutos enfermos y manejo de sombra, para maximizar la reducción de mazorca negra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aquino Camacho, T. (2022). Control de las principales plagas en frutos de Theobroma cacao (cacao) clon CCN-51 en plantación de producción orgánica, Alto Pendencia (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, Escuela Profesional de Agronomía.

Arévalo Gardini, E., & Zúñiga Cernales, L. (2004). Manejo integrado del cultivo de cacao y transferencia de tecnología en la Amazonía peruana. Instituto de Cultivos Tropicales.

Attard, A., Gourgues, M., Galiana, E., Panabières, F., Ponchet, M., & Keller, H. (2008). Strategies of attack and defense in plant–oomycete interactions, accentuated for Phytophthora parasitica Dastur (syn. P. nicotianae Breda de Haan). Journal of Plant Physiology, 165(1), 83–94.

Bailey, B. A., & Meinhardt, L. W. (Eds.). (2016). Cacao diseases: A history of old enemies and new encounters. Springer.

Barberá, C. (1989). Pesticidas agrícolas. Editorial Omega.

BASF. (2019). Cupravit®: Fungicida de contacto a base de oxicloruro de cobre para el control de enfermedades agrícolas. BASF Agricultural Solutions.

Batista, L. (2009). Guía técnica del cultivo de cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal.

Benito, J. A. (2010). Investigación en cacao en el Perú (Informe especial N° 02, INIP-CIPA XIII). Tarapoto, Perú.

Brasier, C., & Hansen, E. (1992). Evolutionary biology of Phytophthora part II: Phylogeny, speciation, and population structure. Annual Review of Phytopathology, 30, 173–200.

Cedeño Moreira, Á. V., Romero Meza, R. F., Auhing Arcos, J. A., Mendoza León, A. F., Abasolo Pacheco, F., & Canchignia Martínez, H. F. (2020). Caracterización de Phytophthora spp. y aplicación de rizobacterias con potencial en biocontrol de la enfermedad de la mazorca negra en Theobroma cacao variedad CCN-51. Scientia Agropecuaria, 11(4), 503–512.

CENTA - Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2011). Caldo sulfocálcico.

CEREXAGRI. (2016). Vademécum agrícola 2016.

Cerda, R. (2009). La planta de cacao: Distribución, ecofisiología y fenología. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; FEDECACAO.

Cieza Lara, J. F. (2020). Control de fungosis en vid (Vitis vinifera L.) con fungicidas tradicionales y Bacillus subtilis (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias.

Cruz, A. M. (2004). El caldo bordelés: Preparación y usos. Informativo INIA Quilamapu, 84(3), 1–2. https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4130

Cruz, M. (2004). Enfermedades de la vid en el secano interior de la VII y VIII regiones de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Cuadros, L. N., Huaroc, V. R., Yzarra, L. A., Ramos, G. M., & Gima, F. A. (2025). Viabilidad económica del caldo bordelés como estrategia fitosanitaria en el cultivo de Theobroma cacao. GnosisWisdom, 5(3), 10–17.

Chávez Vargas, A. (2003). Caracterización de las zonas productoras de cacao en el Perú y su competitividad. Ministerio de Agricultura, Programa para el Desarrollo de la Amazonía (PROAMAZONÍA).

Drenth, A., & Guest, D. (2004). Phytophthora diseases of tropical perennial crops. CABI Publishing.

Efombagn, M., Marelli, J., Ducamp, M., Cilas, C., Nyassé, S., Vefonfe, D. (2004). Effect of fruiting traits in the field resistance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones to Phytophthora megakarya. Journal of Phytopathology 152:557-562.

Evans, H. C. (2007). Cacao diseases - the trilogy revisited. Phytopathology, 97(12), 1640–1643.

Fischer Sworring, B., & Robkamp, R. (2001). Guía para la caficultura ecológica. Editorial López.

Flood, J., & Murphy, R. (2004). Cocoa futures: A source book of some important issues facing the cocoa industry. The Commodities Press.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). Manual de control fitosanitario sostenible: Uso de azufre, caldos minerales y alternativas de bajo impacto. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). Manual sobre el uso seguro de plaguicidas agrícolas: Caldo bordelés y otros compuestos cúpricos. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). Guía para el uso de plaguicidas en la agricultura sostenible: Preparados minerales como el caldo sulfocálcico. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). The state of the global cocoa economy. FAO.

Gobierno Regional de Piura. (2022). GORE promueve el uso de caldo sulfocálcico para prevención y control de plagas en el cultivo del cacao.

