

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

ANÁLISIS DE LA ROYA Y LA BROCA DEL CAFÉ EN FINCA PIAMONTE, SAN MARCOS (2012-
2014)

ESTUDIO DE CASO

JORGE MANUEL LEAL RODRIGUEZ

CARNET 970606-10

COATEPEQUE, ABRIL DE 2018
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

ANÁLISIS DE LA ROYA Y LA BROCA DEL CAFÉ EN FINCA PIAMONTE, SAN MARCOS (2012-
2014)
ESTUDIO DE CASO

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

POR
JORGE MANUEL LEAL RODRIGUEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, ABRIL DE 2018
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. LUIS ROBERTO AGUIRRE RUANO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala 09 de abril de 2018

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Jorge Manuel Leal Rodríguez, carné 970606-10, titulado: "Análisis de la Roya y la Broca del Café, en Finca Piamonte, San Marcos (2012-2014)".

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Luis Roberto Aguirre Ruano

Colegiado no. 3928

Cod. URL 11666



**Universidad
Rafael Landívar**
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06927-2018

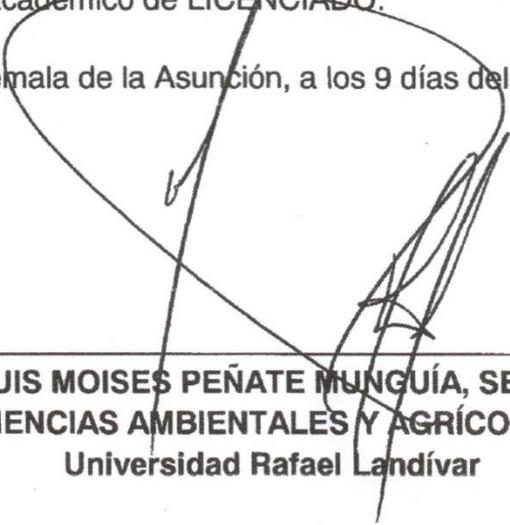
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso del estudiante JORGE MANUEL LEAL RODRIGUEZ, Carnet 970606-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0659-2018 de fecha 2 de abril de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**ANÁLISIS DE LA ROYA Y LA BROCA DEL CAFÉ EN FINCA PIAMONTE, SAN MARCOS
(2012-2014)**

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 9 días del mes de abril del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de cumplir esta meta.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Luis Roberto Aguirre Ruano, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Finca Piamonte, por brindarme el apoyo necesario para desarrollar este estudio.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por darme su infinito amor, fortaleza para superar los obstáculos de la vida y por todas sus bendiciones.

Mis padres: Víctor Manuel Leal Ochoa y Josefina Rodríguez Echeverría, a los que quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, su apoyo incondicional y por su ejemplo a seguir.

Mi esposa, mis hijos y mi nieto: a quienes amo y han sido la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación de superación.

Mi familia: Abuelos, hermanos, tíos, primos, sobrinos y cuñados que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis hermanos: Lic. Mario y Juan José Leal, por exhortarme a cumplir esta meta y ejemplo a seguir.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

ÍNDICE

	Página	
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO TEÓRICO	2
2.1	ANTECEDENTES	2
2.2	EL CAFÉ	4
2.2.1	Tipos de café	4
2.2.2	Importancia económica del Café en Guatemala	5
2.2.3	Regiones en donde se cultiva el Café en Guatemala	6
2.2.4	Características ambientales para el cultivo del Cafeto	7
2.3	PLAGAS DEL CAFÉ	8
2.4	LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFÉ	9
2.4.1	Origen y distribución de la Broca del Café	9
2.4.2	Taxonomía	10
2.4.3	Ciclo de vida	10
2.4.4	Hábitos y ecología	12
2.4.5	Diapausa reproductiva	13
2.4.6	Emergencia masiva	13
2.4.7	Descripción de los daños y su importancia	14
2.4.8	Manejo Integrado de la Broca(MIB)	15
2.4.8.1	Cosecha	16
2.4.8.2	Muestreo	16
2.4.8.3	Control manual	16
2.4.8.4	Control cultural	17
2.4.8.5	Control biológico	17
2.4.8.6	Control etológico	17
2.4.8.7	Control químico	18
2.4.8.8	Metodología de muestreo	18
2.5	LA ROYA DEL CAFÉ	20
2.5.1	Etiología	21
2.5.2	Taxonomía	23
2.5.3	Patogénesis	23

