

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE PROGRAMAS FITOSANITARIOS EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA  
(*Phytophthora palmivora* Butler) EN EL CULTIVO DE CACAO; AYUTLA, SAN MARCOS.**

TESIS DE GRADO

**LUIS GUSTAVO BARRIOS GONZALEZ**

CARNET 24961-15

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE PROGRAMAS FITOSANITARIOS EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA  
(*Phytophthora palmivora* Butler) EN EL CULTIVO DE CACAO; AYUTLA, SAN MARCOS.**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**LUIS GUSTAVO BARRIOS GONZALEZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTHA ROMELIA PÉREZ CONTRERAS DE CHEN  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: MGTR. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ  
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

DR. WILLIAN ERIK DE LEÓN CIFUENTES

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

ING. MIGUEL MANUEL OSORIO LÓPEZ



## **AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO**

- DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
- SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
- SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN  
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
- SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
- SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

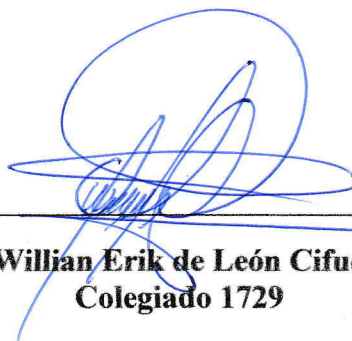
Quetzaltenango 23 de marzo de 2020.

Honorable Consejo de  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el informe final del Trabajo de Tesis del estudiante Luis Gustavo Barrios Gonzalez, que se identifica con carné 2496115, titulado: **EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (*Phytophthora palmivora*) EN EL CULTIVO DE CACAO; AYUTLA, SAN MARCOS**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la Comisión para su aprobación.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

**Dr. Willian Erik de León Cifuentes**  
**Colegiado 1729**



Universidad  
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 061968-2021

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LUIS GUSTAVO BARRIOS GONZALEZ, Carnet 24961-15 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0671-2021 de fecha 23 de abril de 2021, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE PROGRAMAS FITOSANITARIOS EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (*Phytophthora palmivora* Butler) EN EL CULTIVO DE CACAO; AYUTLA, SAN MARCOS.**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de abril del año 2021.



**MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## DEDICATORIAS

A:

Dios: Por brindarme vida y por permitirme cosechar un logro más.

Mi esposa: Edna, por su importante apoyo y comprensión en cada etapa de este proceso.

Mi hija: Andrea, por ser parte importante en la motivación para alcanzar mis metas.

Mis Padres: Amilcar y Hiralda, por su incomparable amor y apoyo incondicional, pilares fundamentales en mis logros.

A mis hermanos: Carlos, Rubí y Estefani, por sus muestras de afecto y apoyo emocional.

Mis amigos: Jesús Piedrasanta, Saúl Aguirre, Luis Aguirre, Emilio Piedrasanta, por el apoyo que siempre me brindaron, por su tiempo y conocimientos compartidos.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Cultivo del cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	3
2.1.1 Importancia económica del cultivo.....	3
2.1.2 Historia del cacao.....	4
2.1.3 Origen del cacao.....	6
2.1.4 Taxonomía del cacao.....	6
2.1.5 Biología y botánica del cultivo de cacao.....	8
2.1.6 Ciclo del cultivo.....	10
2.1.7 Requerimientos del cultivo.....	10
2.1.8 Prácticas agronómicas del manejo del cacao.....	13
2.1.9 Variedades de cacao cultivadas en Guatemala.....	18
2.2 Enfermedad de la mazorca negra ( <i>Phytophthora palmivora</i> Butler.).....	19
2.2.1 Importancia de la enfermedad.....	19
2.2.2 Origen y distribución de <i>P. palmivora</i> .....	20
2.2.3 Taxonomía de <i>Phytophthora palmivora</i> Butler.....	21
2.2.4 Ciclo de la enfermedad.....	21
2.2.5 Síntomas y signos.....	23
2.3 Investigaciones relacionadas al tema.....	25
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	35
4. OBJETIVOS.....	37
4.1 General.....	37
4.2 Específicos.....	37
5. HIPÓTESIS.....	38
5.1 Hipótesis alternativa.....	38
6. METODOLOGÍA.....	39
6.1 Localización.....	39
6.2 Material experimental.....	40
6.2.1 Cacao.....	40



6.2.2 Fungicidas .....	41
6.3 Factores estudiados .....	43
6.4 Descripción de los tratamientos .....	43
6.5 Diseño experimental.....	44
6.6 Modelo estadístico.....	45
6.7 Unidad experimental .....	46
6.7.1 Área del experimento. ....	46
6.7.2 Parcela bruta. ....	46
6.7.3 Parcela neta. ....	47
6.8 Croquis de campo. ....	48
6.9 Manejo del experimento.....	49
6.9.1 Delimitación del área experimental.....	49
6.9.2 Fertilización.....	49
6.9.3 Control de malezas. ....	49
6.9.4 Podas. ....	49
6.9.5 Riegos. ....	50
6.9.6 Desarrollo de los programas fitosanitarios.....	50
6.9.7 Monitoreo de plantas enfermas. ....	52
6.9.8 Cosecha. ....	52
6.9.9 Cuento de mazorcas sanas y enfermas. ....	52
6.9.10 Manejo post cosecha. ....	52
6.10 Variables de respuesta.....	52
6.10.1 Porcentaje de incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao. ....	52
6.10.2 Porcentaje de severidad de la enfermedad en los frutos de cacao. ....	53
6.10.3 Eficacia de los programas. ....	53
6.10.4 Componentes de rendimiento.....	54
6.11 Análisis de la información.....	55
6.11.1 Análisis estadístico.....	55
6.11.2 Análisis económico.. ....	55
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
7.1 Porcentaje de incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao.....	56

7.2 Porcentaje de severidad de la enfermedad en los frutos de cacao.....	58
7.3 Eficacia de los tratamientos.....	61
7.3.1 Determinación de la infestación. ....	61
7.3.2 Determinación de la eficacia de los tratamientos. ....	64
7.4 Componentes de rendimiento.....	66
7.4.1 Grano de cacao expresado en kg/ha. ....	66
7.4.2 Peso de 100 semillas (granos de cacao). ....	68
7.5 Análisis económico .....	71
8. CONCLUSIONES.....	73
9. RECOMENDACIONES .....	75
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
11. ANEXOS.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Distanciamientos y densidad de plantas por hectárea empleadas en Guatemala.</i> .....	14
Tabla 2. <i>Tratamientos que se evaluaron para el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao. Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	44
Tabla 3. <i>Análisis de severidad en tratamientos de evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	53
Tabla 4. <i>Porcentajes de incidencia en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	56
Tabla 5. <i>Transformación de datos del porcentaje de la incidencia de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	57
Tabla 6. <i>Análisis de varianza de la incidencia de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	57
Tabla 7. <i>Prueba Tukey de la incidencia de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	58
Tabla 8. <i>Datos de la severidad externa de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	59
Tabla 9. <i>Análisis de varianza de la severidad externa en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	59
Tabla 10. <i>Prueba Tukey de la severidad externa en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de la enfermedad mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	60
Tabla 11. <i>Datos de campo del porcentaje de infestación de la enfermedad en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	61

Tabla 12. <i>Transformación de datos de campo de infestación en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	62
Tabla 13. <i>Análisis de varianza de la infestación en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	62
Tabla 14. <i>Prueba de Tukey de la infestación en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	63
Tabla 15. <i>Porcentajes de eficacia de cada uno de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	64
Tabla 16. <i>Transformación de datos de campo de eficacia de cada tratamiento en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	65
Tabla 17. <i>Análisis de varianza de la eficacia de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	65
Tabla 18. <i>Prueba de Tukey de la eficacia de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	66
Tabla 19. <i>Registro del rendimiento granos de cacao kg/ha, en la evaluación sobre el control de la mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	67
Tabla 20. <i>Análisis de varianza del rendimiento granos de cacao kg/ha, en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	67
Tabla 21. <i>Prueba Tukey del rendimiento granos de cacao kg/ha, en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	68
Tabla 22. <i>Registro del peso de 100 semillas de cacao en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	69

Tabla 23. <i>Análisis de varianza del peso de 100 semillas de cacao en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	69
Tabla 24. <i>Prueba Tukey del peso de 100 semillas de cacao en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	70
Tabla 25. <i>Rentabilidad económica por hectárea de los diferentes tratamientos ejecutados en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.</i> .....	71

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Croquis de parcela bruta, evaluación de programas fitosanitarios sobre el control de la mazorca negra, en el cultivo de cacao: Ayutla, San Marcos. ....	47
<i>Figura 2.</i> Croquis de parcela neta, evaluación de programas fitosanitarios sobre el control de la mazorca negra, en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos. ....	47
<i>Figura 3.</i> Croquis de campo, evaluación de programas fitosanitarios sobre el control de la mazorca negra, en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos. ....	48

# **EVALUACIÓN DE PROGRAMAS FITOSANITARIOS EN EL CONTROL DE MAZORCA NEGRA (*Phytophthora palmivora* Butler) EN EL CULTIVO DE CACAO; AYUTLA, SAN MARCOS.**

## **RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue evaluar programas fitosanitarios para el control de mazorca negra en el cultivo de cacao, la investigación se realizó en el municipio de Ayutla del departamento de San Marcos. Para ello se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando los siguientes programas T1 *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/lit de agua), *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/lit de agua). T2 *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/lit de agua), *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/lit de agua). T3 Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/lit de agua), Oxathiapiprolin/famoxadone (0.50 l/ha, 2.5 cc/lit de agua). T4 Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.50 cc/lit de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/lit de agua). T5 Propamocarb HCl/fluopicolide (1.5 l/ha, 7.50 cc/lit de agua), Mandipropamid (0.50 l/ha, 2.50 cc/lit de agua). T6 Mandipropamid (0.5 l/ha, 2.50 cc/lit de agua), Propamocarb HCl/fluopicolide (1.50 l/ha, 7.50 cc/lit de agua). Y T7 (testigo absoluto). Las variables de respuesta fueron: eficacia de los tratamientos, porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad en los frutos. Peso de 100 semillas (granos de cacao), también se realizó un análisis económico. Se determinó que el tratamiento número cuatro presento mejor eficacia para controlar la enfermedad, menor severidad de la enfermedad en los frutos, mejor rendimiento de grano de cacao kg/ha y mejor peso de 100 semillas. El tratamiento número tres fue el que mostro menor incidencia.

# 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala 159,419.08 hectáreas, son aptas para desarrollar el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L), de acuerdo con las variables y criterios edafoclimáticas siguientes: altitud, de 200 a 900 msnm; precipitación, 1500-3000 mm; temperatura media 21 °C a 26 °C; con moderado a buen drenaje; mediano a muy profundo; pH 5-7; pendiente menor al 16%. (MAGA, 2016).

La producción de cacao en Guatemala se destina un 4% hacia el mercado externo y el 96% se beneficia y transforma a nivel nacional. Sin embargo del grano de cacao que se procesa en Guatemala tanto en las grandes industrias como en las industrias artesanales locales, no es suficiente para abastecer la demanda nacional que ha ido en aumento, de acuerdo con el Banco de Guatemala -BANGUAT- la balanza comercial para el 2015 reporta los siguientes valores (CIF) para las importaciones y valores (FOB) para las exportaciones por producto de la industria agropecuaria, extractiva y manufacturera de cacao en relación 4:1, es decir importamos cuatro veces más de lo que exportamos a nivel de país (MAGA, 2016).

La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Alta Verapaz (31%), Suchitepéquez (31%), San Marcos (25%) y los demás departamentos de la República suman el (13%) restante. El 82% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en tres departamentos: Alta Verapaz (40%), Suchitepéquez (24%), San Marcos (18%) (MAGA, 2015).

En el ámbito mundial las enfermedades en el cultivo se reportan como las responsables en la merma del 60% de la producción y un 45% de esta pérdida es ocasionada por la incidencia de la enfermedad llamada mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler), esta condición tiene la misma o superior connotación para las plantaciones establecidas en nuestro país (González, 2007)



Esta es la enfermedad más importante que afecta el cultivo del cacao en todas las áreas de Guatemala, es responsable de más pérdidas en las cosechas que cualquier otra enfermedad existente en la región, el productor tradicional se encuentra acostumbrado a rendimientos exiguos a causa de un deficiente control sobre la enfermedad, malas prácticas agrícolas y no posee conocimientos técnicos sobre controles alternativos y efectivos contra la enfermedad. Con la finalidad de encontrar una solución a la problemática existente y ofrecer alternativas efectivas a los productores de cacao, se realizó la evaluación de programas fitosanitarios en el control de la enfermedad.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.)

#### 2.1.1. *Importancia económica del cultivo.*

De acuerdo con el Agro en Cifras 2014 del MAGA, actualmente la producción de cacao tiene un área de cultivo de 6,300 manzanas (4,410 ha.) de la superficie territorial de Guatemala y se distribuyen de la siguiente forma: Alta Verapaz (31%), Suchitepéquez (31%), San Marcos (25%) y los demás departamentos de la República suman el (13%) restante, entre ellos Petén, Izabal, Quiché y Retalhuleu (MAGA, 2016).

El sector actualmente realiza aportes específicamente a las economías familiares en términos de generación de empleo. En efecto, una estimación de costos y producción para el año 2006, permite establecer que en ese período el sector en su conjunto generó 216,757 jornales, equivalentes a 803 empleos plenos, de los que el 46.04% corresponde a la actividad agrícola y el 53.96% a las actividades industriales y artesanales. Para el 2013, el número de jornales ha tenido un crecimiento de alrededor de 56,000 jornales, es decir un total registrado de 272,800 jornales, equivalentes a 974 empleos permanentes según fuente del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA- Agro en cifras 2014 (MAGA, 2016).

Aun cuando en términos de la economía nacional la contribución es mínima, a nivel de familias en el área rural, el empleo generado por la actividad contribuye de manera importante en la integración del ingreso. La generación y distribución de ingresos inherentes al sector cacao por concepto de empleo, se aproxima a los 9.34 millones de quetzales anuales, de ellos alrededor de 4.24 millones de quetzales (45.36%) son distribuidos en el área rural. En promedio el sector cacao en su conjunto, contribuye en la formación del producto interno bruto -PIB-, con aproximadamente 8.6 millones de quetzales estimados a precios de Q1,958.00.

Esto implica una participación en el PIB nacional del orden de 0.14% y en el PIB Agrícola de 0.99%. Como promedio de los últimos cinco años, la proporción correspondiente al cacao y sus derivados en la generación de divisas es del 0.17% (MAGA, 2016).

Es importante destacar que este rubro ha manifestado una dinámica de crecimiento en su participación y en el mismo período, que asciende a 9.97% como promedio anual. El valor de las exportaciones durante el período también creció a un ritmo promedio, en un orden de 19.41%, lo que implica una alta dinámica de crecimiento del sector (MAGA, 2016).

Según la organización internacional de cacao –ICCO-, la producción mundial en el año cacaotero 2012-2013 fue de 3,942 tm, y para la temporada 2013-2014 fue de 4,345 tm, esto indica un registro de incremento anual en la producción mundial equivalente a un 10.22% con respecto al período anterior. De acuerdo con la presidencia de la Organización Mundial de Cacao ICCO, en el congreso mundial de cacao realizado en Ámsterdam en el mes de junio del 2014, se indicó que es necesario tomar medidas para fomentar la producción de cacao, ya que se proyecta que el déficit anual de 150 mil tm al año, será exponencial para el 2020 (MAGA, 2016).

### **2.1.2. Historia del cacao.**

El cacao base del chocolate, es un árbol nativo del trópico americano, especialmente de Mesoamérica. Es muy probable que fueran los Olmecas los responsables de su domesticación, hace tres mil años, pero se atribuye a los Mayas la difusión de su uso, pues constituyó una parte importante de sus actividades culturales, como alimento, medicina e incluso como parte de su sistema económico, como moneda. Los Aztecas o Mexicas integraron sus usos en su cultura. Por otro lado, hay evidencia que sugiere que antes de la llegada de los españoles también se cultivaba en Sudamérica, principalmente en Perú y Venezuela (Ogata, 2007).

Los Toltecas y los Aztecas de México apreciaban el cacao desde hacía mucho tiempo, antes del descubrimiento de América. Cuando Hernán Cortés conquistó ese país encontró que los Aztecas usaban las almendras del cacao no sólo para la preparación de bebidas sino también como moneda. Con 100 almendras de cacao se compraba un esclavo y con 10 un conejo. Los Aztecas creían que el árbol del cacao era de origen divino y que su bebida confería discreción y sabiduría. Por eso Linneo asignó a la especie el nombre de *Theobroma*, que significa alimento de los dioses. La civilización Maya ocupaba las tierras bajas de bosques húmedos tropicales al sureste del imperio Azteca (Batista, 2009).

En los tiempos de Cristóbal Colón, los Mayas eran los verdaderos cultivadores de cacao; perfeccionaron su cultivo, aprendieron a curar y conservar las semillas y a hacer una bebida agradable. Ricos y pobres consumían la bebida en su dieta diaria y traficaban el producto con los Aztecas, quienes muy pronto llegaron a apreciar sus cualidades. Alrededor de 20 años después del descubrimiento de América, los conquistadores españoles de México se asombraron de las grandes cantidades de cacao que encontraron en los almacenes del emperador Moctezuma y de la gran popularidad que tenía en la corte la bebida que se hacía de él. Ésta es la razón por la que se estableció en Europa una firme creencia de relación entre los Aztecas y el cacao (Batista, 2009).

La calidad del material originalmente encontrado por los españoles en México y luego en Mesoamérica fue una de las razones por la que luego se popularizó tanto. En esta zona se encuentran los materiales criollos que más influencia tuvieron en el desarrollo del cultivo, pues ha sido en el pasado la principal fuente de material de mejoramiento para la mayoría de las áreas donde hoy día se produce cacao de calidad (Batista, 2009).