Graham, J. H., & Menge, J. A. (2000). Impact of copper fungicides on soil microorganisms and root health in perennial crops. Agriculture, Ecosystems & Environment, 81(1), 27–38.

Griffith, J., Smillie, R., Nieri, J., & Grant, B. (1992). Target sites of fungicides to control oomycetes. En W. Koller (Ed.), Target sites of fungicides (pp. 69–99). CRC Press.

Guest, D. (2007). Black pod: diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. Phytopathology 97:1650.1653.

Hebbar, P. (2007). Cacao diseases: A global perspective from an industry point of view. Phytopathology, 97, 1658–1663.

Heredia Álvarez, J. C. (2011). Eficiencia de tres caldos minerales en el control de la mancha aceitosa (Xanthomonas campestris), antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides) y mancha ojo de pollo (Phomopsis spp.) en maracuyá (Passiflora edulis) (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Hurtado Valencia, Y. P., & Rodríguez Osorio, J. (2021). Propuesta de manejo químico y biológico del oomyceto (*Phytophthora* spp.) en cultivos de piña (*Ananas comosus*) (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente.ICCO (International Cocoa Organization). 2010. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2009). Acuerdo sectorial de la competitividad de la cadena productiva del cacao y su agroindustria. IICA.

INIA. (2006). Desarrollo y adopción de tecnologías para mejorar la competitividad de la actividad cacaotera en el Perú. En Memorias del taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. Quito, Ecuador.

IICA (s.f.). Phytophthora palmivora del cacao y su control (Guía técnica). IICA.

International Cocoa Organization. (2012). Good agricultural practices for cocoa. ICCO.

Iwaro, A., Sreenivasan, T., & Umaharan, P. (1999). Phytophthora resistance in cacao (*Theobroma cacao*): Influence of pod morphological characteristics. Plant Pathology, 46, 557–565.

Jaimes Suárez, Y., & Aranzazu Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (Moniliophthora roreri). Produmedios; Corpoica.

Judelson, H., Blanco, F. (2005). The spores of Phytophthora: weapons of the plant destroyer. Nature Reviews Microbiology 3:47-58.

Lojka, B., & Quiñones, L. (2009). Manual agroforestal para ecosistemas de altura en Ucayali. Asociación Centro de Investigación y Desarrollo Rural Amazónico.

McMahon, P., & Purwantara, A. (2004). Major crops affected by Phytophthora. En A. Drenth & D. Guest (Eds.), Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia (ACIAR Monograph No. 114, pp. 104–105). ACIAR.

Ministerio de Agricultura. (2004). Manual del cultivo del cacao. Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Observatorio commodities: Cacao.

Ministerio de Agricultura. (2010). Producción de cacao en el Perú.

Miranda, D. (2015). Proyecto mejoramiento de capacidades técnico-productivas del cacao.

Municipalidad Distrital de Irazola. (2013). Evaluación de las principales áreas de cacao injertadas mediante apoyo por instituciones públicas y privadas en la zona de San Alejandro. Municipalidad Distrital de Irazola.

Ochoa Fonseca, L. E., Ramírez González, S. I., López Báez, O., Moreno Martínez, J. L., & Espinosa Zaragoza, S. (2015). Efecto de preparados minerales sobre el crecimiento y desarrollo in vitro de Moniliophthora roreri (Cif. & Par.) Evans. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6(5), 1065–1075.

Ochoa Fonseca, L. E., Ramírez González, S. I., López Báez, O., Espinosa Zaragoza, S., Alvarado-Gaona, Á. E., & Álvarez Siman, F. (2017). Control in vivo de Moniliophthora roreri en Theobroma cacao, utilizando polisulfuro de calcio y silicosulfocálcico. Ciencia y Agricultura, 14(2), 59–66.

Olaya, D. M. (2023). Efecto del caldo sulfocálcico y podas de mantenimiento en el manejo sanitario de cultivos frutales (Artículo técnico).

Oscco Rodríguez, F. (2023). Determinación de dosis del caldo sulfocálcico en el control de Akaropeltopsis sp. en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Fuerte, Santo Tomás - Abancay, 2021.

Paredes, M. (2003). Manual del cultivo del cacao. Perú.

PDA. (2010). Boletín N° 06: Cultivo de cacao: Injertos, poda y fertilización. Proyecto de Desarrollo Alternativo – Perú.

PlantwisePlus Knowledge Bank / CABI. (2018). Caldo sulfocálcico: Preparación y usos para control de enfermedades y plagas en frutales (Ficha técnica). PlantwisePlus.

Pokou, N., Goran, J., Kébé, I., Eskes, A., Tahi, M., & Sangaré, A. (2008). Levels of resistance to Phytophthora pod rot in cocoa accessions selected on-farm in Côte d'Ivoire. Crop Protection, 27, 302–309.