2.5.4	Sintomatología	25
2.5.5	Epidemiología	26
2.5.6	Cantidad de follaje y su relación con la incidencia de Roya	27
2.5.7	Diseminación de la Roya del Cafeto	27
2.5.7.1	Viento	27
2.5.7.2	El agua y la Diseminación de la Roya	28
2.5.7.3	Los insectos y la diseminación de la Roya	29
2.5.7.4	Otros medios de diseminación de la Roya	29
2.5.7.5	Factores que afectan el desarrollo de la enfermedad	30
2.5.7.6	Control de la Roya	33
2.6	INCIDENCIA	35
2.7	SEVERIDAD	36
3.	CONTEXTO	37
3.1	Descripción del Contexto	37
4.	JUSTIFICACIÓN	39
5.	OBJETIVOS	41
5.1	OBJETIVO GENERAL	41
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
6.	METODOLOGÍA	42
6.1	DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS	42
6.2	PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
6.2.1	Metodología a seguir para el cumplimiento de objetivos	43
6.2.2	Cronograma de actividades	45
6.3	VARIABLES DE ESTUDIO	45
6.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	46
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
7.1	INTERVENCIÓN	47
7.1.1	Consideraciones sobre la Broca y Roya del Café	47
7.1.1.1	Pérdidas causadas por la Broca	47
7.1.1.2	Pérdidas causadas por la Roya	48
7.1.2	Papel que jugó cada uno de los involucrados	51

7.1.3	Los métodos o estrategias empleados en las actividades	52
7.1.4	Estrategias de control	54
7.1.4.1	Broca del Café	54
7.1.4.2	Roya del Café	55
7.2	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
7.2.1	Impacto de las prácticas de manejo de Broca y Roya del Café	57
7.2.2	Porcentajes de severidad e incidencia	60
7.2.3	Curva del rendimiento en grano de Café (kg/ha)	64
7.2.4	Inversión realizada para el manejo de Broca y Roya del Café	66
7.2.5	Propuestas de manejo de Broca y Roya en el cultivo de Café	67
8.	CONCLUSIONES	70
9.	RECOMENDACIONES	71
10	BIBLIOGRAFÍA	73
11	ANEXOS	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características ambientales para el cultivo del Café	7
2	Escala de severidad de Roya del Café	44
3	Conversión de café maduro a pergamino de primera con diferentes porcentajes de infestación por Broca en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	48
4	Antecedente de incidencia de la Roya del Café en el periodo 2009-2012, en la finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	49
5	Referencia de los sitios de muestreo para broca del fruto de Café. Finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	52
6	Referencia de los sitios de muestreo para Roya del Café, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	53
7	Fungicidas para control de Roya del Café en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	56
8	Programa de control químico	57
9	Porcentaje de incidencia de Roya en plantas de Café, para diferentes sectores durante el periodo 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	59
10	Porcentaje de severidad de Roya en hojas de plantas de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	61
11	Porcentaje de infestación de Broca en frutos de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	63
12	Rendimientos de Café cereza y pergamino en el periodo 2006-2014, en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	64
13	Inversión realizada para el control de Broca y Roya del cultivo de Café, en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ciclo de vida de la Broca del Café	12
2	Ciclo de infestación del grano de Café por la Broca	15
3	Localización de la Finca Piamonte	38
4	Escala para evaluar la severidad de Roya en hojas de Café	44
5	Antecedente de incidencia de roya en del café, periodo 2009 – 2012, en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	50
6	Curva de progreso de roya del café finca Piamonte 2010-2011, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	58
7	Curva de progreso de roya del Café finca Piamonte, periodo de muestreo años 2010-2014, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	59
8	Porcentaje de incidencia de Roya en plantas de Café por sector/año, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	62
9	Curva de comportamiento del porcentaje de severidad de Roya en hojas de plantas de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	61
10	Curva de comportamiento del porcentaje de infestación de Broca en frutos de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	63
11	Curva de producción de Café cereza (kg/ha), finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.	65

ANÁLISIS DE LA ROYA Y LA BROCA DEL CAFÉ EN FINCA PIAMONTE, SAN MARCOS (2012 -2014).