### **2.1.3. Origen del cacao.**

Es muy difícil la fijación de los límites exactos del centro de origen del cacao, pero podemos decir que este se sitúa en el continente americano. Los agricultores Mayas fueron los primeros en cultivar racionalmente el cacao en América Central y en especial en México, desde el siglo XIV, el cacao se cultiva en México, la siembra, la plantación y la cosecha son ocasión de ceremonias religiosas (Brandeau, 1970).

La información arqueológica e histórica aporta datos algo más precisos. Se han hallado representaciones de la planta y el fruto del cacao en piedra, en cerámica y en códices, tanto en México como en Guatemala, lo que indica que los mayas y otras culturas centroamericanas conocían la especie. Se ha comprobado, además que términos como cacao y chocolate tiene un origen Nahuatl y fueron españolizados por los primeros europeos que llegaron a México (AGEXPRONT, 2000).

Las noticias históricas indican que el cultivo prehispánico del cacao se limitaba al área comprendida entre el Sur de México y la actual frontera entre Costa Rica y Panamá. Quizá la domesticación original se llevó a cabo en Centroamérica con plantas de cacao del grupo denominado criollo o lagarto. Al parecer, los españoles introdujeron el cultivo en Sudamérica y se dedicaron a mejorarlo, hibridándolo con las poblaciones nativas (AGEXPRONT., 2002).

### **2.1.4 Taxonomía del cacao.**

Linneo, en el año 1737, clasificó el cacao como (*Theobroma cacao.*). Luego, Benthany Hooker, en 1862, dieron una clasificación definitiva como especie de la familia Sterculiaceae, la cual actualmente pertenece al orden de las Marvales (Batista, 2009).

Botánicamente, al cacao se le ha asignado la siguiente clasificación:

División	Espermatofita
Clase	Angiosperma
Sub-clase	Dicotiledónea
Orden	Malvales
Sub-orden	Malvinas
Familia	Esterculiáceas
Tribu	Bitneria
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i>

(Batista, 2009).

Todas las formas cultivadas están contenidas en la especie cacao, la cual ha sido dividida en dos sub-especies: cacao y sphaerocarpum.

Subespecie cacao: esta sub-especie está constituida por el tipo genético criollo, el cual se caracteriza por tener frutos de forma alargada, de superficie rugosa, surcos profundos con 5 a 10 lomos, almendras ovoides o elipsoidales y cotiledones color blanco o rosado pálido (Batista, 2009).

Subespecie sphaerocarpum: los frutos de esta sub-especie son de forma elipsoide, de superficie lisa y surcos relativamente superficiales. Las almendras son de formas ovoides, aplanadas, cotiledones color violeta y es conocida con el nombre de Forastero (Batista, 2009).

### **2.1.5. Biología y botánica del cultivo de cacao.**

El cacao pertenece al orden malvales, a la familia esterculiácea, al género *Theobroma* y la especie *cacao*. Es una planta que contiene 20 cromosomas es altamente alogama, ya que es de polinización cruzada hasta en un 95%, efectuándose esto por insectos sumamente especializados (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

El cacao tiene una raíz principal o pivotante que puede crecer hasta 1.20 a 1.50 m de profundidad y en algunos casos llega hasta 2 m de profundidad. La mayoría de las raíces secundarias o terciarias se encuentran en los primeros 20-25 cm de profundidad desde el ras de suelo, cubriendo estos en forma irregular un área similar a la de la copa del árbol (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

El tronco crece verticalmente hasta que forma el primer verticilio a una altura de entre 80 y 100 cm, este está cubierto por largas hojas de forma pecioladas. Una vez que el árbol cumple aproximadamente el primer ciclo de vida este desarrolla yemas auxiliares que en forma conjunta es llamada la corona o en algunos casos la horqueta, esto se repite varias veces con la producción de otro verticilio entre los 80 a 100 cm, creciendo de esta forma el árbol indefinidamente (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

Las inflorescencias están localizadas en la base de las hojas en la zona de la cicatriz y yema axilar que deja una hoja. El cacao florece en las partes viejas o troncos maduros encontrándose muy pocos genotipos que producen en ramas nuevas (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

La flor del cacao es hermafrodita es decir cuenta con ambos sexos, su polinización es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. El día siguiente en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

Las primeras flores usualmente salen un poco después de que el árbol cumple los tres años de vida, aunque con los híbridos interclonados esto puede suceder en la mitad del tiempo. Aunque hay variedades que florecen solo una parte del año, la mayoría del cacao florece todo el año, influyendo mucho en la floración el ambiente y en los cacaos criollos la genética puede ser de mayor influencia (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

Las hojas adultas son de color verde, de lámina simple, entera de forma que va desde lanceoladas o casi ovaladas, con una nervadura pinnada y ambas superficies glabras. Las hojas cuando jóvenes son muy delicadas por lo que son apetecidas por los insectos y dañadas por el viento poseen un color verde pálido y al alcanzar su madurez hacen el cambio de color (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

En general el cacao se poliniza por medio de insectos, se han identificado algunas mosquitas del género *Forcipomyia* y algunos otros insectos en menos cuantías que actúan como polinizadores.

La polinización no es un factor limitante en la producción, sino que, al revés, usualmente hay un número en exceso de mazorcas fecundadas, esto es controlado por un fenómeno que hace que algunas mazorcas se marchiten formando el “cherelle wilt” o frutos marchitos, esto regula el número de frutos en el árbol. En casos en que existe una buena cantidad de mazorcas desarrollándose en el árbol, la floración tiende a disminuir y en algunos casos la floración se suspende por completo (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

El fruto del cacao es como en otras especies el resultado de la maduración del ovario una vez fecundado, este fruto está sostenido por un pedúnculo leñoso que es el resultado de la maduración de los pedicelos de la flor. Cada fruto puede tener un número muy variable de semillas pues esto está en dependencia de la fecundación de cada ovario, aunque cada árbol sólo puede tener un máximo debido al número de óvulos que es constante en cada uno.



El mínimo de semillas puede ser de una, pero en general se estima que una mazorca normal crece cuando se han fecundado por lo menos el 25 % de los óvulos (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

#### **2.1.6. *Ciclo del cultivo.***

La primera floración se presenta a los dos años, pero es más común al tercero o cuarto año. El cacao puede florecer todo el año, las épocas de floración dependen de las condiciones climáticas (Sánchez:, 1988).

Los árboles de cacao o cacaoteros pueden producir rendimientos aceptables durante varias décadas. Pueden tardar de 8 a 10 años en alcanzar el rendimiento máximo, según la variedad: los nuevos híbridos alcanzan ese máximo más rápidamente. La celeridad con que luego disminuye depende principalmente del cuidado con que se cultiva el árbol y el empleo de abonos y productos químicos (Browlin, 1988).

Ciclo de vida promedio de un árbol de cacao: 1 a 3 años crecimiento y desarrollo, 4 a 5 años primeras cosechas, 7 a 10 años estabilización de la cosecha, 10 a 30 años adulto productivo. Período de floración a cosecha 5 a 6 meses, período de cosecha todo el año produce mazorcas, pero la cosecha es en dos temporadas noviembre a marzo, y mayo a octubre (AGEXPRONT., 2002).

#### **2.1.7. *Requerimientos del cultivo.***

**Sombra.** El cacao en estado natural vive en asociación con otras especies de plantas tales como palmeras, árboles y arbustos. Debido a que al cacao usualmente se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles y que su cultivo se ha hecho tradicionalmente bajo sombra, se ha dicho que el cacao es típicamente umbrofilo.

Aunque evidencia experimental ha demostrado que se puede tener cacao sin sombra, pero los parámetros productivos y de crecimiento son muy diferentes a plantaciones bajo sombra. (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

Los efectos y beneficios de la sombra al iniciar la plantación son de reducir la exposición a la luz solar, pero tal vez más importante, reducir el movimiento de aire que puede perjudicar a la planta igual o más que el efecto de luz y temperatura unidos. Una vez que la planta haya crecido para darse auto sombreado, la sombra ya no será tan indispensable y puede iniciarse la eliminación paulatina de ella hasta llegar a un punto de equilibrio (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

Una buena sombra es indispensable, en términos generales el grado de sombra adecuado para el cacao es de 50 a 70 % durante el estado de plantío (sombra temporal) mientras que para las plantaciones adultas (siembra permanente) donde la auto sombra entre los árboles de cacao es considerable, la sombra se puede rebajar a un 25 a 35% para un óptimo crecimiento de las plantas (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

**Suelos.** Los mejores suelos para el cacao comprenden desde aquellos que son considerados suelos arcillosos agregados hasta suelos franco-arenosos. Ya que uno de los factores esenciales para el buen crecimiento de las raíces del cacao es una buena aeración, son considerados suelos buenos aquellos en los cuales las raíces se profundicen más de un metro y exista buena aeración (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

En condiciones excepcionales tipo Tonalá, donde la capa freática puede estar bastante alta, pero el suelo superficial sea rico, el cacao puede crecer y producir satisfactoriamente con un buen crecimiento de raíces, pero cambios relativamente insignificantes en el régimen de humedad del suelo o si en los casos de Tonalá desciende la capa freática.

El sistema radicular que está en alto, puede quedarse en alto y secarse rápidamente marchitándose y muriendo el árbol (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

Generalmente, las raíces del cacao toleran inundaciones por períodos cortos, así también una capa freática fluctuante no afecta mayormente el crecimiento de las raíces siempre que esta se restituya y vuelva a existir un régimen normal de aeración en un período de tiempo más o menos corto. El tamaño de la raíz del cacao está influenciado por el material por el cual está constituido el suelo. Si el material es arcilloso, las raíces pueden ser más profundas, pero en general delgadas, si el suelo es arenoso y seco rápidamente, las raíces son bastante más profundas y gruesas con mayor número de ramificaciones (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

**Agua.** El requerimiento pluvial se estima que es entre 1,500 a 2,500 mm en las zonas bajas y cálidas y de 1,000 a 1,500 mm en las zonas más altas o frescas. Usualmente a través del mundo en la mayoría de las regiones cacaoteras la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración, necesitando esto suelos bien drenados para eliminar el excedente. Igualmente, la distribución de las lluvias mensualmente juega un papel importante tanto como por su falta que como por exceso (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

Si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos cortos, mientras que en lugares donde no existen los períodos secos prolongados, se puede obtener una cosecha permanente durante todo el año usualmente con dos o tres picos de producción no muy pronunciados (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

**Temperatura.** La temperatura influye sobre algunos factores pertinentes al árbol de cacao, tales como la formación de flores y madurez del fruto (AGEXPRONT, 2000).

La temperatura influye en algunos factores importantes en la producción de cacao, entre estos están la formación de flores y la maduración de frutos, como ejemplo se ha visto que, en locales más fríos, la maduración de frutos tarda desde 167 hasta 205 días mientras que las zonas más calientes con promedios de 25 a 26 °C las mazorcas maduran en 140 a 175 días (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

La mayoría de los sitios donde se produce cacao las temperaturas medias fluctúan entre 25 y 26 °C. Aunque se pueden encontrar plantaciones comerciales de buenos rendimientos en zonas donde la temperatura media es de 23 grados centígrados (Johnson, Bonilla, & Castillo, 2008).

**Altitud.** La altitud está comprendida entre los 200 a 600 msnm. Si las condiciones del lugar son muy especiales puede recomendarse el cultivo hasta los 760 msnm en la zona del pacífico y de 0 a 600 msnm en el atlántico (AGEXPRONT, 2000).

El cacao se cultiva desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, sin embargo, plantaciones cerca de la línea del ecuador se desarrolla de manera normal en altitudes mayores a los 1,000 msnm hasta los 1,400 msnm; siendo por estas razones la altitud un factor no determinante para un desarrollo óptimo del cultivo (Quiroz & Agama., 2006).

#### **2.1.8. Prácticas agronómicas del manejo del cacao.**

**Siembra.** El momento oportuno para el trasplante es en la época lluviosa (meses de mayo a julio), o en cualquier mes si hay sistema de riego. Para asegurar al árbol la humedad necesaria para su establecimiento (AGEXPRONT., 2002).

Al momento de efectuar el trasplante debe tenerse cuidado de podar todas las raíces que están fuera de las bolsas si son estacas enraizadas, si son injertos debe podárseles la raíz pivotante a ras de la bolsa en su parte inferior (AGEXPRONT., 2002).

El trasplante al campo definitivo dependerá del método que se utilice en su reproducción, pero se realizará a los 3 a 4 meses después de haber sido sembrada la semilla. Se debe eliminar la bolsa y colocar el pilón dentro del agujero. La parte superior del pilón debe dejarse sobre el nivel del suelo y darle forma de sombrero, con esto se evita anegamiento de agua sobre el patrón y evitar la incidencia de hongos (AGEXPRONT., 2002).

La distancia de siembra más utilizada en la República Dominicana es 3 x 3 metros, con una densidad de 70 plantas por tarea (1,120 /ha), que es la recomendada por los técnicos de la Secretaría de Estado de Agricultura. Sin embargo, los productores prefieren la distancia de 4 x 4 m, con 40 plantas/tarea. La mayoría de los países productores de cacao están adoptando el sistema de alta densidad con plantaciones a 2 x 2 metros y 2.5 x 2.5 metros. Esto permite aumentar significativamente la cantidad de plantas por unidad de superficie y por consiguiente el rendimiento es mayor. Este arreglo conlleva la reducción en cantidad de árboles de sombra, ya que el cacao se auto-sombrea parcialmente (Batista, 2009).

**Tabla 1.**

*Distanciamientos y densidad de plantas por hectárea empleadas en Guatemala.*

<b>Distancia en metros</b>	<b>Densidad plantas/ha</b>
2 x 2	2,500
2.5 x 2	2,000
3 x 3	1,110
4 x 4	625
4 x 5	500
5 x 5	400

(AGEXPRONT., 2002).

**Poda del cacao.** Las podas son una actividad importante en el cultivo de cacao, pues de éstas depende la buena formación, desarrollo y producción del cacao, por lo tanto, deben aplicarse desde el inicio del cultivo. La poda también permite eliminar los chupones y las ramas mal dirigidas, controlar la altura del árbol, regular la entrada de luz a los estratos inferiores, cortar las ramas bajas que dificultan las labores agrícolas y facilitar la visibilidad de las mazorcas, ya sea para cosechar o para practicar las aspersiones. Existen cuatro tipos de podas en cacao: podas de formación, de mantenimiento, fitosanitarias y de rehabilitación (Paredes, 2009).

Poda de formación: ésta se efectúa desde el vivero y en los primeros meses después del trasplante hasta el segundo año de vida del árbol. Ayuda a crear un ramaje bien balanceado y a equilibrar el sistema aéreo de la planta en desarrollo, en el que se producen los frutos y permite proveer a la planta una arquitectura equilibrada, es decir, dejar un eje (híbridos), y de tres a cuatro ejes bien distribuidos en los clones impidiendo que éstos acamen cuando entren en producción (Paredes, 2009).

Poda de mantenimiento: el objetivo de esta poda en cacao es eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles, para estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos y equilibrarlos con los puntos productivos. Se recomienda realizar una o dos podas ligeras de mantenimiento al año como mínimo, la segunda de las cuales se combinará con la poda fitosanitaria (Paredes, 2009).

Poda fitosanitaria: consiste en la eliminación de las partes del follaje y ramas que hayan sido afectadas por escoba de bruja y frutos atacados por monilia u otras enfermedades o insectos (Paredes, 2009).

Poda de rehabilitación: esta poda se la realiza en huertos viejos improductivos y consiste en la eliminación de abundante follaje y ramas, con el fin de que la planta emita nuevas ramas o chupones basales (Paredes, 2009).

**Control de malezas.** Durante los dos primeros años esta es una de las labores más importantes. Se hace mediante un manejo integrado del cultivo (INTA, 2010)

Mantener una sombra adecuada en el lugar definitivo de siembra desde antes de sembrar el cacao, previene la incidencia de malezas debido a la intercepción de la luz solar. Se utilizan coberturas vegetales como el mulch, producto de la poda sombra de cacao y residuos de malezas secas. Las leguminosas de cobertura como el kudzú (*Pueraria phaseoloides* L.) se pueden sembrar en el área entre los surcos de cacao manteniendo un círculo limpio (rueda) alrededor del árbol (INTA, 2010).

En labores manuales se realiza una corona de 1 a 1.50 m de diámetro alrededor del árbol de cacao, teniendo en cuenta de no causar heridas en la raíz y cuello de la planta de cacao para evitar el desarrollo del mal de machete. Las chapeas requieren mano de obra y se pueden requerir de 4 a 5 por año, usando de 20 a 30 jornales/ha/año (Paredes, 2009).

**Riego.** Para el riego del cultivo del cacao es recomendable la construcción de canales que aseguren el agua permanentemente durante el año. El riego se aplicará según las condiciones climatológicas del lugar donde se ubica el cultivo, así como de las condiciones del suelo, pendiente del terreno y textura. La necesidad de agua fluctúa entre 7,000 a 14,000 m<sup>3</sup>/ha/año. La frecuencia de aplicación será en riegos cada 20 días y con una lámina de 10 a 12 cm<sup>3</sup>. Se puede utilizar un sistema de riego en espina de pescado para regar entre dos líneas de cacaotales y distribuir el agua a ambos lados del anillo. Además, los canales de riego tienen también la función de drenaje del exceso de agua (Ártica., 2008).

**Fertilización.** Antes de empezar a realizar una fertilización al cacaotal es necesario conocer el nivel de fertilidad natural del suelo. Este diagnóstico se puede hacer con un análisis de suelo, o por medio de análisis foliar (Paredes, 2009).