Prakob, W., & Judelson, H. (2007). Gene expression during ooporogenesis in heterothallic and homothallic Phytophthora. Fungal Genetics and Biology, 44, 726–739.

Restrepo, J. (2007). El ABC de la agricultura orgánica y harinas de roca (1ª ed.). Editorial SISMAS.

Revatta, Y. (2023). Efecto de un controlador biológico y dos agroquímicos en el control de moniliasis, escoba de bruja y mazorca negra del cacao (*Theobroma cacao* L.), Ucayali, Perú.

Reynier, A. (2002). Manual de viticultura. Ediciones Mundi-Prensa.

Rodríguez Polanco, E., & Vera, A. G. (2015). Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (Phytophthora sp.) en cacao. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Robles, R. (2007). Sistemas agroforestales en cacao. Curso de capacitación, Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), La Banda de Shilcayo – Tarapoto.

Romero, C. A. (2016). Estudio del cacao en el Perú y el mundo. Ministerio de Agricultura y Riego.

Salazar Fernández, M. (2021). Control del tizón temprano (Alternaría solani) con productos orgánicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la Estación Experimental de Sapecho, del municipio de Palos Blancos.

Sánchez, A. (2011). Manual para la producción de un cacao de calidad (1ª ed.). Ucayali, Perú.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). (2017). Uso de caldo sulfocálcico para prevención y control de plagas en cítricos (Ficha técnica). SENASA Perú.

Silva Vargas, R. S. (2021). Efecto de caldo bordelés en el control de la roya (Hemileia vastatrix) en cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en poda de rehabilitación con tres frecuencias de diferentes diluciones en el cantón Taipiplaya provincia Caranavi.

Somarriba Chávez, E., & Quesada Chévere. (2011). La poda de producción del cacao: en seis pasos. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

Stamps, J. (1998). Phytophthora palmivora (CMI Description of Pathogenic Fungi and Bacteria Nº 831, Set Nº 84).

Sutherland, J. (2009). Cocoa Project.

Tahi, G., Kébé, B., Goran, J., Sangaré, A., Mondeil, F., Cilas, C., & Eskes, A. (2006). Expected selection efficiency for resistance to cacao pod rot (Phytophthora palmivora) comparing leaf disc inoculations with field observations. Euphytica, 149, 35–44.

Tejada, T., & Escobal, F. (2014). El caldo sulfocálcico para el control de plagas. Perú.

Thorold, C. A. (1975). Diseases of cocoa. Oxford University Press.

Triadani, C. O. (2019a). Caldo bordelés. AER Río Primero, EEA Manfredi, INTA.

Triadani, C. O. (2019b). Caldo sulfocálcico (Polisulfuro de Calcio). AER Río Primero, INTA.

Trinidad, L. (2011). Manual de manejo fisionutricional en los cultivos con énfasis en cacao y arroz. Promotor de Química Suiza S.A., Tarapoto.

Vera Obando, N., Mestanza Iberico, C. A., & Oliva Cruz, S. M. (2016). Efecto del manejo cultural y caldo bordelés sobre la roya del café (Hemileia vastatrix) en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas. INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable, 1(2), 51–58.

Villamizar Gallardo, R., Osma, J. F., & Ortíz Rodríguez, O. O. (2019). Regional evaluation of fungal pathogen incidence in Colombian cocoa crops. Agriculture, 9(3), 44.

Walker, C., & Van West, P. (2007). Zoospore development in the oomycetes. Fungal Biology Reviews, 21, 10–18.

Yturríos, J. (2020). Un 70% del cacao orgánico peruano se procesa. Agencia Agraria de Noticias.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 1A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la primera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.29187500	0.09729167	0.70	0.5753
Trat	3	0.73187500	0.24395833	1.76	0.2253
Error	9	1.25062500	0.13895833		
Total	15	2.27437500			

C.V. = 16.7 %

Tabla 2A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la segunda evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.23250000	0.07750000	0.68	0.5849
Trat	3	13.06250000	4.35416667	38.33	<.0001
Error	9	1.02250000	0.11361111		
Total	15	14.31750000			

C.V. = 13 %

Tabla 3A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la tercera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.76687500	0.25562500	11.76	0.0018
Trat	3	0.34687500	0.11562500	5.32	0.0220
Error	9	0.19562500	0.02173611		
Total	15	1.30937500			

C.V. = 7.3 %

Tabla 4A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la cuarta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.33687500	0.11229167	2.22	0.1555
Trat	3	0.65187500	0.21729167	4.29	0.0387
Error	9	0.45562500	0.05062500		
Total	15	1.44437500			