RESUMEN

El presente estudio de caso, documenta los resultados de la sistematización del manejo de la Broca y la Roya del Café en finca Piamonte, San Marcos (2012-2014). Se recopiló la información documentada en la finca, como registros técnicos del muestreo, técnicas y estrategias implementadas, rendimiento y datos financieros. Las variables estudiadas determinaron la sistematización e impacto de las prácticas de manejo, porcentajes de severidad e incidencia, curva del rendimiento, inversión realizada para el manejo de las plagas y propuesta de lineamientos para el manejo integrado. La Roya en el periodo 2011-2012 alcanzó un 71% de infección y la Broca 9.12% de infestación, el proceso de intervención, para el año 2014 redujo a un 39% la infección y la infestación a 2.96%. La incidencia de Roya desde el año 2010 estaba arriba del umbral de daño económico permitido (5%), en el año 2012 un 19.61%, y severidad del 60.73%. La infestación de Broca el año 2012 tuvo un nivel del 9.12%. Con la intervención los niveles de incidencia (4.58%) e infestación (2.96%) estuvieron abajo del umbral de daño económico. La producción del año 2006-2010 presenta un comportamiento típico de bianualidad, con descensos entre 10%-12%, en el año 2011-2012 se tiene un descenso de un 61.95% la conversión de café cereza a pergamino fue de 5.35:1. El proceso de intervención permitió la recuperación a un 82.69% de la producción y una conversión de 5.1:1. El manejo integrado, tuvo una inversión por hectárea en el control de Roya Q.688.23 y de Broca Q.705.90. Los lineamientos de manejo de las plagas en finca Piamonte estuvieron basados sobre estrategias de manejo integrado.

1. INTRODUCCIÓN

La Broca del fruto del Café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) es el principal insecto plaga en todos los países productores de Café. Es el agente de mayor importancia a nivel mundial, ocasionando pérdida de peso y calidad de la semilla. La hembra perfora el fruto y oviposita en el endospermo, los huevos eclosionan dando origen a las larvas que ocasionan importantes pérdidas económicas (Campos, 2007).

La Roya del Café (*Hemileia vastatrix*, Berkeley & Broome) es sin duda la enfermedad más dañina del Cafeto, por ser la más agresiva de todas las enfermedades de las plantas tropicales. Se ha señalado a la Roya del Cafeto entre las siete plagas y enfermedades más importantes de los últimos 100 años. Para su control, se han considerado una serie de estrategias: control químico, resistencia genética, control biológico y el control cultural (ANACAFÉ, 2013).

La temperatura y precipitación pluvial locales y su relación con el comportamiento de Broca y Roya en las plantaciones de Café amerita un análisis debido a que se ha observado alta incidencia y severidad de estas a mayores alturas sobre el nivel del mar dentro de la finca Piamonte.

En consecuencia a este comportamiento de las plagas se dio seguimiento y se llevó un registro de datos donde se pudo conocer la incidencia y severidad en el cultivo durante los años 2012 al 2014, la información que se generó en esos años fue de gran utilidad, ya que a partir de ella se establecieron planes de manejo para superar la crisis en el cultivo.