Los requerimientos nutricionales dependen fundamentalmente de: fertilidad natural del suelo, edad y estado fisiológico de las plantas, el grado de sombreado del cultivo, prácticas de manejo, tipo de cacao cultivado (genotipo y producción) (Alarcón, Arévalo, Díaz, Galindo, & Rosero, 2012).

La cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo en particular depende del estado nutricional del árbol. En promedio, 1,000 kg de semilla de cacao extraen: 40 kg de  $K_2O$ , 30 kg de N, 13 kg de CaO, 10 kg de MgO, 8 kg de  $P_2O_5$  (Alarcón, Arévalo, Díaz, Galindo, & Rosero, 2012).

**Cosecha.** Se debe realizar cuando las mazorcas están en buenas condiciones de madurez, y esto se puede apreciar por los colores que presentan, pues las de color verde se tornan amarillas, las de color rojo se tornan anaranjadas y otras cambian a amarillo anaranjado fuerte o pálido.

También se pueden presentar maduraciones que huelen agradablemente o presentan un sonido hueco que se oye al golpear el fruto con los dedos (Paredes, 2009).

El ciclo de producción del cacao es todo el año, presentando dos períodos de mayor producción: de abril a junio y noviembre a diciembre. La cosecha inicia cuando la mazorca está madura lo que ocurre en un período de 5 a 6 meses de edad. La mazorca presenta cambio de pigmentación: de verde pasa al amarillo o al rojo y otros similares al amarillo anaranjado fuerte o pálido. En mazorcas de coloración roja – violácea muy acentuada, el cambio de color puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado madurez plena. Debido a esta dificultad las mazorcas pueden madurar y germinar (INTA, 2010).



Una buena práctica de cosecha consiste en evitar los cortes innecesarios a los cojinetes florales y ramas. Es importante separar las mazorcas sanas de las enfermas. Corte las mazorcas con un objeto de mucho filo, para cosecharlas. No dañe los sitios donde están las flores, para eso se debe cortar por la mitad del pedúnculo para evitar la destrucción del cojín floral. La cosecha debe hacerse cuando se detecte la presencia de frutos con un grado de madurez más o menos igual. No coseche mazorcas sobremaduras (almendras en fase de germinación). No coseche mazorcas verdes (no poseen suficiente mucílago, lo que afecta al proceso de fermentación) (Paredes, 2009).

### **2.1.9. Variedades de cacao cultivadas en Guatemala.**

**Criollo.** El cacao cultivado originalmente por los mayas y Aztecas, es probablemente el criollo actual con las siguientes características; mazorcas cilíndricas con 10 surcos profundos simples en 5 pares, cáscara (pericarpio) verrugosa, delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio, con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en 5 ángulos, rectas o recurvadas. El color de la mazorca puede variar del verde al rojo. Semillas blancas o generalmente pigmentadas, cilíndricas u ovales. Las poblaciones de criollo se subdividen en criollo Centroamericano y criollo Sudamericano (AGEXPRONT, 2000).

**Forastero.** Se ha caracterizado a los forasteros por tener mazorcas ovoides, amelonadas, con 10 surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas, con una capa lignificada en el centro del pericarpio y los 2 extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base. Las mazorcas son en general verdes, con tonos blanquecinos o rosados tenues, en algunas poblaciones. Semillas de color morado, triangulares en corte transversal, aplanadas y pequeñas. Los árboles son más vigorosos, follaje más grande e intenso y más tolerante a enfermedades que los criollos.

Las flores tienen estaminoides y líneas guías de los pétalos morados; en este grupo se encuentran las subdivisiones angoleta, amelonado y calabacillo. Es cultivada en la región baja del Amazonas en Brasil, Venezuela y Guyanas (AGEXPRONT, 2000).

**Trinitario.** Constituyen las poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y forasteros, tienen características de mazorcas y semillas casi similares en la mayor parte intermedia a los dos grupos que le dieron origen (INTECAP, 1981)

## **2.2. Enfermedad de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.).**

### **2.2.1. Importancia de la enfermedad.**

La especie con mayor incidencia y más ampliamente diseminada en el mundo es *P. palmivora* responsable del 20 a 30% de pérdidas anuales de la producción mundial del grano y aproximadamente 10% de muerte de árboles (Guest, 2007).

Otra especie del mismo género es *P. parasítica*, presente tanto en el continente africano como en Latinoamérica. Además, en Latinoamérica existen otras especies de *Phytophthora* que causan la enfermedad de mazorca negra, tales como *P. citrophthora*, *P. capsici* y otras especies sin identificar (Hebbar, 2007).

Esta es la enfermedad más importante del cacao en todas las áreas cacaoteras del mundo; causada por un pseudohongo del complejo *Phytophthora*, puede atacar plántulas y diferentes partes del árbol de cacao, como cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces, el principal daño en las mazorcas. Se estima que las pérdidas causadas por este organismo a nivel mundial son del 10 al 30 por ciento. Es considerada la enfermedad más importante en un 80 por ciento de los países productores de cacao (Porrás & Sanchez., 1991).

### 2.2.2. Origen y distribución de *P. palmivora*.

La enfermedad llamada mazorca o pudrición negra fue notificada desde 1727 en la isla Trinidad, en la actualidad se localiza en todas las regiones del mundo que cultivan cacao, estudios moleculares manifiestan que el origen de este pseudohongo *Phytophthora* spp. Se localiza en África (Porras & Sanchez., 1991).

El género *Phytophthora* se encuentra distribuido en todo el mundo predominando diferentes especies de acuerdo con la zona geográfica y el hospedero. En cacao se han reportado siete especies patógenas; *P. palmivora*, *P. megakarya*, *P. capsici*, *P. citrophthora*, *P. nicotianae* var. *P. parasítica*, *P. megasperma* y *P. Arecae* (ICA, 2012).

La especie con mayor incidencia y más ampliamente diseminada en el mundo es *P. Palmivora* responsable de 20% a 30% de pérdidas anuales de la producción mundial de grano y aproximadamente 10% de muerte de árboles. *P. heavae* probablemente está presente en América del Sur y Malasia. *P. megakarya* está presente solamente en África del Oeste (ICA, 2012)

Además, se han reportado infecciones en cacao por *P. nicotianae* en México. Otra especie del mismo género es *P. parasítica*, que incide tanto en el continente africano como en Latinoamérica. Además, en Latinoamérica existen otras especies de *Phytophthora* que causan la enfermedad de la mazorca negra, tales como *P. citrophthora* y *P. capsici* además de otras especies sin identificar. Actualmente, la mazorca negra es considerada como la enfermedad más común e incidente en el mundo (ICA, 2012).

### **2.2.3. Taxonomía de *Phytophthora palmivora* Butler.**

El agente causal de la enfermedad fue identificado en 1876 por Heinrich Antón De Bary como un “hongo inferior” en el reino fungí. Sin embargo, con la aparición y uso de técnicas microscópicas y bioquímicas actuales, se estableció que este grupo de microorganismos no están relacionados a los hongos verdaderos, y están relacionados con las algas, los hongos verdaderos poseen hifas septadas, los oomycetes las hifas son cenocíticas y tienen rutas metabólicas únicas que se diferencian de los hongos superiores (Griffith, 1992).

Actualmente la clasificación del patógeno es la siguiente:

Reino. Stramenopila

Phylum. Oomycota

Clase. Oomycetes

Orden. Pythiales

Familia. Pythiaceae

Género. *Phytophthora*

Especies: *P. citrophthora*, *P. palmivora*, *P. capsici*, *P. parasítica*, *P. megasperma*, *P. nicotina*.

(Luz, 2008).

### **2.2.4. Ciclo de la enfermedad.**

Conociendo el ciclo de vida de los organismos que causan estas enfermedades comprenderemos mejor cuándo y cómo controlarlas. La duración del ciclo de vida depende de la variedad del cacao y de las condiciones ambientales. El ciclo es más corto en climas calientes y húmedos que en climas frescos (Phillips & Cerda, 2009).

Ciclo de vida de la mazorca negra (11 días): Los frutos de distinta edad se infectan; 5 días después aparece y se desarrolla la mancha color café; Luego de 3 días, la mancha cubre todo el fruto y empieza a producir espora; Después de 3 días, el micelio cubre todo el fruto; El agua, las hormigas y otros insectos propagan las esporas (Phillips & Cerda, 2009).

*Phytophthora palmivora* tiene cuatro tipos de esporas que pueden causar infección directa o indirectamente: esporangios, zoosporas, clamidosporas y oosporas. Los esporangios son producidos sobre frutas infectadas, hojas, tallos o raíces, son capaces de germinar directamente sobre la superficie de la planta o en el suelo, ellos también pueden germinar para producir pequeñas zoosporas que nadan en el agua de los espacios del suelo o sobre la superficie de la planta en la película de agua líquida hasta que eventualmente entran en la planta (Vargo, 2006).

Los esporangios y zoosporas pueden ser diseminados por el salpique provocado por la lluvia, en aerosoles arrastrada por el viento y el agua del suelo. Delgadas paredes rodeando las clamidosporas son producidas por el micelio en forma aislada; ellas germinan bajo ciertas condiciones y forman esporangios. Oosporas son formadas cuando en el acoplamiento están presentes dos tipos de estructuras especializadas llamados anteridios y oogonio de compatibilidad complementaria: A1 y A2, esta es la fase sexual que potencia la capacidad patogénica de este organismo porque produce un descendiente genéticamente diferente, el cual podría ser capaz de vencer la resistencia del hospedero (Vargo, 2006).

El oomicete *Phytophthora* como parásito facultativo necesita una planta hospedera para mejor vivir, por lo tanto, clamidosporas y oosporas son estructuras de supervivencia importantes, ellas son capaces de vivir en el suelo o en el rastrojo en ausencia de plantas (Vargo, 2006).

Una diferencia bien caracterizada entre “*Phytophthora* spp. Y los hongos es la motilidad”, la cual tiene un rol de mucha importancia dentro de los patrones de dispersión.

El ciclo de vida de *Phytophthora* spp. Presenta dos tipos de reproducción asexual y sexual, que dependen de las condiciones ambientales predominando el “estado asexual, el cual inicia cuando la estructura vegetativa o esporangio germina en condiciones óptimas de humedad y temperatura de 15 a 38 °C liberando las zoosporas estas son estructuras o esporas móviles, de vida corta y poseen dos flagelos”, “uno anterior y otro posterior. El anterior es el responsable de mover la zoospora a través del agua hasta 1.5 cms, mientras que el flagelo posterior actúa como una hélice que le da la dirección a la célula” (Suarez & Aranzuzu, 2010).

#### **2.2.5. Síntomas y signos.**

Los síntomas varían según el lugar de la planta afectado: en plántulas de vivero es muy común la *Phytophthora palmivora*. Seca las hojas y el tallo, dando una apariencia inicial de quemazón. Se produce en ambientes húmedos cuando no hay suficiente aireación y cuando al momento del riego, se salpican partículas de suelo hacia el follaje (Alarcón, Arévalo, Díaz, Galindo, & Rosero, 2012).

En los frutos inicia sobre la cáscara de la mazorca con una mancha descolorida; sobre ella se desarrolla una coloración chocolate o negra, pero, a diferencia de la monilia, esta muestra unos límites bien definidos. Estas manchas se pueden localizar en los extremos o en el centro de la mazorca y las lecciones van de afuera hacia la parte interna del fruto, donde el daño es una pudrición acuosa. En mazorcas mayores de tres meses de edad, las infecciones inician en la punta o al final del pedúnculo que une a la mazorca. Los granos de las mazorcas enfermas permanecen sin daño por varios días, después de iniciar la infección en la cáscara (Alarcón, Arévalo, Díaz, Galindo, & Rosero, 2012).

El patógeno aparece sobre la superficie de la mazorca como una pelusa blanquecina, sobre la que se forma la masa de esporas. La mazorca finalmente se ennegrece y marchita y es colonizada por hongos secundarios. *P. palmivora* puede causar marchitez en pepinos y mazorcas jóvenes. En la raíz se presenta un necrosamiento (muerte de tejido), que da la apariencia de una mancha de color marrón. Cuando invade todo el perímetro radical, el resto de la raíz se seca afectando los vasos comunicantes y deja de absorber los nutrientes y el agua, causando la muerte del árbol (Alarcón, Arévalo, Díaz, Galindo, & Rosero, 2012).

En los troncos se caracteriza por el desarrollo de un área necrótica marrón en la corteza, a su alrededor. Cuando se raspa la superficie de la corteza afectada, el tejido expuesto se torna de acuoso a pegajoso y de un color opaco gris parduzco a un color rojizo claro. La necrosis no se extiende más allá de la capa del leño. Cuando el hongo le da la vuelta al tronco, causa la muerte total del árbol. Los cánceres en cojines florales resultan de la contaminación con herramientas de cosecha o por los insectos vectores (Alarcón, Arévalo, Díaz, Galindo, & Rosero, 2012).

El patógeno aparece sobre la superficie de la mazorca como una pelusa blanquecina, sobre la que se forma la masa de esporangios. La mazorca finalmente se ennegrece y marchita, y es colonizada por hongos secundarios, *P. palmivora* puede causar marchitez en mazorcas inmaduras o cerezas, pero es necesario distinguirla de la marchitez fisiológica relacionada con estrés por un excesivo número de frutos en el árbol (McMahon & Purwantara, 2004).

El patógeno ataca naturalmente tanto hojas muertas endurecidas como tejidos de tallos verdes jóvenes. A menudo *Phytophthora* sp. También afecta hojas maduras, aunque esto no se suele considerar como un problema serio. Las infecciones de las hojas y tallos fluorescentes puede conducir a la muerte del punto de crecimiento o de toda la planta en el caso de plántulas, ocasionando cánceres en la corteza cuando el patógeno se dispersa hacia un chupón.

Dado que las plántulas de cacao crecen muy rápido durante los primeros meses, las hojas jóvenes son muy susceptibles al ataque del patógeno (McMahon & Purwantara, 2004).

### **2.3. Investigaciones relacionadas al tema.**

Ponce (2015), evaluando el manejo de enfermedades en el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L., considerando parámetros epidemiológicos que permitan reducir el uso de fungicidas en Quevedo, Ecuador. Teniendo como objetivo principal evaluar una metodología para el manejo de enfermedades en cacao, considerando parámetros epidemiológicos de la enfermedad. A través de un diseño bloques completos al azar con arreglo factorial, con siete tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: fungicidas (Hidróxido de Cobre, Sulfato de Cobre Pentahidratado, Fosetil Aluminio), con dos modos de aplicación (calendario y preaviso), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de incidencia (número de mazorcas infectadas con enfermedad, número de Chereles Wilt, total de frutos enfermos), y componentes de rendimiento (peso fresco kg, datos económicos). Encontró que en la prueba de incidencia de los tratamientos fúngicos en el control de enfermedad en cacao *Theobroma cacao* L., *Moniliophthora* y *Phytophthora*, realizada a nivel de campo se pudo comprobar que los fungicidas presentaron acción controladora, realizando observaciones y tumba de mazorcas enfermas de forma semanal para disminuir la proliferación de la enfermedad. Los tratamientos (Fosetil-aluminio) y (Sulfato de Cobre) los cuales son productos sistémicos, mostraron un control similar al tratamiento con (Hidróxido de Cobre) quienes también controlaron *Monilia* y *Phytophthora*. Concluyendo que la mayor producción de frutos sanos de calidad se logró con el tratamiento Kocide (Hidróxido de Cobre), con un promedio de 120,99 kg, y con el modo de aplicación calendario se logró reducir el mayor grado de las enfermedades con 7.99 para *Monilia* y 1.87 para *Phytophthora*.



Sutuj (2009), en la evaluación de la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler, de 24 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en San Miguel Panán, Suchitepéquez. Teniendo como objetivo principal Caracterizar por medio de descriptores agromorfológicos, los materiales presentes en el Jardín Clonal del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, CATBUL y determinar la incidencia a la mazorca negra causada por *Phytophthora palmivora* Butler. El estudio fue tipo exploratorio-descriptivo, los descriptores de producción utilizados fueron índice de fruta, número total de semillas/fruto, número de fruto/árbol. Descriptor de semilla peso fresco de las semillas/fruto, peso seco de las semillas/fruto, color del cotiledón fresco. Descriptor del fruto longitud del fruto, diámetro del fruto, peso del fruto, peso de cáscara y ráquis del fruto, grosor de las paredes del fruto, rugosidad del mesocarpo, color del fruto, forma del fruto. Respecto a la evaluación de la incidencia de la mazorca negra *Phytophthora palmivora* Butler, descripción en campo, número de frutos removidos con mazorca negra/árbol, toma, traslado y manejo del material infectado por *Phytophthora*, determinación de la especie. Evaluando las variables: Caracterización agronómica se evaluaron 15 caracteres agromorfológicas, seleccionados a partir de la lista original de descriptores morfológicos propuestos por Engels parámetros cuantitativos y cualitativos relacionados con el fruto y la semilla, y evaluación de la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler. Encontró que los clones que se perfilan como los mejores se agrupan en: ecuatorianos EET-48, EET95, EET-399, EET-96, EET-400 y EET-62, costarricenses UF-676 y UF-677, colombiano SPA-9 y trinitario ICS-6. Concluyendo que los materiales que presentan características agronómicas sobresalientes son los siguientes: grupo formado por los ecuatorianos: EET-48, EET-95, EET-400, EET-399, EET-96 y EET-62 el grupo de los costarricenses: UF-676 y UF-677; el colombiano: SPA-9 y el trinitario ICS-6.