C.V. = 11.9 %

Tabla 5A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la quinta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.00250000	0.00083333	0.07	0.9762
Trat	3	1.52250000	0.50750000	40.60	<.0001
Error	9	0.11250000	0.01250000		
Total	15	1.63750000			

C.V. = 6.1 %

Tabla 6A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la sexta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.31187500	0.10395833	4.78	0.0293
Trat	3	2.37187500	0.79062500	36.37	<.0001
Error	9	0.19562500	0.02173611		
Total	15	2.87937500			

C.V. = 8.9 %

Tabla 7A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la septima evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.03687500	0.01229167	3.61	0.0585
Trat	3	5.13687500	1.71229167	503.20	<.0001
Error	9	0.03062500	0.00340278		
Total	15	5.20437500			

C.V. = 4.2%

Tabla 8A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la octava evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.06000000	0.02000000	1.50	0.2797
Trat	3	3.57000000	1.19000000	89.25	<.0001
Error	9	0.12000000	0.01333333		
Total	15	3.75000000			

C.V. = 7.5%

Tabla 9A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la novena evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.93500000	0.31166667	7.79	0.0072
Trat	3	6.06500000	2.02166667	50.54	<.0001
Error	9	0.36000000	0.04000000		
Total	15	7.36000000			

C.V. = 12.9%

Tabla 10A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.12687500	0.04229167	0.46	0.7181
Trat	3	1.35687500	0.45229167	4.90	0.0275
Error	9	0.83062500	0.09229167		
Total	15	2.31437500			

C.V. = 16.5%

Tabla 11A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la décima primera evaluación

Fuente	**DF**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrado de la media**	**F-Valor**	**Pr > F**
Bloq	3	0.10687500	0.03562500	0.65	0.6006
Trat	3	2.46687500	0.82229167	15.08	0.0007
Error	9	0.49062500	0.05451389		
Total	15	3.06437500			

C.V. = 13.8%

Tabla 12A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la décimo segunda evaluación

Fuente	**DF**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrado de la media**	**F-Valor**	**Pr > F**
Bloq	3	0.11250000	0.03750000	1.00	0.4363
Trat	3	0.44750000	0.14916667	3.98	0.0466
Error	9	0.33750000	0.03750000		
Total	15	0.89750000			

C.V. = 11.1%

Tabla 13A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la décimo tercera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.11187500	0.03729167	0.99	0.4422
Trat	3	2.92687500	0.97562500	25.78	<.0001
Error	9	0.34062500	0.03784722		
Total	15	3.37937500			

C.V. = 11.8%

Tabla 14A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la décimo cuarta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.67250000	0.22416667	2.68	0.1099
Trat	3	4.15250000	1.38416667	16.55	0.0005
Error	9	0.75250000	0.08361111		
Total	15	5.57750000			

C.V. = 18.5%

Tabla 15A

ANVA del número de mazorcas afectadas en la décimo quinta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.29687500	0.09895833	3.42	0.0663
Trat	3	3.19687500	1.06562500	36.80	<.0001
Error	9	0.26062500	0.02895833		
Total	15	3.75437500			

C.V. = 10.4%

Tabla 16A

ANVA del porcentaje de incidencia en la primera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	10.2800000	3.4266667	0.62	0.6172
Trat	3	440.5400000	146.8466667	26.74	<.0001
Error	9	49.4200000	5.4911111		
Total	15	500.2400000			

C.V. = 10.4%

Tabla 17A

ANVA del porcentaje de incidencia en la segunda evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	4.0625000	1.3541667	0.67	0.5900
Trat	3	670.3825000	223.4608333	111.04	<.0001
Error	9	18.1125000	2.0125000		
Total	15	692.5575000			

C.V. = 4.9%

Tabla 18A

ANVA del porcentaje de incidencia en la tercera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	12.07250000	4.02416667	6.18	0.0144
Trat	3	47.16750000	15.72250000	24.16	0.0001
Error	9	5.85750000	0.65083333		
Total	15	65.09750000			

C.V. = 4.3 %

Tabla 19A

ANVA del porcentaje de incidencia en la cuarta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	1.82187500	0.60729167	0.67	0.5923
Trat	3	12.31687500	4.10562500	4.52	0.0339
Error	9	8.17562500	0.90840278		
Total	15	22.31437500			

C.V. = 4.3%

Tabla 20A

ANVA del porcentaje de incidencia en la quinta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	1.2550000	0.4183333	0.32	0.8107
Trat	3	498.0500000	166.0166667	127.11	<.0001
Error	9	11.7550000	1.3061111		
Total	15	511.0600000			