Al reunir todas las evidencias que le dieron éxito a estos controles y poder documentarlas como una experiencia a nivel de finca permitieron hacer propuestas de manejo para otras unidades productivas para reducir el nivel de daño de estos organismos, las acciones implementadas ahora sirven para el manejo oportuno y disminuir la crisis epidemiológica. El análisis y publicación de los datos se plantean como una experiencia, la que se pretende validar como estudio de caso.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

La Broca del fruto del Café, *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Scolytidae), es la plaga de mayor importancia económica para la caficultura guatemalteca y se encuentra dispersa en todas las zonas cafetaleras del país, afectando el rendimiento y la calidad del Café. Los daños ocasionados por la Broca, se inician con la caída de pequeños frutos en estado de semiconsistencia, o cuando los frutos en este estado son barrenados por las hembras para formar galerías, provocando pérdida de peso y deterioro de calidad (Ochoa, Campo, Vidal y Decazy, 1989).

Desde su aparición en septiembre de 1971, el control de la Broca se fundamentó en el uso de insecticidas, aunque se investigaron, desarrollaron e implementaron otros procedimientos de control. Este proceso de investigación se detuvo por la crisis ocasionada por la disminución en los precios en el año 2000, pero se reactivó en el año 2005 a instancias de un simposio sobre la situación y perspectivas de investigación y manejo de la Broca del Café, realizado en ese momento, en varios países. En Guatemala de acuerdo a la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), el control de la Broca se realiza por diferentes métodos: control manual, químico, biológico y etológico. (Chay, 2012).

La Roya del Café inducida por el hongo *Hemileia vastatrix*, es una de las enfermedades específicas de las diferentes variedades de la planta de Café (*Coffea arabica*; Rubiaceae) (Waller, 1985), siendo considerada por algunos investigadores como una de las enfermedades más serias de este cultivo (Wellman 1972, Agrios, 1988).

Se considera que se originó asociada al Café silvestre en Etiopia, siendo reportada su presencia en Café cultivado en Sri Lanka en 1869. Fue detectada en el continente americano en 1970 en plantaciones en Brasil (Kushalappa & Eskes, 1989). Desde entonces se ha extendido al resto de países latinoamericanos productores de Café, detectándose en Guatemala en diciembre de 1980 (Schieber & Zentmyer, 1984).

A partir de 1869 todas las plantaciones de Café de Ceilán fueron atacadas por la Roya, de manera lenta al inicio, y luego muy agresivamente. No existían aún los fungicidas. Aproximadamente en un lapso de 20 años, la producción cayó de 1.1 millones de quintales oro a casi cero, dejando en la quiebra a productores y bancos, y sin empleo a millares de trabajadores (MAGA, 2013).

La mayoría de las variedades de Café cultivadas en el mundo proceden de pocas plantas colectadas de los centros de origen, en particular las variedades de *Coffea arábica* cultivadas en Latinoamérica que son muy susceptibles a las principales razas de Roya incluida la raza II, que es la raza más difundida mundialmente, y está presente en todos los países latinoamericanos y registrada en Guatemala. El fitopatólogo estadounidense Dr. Frederick Wellman advirtió en 1952 que, al momento de llegar la Roya del Cafeto a Latinoamérica, sería la ruina de su caficultura (MAGA, 2013).

Transcurridas varias décadas desde su detección (Brasil, 1970; Nicaragua, 1976; El Salvador, 1979; Guatemala y Honduras, 1980; Costa Rica y Colombia, 1983) este vaticinio aún no se ha manifestado en esa magnitud. Se observaron inicialmente afecciones de Roya en zonas de baja y media altitud, con restricciones para su desarrollo a mayores altitudes por condiciones climáticas (MAGA, 2013).

Sin embargo en estos últimos años, paradójicamente el mismo clima y su variabilidad, parecen ser el principal factor que ha inducido los fuertes ataques de la Roya en cafetales de mayor altitud en Guatemala. La misma situación ha sido reportada en Colombia, en el resto de Centroamérica, México y el Caribe (MAGA, 2013).

Hace 114 años, en 1901, se reportó por primera vez a la Broca, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleóptera: Scolytidae), como plaga del Café (Castillo, 1988). No habían pasado ni 20 años de este acontecimiento ocurrido en Gabón, África, cuando su presencia fue ratificada en cafetales de Indonesia y Brasil, a miles de kilómetros de distancia. Estos hechos aislados y sin consecuencias aparentes, pronosticaban sin embargo, el surgimiento de una plaga de calibre internacional.