Del Cid (2013), evaluando la caracterización de árboles de cacao *Theobroma cacao* L. considerados superiores, seleccionados a partir de las características de sus frutos, diagnóstico y servicios realizados en la Municipalidad de el Asintal, Retalhuleu. Teniendo como objetivo caracterizar por medio de descriptores morfológicos los frutos de árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) considerados superiores por los productores del municipio El Asintal, Retalhuleu. El estudio fue tipo exploratorio-descriptivo, el descriptor utilizado en las características agronómicas fue: caracterización morfológica del fruto, descriptor del fruto de cacao, descriptor de la semilla antes de la fermentación y secado, proceso de fermentación, proceso de secado, descriptor de la semilla después de la fermentación y secado. Evaluando las variables: componentes de rendimiento: índice de fruto refiriéndose al número de frutos que se requirieron para obtener un kilogramo de semilla seca, número de frutos por árbol, kilogramos de semilla seca por árbol y por área para un periodo de ocho meses. Encontró que de los 21 árboles superiores que presentaron fructificación se seleccionaron los que presentaron las mejores características agronómicas. Árbol superior B1, este árbol es del tipo trinitario. Árbol superior B2, es del tipo trinitario. Árbol superior B4, es del tipo trinitario. Árbol superior D1, es del tipo trinitario. Árbol superior D2, es del tipo trinitario. Árbol superior D5, este árbol es del tipo trinitario. Concluyendo que se diferenciaron cuatro grupos de los árboles estudiados, de los cuales el grupo uno y dos conforman los seis mejores árboles B1, B2, B4, D1, D2 y D5. Por su peso mayor de fruto de 625 g, número de semillas por fruto mayor de 40, índice de fruto menor a 16 e índice de semilla mayor de 1.71 gramos.

Martínez (1990), evaluando el diagnóstico de la producción, consumo análisis, y perspectivas del sistema productivo cacao en Guatemala. Teniendo como objetivo principal diagnosticar la situación actual y comportamiento pasado del sistema productivo – cacao en Guatemala como base prospectiva para la discusión de alternativas de desarrollo. El estudio fue tipo exploratorio-descriptivo a través de la consideración de tres marcos de estudio.

Determinó el estudio de diagnóstico, dos generales el histórico y cualitativo, y uno específico corresponde al estudio cuantitativo. Evaluando las variables: marco histórico origen histórico del cultivo, participación del cacao en la economía nacional durante los siglos de XVI al XIX. Marco cualitativo participación del cacao en la economía nacional durante el periodo de 1958 a 1988, participación de la producción nacional de cacao en el mercado internacional, estructura y funcionamiento del sistema. Marco cuantitativo cuantificación de la producción en las regiones productoras de Guatemala, hojas básicas de producción, superficie y rendimiento durante el periodo de 1958 a 1988, tendencias de la producción, superficie y rendimiento durante el periodo de 1958 a 1988. Encontró que no ocurrirán cambios relevantes en el sistema a corto y mediano plazo, la producción neta de cacao en grano se mantendrá en el rango de las 2213 tm en el corto plazo y en el mediano se incrementará a 3076 tm o sea a una tasa de crecimiento del 6% anual. Concluyendo que la participación del sistema productivo cacao con la economía nacional se ha manifestado en el tiempo de una manera insignificante en comparación a otros sistemas productivos de importancia económica oscilando su participación en el total de las exportaciones del país de 0.10% a 2.0%.

Arriola (2011), evaluando el diagnóstico patológico y molecular de *Phytophthora palmivora* Butler aislada de frutos de cacao *Theobroma cacao* L., procedentes de las regiones cacaoteras de Guatemala en Guatemala. Teniendo como principal objetivo establecer por medio de un diagnóstico morfológico y molecular la presencia de *Phytophthora palmivora* Butler aislada de frutos de cacao *Theobroma cacao* L. con síntomas de podredumbre negra. El estudio fue tipo exploratorio-descriptivo, a través de trabajo de campo: toma de muestra, obtención de la muestra, manejo de la muestra, trabajo de laboratorio: preparación de la muestra, lavado de la muestra, aislamiento de *Phytophthora palmivora* Butler., cámara húmeda, aislamiento en medio de cultivo selectivo, re-asilamiento de la colonia, diagnóstico molecular extracción de ADN.

Amplificación por PCR, electroforesis preparación del gel de agarosa, colocación de las muestras. Ensayo prueba de patogenicidad inoculación de *Phytophthora palmivora* B. en material sano. Encontró los aislamientos conservados en medio rico en nutrientes (PDA) dieron como resultado un crecimiento miceliar con aspecto semipetaloide. En el microscopio se observaron esporangios de tamaño variable, caducos, ovoides y papilados, se observaron clamidiosporas, globosas intercaladas con el micelio. No se observaron oogonios ni oosporas. Por dichas características, se determinó que los aislados pertenecían a *Phytophthora palmivora* B. Concluyendo que el patógeno aislado en los treinta y tres sitios de muestreo a partir de frutos enfermos corresponde a la especie *Phytophthora palmivora* Butler. La diversidad genética del patógeno en estudio es elevada, mostrando alta variabilidad incluso entre los aislados de los mismos puntos de muestreo.

Garrido (1981), evaluando tres fungicidas y prácticas culturales para el control de la pudrición negra de la mazorca del cacao *Phytophthora palmivora* en Mazatenango, Suchitepéquez. Teniendo como principal objetivo controlar el patógeno causante de la pudrición negra de las mazorcas del cacao. A través de un diseño bloques al azar con 18 tratamientos y 3 repeticiones, sin embargo, para el análisis estadístico de los resultados obtenidos se utilizó el análisis de varianza para bloques al azar y el análisis de varianza para bloques al azar con estructura factorial. Siendo los tratamientos Caldo Bordelés con las dosis: (3.75, 6.25, 8.75) kg/ha. Tri-Miltox-Forte con las dosis: (0.50, 1.13, 1.75) kg/ha. Cupravit Forte con las dosis (2.37, 3.96, 5.54) kg/ha. Siendo importante hay que mencionar que cada uno de los tratamientos descritos conto además con prácticas culturales. Evaluando la variable de respuesta: porcentaje de mazorcas sanas. Encontrando que entre los productos Cupravit Forte y Caldo Bordelés, no hubo diferencias significativas pero que ambos son más efectivos que el Tri-Miltox-Forte, en todos los tratamientos de Cupravit Forte existió la enfermedad en un promedio de 5.87%.

Lo que no ocurrió en los tratamientos de Caldo Bordelés, en el que existió un porcentaje de 8.1%, e incluso hubo un tratamiento con 0% de aparición de la enfermedad. Concluyendo que el mejor tratamiento de acuerdo con su análisis económico y a su efectividad fue el compuesto por Cupravit Forte a una dosis de 2.37 kg/ha y a una frecuencia de aplicación de 15 días.

López (1987), evaluando el grado de resistencia a la pudrición negra del cacao *Phytophthora palmivora* Butler; en diez clones de la selección Guatemala, en Santa Cruz Muluá, Retalhuleu. Teniendo como principal objetivo determinar la resistencia de los frutos en 10 clones de cacao de la selección Guatemala a *Phytophthora palmivora* Butler. Para el estudio se utilizaron 10 clones de los 31 existentes en Guatemala tomándose 10 árboles por clon y de cada árbol se consideraron 5 frutos de 4 meses de edad que sumaron un total de 500 mazorcas de cacao. A través de un diseño completamente al azar, con submuestreo, diez tratamientos, diez repeticiones y cinco submuestras, siendo los tratamientos: Clones evaluados (SGU-2, SGU-4, SGU-20, SGU-53, SGU-60, SGU-67, SGU-68, SGU-72, SGU-73, SGU-85). Evaluando las variables: porcentaje de área necrosada por *Phytophthora palmivora* Butler, en los frutos, área del fruto necrosado después de la inoculación. Encontró que existe similitud en la susceptibilidad entre clones, que tradicionalmente habían sido considerados resistentes en el campo. Según los registros de la estación, lo que se atribuye al proceso de infección artificial a que fueron sometidos ya que todas las mazorcas de los clones estuvieron en condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la infección y con concentraciones de inóculo suficiente. Concluyendo que los frutos del clon SGU-68, fueron los menos afectados hasta los 17 días después de la inoculación artificial. Los frutos de los clones SGU-72 y SGU-85 fueron los menos afectados hasta los 15 días después de la inoculación.

Guzmán (1984), evaluando medidas de combate de la pudrición negra (*Phytophthora palmivora* Butl) de la mazorca del cacao (*Theobroma cacao* L.) en San Miguel Panán, Suchitepéquez. Teniendo como principal objetivo el de determinar el efecto de los diferentes métodos de combate de la pudrición negra de la mazorca de cacao *Phytophthora palmivora* Butler sobre el rendimiento. Utilizando un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y tres repeticiones, siendo los tratamientos: eliminación de mazorcas dañadas cada ocho días, eliminación de mazorcas dañadas cada quince días, aplicación de fungicida cúprico aplicando una dosis de 3.1 kg/ha cada quince días, eliminación de mazorcas dañadas cada ocho días más la aplicación de fungicida cúprico aplicando una dosis de 3.1 kg/ha cada quince días, eliminación de mazorcas dañadas y aplicación de fungicida cúprico aplicando una dosis de 3.1 kg/ha cada quince días y un testigo. Evaluando las variables: componentes fisiológicas número de mazorcas sanas por unidad experimental, número de mazorcas enfermas por unidad experimental, componentes de rendimiento: rendimiento de cacao de primera en kg/ha, rendimiento de cacao producto de mazorcas enfermas en kg/ha. Componente económica: costo de combate para cada uno de los métodos en estudio. Encontró que los tratamientos 4, 1 y 5 superan al testigo en 68, 43 y 18% respectivamente en lo que a cantidad de mazorcas sanas se refiere. Con respecto al rendimiento de cacao de primera el análisis de varianza mostro diferencia altamente significativa entre tratamientos, habiéndose obtenido el mejor rendimiento en el tratamiento 4 este tratamiento supero al testigo en cuanto a rendimiento de cacao seco en un 74%. Concluyendo que el tratamiento cuatro resulto ser el que dio un mayor número de mazorcas sanas y como consecuencia un mayor rendimiento en cacao seco, entre los otros tratamientos en estudio no existe diferencia desde el punto de vista estadístico.

Ruiz (2017), evaluando el efecto de *Trichoderma harzianum*, para el control de *Moniliophthora roreri* en cacao en El Tumbador, San Marcos. Teniendo como principal objetivo evaluar *Trichoderma harzianum* para el control de *Moniliophthora roreri* en cacao bajo condiciones de campo. Mediante un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, siendo los tratamientos. Dosis de *Trichoderma harzianum* (150 gr/ha,  $1.5 \times 10^{14}$  UFC/ha), (300 gr/ha,  $3.0 \times 10^{14}$  UFC/ha), (450 gr/ha,  $4.5 \times 10^{14}$  UFC/ha), (600 gr/ha,  $6.0 \times 10^{14}$  UFC/ha), con una frecuencia de aplicación de 15 días. Evaluando las variables componentes de incidencia (porcentaje de severidad, porcentaje de incidencia). Componentes de rendimiento (número de frutos por planta, rendimiento en kg/ha). Encontró que por medio de la prueba de Tukey, el tratamiento donde se utilizó 459 gr con  $4.5 \times 10^{14}$  UFC/ha del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* para el control de *Moniliophthora roreri* tuvo un rendimiento medio de 1075.50 kg/ha, el tratamiento donde se utilizó 600 gr con  $6.5 \times 10^{14}$  UFC/ha del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* estadísticamente se ubicó como el segundo tratamiento que permitió obtener rendimientos medios de 987.5 kg/ha. Concluyendo que los mejores rendimientos de semilla de cacao se obtuvieron con el tratamiento donde se utilizó 459 gr con  $4.5 \times 10^{14}$  UFC/ha del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* para el control de *Moniliophthora roreri* tuvo un rendimiento medio de 1075.50 kg/ha, por lo que estadísticamente fue el mejor tratamiento para el control del patógeno permitiendo obtener el mayor rendimiento.

Ramírez (2010), evaluando el manejo de podas para el mejoramiento de la productividad del cacao (*Theobroma cacao*, Esterculiácea), en la comunidad de Seseb del municipio de San Agustín Lanquín, Alta Verapaz. Teniendo como objetivo principal documentar las experiencias sobre el manejo de podas para el mejoramiento de la productividad en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*).

El estudio fue tipo exploratorio-descriptivo, mediante un eje de sistematización: identificación de los actores o agentes involucrados en las experiencias, actores directos, actores indirectos, recopilar y ordenar información disponible, organización del programa de entrevista, organizar y ordenar la información recabada en las entrevistas, taller de validación grupal. Evaluando las variables: económicas, costos de aplicación y mantenimiento de podas en sus diferentes etapas, ingresos recibidos por concepto de incremento en la producción, relación beneficio/costo que implica la actividad integral del manejo. Sociales, generación de fuente de empleo por mano de obra utilizada de forma temporal, para las actividades que incluye el manejo de podas, capacitación local para el manejo de podas. Agronómicas, Modalidades de podas aplicadas a las plantaciones. Encontró que la producción promedio se encontraba alrededor de los 230 kg/ha con un precio de venta de Q 7.70/kg haciendo un ingreso bruto de Q 1, 771.00/ha y una pérdida de Q 379.00/ha todas las actividades las realizaba el propietario de la parcela y éste no le daba un valor a su mano de obra por lo que no se percataba que tenía pérdidas. Concluyendo que los productores incrementaron su producción en un 318 % con la implementación de técnicas de manejo de podas, porque en la situación inicial producían 230 kg/ha y en la actualidad producen 731.82 kg/ha, al observar el incremento de la producción del cultivo y la obtención de mejores ingresos los productores aumentaron su área de producción de 7.18 hectáreas a 25.00 hectáreas.

Paredes (2016), evaluando el manejo fitosanitario del cultivo de cacao nacional y el rendimiento del mismo, en la asociación kallari en Ambato, Ecuador. Teniendo como principal objetivo evaluar el manejo fitosanitario del cultivo de cacao nacional y su rendimiento en la Asociación Kallari. Mediante un diseño bloques completos al azar, con 5 tratamientos, y con tres repeticiones. Siendo los tratamientos La recolección de mazorcas enfermas cada 15 días, la aplicación de tricomplex (biofungicida nano bioquímico, LS) en dosis de 2 cc/l de agua, cada 15 días.



La aplicación de polisulfuro de calcio (PSC) al 10% de concentración, cada 15 días, la aplicación advance (sulfato de cobre pentahidratado) en dosis de 1.25 cc/l de agua, cada 15 días, testigo absoluto (poda de mantenimiento). Evaluando las variables, variable independiente: manejo fitosanitario preventivo de moniliasis (*Moniliophthora roreri*). Variables dependientes: Incidencia, severidad y rendimiento. Encontró que en la prueba de significación de Tukey al 5%, para el factor tratamientos en la evaluación del número de frutos sanos de cacao en la segunda cosecha, se reporta el menor número de frutos sanos en el testigo absoluto, el cual ocupa el primer rango de la prueba con una media de 0.00 frutos sanos cosechados. El mayor número de frutos sanos cosechados se observa en el tratamiento con advance que ocupa el último rango de la prueba con una media de 2.33 frutos de cacao cosechados. Concluyendo que el tratamiento que mayor rendimiento reporta es el de la aplicación de advance en dosis de 1.25 cc por litro de agua aplicado cada 15 días, con un rendimiento de 312.18 kg/ha, frente a 148.6 kg/ha del testigo absoluto en los 7 meses.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La principal actividad económica en el municipio de Ayutla es la agricultura, tomando importancia el cultivo de cacao. Sin embargo, como en todo cultivo, la incidencia de enfermedades es la principal causa de pérdidas en rendimiento y calidad de la producción, siendo la mazorca negra la enfermedad más importante que afecta este cultivo. Esta enfermedad es causada por hongos del complejo *Phytophthora palmivora* Butler, que según Anacacao, tiene una incidencia en la zona, registrándose de la siguiente manera en alturas de 50 a 600 msnm, con un 20%, en alturas de 600 a los 800 msnm, con un 40% y a mayor altura hasta de un 60% de incidencia, esto debido a las variaciones de humedad y precipitación.

En este sentido, es importante encontrar alternativas para el control de esta enfermedad, derivado que la incidencia en los últimos años ha ido en incremento, ocasionando daños al fruto particularmente los cercanos a la madurez, internamente causa la pudrición del grano. La enfermedad es responsable inclusive de la pérdida total de plantaciones. Actualmente el control es cultural mediante el manejo de tejidos, manejo de sombra y la eliminación de tejidos infectados con el hongo, además de aplicaciones químicas (Fosetil Aluminio, 131 g de ia/ha), pero solo reducen un 15% de la infección, de acuerdo a estudios realizados por Anacacao, también se registran reducciones en la producción del grano en un 10 % al eliminar mazorcas y tejidos productivos infectados con el hongo.

En esta investigación se evaluaron programas fitosanitarios para reducir los daños ocasionados por *Phytophthora palmivora* Butler, para contribuir con la agricultura nacional con conocimientos que mejoren la productividad del cultivo de cacao, promoviendo la sostenibilidad del cultivo mediante la producción de mazorcas de excelente calidad, aumentando de esta manera los rendimientos de kilos por hectárea con un manejo agronómico adecuado y con costos de producción competitivos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. General

Evaluar el efecto de programas fitosanitarios en el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao en Ayutla, San Marcos.

### 4.2 Específicos

- Evaluar la incidencia de la enfermedad mazorca negra en frutos del cultivo de cacao.
- Evaluar la severidad de la enfermedad mazorca negra en frutos del cultivo de cacao.
- Evaluar la eficacia de los programas fitosanitarios en el control de la enfermedad mazorca negra en frutos del cultivo de cacao.
- Evaluar los componentes de rendimiento en el cultivo de cacao kg/ha.
- Determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1 Hipótesis alternativa

- Al menos uno de los programas fitosanitarios presentará menor incidencia de la enfermedad mazorca negra en frutos del cultivo de cacao.
- Al menos uno de los programas fitosanitarios presentará menor severidad de la enfermedad mazorca negra en frutos del cultivo de cacao.
- Al menos uno de los programas fitosanitarios a evaluar mostrará eficacia en el control de la enfermedad mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao.
- Al menos uno de los tratamientos mostrará mejor rendimiento en el cultivo de cacao.
- Alguno de los programas a evaluar será factible, según el análisis de rentabilidad.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Localización.