C.V. = 5.3%

Tabla 21A

ANVA del porcentaje de incidencia en la sexta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	67.1225000	22.3741667	5.55	0.0196
Trat	3	145.0125000	48.3375000	11.99	0.0017
Error	9	36.2825000	4.0313889		
Total	15	248.4175000			

C.V. = 9.5%

Tabla 22A

ANVA del porcentaje de incidencia en la séptima evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	4.6968750	1.5656250	3.92	0.0483
Trat	3	401.0818750	133.6939583	334.64	<.0001
Error	9	3.5956250	0.3995139		
Total	15	409.3743750			

C.V. = 3.5%

Tabla 23A

ANVA del porcentaje de incidencia en la octava evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	1.2150000	0.4050000	1.04	0.4190
Trat	3	616.5750000	205.5250000	530.01	<.0001
Error	9	3.4900000	0.3877778		
Total	15	621.2800000			

C.V. = 3.1%

Tabla 24A

ANVA del porcentaje de incidencia en la novena evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	7.1218750	2.3739583	22.96	0.0001
Trat	3	689.7068750	229.9022917	2223.37	<.0001
Error	9	0.9306250	0.1034028		
Total	15	697.7593750			

C.V. = 1.6%

Tabla 25A

ANVA del porcentaje de incidencia en la décima evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.10250000	0.03416667	0.04	0.9888
Trat	3	97.54250000	32.51416667	37.55	<.0001
Error	9	7.7925000	0.8658333		
Total	15	105.4375000			

C.V. = 4.7%

Tabla 26A

ANVA del porcentaje de incidencia en la décima primera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	2.6475000	0.8825000	1.59	0.2584
Trat	3	253.0625000	84.3541667	152.22	<.0001
Error	9	4.9875000	0.5541667		
Total	15	260.6975000			

C.V. = 3.6%

Tabla 27A

ANVA del porcentaje de incidencia en la décima segunda evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	1.56687500	0.52229167	1.08	0.4055
Trat	3	92.76687500	30.92229167	63.97	<.0001
Error	9	4.35062500	0.48340278		
Total	15	98.68437500			

C.V. = 2.7%

Tabla 28A

ANVA del porcentaje de incidencia en la décima tercera evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.6150000	0.2050000	0.47	0.7117
Trat	3	847.7450000	282.5816667	645.49	<.0001
Error	9	3.9400000	0.4377778		
Total	15	852.3000000			

C.V. = 3.2%

Tabla 29A

ANVA del porcentaje de incidencia en la décima cuarta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	1.8568750	0.6189583	1.14	0.3833
Trat	3	248.8618750	82.9539583	153.13	<.0001
Error	9	4.8756250	0.5417361		
Total	15	255.5943750			

C.V. = 4.1%

Tabla 30A

ANVA del porcentaje de incidencia en la décima quinta evaluación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	1.85250000	0.61750000	0.80	0.5248
Trat	3	74.93250000	24.97750000	32.33	<.0001
Error	9	6.95250000	0.77250000		
Total	15	83.73750000			

C.V. = 4.8%

Tabla 31A

ANVA de las mazorcas sanas totales

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	43.5000000	14.5000000	6.07	0.0152
Trat	3	569.0000000	189.6666667	79.40	<.0001
Error	9	21.5000000	2.3888889		
Total	15	634.0000000			

C.V. = 1.4%

Tabla 32A

ANVA de las mazorcas afectadas totales

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	10.2500000	3.4166667	2.41	0.1341
Trat	3	444.7500000	148.2500000	104.65	<.0001
Error	9	12.7500000	1.4166667		
Total	15	467.7500000			

C.V. = 4.4%

Tabla 33A

ANVA del porcentaje de incidencia total

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloq	3	0.29500000	0.09833333	1.55	0.2673
Trat	3	88.72500000	29.57500000	466.97	<.0001
Error	9	0.57000000	0.06333333		
Total	15	89.59000000			

C.V. = 1.3%

ANEXO 2

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 1A

Identificación de las plantas experimentales



Figura 2A

Preparación del Caldo Bordales



Figura 3A

Preparación del Caldo Sulfocálcico



Figura 4A

Preparación del producto comercial Cupravit®.



Figura 5A

Aplicación de los tratamientos



Figura 6A

Plantas y frutos protegidos con los tratamientos en estudio



Figura 7A

Evaluación de los parámetros de estudio



Figura 8A

Mazorca de cacao afectada con mazorca negra



Figura 9A

Visita de jurado de tesis