2.2 EL CAFÉ

El Café es una bebida de carácter universal que se consume en todos los países del mundo. Sin embargo, el Café como grano, es una semilla que procede del árbol o arbusto del Cafeto, perteneciente al género *Coffea* de la familia *Rubiaceae*. El Café es originario de Etiopía, en el África Oriental, exactamente en el territorio denominado «Kaffa», de cuyo nombre se deriva el Café. En la edad media, el arbusto producía unas semillas aromáticas que los marineros africanos llevaron a la península de Arabia, país donde se originó el cultivo del Café. Desde Arabia los peregrinos que se dirigían a la Meca lo llevaron a Europa, donde su consumo tardó bastante en ser aceptado y en extenderse, tal vez a causa de su color negro (Peysson, 2001).

2.2.1 Tipos de Café

La planta del Café alcanza entre 2 y 5 metros de altura y puede llegar a vivir 50 años. Los granos de Café o semillas, se hallan en el fruto del arbusto, que en el estado de madurez, son de color rojo y se le denomina cereza. Cada cereza posee una piel exterior que envuelve una pulpa dulce, debajo de la que están los granos recubiertos por una delicada membrana dorada (pergamino) que envuelve las dos semillas de Café (Quintero, 2000).

Existen dos especies de Café importantes comercialmente. *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* P, las que se diferencian no solo genética y morfológicamente, si no por su composición química y cualidades organolépticas, Cuando los frutos están en el estado óptimo de madurez se recolectan de manera manual, se despulpan, se fermentan, se lavan y se secan; este proceso se conoce como beneficio agrícola por vía húmeda. Posteriormente, el grano seco se trilla, para retirar la capa dorada que lo recubre. Una vez retirado el pergamino, el grano se selecciona y se clasifica cuidadosamente, teniendo en cuenta su tamaño, peso, color y defectos (Quintero, 2000).

Finalmente, estos granos seleccionados se tuestan para que desarrollen el sabor y aroma del Café, se muelen y quedan listos para la preparación de la bebida. De tal

manera que la producción de Café, tiene diferentes pasos importantes que determinan la calidad final del producto, (Echeverri, Montes, Buitrago, Mejía y Gonzales, 2005).

En Guatemala se cultivan variedades de la especie "*Coffea arábica*", que es la más difundida en todo el mundo representando entre el 70% y el 75% de la producción mundial (ANACAFÉ, 1998).

Las principales variedades de Café en Guatemala son:

- Typica
- Bourbon
- Caturra
- Catuaí
- Pache común
- Pache colís
- Pacamara
- Catimor
- Mundo Novo
- Maragogype
- Robusta
- Sarchimor
- Icatú

Los Cafés de Guatemala se clasifican como "Árabigos Lavados", clasificación que comparte con los demás países Centroamericanos, México, Colombia, Ecuador, Perú, República Dominicana, India y Papua Nueva Guinea, Colombia y México lideran la lista seguidos por Guatemala. Sin embargo, otros países muestran mayor dinamismo en su crecimiento lo que podría afectar al país (ANACAFÉ, 1998).

2.2.2 Importancia económica del Café en Guatemala

Desde sus inicios, el sector cafetalero ha sido parte importante de la historia y de la economía del país. La caficultura ha logrado ser por muchos años la base de la

actividad agrícola de Guatemala impulsando el desarrollo del país y de todas aquellas personas que viven del cultivo del Café (ANACAFÉ, 1995).

En Guatemala se encuentran plantaciones en todo el territorio nacional ya sea en terrenos quebrados, laderas o montañas. La actividad del sector caficultor guatemalteco ha generado una serie de efectos positivos como la creación de empleos, el ingreso de divisas y el aumento en la producción; pero de igual manera ha creado una serie de efectos negativos como los que hoy se viven en donde los caficultores se han visto obligados a buscar alternativas de siembra ante la fuerte crisis mundial que atraviesa el mismo (ANACAFÉ, 1995).