El municipio de Ayutla se encuentra ubicado en la parte suroeste del departamento de San Marcos, en la Región VI o región Sur Occidental. Se localiza en la latitud Norte  $14^{\circ}40'39''$  y en la longitud Oeste  $92^{\circ}08'26''$ . Se encuentra a una altura de 24 a 35 msnm. Por esta altitud tiene un clima cálido seco en la parte sur y cálido húmedo en la parte norte (Segeplan, 2010).

Distancia a 85 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y se encuentra a 251 kilómetros de la ciudad Capital de Guatemala por la carretera CA-2 ó del pacifico y esta continúa hasta la Frontera de El Carmen del municipio de Malacatán. De la Ciudad de Tecún Umán hasta el municipio de Ocos (Segeplan, 2010).

Simmons y colaboradores en el año de 1959 consignaron que las series de suelos presentes en el municipio de Ayutla son Ixtan (Ix), Retalhuleu (Re), Suelos Aluviales (Sa), y Tiquisate Franco Arenoso (Segeplan, 2010)

Según la división fisiográfica, para el Territorio de Ayutla los mismos se ubican en las clases I, II y IV (Segeplan, 2010).

Bosque húmedo subtropical (cálido) sur, que tiene las siguientes características: generalmente poseen una topografía suave, un patrón de lluvias que van de 1,200 a 2,000 mm, con una biotemperatura de 27 grados centígrados y una evapotranspiración de 0.95. Las especies indicadoras con: Castaño (*Sterculia apetala*), Palo de hormigo (*Platymiscium dimorohandrum*), Mora (*Maclura tinctoria*). El uso apropiado es el de fitocultivos y ganadería por tener suelos fértiles, profundos y bien drenados. También sirven para el cultivo de algodón y la crianza y engorde de ganado bovino (Segeplan, 2010).

Bosque muy húmedo subtropical (cálido) y sur (bmh-s c); esta zona se caracteriza por tener un relieve plano a accidentado, respecto al clima son variables por influencia de los vientos. El régimen de lluvias es de mayor duración. Las plantas indicadoras son: *Scheela preusii*, *Terminalia oblonga*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Sickingia salvadorensis*, *Triplaris melaenodendrum*, *Cubistax donnell-smithii*, *Andira inermis*. Por tener los mejores suelos del país, se puede dedicar a fitocultivos; entre los principales están: la caña de azúcar, banano, café, hule, cacao, cítricos, maíz, frijol, arroz, citronela y ganadería. El uso alternativo que se les puede dar es manejo sostenido de bosques (Segeplan, 2010).

De acuerdo con la clasificación del clima de Thornthwait el municipio de Ayutla presenta un clima cálido la temperatura media anual es de 15 °C, con variaciones de 10 a 24.2 °C y más de 128 días de calor. La precipitación pluvial promedio es de 1217 mm con máximas de 4183 mm y 64 a 127 días de lluvia (Segeplan, 2010).

## **6.2. Material experimental**

### **6.2.1. Cacao.**

El cacao o cacaotal es un árbol tropical conocido científicamente como *Theobroma cacao* L. y el nombre procede del griego “Theos” que significa “Dios” y “broma” que significa “alimento”. Este nombre fue acuñado por el botánico Linneo en referencia a la importancia que esta planta tenía para los nativos americanos (Botanical., 2010.).

Además, es la única especie del género *Theobroma* sp. que se explota comercialmente en grandes extensiones, registrando en la actualidad una amplia distribución mundial, a través de programas de desarrollo directamente influenciados por factores vinculados al mercado y por los intereses de productores, comerciantes, industriales y consumidores (Botanical., 2010.).

### 6.2.2. *Fungicidas*

**Bacillus subtilis cepa QST 713.** Plaguicida microbiano, es una bacteria en forma de bastón, gram positiva, aeróbica, móvil (flagelos peritricosos), ubicuo en la naturaleza. Se encuentra comúnmente en diversos nichos ecológicos, entre ellos el suelo, agua y aire. Esta cepa se caracteriza porque también puede producir una endospora que le permite soportar condiciones ambientales extremas (por ejemplo, el calor o la sequía). La cepa QST 713 de *Bacillus subtilis* es antagonista de muchos hongos patógenos causantes de enfermedades en las plantas. Este antagonismo se puede lograr de varias maneras incluyendo la competencia de nutrientes, la exclusión de sitios, la colonización, y el acoplamiento de las bacterias al hongo patógeno. Proporciona más de 30 lipopéptidos agrupados en tres grupos que trabajan sinérgicamente para destruir los patógenos causantes de enfermedades en las plantas: detienen la germinación de esporas dañinas, interrumpiendo el crecimiento de los tubos germinales y del micelio, inhiben la unión del patógeno a la hoja de la planta creando una zona que restringe el crecimiento y desarrollo de la enfermedad (De Liñán, 2015).

**Bacillus pumilus raza QST 2808.** Es un fungicida de contacto con poder preventivo y prolongado período de residualidad. Los amino azúcares antifúngicos presentes en el producto compiten por la enzima que forma glucosa para construir las paredes celulares, que resulta en la inhibición de la formación del tubo germinativo, inhibición de la formación de una nueva pared celular, destrucción de la integridad celular y muerte de la célula patógena (De Liñán, 2015).



**Dimethomorph/ametoctradin.** Ametoctradin lleva rápidamente a la desintegración de las zoosporas inhibiendo la liberación de las esporas y su germinación, interrumpiendo el ciclo reproductivo del patógeno. Dimethomorph es un fungicida que actúa específicamente sobre oomicetos y ofrece una gran actividad protectante y antiesporulante y curativa en el control de mildew en el cultivo de rosas, así como en el tizón o gota en varios cultivos como, vid, melones, papas, tomates y cebollas. Dimethomorph posee acción sistémica local, con penetración sistémica translaminar y protección prolongada. Su acción antiesporulante reduce significativamente el potencial de re-infección. Al combinar dos ingredientes activos con dos mecanismos de acción diferentes, tiene gran efecto preventivo-curativo temprano y es ideal para el manejo antirresistencia (De Liñán, 2015).

**Oxathiapiprolin/famoxadone.** Oxathiapiprolin actúa mediante la inhibición de una proteína de unión al oxisterol, con efecto residual y con movimiento sistémico acrópeto (movimiento ascendente) dentro de los tejidos de las plantas tratadas. Debido a su capacidad sistémica ascendente, protege también a los nuevos brotes en el intervalo de aplicación en que se utiliza y por esta razón, se recomienda principalmente en el periodo de mayor crecimiento vegetativo de los cultivos. Famoxadone se caracteriza por su actividad biológica residual a dosis bajas y por su acción traslaminar, especialmente contra oomicetos del orden Peronosporales y algunos patógenos pertenecientes a las clases Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos, inhibe el transporte de electrones entre el citocromo b y el citocromo c1 en las mitocondrias (De Liñán, 2015).

**Propamocarb HCl/Fluopicolide.** Este fungicida consistente en la mezcla de fluopicolide, fungicida sistémico (vía xilema, de forma acrópeta) perteneciente al grupo de los acylpicolides, con acción translaminar, curativa y con función antiesporulante, con propamocarb, fungicida sistémico perteneciente al grupo químico de los carbamatos, interfiere en la síntesis de fosfolípidos y los ácidos grasos, interrumpiendo así la formación de la pared celular del hongo (De Liñán, 2015).

**Mandipropamid.** Este fungicida previene la germinación de las esporas, inhibe el crecimiento del micelio y la esporulación, con efecto LOK&FLO (fijar y fluir), resistente al lavado y con efecto translaminar (De Liñán, 2015).

### **6.3 Factores estudiados**

Se evaluó el efecto de seis programas fitosanitarios sobre la incidencia y severidad de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.), en el cultivo de cacao.

### **6.4 Descripción de los tratamientos**

En la tabla 2 se representa cada uno de los tratamientos desarrollados durante la evaluación.

**Tabla 2.**

*Tratamientos que se evaluaron para el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao. Ayutla, San Marcos, 2,019.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	<i>Bacillus subtilis</i> cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), <i>Bacillus pumilus</i> raza QST 2808 (2 lt/ha, 10 cc/l de agua).
<b>T2</b>	<i>Bacillus pumilus</i> raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), <i>Bacillus subtilis</i> cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/l de agua).
<b>T3</b>	Dimethomorph/ametoctradin/ (1 l/ha, 5 cc/l de agua), Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua).
<b>T4</b>	Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/l de agua).
<b>T5</b>	Propamocarb HCl/fluopicolide (1.5 l/ha, 7.5 cc/l de agua), Mandipropamid (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua).
<b>T6</b>	Mandipropamid (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua), Propamocarb HCl/Fluopicolide (1.5 l/ha, 7.5 cc/l de agua).
<b>T7</b>	Testigo absoluto

### **6.5. Diseño experimental.**

Se utilizó un diseño experimental bloques completos al azar, este diseño experimental es el más utilizado en experimentación agrícola. Se usa cuando en el lugar donde se desarrollará la investigación se identifica con una gradiente de variabilidad definida en un solo sentir. El área para establecer el experimento se divide en bloques homogéneos, buscando que las unidades experimentales dentro de cada bloque sean lo más homogéneas posibles. Cada bloque se divide en tantas unidades experimentales como tratamientos existan.

Los tratamientos se asignan al azar a las unidades experimentales de cada bloque, los bloques se colocan de forma perpendicular a la gradiente de variabilidad, en cada bloque cada tratamiento debe de parecer una sola vez; es recomendable colocar el largo de la unidad experimental paralelo a la gradiente de variabilidad. Las ventajas de este diseño son: resultados más exactos debido a que el diseño experimental de bloques al azar, puede incluirse cualquier número de tratamientos hasta donde se pueda establecer bloques relativamente homogéneos; si se pierden unidades experimentales (hasta tres), estas se encuentran por el procedimiento de datos faltantes y el análisis estadístico no se complica. En el caso que se pierda un tratamiento el análisis estadístico se puede realizar con un tratamiento menos si se pierde un bloque, el análisis estadístico se realizara con una repetición menos (Sitún, 2007).

## 6.6. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

$\mu$  = Media general de la variable de respuesta.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

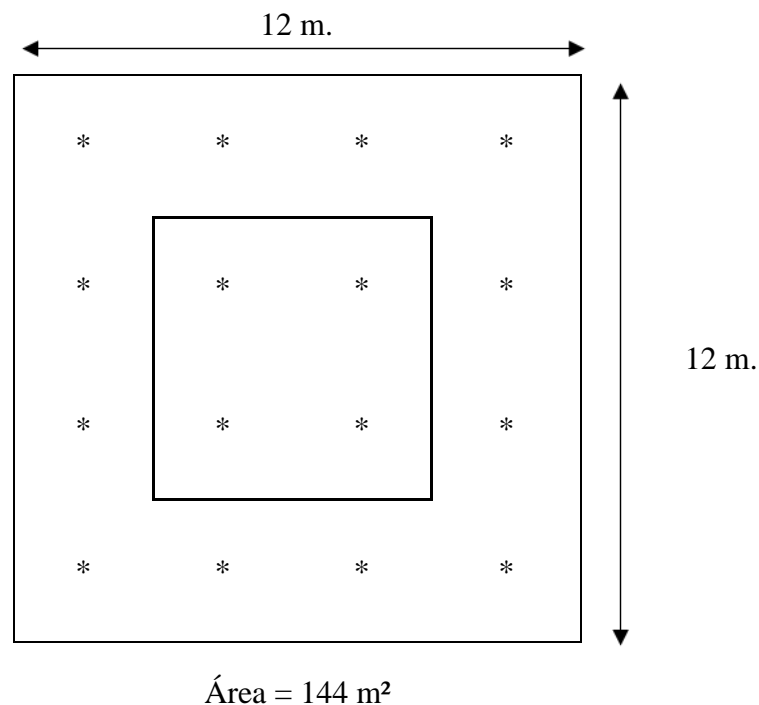
## 6.7. Unidad experimental.

### 6.7.1. Área del experimento.

El área total que se utilizó en la investigación fue 7,920 m<sup>2</sup>, la zona experimental tiene un largo de 120 m y de ancho 66 m, se dejó un distanciamiento de 6 metros, entre cada repetición y entre cada tratamiento. En total se contemplaron 448 plantas, el distanciamiento en el cual se encuentra establecida la plantación en donde se desarrolló el experimento es de 3.0 m de largo y 3.0 m ancho.

### 6.7.2. Parcela bruta.

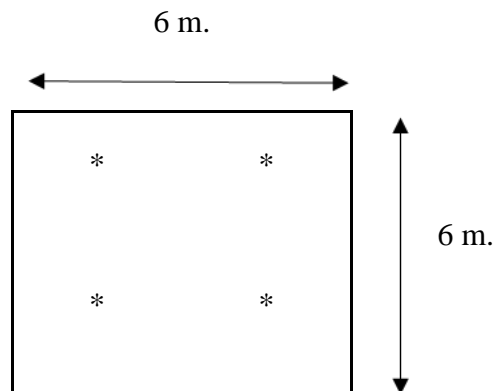
En la figura 1 se detallan las dimensiones y el área de la parcela bruta, en dicha parcela se tomó en cuenta el efecto de borde entre cada uno de los tratamientos, el área que conformo cada parcela bruta fue 144 m<sup>2</sup>. Cada una tuvo un largo de 12 m, y de ancho 12 m. Representándose 4 surcos y 4 plantas/surco, para hacer un total de 16 plantas por parcela bruta.



*Figura 1.* Croquis de parcela bruta, evaluación de programas fitosanitarios sobre el control de la mazorca negra, en el cultivo de cacao: Ayutla, San Marcos.

### **6.7.3. Parcela neta.**

En la figura 2 se representa la parcela neta, identificando sus dimensiones y su área, el área que comprendió la parcela neta fue  $36 \text{ m}^2$ , teniendo un largo de  $6.0 \text{ m}$ , y un ancho de  $6.0 \text{ m}$ , en el área se encuentran 2 surcos y 2 plantas por surco para formar un total de 4 plantas, con un distanciamiento de  $3.0 \text{ m}$ , entre planta y  $3.0 \text{ m}$ , entre surco.

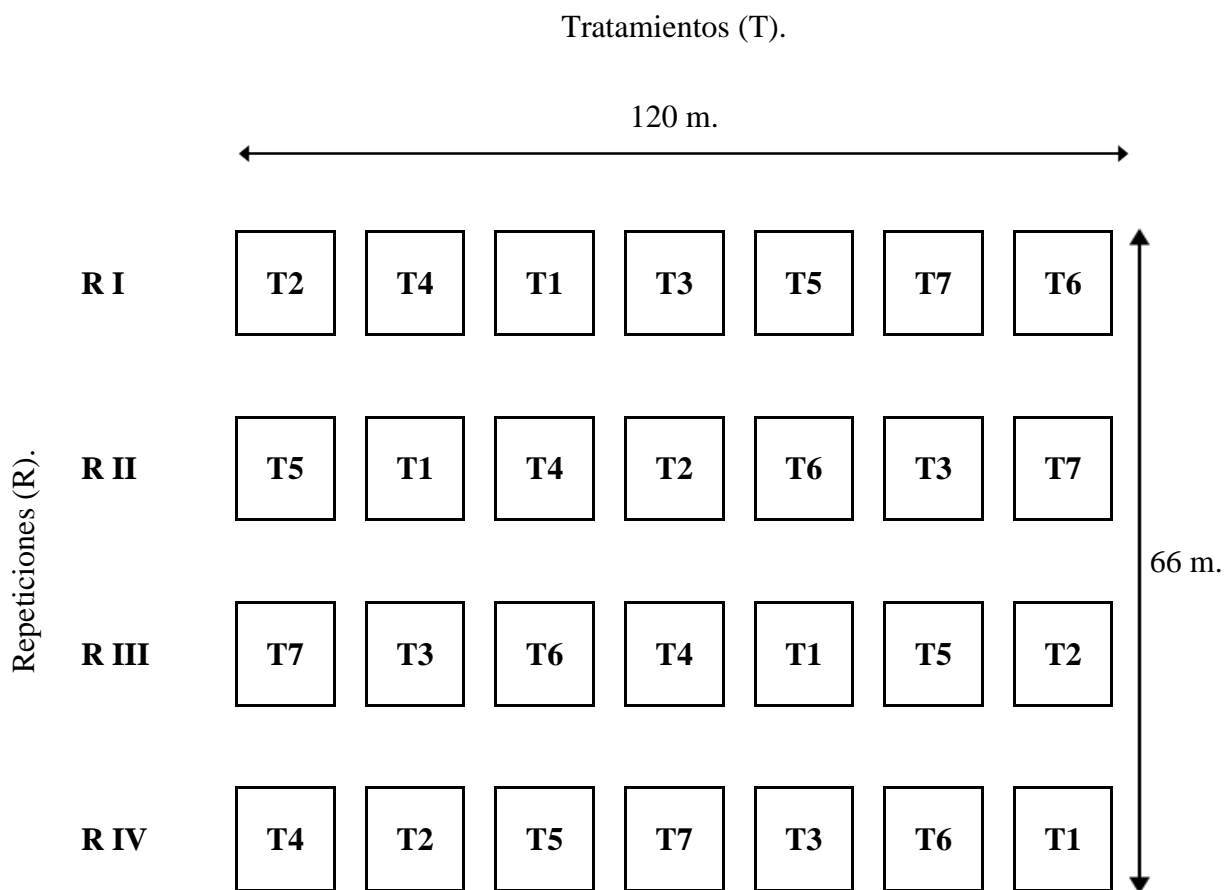


$$\text{Área} = 36 \text{ m}^2$$

*Figura 2.* Croquis de parcela neta, evaluación de programas fitosanitarios sobre el control de la mazorca negra, en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos.

### 6.8. Croquis de campo.

En la figura 3 se aprecia la distribución de los tratamientos que tuvieron en el campo.



*Figura 3.* Croquis de campo, evaluación de programas fitosanitarios sobre el control de la mazorca negra, en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos.

## **6.9. Manejo del experimento.**

### **6.9.1. Delimitación del área experimental.**

Se realizaron las mediciones del área y se identificaron cada una de las unidades experimentales, la parcela bruta estuvo conformada por 16 árboles y la parcela neta estuvo constituida por 4 árboles, la plantación está establecida a un distanciamiento de 3 x 3 m. Se trabajó en una plantación establecida con una edad de 3 años.

### **6.9.2. Fertilización.**

La fertilización en la plantación se realizó con un fertilizante orgánico el cual es un compost de broza, gallinaza, restos de cosecha. Se realizaron dos aplicaciones de fertilizante durante el año con un intervalo entre cada aplicación de seis meses, la dosis que se utilizó es de 5 libras por árbol, 2,525 kg/ha, por aplicación.

### **6.9.3. Control de malezas.**

Debido a la sombra que generan los árboles de cacao y la sombra habilitada sobre la plantación la incidencia de malezas fue baja, se efectuó un chapeo durante el tiempo que duro la ejecución, esta labor se realizó manualmente utilizando machetes.

### **6.9.4. Podas.**

Las podas que se practicaron fueron de mantenimiento realizando dos en el año, la primera se realizó en el mes de junio y la segunda en el mes de octubre el objetivo de estas podas fue eliminar los tejidos improductivos (chupones, brotes viejos y en direcciones indeseadas), promoviendo el desarrollo de nuevos tejidos.



### **6.9.5. Riegos.**

El riego tuvo una duración de seis meses, se realizó en los meses de enero a abril y de noviembre a diciembre, realizando un riego semanal, el sistema de riego utilizado es por gravedad.

### **6.9.6. Desarrollo de los programas fitosanitarios.**

En cada programa fitosanitario se aplicaron dos diferentes fungicidas de diferente acción y se alternaron en aplicación uno de otro a cada mes (30 días), de acuerdo con la calendarización establecida en el cronograma de actividades. Se manejaron rotaciones de los productos en un diferente tratamiento para determinar la eficacia en el control de la enfermedad. Se utilizaron dos bombas motorizadas con capacidad para 15 litros debidamente calibrada tomando en cuenta las dosis de los fabricantes de cada producto, se empleó equipo personal de protección para el aplicador. Se utilizó un volumen de mezcla de 200 litros por hectárea. Se utilizó una bomba para la aplicación de los productos químicos y una bomba para la aplicación de productos biológicos para evitar contaminación en los tratamientos. Las aplicaciones se realizaron en horas de la mañana de 6 a.m. a 10 a.m.

Las rotaciones de productos fueron las siguientes:

T1. Rotación número 1. Se aplicó en primer lugar *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 l/ha, 10 cc/l de agua (una aplicación). Un mes (30 días) después se aplicó *Bacillus pumillus* a una dosis de 2 l/ha, 10 cc/l de agua (una aplicación). Luego se repitieron las aplicaciones en el mismo orden hasta que finalizaron las aplicaciones programadas.

T2. Rotación número 2. Se aplicó en primer lugar *Bacillus pumillus* a una dosis de 2 l/ha, 10 cc/l de agua (una aplicación).

Un mes (30 días) después se aplicó *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 l/ha, 10 cc/l de agua (una aplicación). Luego se repitieron las aplicaciones en el mismo orden hasta que finalizaron las aplicaciones programadas.

T3. Rotación número 3. Se aplicó en primer lugar Dimethomorph/ametoctradin utilizando la dosis de 1 l/ha, 5 cc/l de agua (una aplicación). Un mes (30 días) después se aplicó Oxathiapiprolin/famoxadone utilizando una dosis de 0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua (una aplicación). Luego se repitieron las aplicaciones en el mismo orden hasta que finalizaron las aplicaciones programadas.

T4. Rotación número 4. Se aplicó en primer lugar Oxathiapiprolin/famoxadone utilizando una dosis de 0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua (una aplicación). Un mes (30 días) después se aplicó Dimethomorph/ametoctradin utilizando la dosis de 1 l/ha, 5 cc/l de agua (una aplicación). Luego se repitieron las aplicaciones en el mismo orden hasta que finalizaron las aplicaciones programadas.

T5. Rotación número 5. Se aplicó en primer lugar Propamocarb HCl/Fluopicolide utilizando una dosis de 1.5 l/ha, 7.5 cc/l de agua. Un mes (30 días) después se aplicó Mandipropamid (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua). Luego se repitieron las aplicaciones en el mismo orden hasta que finalizaron las aplicaciones programadas.

T6. Rotación número 6. Se aplicó en primer lugar Mandipropamid (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua). Un mes (30 días) después se aplicó Propamocarb HCl/Fluopicolide utilizando una dosis de 1.5 l/ha, 7.5 cc/l de agua. Luego se repitieron las aplicaciones en el mismo orden hasta que finalizaron las aplicaciones programadas.

T7. Rotación número 7. Este fue un testigo absoluto no se le aplicó ningún producto.

### **6.9.7. Monitoreo de plantas enfermas.**

Se realizaron conteos en cada uno de los tratamientos de las plantas que presentaron síntomas de la enfermedad en tallo, ramas, hojas, raíces y frutos.

### **6.9.8. Cosecha.**

La cosecha se realizó a cada 30 días durante los meses de mayo a octubre de 2019.

### **6.9.9. Conteo de mazorcas sanas y enfermas.**

Se realizaron conteos por cada sub parcela neta de las mazorcas sanas y las mazorcas enfermas para luego realizar los debidos análisis.

### **6.9.10. Manejo post cosecha.**

Se realizó el fermentado durante 5 días de los granos de cacao y luego el secado del grano bajo el sol seco de 3 o 4 días de exposición al sol dependiendo la intensidad de este.

## **6.10. Variables de respuesta.**

### **6.10.1. Porcentaje de incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao.**

Para el registro de la incidencia se tomó en cuenta la presencia y/o ausencia de la enfermedad dentro de cada una de las parcelas netas de cada repetición, con la fórmula ecuación (James, 1974).

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de frutos afectados.}}{\text{Número total de frutos evaluados.}} \times 100$$

### 6.10.2. Porcentaje de severidad de la enfermedad en los frutos de cacao.

Para la determinación de la severidad se tomó en cuenta los frutos enfermos de cada parcela neta en cada repetición, luego se estimó la severidad de la afección por ataque de mazorca negra.

En la tabla 3 se encuentra representada la escala utilizada para la determinación del porcentaje de la enfermedad en los frutos, esta escala cuenta con seis clases de severidad de la enfermedad (Sánchez, Brenes, Phillips-Mora, & Enríquez, 1987) y (Sánchez & González., 1989).

**Tabla 3.**

*Análisis de severidad en tratamientos de evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Valor	Severidad (%)	Severidad externa (Clasificación de síntomas).
0	0	Fruto sano
1	1-20	Presencia de puntos aceitosos (hidrosis)
2	21-40	Hinchazón y/o maduración prematura
3	41-60	Necrosis (mancha chocolate)
4	61-80	Presencia de micelio que cubre menos de la cuarta parte de la necrosis
5	81-100	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la necrosis

### 6.10.3. Eficacia de los programas.

La eficacia de los tratamientos se determinó mediante los análisis estadísticos respectivos teniendo en cuenta la incidencia y la severidad, primeramente, se calculó el grado de daño aplicando la fórmula de Townsend-Heuberger (%) para establecer el porcentaje de infestación, después se utilizó la fórmula de Abbolt (%) para cuantificar la eficacia. (ANDI, 2015).

Fórmula de Townsend-Heuberger (%)

$$\text{Porcentaje de Infestación} = \frac{\sum (n_x v_x / N_x V_x) \times 100}{}$$

Dónde:

n = Número de unidades de muestreo en cada categoría.

N = Número total de unidades de muestreo.

v = Valor de cada categoría.

V = Valor de cada categoría más alta.

Fórmula de Abbott (%)

$$\text{Porcentaje de eficacia} = [1-(T_d/C_d)] \times 100 = (C_d-T_d/C_d) \times 100$$

Dónde:

T<sub>d</sub> = Infestación después del tratamiento.

C<sub>d</sub> = Infestación en testigo después del tratamiento

(ANDI, 2015).

#### **6.10.4. Componentes de rendimiento.**

**Grano de cacao expresado en kg/ha.** Al finalizar el experimento se pesaron el total de los granos secos cosechados de 4 plantas contempladas por parcela neta, de cada tratamiento en las cuatro repeticiones, con una balanza analítica se determinaron los pesos y luego se calculó el rendimiento en kg/ha.

**Peso de 100 semillas (granos de cacao).** Para determinar el peso de cien semillas se tomaron al azar mazorcas de cacao de cada parcela neta en las distintas repeticiones, luego se seleccionó una muestra de cien semillas secas de cada una de ellas y mediante la utilización de una balanza analítica se pesaron las muestras y se anotaron los pesos en el libro de campo.

## **6.11. Análisis de la información.**

### **6.11.1. Análisis estadístico.**

Para la realización de este análisis se efectuó la toma de datos mediante el uso de una libreta de campo, luego se procedió a analizar la información obtenida y se realizaron los respectivos análisis de varianza para las variables enunciadas, al encontrar significancia se procedió a realizar la prueba múltiple de medias Tukey al cinco por ciento determinando el tratamiento que presento los mejores resultados, de acuerdo con la variable analizada. El análisis de los datos estadísticos se realizó a través de una hoja de cálculo Excel y luego analizadas a través del software estadístico de INFOSTAT (López & González, 2013).

### **6.11.2. Análisis económico.**

Para la retroalimentación en la decisión de recomendar un tratamiento basado en la rentabilidad se realizó un análisis económico, de esta manera se determinó el tratamiento que mejores resultados presento.

Si los tratamientos tienen medias de rendimiento que son significativamente diferentes, muestran diferencias de costos, y en general presentan una relación directa entre costos y beneficios, es decir, en la medida que aumentan los costos aumentan los beneficios (Reyes, 2001).

$$R = \text{IN}/\text{CT} * 100$$

R = Rentabilidad

IN = Ingreso Neto

CT = Costo Total

% = Porcentaje

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Porcentaje de incidencia de la enfermedad en los frutos de cacao.

En la tabla 4 se encuentran las medias expresadas en porcentajes de la incidencia de la enfermedad en los frutos estos datos se obtuvieron mediante los datos recolectados en campo y la aplicación de la fórmula ecuación, de esta manera se determinó el porcentaje de la incidencia de la enfermedad en los tratamientos de la evaluación.

**Tabla 4.**

*Porcentajes de incidencia en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	26.67	40.00	33.33	47.62	147.62	36.90
<b>T2</b>	50.00	30.77	35.29	17.39	133.45	33.36
<b>T3</b>	6.82	40.00	16.67	15.00	78.48	19.62
<b>T4</b>	25.00	33.33	20.00	12.00	90.33	22.58
<b>T5</b>	20.00	35.71	37.50	33.33	126.55	31.64
<b>T6</b>	30.00	46.67	47.06	33.33	157.06	39.26
<b>T7</b>	40.00	71.43	53.85	46.15	211.43	52.86
<b>Total</b>	198.48	297.91	243.70	204.83	944.93	33.75

En la tabla 4 se muestran los porcentajes de la incidencia de la enfermedad en cada uno de los tratamientos durante la evaluación, analizando las medias de la tabla vemos que durante el desarrollo de la investigación el tratamiento tres fue el que presento menor porcentaje de incidencia, en segundo lugar, está el tratamiento cuatro y en tercer lugar está el tratamiento cinco. Para realizar el análisis de varianza se transformaron los datos, pues estaban expresados en porcentajes y estos no siguen una distribución normal.

**Tabla 5.**

*Transformación de datos del porcentaje de la incidencia de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	31.09	39.23	35.26	43.64	149.22	37.31
<b>T2</b>	45.00	33.69	36.45	24.65	139.78	34.95
<b>T3</b>	15.14	39.23	24.09	22.79	101.25	25.31
<b>T4</b>	30.00	35.26	26.57	20.27	112.10	28.02
<b>T5</b>	26.57	36.70	37.76	35.26	136.29	34.07
<b>T6</b>	33.21	43.09	43.31	35.26	154.88	38.72
<b>T7</b>	39.23	57.69	47.21	42.79	186.92	46.73
<b>Total</b>	220.23	284.89	250.65	224.66	980.44	35.02

En la tabla 5 se encuentran contenidos los datos transformados por medio de la fórmula  $Y^* = \arcsen \sqrt{(y/100)}$ , para poder realizar el análisis de varianza.

**Tabla 6.**

*Análisis de varianza de la incidencia de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	6	1200.34	200.06	5.18	0.003	**
Bloques	3	378.55	126.18	3.27	0.0454	*
Error	18	695.38	38.63			
Total	27	2274.28				

<0.01 (\*\*) Alta significancia, <0.05 (\*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV= 17.75 %.

En la tabla 6 está presentado el análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en frutos, vemos que el p-valor para los tratamientos fue superior a la F calculada con 0.003 clasificándolo como alta significancia entre los tratamientos y el p-valor para los bloques fue 0.0454 clasificándolo solamente con significancia, para determinar que tratamientos fueron los que presentaron menor incidencia de la enfermedad se procedió a realizar la prueba Tukey al 5 %.



**Tabla 7.**

*Prueba Tukey de la incidencia de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Literal</b>	
T3	25.31	4	3.11	A	
T4	28.03	4	3.11	A	
T5	34.07	4	3.11	A	B
T2	34.95	4	3.11	A	B
T1	37.31	4	3.11	A	B
T6	38.72	4	3.11	A	B
T7	46.73	4	3.11		B

DMS = 14.52292; GL = 18; Error = 38.6324

En la tabla 7 se encuentra elaborada la prueba Tukey al 5% a la variable incidencia de la enfermedad, para los tratamientos se registraron dos grupos estadístico, los tratamientos con la misma literal son iguales, En el grupo B se encuentra el tratamiento que presento mayor incidencia de la enfermedad, que fue el testigo absoluto, siendo el tratamiento siete con una media de 46.73. Aquí se acepta la hipótesis que dice al menos uno de los programas fitosanitarios presentara una menor incidencia de la mazorca negra en frutos en el cultivo de cacao.

**7.2. Porcentaje de severidad de la enfermedad en los frutos de cacao.**

En la tabla 8 se representan los datos de la severidad de la enfermedad en los frutos en cada uno de los tratamientos en cada repetición obtenidos mediante la recopilación de los datos en campo tomando en cuenta los frutos enfermos y empleando la escala de las seis clases.

**Tabla 8.**

*Datos de la severidad externa de la enfermedad en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	20.00	11.00	11.00	18.00	60.00	15.00
<b>T2</b>	19.00	9.00	12.00	14.00	54.00	13.50
<b>T3</b>	14.00	12.00	2.00	10.00	38.00	9.50
<b>T4</b>	12.00	10.00	9.00	5.00	36.00	9.00
<b>T5</b>	17.00	13.00	14.00	30.00	74.00	18.50
<b>T6</b>	17.00	8.00	24.00	7.00	56.00	14.00
<b>T7</b>	36.00	26.00	20.00	35.00	117.00	29.25
<b>Total</b>	135.00	89.00	92.00	119.00	435.00	15.54

En la tabla 8 se puede ver que con la aplicación de los tratamientos fúngicos se pudo reducir la severidad de la enfermedad en los frutos, podemos tomar en cuenta la importancia de establecer un programa fitosanitario para controlar la enfermedad y promover de esta manera un cultivo de cacao sostenible. Los tratamientos que manifestaron una menor severidad está en primer lugar el tratamiento número cuatro en segundo lugar el tratamiento número tres y en séptimo lugar el tratamiento número siete este último es el que presenta mayor severidad en los frutos.

**Tabla 9.**

*Análisis de varianza de la severidad externa en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	6	1131.21	188.54	5.93	0.0015	**
Bloques	3	209.25	69.75	2.19	0.1241	NS
Error	18	572.5	31.81			
Total	27	1912.96				

<0.01 (\*\*) Alta significancia, <0.05 (\*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV = 36.30 %.

En la tabla 9 se representa el análisis de varianza de la severidad externa en frutos, se determinó que el p-valor para los tratamientos es de 0.0015, con una alta significancia, el p-valor para los bloques fue de 0.1241 no existe significancia. El coeficiente de variación fue de 36.30 %, esto debido a que existió variación significativa en los frutos severamente afectados de un tratamiento a otro.

Esto se vio reflejado en los datos recolectados en campo, no mostraron similitud en los datos dentro de los tratamientos porque los programas fitosanitarios emplearon fungicidas de diferente acción contra la enfermedad. Para determinar que tratamientos fueron superiores estadísticamente se procedió a realizar la prueba Tukey al 5 %.

**Tabla 10.**

*Prueba Tukey de la severidad externa en frutos de los tratamientos en la evaluación sobre el control de la enfermedad mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Literal</b>	
T4	9	4	2.82	A	
T3	9.5	4	2.82	A	
T2	13.5	4	2.82	A	
T6	14	4	2.82	A	
T1	15	4	2.82	A	
T5	18.5	4	2.82	A	B
T7	29.25	4	2.82		B

DMS = 13.17739; GL = 18; Error = 31.8056

En la tabla 10 se presenta la prueba Tukey al 5 % de la severidad externa se registró la formación de dos grupos estadísticos, en el grupo A están los siguientes tratamientos, T4, T3, T2, T6, T1 y T5, determinó que el tratamiento número cuatro fue el que presento menor severidad de la enfermedad en los frutos con una media de 9.