El Café es uno de los cultivos agrícolas que sitúa a Guatemala entre los 5 mayores productores a nivel mundial compitiendo contra países como Brasil, México, Vietnam y Colombia. El sector caficultor nacional otorgó prosperidad a muchos guatemaltecos por largos años. La situación en la que se encuentra actualmente da una perspectiva distinta en cuanto a la importancia y relevancia que dicho cultivo tiene para nuestro país. Es importante definir cursos de acción que permitan sacar adelante al sector que una vez fue sinónimo de prosperidad para el país, un sector que representó dignamente a Guatemala ante los ojos del mundo y un sector que nos ha dado tanto orgullo (ANACAFÉ, 1995).

2.2.3 Regiones en donde se cultiva el Café en Guatemala

El Café de Guatemala se siembra en planicies y quebradas, a diferentes alturas. El mejor Café crece en suelos de origen volcánico, entre los mil y mil quinientos metros sobre el nivel del mar.

Las más reconocidas regiones para el cultivo de Café en Guatemala son, la boca costa, sur este y occidental de pacifico, así como la región de alta Verapaz en donde las condiciones climáticas son excelentes para obtener un buen grano.

Existen actualmente en Guatemala ocho regiones en donde se cultiva el Café, según

informe de Anacafé, las que son: San Marcos, Huehuetenango, Atitlán, Cobán, Antigua Guatemala, Fraijanes, región nuevo oriente, esto es la parte de Chiquimula, Jutiapa y el que se desligo de la Antigua Guatemala antes entraba como uno solo, un área atrás del volcán de fuego se llama Acatenango.

2.2.3 Características ambientales para el cultivo del café

Cuadro 1. Características ambientales para el cultivo del Café.

Característica	Favorece a	La ausencia de, provoca
Temperatura	Crecimiento óptimo del Cafeto, Con temperaturas entre 16° y 26°C en promedio mensual.	Daños en el cafeto con valores inferiores o superiores de temperatura
Precipitación	Con promedios de 1800 a 2000 mm distribuidas en el año, el cafeto tiene suficiente agua para su desarrollo. La precipitación debe coincidir con el periodo de reposo vegetativo.	Periodos de larga sequía provoca estrés hídrico en la planta disminuyendo la producción y en algunos casos la muerte. En contraparte Pp Mayores a 3000 mm el cafeto Se deteriora.
Humedad	Entre 70 y 80% de humedad relativa favorece al crecimiento idóneo del cafeto	Rangos inferiores o superiores a la humedad óptima favorece presencia de plagas.
Luminosidad Solar	Requiere entre 1500 y 2500 horas efectivas de luminosidad, donde su intensidad, duración diaria y distribución durante el año (200 a 280 horas durante los meses secos y 100 a 150 durante los meses húmedos) son importantes	La ausencia de luminosidad interfiere en los procesos de fotosíntesis. El exceso acelera la maduración
Suelos	Requiere suelos de textura franca, profundos, permeables, además la porosidad (60%) es fundamental para mantener el	Suelos poco profundos y de pH básicos interfieren en la calidad y sabor del Café.

cafeto sano. El pH idóneo es del orden de 5.0 a 5.5 (ácido).

Altitud	Está directamente relacionado con la calidad, donde los cafetos ubicados entre los 900 y 1300 msnm son los mejores, en sabor, aroma, cuerpo y acidez.	Cafetos cultivados en altitudes menores de 600 msnm tienen menor productividad
Latitud	Está relacionado con la luminosidad y la altitud. El cultivo de Café sólo se da en la franja intertropical.	
Clima	Los óptimos son cálidos y semicálidos de tipo Am, Af, Ac y C (fm).	Climas Aw (subhúmedos) y C (templados) son limitantes para el crecimiento del Café, aunque en México se encuentra bajo estas condiciones.
Viento y Topografía	El viento está relacionado con la cantidad de humedad y la topografía con la dirección de la ladera (barlovento y sotavento) que recibe mayor luminosidad.	

Fuente: Castillo y Marbán (1996), Alejo (2000).