En el segundo grupo están los tratamientos cinco y siete con medias de 18.50 y 29.25 respectivamente, en el grupo B se encuentra el testigo absoluto, en séptimo lugar el tratamiento siete el cual presentó mayor severidad en los frutos.

### 7.3 Eficacia de los tratamientos.

#### 7.3.1. *Determinación de la infestación.*

Para determinar la infestación de la enfermedad se calculó el grado de daño aplicando la fórmula de Townsend-Heuberguer (%), de esta manera se estableció el porcentaje de infestación.

**Tabla 11.**

*Datos de campo del porcentaje de infestación de la enfermedad en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	17.65	14.00	16.36	16.47	64.48	16.12
<b>T2</b>	28.00	13.85	13.85	10.67	66.36	16.59
<b>T3</b>	2.56	24.00	2.50	7.27	36.34	9.08
<b>T4</b>	15.38	14.55	12.00	3.64	45.57	11.39
<b>T5</b>	12.94	18.33	18.46	25.00	74.74	18.68
<b>T6</b>	21.33	10.00	29.09	13.00	73.42	18.36
<b>T7</b>	16.92	36.67	34.00	26.36	113.95	28.49
<b>Total</b>	114.79	131.39	126.26	102.41	474.86	16.96

En la tabla 11 se detallan los datos de los porcentajes de la infestación de la enfermedad en cada uno de los tratamientos, al ver las medias se puede resaltar que existe una reducción de la infestación de la enfermedad en el cultivo de cacao respecto el testigo absoluto, el tratamiento que presento un porcentaje menor de infestación fue el tratamiento tres con 9.08 por ciento de infestación.

Para realizar un análisis de varianza con el objetivo de ver las diferencias significativas entre cada tratamiento evaluado se realizó la transformación de los datos por medio de arcoseno pues se encontraban expresados en porcentaje y no seguían una distribución normal.

**Tabla 12.**

*Transformación de datos de campo de infestación en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
T1	24.84	21.97	23.86	23.94	94.62	23.65
T2	31.95	21.85	21.85	19.06	94.70	23.68
T3	9.21	29.33	9.10	15.65	63.29	15.82
T4	23.09	22.42	20.27	10.99	76.77	19.19
T5	21.08	25.35	25.45	30.00	101.88	25.47
T6	27.51	18.43	32.64	21.13	99.72	24.93
T7	24.29	37.27	35.67	30.89	128.12	32.03
<b>Total</b>	161.98	176.63	168.83	151.67	659.11	23.54

Los datos que se encuentran en la tabla 12 corresponden a la transformación de los porcentajes de infestación de la enfermedad obtenidos en campo durante la investigación, se transformaron mediante la fórmula arcoseno  $Y^* = \arcsen \sqrt{(y/100)}$ , esto se realizó para que el análisis de varianza sea confiable.

**Tabla 13.**

*Análisis de varianza de la infestación en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	6	624.89	104.15	2.75	0.0449	*
Bloques	3	48.10	16.03	0.42	0.739	NS
Error	18	682.66	37.93			
Total	27	1355.65				

<0.01 (\*\*) Alta significancia, <0.05 (\*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV = 26.16 %.

En la tabla 13 se encuentra el desarrollo del análisis de varianza de la infestación de la enfermedad en los tratamientos y al analizarlos vemos que el p-valor generado para los tratamientos es de 0.0449, clasificándolo como significancia y el p-valor generado para los bloques es de 0.739 clasificándolo como no significancia, por lo que se procederá a realizar las pruebas Tukey al 5% para determinar el tratamiento con menor infestación.

**Tabla 14.**

*Prueba de Tukey de la infestación en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Literal</b>	
3	15.82	4	3.08	A	
4	19.19	4	3.08	A	B
1	23.65	4	3.08	A	B
2	23.68	4	3.08	A	B
6	24.93	4	3.08	A	B
5	25.47	4	3.08	A	B
7	32.03	4	3.08	B	

DMS = 14.38948; GL = 18; Error = 37.9257

En la tabla 14 se observa la prueba de Tukey al 5% de la infestación de la enfermedad género dos grupos estadísticos. En el grupo A, se encuentran los tratamientos tres, cuatro, uno, dos, seis y cinco. En el segundo grupo B se encuentran los tratamientos con mayor infestación siendo el testigo absoluto tratamiento siete el que registro mayor infestación con una media de 32.03.

### 7.3.2. Determinación de la eficacia de los tratamientos.

Para determinar la eficacia de los tratamientos se empleó la fórmula de Abbott (%), la cual generó un porcentaje de la eficacia de cada tratamiento, esta fórmula usa como base la infestación que se registró en cada tratamiento y la infestación en el testigo después de la aplicación de cada tratamiento.

**Tabla 15.**

*Porcentajes de eficacia de cada uno de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	47.29	61.82	51.87	43.90	204.88	51.22
<b>T2</b>	16.37	62.24	59.28	63.67	201.55	50.39
<b>T3</b>	92.34	34.55	92.65	75.23	294.76	73.69
<b>T4</b>	54.05	60.33	64.71	87.61	266.70	66.67
<b>T5</b>	61.35	50.00	45.70	14.85	171.90	42.97
<b>T6</b>	36.28	72.73	14.44	55.72	179.17	44.79
<b>T7</b>	33.48	36.67	34.00	29.36	133.51	33.38
<b>Total</b>	341.16	378.33	362.64	370.35	1452.47	51.87

En la tabla 15 se muestran los porcentajes obtenidos a través de datos de campo y generados utilizando la fórmula de Abbott (%), de la eficacia para controlar la enfermedad de cada uno de los tratamientos, los tratamientos T3 y T4 son los que presentan un mayor porcentaje en la eficacia del control de la enfermedad. Con el objetivo de realizar un análisis de varianza para medir la significancia estadística se procedió a transformar los datos por medio de la fórmula arcoseno puesto que se encontraban en porcentajes y no seguían una distribución normal.

**Tabla 16.**

*Transformación de datos de campo de eficacia de cada tratamiento en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
T1	43.45	51.84	46.07	41.50	182.85	45.71
T2	34.58	52.08	50.35	52.93	189.94	47.49
T3	73.93	42.51	74.27	60.15	250.86	62.72
T4	71.32	65.22	67.96	69.39	273.89	68.47
T5	51.56	45.00	42.53	22.67	161.76	40.44
T6	37.04	58.52	22.33	48.29	166.17	41.54
T7	35.35	37.27	35.67	32.81	141.10	35.27
<b>Total</b>	347.23	352.43	339.18	327.74	1366.58	48.81

En la tabla 16 se presenta la transformación de los porcentajes de eficacia obtenidos en campo durante el desarrollo de la investigación utilizando la formula  $Y^* = \arcsen \sqrt{(y/100)}$ .

**Tabla 17.**

*Análisis de varianza de la eficacia de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	6	3589.32	598.22	5.06	0.0033	**
Bloques	3	49.59	16.53	0.14	0.9349	NS
Error	18	2128.33	118.24			
Total	27	5767.24				

<0.01 (\*\*) Alta significancia, <0.05 (\*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV= 22.28 %.

En la tabla 17 se muestra el análisis de varianza realizado a la eficacia de los tratamientos se puede constatar que el p-valor para los tratamientos es de 0.0033 el cual es clasificado como alta significancia, y el p-valor para los bloques es de 0.9349 clasificado como no significancia. Por lo cual se desarrolló la prueba Tukey al 5 % para determinar los tratamientos superiores estadísticamente.



**Tabla 18.**

*Prueba de Tukey de la eficacia de los tratamientos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Literal		
T4	68.47	4	5.44	A		
T3	62.72	4	5.44	A	B	
T2	47.49	4	5.44	A	B	C
T1	45.72	4	5.44	A	B	C
T6	41.55	4	5.44		B	C
T5	40.44	4	5.44		B	C
T7	35.28	4	5.44			C

DMS=25.40743; GL= 18; Error: 118.2403

En la tabla 18 se muestra la prueba Tukey al 5 % por medio de la cual se determinó que se generaron tres grupos estadísticos, en el grupo A, se encuentran los tratamientos número cuatro, tres, dos y uno, los cuales presentaron mayor eficacia sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) con una media entre los rangos de 68.47 y 45,72 respectivamente. En grupo B T3, T2, T1, T6, y T5. En el grupo C se encuentran los tratamientos con menor eficacia en el control de la enfermedad. De esta manera se acepta la hipótesis alternativa que dice que al menos un programa fitosanitario a evaluar mostrará eficacia en el control de la mazorca negra.

## **7.4. Componentes de rendimiento.**

### **7.4.1. Grano de cacao expresado en kg/ha.**

En la tabla 19 se encuentran los registros del rendimiento de cacao expresados en kg/ha, manifestando en los datos de medias que el tratamiento cuatro fue el que registro mayor rendimiento, en segundo lugar, está el tratamiento tres, en tercer lugar, está el tratamiento seis, en séptimo lugar está el tratamiento siete este fue el que registro menor rendimiento de todos los tratamientos, este último fue el testigo absoluto.

**Tabla 19.**

Registro del rendimiento granos de cacao kg/ha, en la evaluación sobre el control de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	232.98	247.22	228.41	239.84	948.45	237.11
<b>T2</b>	210.89	244.26	187.78	271.78	914.71	228.68
<b>T3</b>	281.41	219.44	238.96	303.52	1043.33	260.83
<b>T4</b>	301.74	316.67	294.77	265.18	1178.36	294.59
<b>T5</b>	247.59	278.27	211.67	224.63	962.16	240.54
<b>T6</b>	236.42	245.28	173.87	313.80	969.37	242.34
<b>T7</b>	90.38	95.99	92.59	88.92	367.88	91.97
<b>Total</b>	1601.41	1647.13	1428.05	1707.67	6384.26	228.01

**Tabla 20.**

Análisis de varianza del rendimiento granos de cacao kg/ha, en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	6	97851.27	16308.54	17.93	<0.0001	**
Bloques	3	6188.7	2062.9	2.27	0.1154	NS
Error	18	16370.98	909.5			
Total	27	120410.95				

<0.01 (\*\*) Alta significancia, <0.05 (\*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV= 13.23 %.

En la tabla 20 se encuentra el análisis de varianza del rendimiento de granos de cacao en kg/ha, se determinó que el p-valor para los tratamientos fue de 0.0001 presentando alta significancia. El p-valor para los bloques fue de 0.1154 categorizándose como no significancia. Para determinar que tratamientos fueron superiores estadísticamente se realizó la prueba Tukey al 5 %.

**Tabla 21.**

*Prueba Tukey del rendimiento granos de cacao kg/ha, en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Literal</b>
T4	294.59	4	15.08	A
T3	260.83	4	15.08	A
T6	242.34	4	15.08	A
T5	240.54	4	15.08	A
T1	237.11	4	15.08	A
T2	228.68	4	15.08	A
T7	91.97	4	15.08	B

DMS=70.46592; GL = 18; Error = 909.4988

En la tabla 21 se encuentra la prueba Tukey al 5 % en el rendimiento granos de cacao kg/ha, muestra que se formaron dos grupos estadísticos, en el grupo A se encuentra el que registro mayor rendimiento fue el tratamiento cuatro con 294.59 kg/ha. En segundo lugar, se encuentra el tratamiento número tres con 260.83 kg/ha. En tercer lugar, se encuentra el tratamiento número seis con 242.34 kg/ha. En el grupo B se encuentra el tratamiento que registró menor rendimiento, siendo el tratamiento siete (testigo absoluto) con 91.97 kg/ha. Aquí se acepta la hipótesis alterna que dice que al menos uno de los tratamientos mostrará mejor rendimiento en el cultivo de cacao.

#### **7.4.2. Peso de 100 semillas de granos de cacao.**

En la tabla 22 se aprecia el registro de medias del peso de cien semillas de granos de cacao, expresado en gramos de cada uno de los tratamientos en cada repetición.

**Tabla 22.**

*Registro del peso de 100 semillas de cacao en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Media
	I	II	III	IV		
<b>T1</b>	6.62	6.53	5.21	5.90	24.26	6.07
<b>T2</b>	5.63	6.12	5.56	5.49	22.80	5.70
<b>T3</b>	5.83	6.32	6.11	6.25	24.51	6.13
<b>T4</b>	6.50	6.67	6.72	6.18	26.07	<b>6.52</b>
<b>T5</b>	5.32	6.19	5.97	6.55	24.03	6.01
<b>T6</b>	4.86	6.23	5.07	6.04	22.20	5.55
<b>T7</b>	4.79	5.14	4.93	5.60	20.46	<b>5.12</b>
<b>Total</b>	39.55	43.20	39.57	42.01	164.33	<b>5.87</b>

En esta variable que corresponde al peso de 100 semillas de cada uno de los tratamientos evaluados, nos indica que los tratamientos que alcanzaron mayor rendimiento fueron cuatro, tres y uno respectivamente. También nos indica rendimientos intermedios los cuales son los tratamientos dos y cinco, los tratamientos que presentaron menor rendimiento fueron el tratamiento seis y el tratamiento siete (testigo absoluto), la media general de todos los tratamientos fue de 5.87.

**Tabla 23.**

*Análisis de varianza del peso de 100 semillas de cacao en la evaluación sobre el control de mazorca negra (Phytophthora palmivora Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	6	4.98	0.83	4.96	0.0037	**
Bloques	3	1.43	0.48	2.84	0.0667	NS
Error	18	3.01	0.17			
Total	27	9.41				

<0.01 (\*\*) Alta significancia, <0.05 (\*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV= 6.96 %.

En la tabla 23 se presenta el análisis de varianza del peso de 100 semillas de cacao se determinó que el p-valor para los tratamientos fue de 0.0037 presentando alta significancia y el p-valor para los bloques fue de 0.0667 no encontrando significancia. Se procedió a realizar la prueba Tukey al 5% para determinar que tratamientos fueron estadísticamente diferentes.

**Tabla 24.**

*Prueba Tukey del peso de 100 semillas de cacao en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Literal</b>		
T4	6.52	4	0.2	A		
T3	6.13	4	0.2	A	B	
T1	6.07	4	0.2	A	B	C
T5	6.01	4	0.2	A	B	C
T2	5.70	4	0.2	A	B	C
T6	5.55	4	0.2		B	C
T7	5.12	4	0.2			C

DMS=0.95509; GL = 18; Error = 0.1671.

En la tabla 24 se presenta la prueba Tukey al 5% del peso de 100 semillas de cacao muestra tres literales o grupos estadísticos. Dentro del grupo A, se encuentra el tratamiento que presento mayor peso que lo demás el cual fue el tratamiento cuatro con una media de 6.52, este registro semillas más grandes con mejor calidad respecto a tamaño, en segundo lugar, se registra el tratamiento número tres con una media de 6.13. En el grupo B se encuentran los tratamientos que presentaron pesos intermedios. En el grupo C se encuentran los tratamientos con los tamaños y pesos menores siendo el testigo absoluto el que presento menor peso y tamaño con una media de 5.12. Aquí se acepta la hipótesis que dice que al menos uno de los tratamientos mostrará mejor rendimiento en el cultivo de cacao.

## 7.5. Análisis económico.

En la tabla 25 se detallan las utilidades y el porcentaje de rentabilidad, el análisis económico se realizó a través de presupuestos parciales debido a que la investigación se realizó en una plantación establecida con una edad de tres años y lo que se desea conocer son los costos y las utilidades generadas por la aplicación de cada tratamiento.

### Tabla 25.

*Rentabilidad económica por hectárea de los diferentes tratamientos ejecutados en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.*

Tratamiento	Ingresos (Q/ha)	Egresos (Q/ha)	Utilidad (Q/ha)	Rentabilidad (%/ha)
1	6,264.00	1,741.19	4,522.81	259.75
2	6,036.00	1,741.19	4,294.81	246.66
3	6,888.00	3,316.19	3,571.81	107.71
4	7,776.00	3,316.19	4,459.81	134.49
5	6,348.00	3,023.69	3,324.31	109.94
6	6,396.00	3,023.29	3,372.71	111.56
7	909.00	270.48	638.52	236.07

En la tabla 25 que se trata sobre el análisis económico de la investigación se puede observar que el tratamiento que reflejo una mejor rentabilidad es el tratamiento número uno *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/l de agua). Proporcionó una utilidad de Q 4,522.81 y una rentabilidad de 259.75%.

En segundo lugar, está el tratamiento numero dos *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/l de agua).). Proporciono una utilidad de Q 4,294.81y una rentabilidad de 246.66 %.

En tercer lugar, en porcentaje de rentabilidad, pero segundo lugar en generar mayor utilidad quedo el tratamiento cuatro (Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/l de agua)) con una utilidad de Q 4,459.81 y una utilidad de 134.49 %. El tratamiento número siete (testigo absoluto) presento una utilidad de Q 638.52 y una rentabilidad de Q 236.07 %, el porcentaje de rentabilidad del tratamiento número siete quedo por encima del tratamiento tres, cuatro, cinco y seis por la razón de que no se invirtió en aplicaciones de agroquímicos más sin embargo en las utilidades el tratamiento número siete fue el que menos ingresos género.

## 8 CONCLUSIONES

El tratamiento Dimethomorph/ametoctradin (1 lt/ha, 5 cc/lit de agua), Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 lt/ha, 2.5 cc/lit de agua), fue el tratamiento que presentó menor incidencia de la enfermedad.

Respecto a la severidad de la enfermedad en los frutos el tratamiento Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 lt/ha, 2.5 cc/lit de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 lt/ha, 5 cc/lit de agua), fue el que manifestó menor severidad ante los demás.

Existe significancia estadística para la variable de eficacia, sobre el control de la mazorca negra en cacao, siendo el tratamiento Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/l de agua), el que presentó la más alta eficacia para el control de la enfermedad. En segundo lugar está el tratamiento Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/lit de agua), Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.5 cc/lit de agua), siendo el tratamiento siete (testigo absoluto) que presentó el control más bajo.

En cuanto al rendimiento de cacao expresado en kg/ha, se determinó alta significancia estadística en donde el tratamiento Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 lt/ha, 2.5 cc/lit de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 lt/ha, 5 cc/lit de agua), registro el rendimiento más alto. El tratamiento que presento los rendimientos más bajos fue el testigo absoluto.



En peso de 100 semillas (granos de cacao), se determinó que el tratamiento Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 lt/ha, 2.5 cc/lt de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 lt/ha, 5 cc/lt de agua), fue el que presentó mayor peso, las semillas fueron de mejor calidad más grandes. Comparado con el tratamiento testigo absoluto, el cual registro el menor peso y las semillas se consideran menor calidad y con pesos más bajos.

El tratamiento *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), fue el que presentó una mayor utilidad de Q 4,522.81 y una rentabilidad de 259.75 % sobre los demás tratamientos. En segundo lugar, el tratamiento *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 l/ha, 10 cc/l de agua), *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 l/ha, 10 cc/l de agua). Proporciono una utilidad de Q 4,294.81y una rentabilidad de 246.66 %. En tercer lugar, en porcentaje de rentabilidad, pero segundo lugar en generar mayor utilidad quedo el tratamiento Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 l/ha, 2.5 cc/l de agua), Dimethomorph/ametoctradin (1 l/ha, 5 cc/l de agua) con una utilidad de Q 4,459.81 y una utilidad de 134.49%.

El testigo absoluto presento una utilidad de Q 638.52 y una rentabilidad de 236.07%.

## 9 RECOMENDACIONES

La implementación del programa de *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (2 lt/ha, 10 cc/lt de agua), alternado con *Bacillus pumilus* raza QST 2808 (2 lt/ha, 10 cc/lt de agua). Fue el que demostró el mejor porcentaje por lo tanto este programa queda recomendado para implementarse en las plantaciones de cacao ya que aparte de generar mayor utilidad al productor estos son fungicidas biológicos de bajo costo y que no causan un impacto negativo al medio ambiente.

El programa Oxathiapiprolin/famoxadone (0.5 lt/ha, 2.5 cc/lt de agua) alternado con Dimethomorph/ametoctradin (1 lt/ha, 5 cc/lt de agua). Se recomienda en caso de que el precio del mercado mejore, aporte mayor utilidad, genere un mayor porcentaje de rentabilidad pues este programa fue el mejor entre todos con respecto a menor incidencia y severidad de la enfermedad en los frutos, destacó también con un importante rendimiento kg/ha sobre los demás tratamientos, mejor peso de cien semillas por producir granos de cacao homogéneos de buen tamaño y de calidad.

Se recomienda realizar investigación enfocada en programas fitosanitarios en una plantación adulta, que integren prácticas culturales como manejo de sombra, raleos y podas de saneamiento ya que son técnicas agronómicas que mejorarían la competitividad del cultivo por lo cual promoverían la sostenibilidad del cultivo en el país.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEXPRONT. (2000). *Manual del cultivo del cacao*. Guatemala.
- AGEXPRONT. (2002). *Manual del cultivo del cacao*. Guatemala.
- Alarcón, J., Arévalo, E., Díaz, A., Galindo, J., & Rosero, A. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario, -ICA-, Bogotá D.C. Colombia.
- ANDI, C. P. (2015). *Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA*. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Cámara Procultivos ANDI., Bogotá D.C. Colombia.
- Arriola, I. (2011). *Diagnóstico patológico y molecular de Phytophthora palmivora Butler aislada de frutos de cacao Theobroma cacao L., procedentes de las regiones cacaoteras de Guatemala*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Ártica. (2008). *Cultivo del cacao*. Perú. MACRO.
- Barrios, D. (2015). *Evaluación de podas en una plantación adulta de cacao (Theobroma cacao L.); Finca Bethel, Malacatán, San Marcos*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Coatepeque, Guatemala.
- Batista, L. (2009). *Guía técnica el cultivo de cacao*. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. -CEDAF-, Santo Domingo, República Dominicana.
- Botanical. (2010.). *Producción de cacao en el mundo*. España.
- Brandeau. (1970). *El cacao técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Barcelona, España.
- Browlin, C. (1988). *Manual de productos básicos cacao; guía del comerciante*. España: Centro de Comercio Internacional.
- Carranza, G. (2015). *Identificación específica del agente causal de la Mazorca Negra (Phytophthora Spp.) en cacao en la zona Central del Litoral*. Tesis de Grado, Ingeniera en Horticultura y Fruticultura., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Quevedo-Ecuador.
- Carriel, D. (2013). *Evaluación temprana de resistencia a Phytophthora spp. en clones de cacao Nacional y Amazoníco*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Quevedo - Los Ríos - Ecuador.

- De Liñán, C. (2015). *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. España, España: Ediciones Agrotécnicas, S.L.
- Del Cid, A. (2013). *Caracterización de árboles de cacao (Theobroma cacao L.) considerados superiores, seleccionados a partir de las características de sus frutos, diagnóstico y servicios realizados en la Municipalidad de el Asintal, Retalhuleu, Guatemala C. A.* Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE -, San Salvador, El Salvador.
- Garrido, C. (1981). *Evaluación de tres fungicidas y prácticas culturales para el control de la pudrición negra de la mazorca del cacao (Phytophthora palmivora)*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- González, J. (2007). *Identificación de hongos fitopatógenos que afectan el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la Finca Bulbuxya, San Miguel Panan Suchitepéquez*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Griffith. (1992). *Target sites of fungicides to control oomycetes*. En J. Griffith, *target sites of fungicides to control oomycetes*.
- Guest, D. (2007). *Black pod: diverse pathogens with a global impact on cocoa yield*. *Phytopathology* 97.
- Guzmán, G. (1984). *Medidas de combate de la pudrición negra (Phytophthora palmivora Butl.) de la mazorca del cacao (Theobroma cacao L.)*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Hebbar, P. (2007). *Cacao diseases: A global perspective from an industry point view*. *Phytopathology* 97.
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) medidas para la etapa invernal*. Colombia.
- INTA. (2010). *Guía tecnológica del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria -INTA-, Managua-Nicaragua.
- INTECAP. (1981). *Manual del cultivo racional y beneficiado del cacao*. Guatemala.
- James, W. (1974). *Assessment of plant diseases and losses*. *Annual review of Phytopathology*.

- Johnson, J., Bonilla, J., & Castillo, L. (2008). *Manual de manejo y producción del cacaotero*. Leon, Nicaragua.
- López, E. (1987). *Evaluación del grado de resistencia a la pudrición negra del cacao *Phytophthora palmivora* Butl; en diez clones de la selección Guatemala*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agonomía, Guatemala.
- López, E., & González, B. (2013). *Diseño y análisis de experimentos*. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Luz. (2008). *Glossario Ilustrado de Phytophthora. Tecnicas Especiais para o Estudio de Oomicetos. Glossario Ilustrado de Phytophthora*.
- MAGA. (2015). *El agro en cifras*. Guatemala.
- MAGA. (2016). *Plan estratégico de la agrocadena de cacao de Guatemala*. Guatemala.
- Martínez, C. (1990). *Diagnostico de la producción - consumo, analisis y perspectivas del sistema productivo cacao (*Theobroma cacao* L.) en Guatemala*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- McMahon, & Purwantara. (2004). *Major crops affected by phytophthora*. En André drenth y David Guest. *Diversity and management of Phytophthora in southeast Asia*.
- Ogata, N. (2007). *El cacao, Biodiversitas*. México.
- Paredes. (2009). *Manual de cultivo de cacao para la Amazonía Ecuatoriana*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP-. Quito- Ecuador: INIAP, Quito-Ecuador.
- Paredes, M. (2016). *El manejo fitosanitario del cultivo de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) y el rendimiento del mismo, en la asociación Kallari*. Tesis de grado, Magister en agroecología y ambiente, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencias agropecuarias, Ambato - Ecuador.
- Phillips, W., & Cerda, R. (2009). *Catálogo enfermedades del cacao en Centroamérica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Ponce, R. (2015). *Manejo de enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), considerando parámetros epidemiológicos que permitan reducir el uso de fungicidas*. Tesis de Grado, Ingeniero en Horticultura y Fruticultura , Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Quevedo-Ecuador.

- Porras, & Sanchez. (1991). *Enfermedades del cacao*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Quiroz, J., & Agama. (2006). *Programa de catacitación en la cadena de cacao*. Quito-Ecuador.
- Ramírez, F. (2010). *Manejo de podas para el mejoramiento de la productividad del cacao (Theobroma cacao, Esterculiácea), en la comunidad de Seseb del Municipio de San Agustín Lanquin, Alta Verapaz, Guatemala*. Tesis de Grado, Ingeniero Forestal., Universidad Rafael Landívar, Campus San Pedro Claver, S.J., Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, San Juan Chamelco, Guatemala.
- Reyes, M. (2001). *Análisis económicos de experimentos agrícolas con presupuestos parciales*. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Ruiz, J. (2017). *Evaluación de Trichoderma harzianum para el control de Moniliophthora roreri en cacao; El Tumbador, San Marcos*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Sede Regional de Coatepeque., Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Coatepeque, Quetzaltenango, Guatemala.
- Sánchez, Brenes, Phillips-Mora, & Enríquez. (1987). *Metodología para la inoculación de mazorcas de cacao en el hongo Moniliophthora roreri. (Monilia) Proceedings of the tenth International Cocoa Research Conference*. Santo Domingo, Dominican Republic.
- Sánchez, J. (1988). *Curso de cacao*. San Pedro Sula, Honduras.: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Sánchez, J., & González. (1989). *Metodología para evaluar la susceptibilidad a moniliasis en cultivares de cacao (Theobroma cacao)*.
- Segeplan. (2010). *Plan de Desarrollo Ayutla San Marcos*. Guatemala.
- Sitún, M. (2007). *Investigación agrícola*. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.: ENCA.
- Solorzano, A. (2013). *Incidencia de Phytophthora sp., Moniliophthora perniciosa, y Moniliophthora roreri, en el fruto de cacao (Theobroma cacao) variedad trinitario, en el Canton Pichincha*. Tesis de Grado, Ingeniero Agropecuario., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador.
- Suarez, Y., & Aranzuz, F. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (Theobroma cacao L.)*. Colombia.
- Sutuj, G. (2009). *Caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de Phytophthora palmivora Butler, de 24 clones de cacao (Theobroma cacao L.) y servicios realizados en el centro de agricultura tropical Bulbuxyá Catbul -, San Miguel Panán, Suchitepéquez*. Tesis

de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.

Taleno, D., & Toruño, M. (2016). *Incidencia de enfermedades y ocurrencia de daño de insectos mífidos (Hemiptera: Miridae) en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) bajo sistemas agroforestales. El Rama, 2016*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo., Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Agraria, Managua, Nicaragua.

Torres, L. (2012). *Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo., Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca-Ecuador.

Vásquez, E. (2005). *Situación actual del cultivo del cacao (Theobroma cacao L.), en el Departamento de Izabal*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.

## 11. ANEXOS

**Anexo 1. Presupuestos parciales del tratamiento número uno en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>1,741.19</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>1,741.19</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>900.00</b>
<b>a. Fungicidas</b>				900.00
<i>Bacillus subtilis</i> cepa QST 713	L	6	72.50	435.00
<i>Bacillus pumilus</i> raza QST 2808	L	6	77.50	465.00
<b>2. Mano de Obra</b>				<b>841.19</b>
<b>a. Control Fitosanitario</b>				<b>540.96</b>
Aplicaciones de fungicida	Jornales	6	90.16	540.96
<b>b. Aplicación motorizada</b>				<b>29.75</b>
Gasolina (regular)	gal	1	23.50	23.50
Aceite (2 T).	L	0.125	6.25	6.25
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>6,264.00</b>
Sacos de cacao	45.45	5.22	1,200.00	6,264.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>4,522.81</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>259.75</b>



**Anexo 2. Presupuestos parciales del tratamiento número dos en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>1,741.19</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>1,741.19</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>900.00</b>
<b>a. Fungicidas</b>				900.00
<i>Bacillus pumilus</i> raza QST 2808	L	6	77.50	465.00
<i>Bacillus subtilis</i> cepa QST 713	L	6	72.50	435.00
<b>2. Mano de Obra</b>				<b>841.19</b>
<b>a. Control Fitosanitario</b>				<b>540.96</b>
Aplicaciones de fungicida	Jornales	6	90.16	540.96
<b>b. Aplicación motorizada</b>				<b>29.75</b>
Gasolina (regular)	gal	1	23.50	23.50
Aceite (2 T).	L	0.125	6.25	6.25
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>6,036.00</b>
Sacos de cacao	45.45	5.03	1,200.00	6,036.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>4,294.81</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>246.66</b>

**Anexo 3. Presupuestos parciales del tratamiento número tres en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>3,316.19</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>3,316.19</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>2,475.00</b>
<b>a. Fungicidas</b>				2,475.00
Dimethomorph/ametoctradin	1	3	500.00	1,500.00
Oxathiapiprolin/famaxadone	1	1.5	650.00	975.00
<b>2. Mano de Obra</b>				<b>841.19</b>
<b>a. Control Fitosanitario</b>				<b>540.96</b>
Aplicaciones de fungicida	Jornales	6	90.16	540.96
<b>b. Aplicación motorizada</b>				<b>29.75</b>
Gasolina (regular)	gal	1	23.50	23.50
Aceite (2 T).	1	0.125	6.25	6.25
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>6,888.00</b>
Sacos de cacao	45.45	5.74	1,200.00	6,888.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>3,571.81</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>107.71</b>

**Anexo 4. Presupuestos parciales del tratamiento número cuatro en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>3,316.19</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>3,316.19</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>2,475.00</b>
<b>a. Fungicidas</b>				2,475.00
Oxathiapiprolin/famaxadone	L	1.5	650.00	975.00
Dimethomorph/ametoctradin	L	3	500.00	1,500.00
<b>2. Mano de Obra</b>				<b>841.19</b>
<b>a. Control Fitosanitario</b>				<b>540.96</b>
Aplicaciones de fungicida	Jornales	6	90.16	540.96
<b>b. Aplicación motorizada</b>				<b>29.75</b>
Gasolina (regular)	gal	1	23.50	23.50
Aceite (2 T).	L	0.125	6.25	6.25
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>7,776.00</b>
Sacos de cacao	45.45	6.48	1,200.00	7,776.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>4,459.81</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>134.49</b>

**Anexo 5. Presupuestos parciales del tratamiento número cinco en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>3,023.69</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>3,023.69</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>2,182.50</b>
<b>a. Fungicidas</b>				2,182.50
Propamocarb HCl/fluopicolide	L	4.5	400.00	1,800.00
Mandipropamid	L	1.5	255.00	382.50
<b>2. Mano de Obra</b>				<b>841.19</b>
<b>a. Control Fitosanitario</b>				<b>540.96</b>
Aplicaciones de fungicida	Jornales	6	90.16	540.96
<b>b. Aplicación motorizada</b>				<b>29.75</b>
Gasolina (regular)	gal	1	23.50	23.50
Aceite (2 T).	L	0.125	6.25	6.25
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>6,348.00</b>
Sacos de cacao	45.45	5.29	1,200.00	6,348.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>3,324.31</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>109.94</b>

**Anexo 6. Presupuestos parciales del tratamiento número seis en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>3,023.29</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>3,023.69</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>2,182.50</b>
<b>a. Fungicidas</b>				2,182.50
Mandipropamid	L	1.5	255.00	382.50
Propamocarb HCl/fluopicolide	L	4.5	400.00	1,800.00
<b>2. Mano de Obra</b>				<b>841.19</b>
<b>a. Control Fitosanitario</b>				<b>540.96</b>
Aplicaciones de fungicida	Jornales	6	90.16	540.96
<b>b. Aplicación motorizada</b>				<b>29.75</b>
Gasolina (regular)	gal	1	23.50	23.50
Aceite (2 T).	L	0.125	6.25	6.25
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>6,396.00</b>
Sacos de cacao	45.45	5.33	1,200.00	6,396.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>3,372.71</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>111.56</b>

**Anexo 7. Presupuestos parciales del tratamiento número siete en la evaluación sobre el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler.) en el cultivo de cacao; Ayutla, San Marcos, 2,019.**

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario Q	Valor Total Q
<b>I. Egresos</b>				<b>270.48</b>
<b>A. Costos directos (variables)</b>				<b>270.48</b>
<b>c. Labores culturales</b>				<b>270.48</b>
Cosecha,	Jornales	2	90.16	180.32
Manejo postcosecha	Jornales	1	90.16	90.16
<b>II INGRESOS</b>				<b>909.00</b>
Sacos de cacao	45.45	2.02	450.00	909.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>638.52</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>236.07</b>

**Anexo 8. Cronograma de actividades realizadas durante la ejecución de la tesis experimental.**

Planificación		PROGRAMACION AÑO 2019																		
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre										
1	Delimitación del área experimental.	■																		
2	Establecimiento de bloques.	■																		
3	Fertilización		■											■						
4	Control de malezas.		■										■							
5	Podas	■							■										■	
6	Riegos	■	■																■	■
7	Aplicación de fungicidas		■		■		■		■		■		■							
8	Cosecha.		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
9	Conteo de mazorcas sanas y enfermas (porcentajes de incidencia y severidad).		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
10	Manejo post cosecha.			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
11	Tabulación de datos.																■	■	■	■
12	Análisis y discusión de datos																■	■	■	■
13	Elaboración de informe																■	■	■	■