2.3 PLAGAS DEL CAFÉ

Según la FAO (2009) una plaga es cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales. También plaga o enfermedad es la introducción, intencionada o no, de especies ajenas a un hábitat que causa serios y crecientes problemas ecológicos y económicos. Se considera un mismo problema la propagación de patógenos humanos (VIH, Malaria, Dengue, etc.), las plagas agrarias (Maleza, depredadores, etc.) y las especies invasivas. Mas en el ámbito de la sanidad vegetal, se define como los organismos, ya sea insectos, patógenos o malezas, que interfieren con las actividades y propósitos de los humanos, se encuentra entre los factores limitantes más importantes de la productividad de los sistemas

agroforestales y pecuarios y son responsables del 37 al 50% de las pérdidas reportadas en la agricultura mundial (Barrera, 2007).

En el caso de plagas y enfermedades del Café, las más comunes son la Roya (*Hemileia vastatrix*), Mal de hilachas (*Corticium* spp), Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*), Broca del Café (*Hypothenemus hampei*), Chacuatete (*Idiarthron subquadratum*), Pulgones (*Toxoptera aurantii*), Gorgojo del grano (*Araeocerus fasciculatus*), entre otros. La más dañina para el cafeto es la Broca del Café, tal es así que organismos públicos y privados e instituciones de investigación de todo el mundo, han tratado de controlar y erradicar los efectos provocados por la plaga (OIC, 2008).

2.4 LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFE

La plaga principal del Café es la Broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari), es considerada como originaria de las zonas orientales y centrales del África (Gonzales, Dufour, 2000).

Se encuentra entre las plagas de mayor importancia y constituye una seria amenaza para la caficultura. Este pequeño insecto perteneciente a la familia *Scolytidae* fue descubierto y descrito en 1867 en Francia por Ferrari en un cargamento de Café oro. En 1901 es citado en Gabón (África) como plaga en el campo (Gonzales, Dufour, 2000).

2.4.1 Origen y distribución de la Broca del Café

Según Gonzales y Dufour, (2000), el ataque de este insecto se detectó por primera vez en granos de Café de exportación de África hacia Europa en 1867. En América se ha reportado en todos los países: Brasil en 1913, Perú en 1962, Guatemala en 1971, Honduras en 1977, México y Jamaica en 1978, El Salvador 1981, Nicaragua y Colombia en 1988, República Dominicana en 1995 y en Venezuela en 1997.

La Broca del fruto del Cafeto (*Hypothenemus hampei*) es la plaga de mayor importancia económica para la caficultura guatemalteca (ANACAFÉ, 2014).

A cuarenta y cinco años de declararse oficialmente su presencia (1971), la plaga se encuentra dispersa y adaptada en toda el área cafetalera nacional. El daño provocado por este diminuto insecto cuyas hembras adultas miden en promedio 1.8 mm (como un "gorgojo"), ocurre cuando estas barrenan frutos de Café para reproducirse, alojándose primeramente en uno de los granos en formación (endospermos), para construir una galería donde acondicionara sus huevecillos, los que al eclosionar se alimentan de los tejidos del grano provocando su deterioro, pérdida de peso y deterioro (ANACAFÉ, 2014).

Derivado del ataque de la Broca, ocurren pérdidas por la caída de frutos en diferentes fases de desarrollo, por la entrada de patógenos que provocan su desprendimiento (ANACAFÉ, 2014).

2.4.2 Taxonomía

Barrera, Herrera y Valle (2005), cita la siguiente taxonomía de la Broca del Café:

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota Orden:

Coleóptera Suborden:

Poliphaga Superfamilia:

Rhynchophora Familia:

Scolitidae Subfamilia: Ipinae

Género: *Hypothenemus*

Especie: *Hypothenemus hampei* (Ferrari)

2.4.3 Ciclo de vida

Según Barrera y Baker (1987), la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*), es un insecto que presenta un ciclo de vida holometábolo presentando los siguientes estados:

a. Huevo

Es de forma ligeramente elíptica, blanquecino recién ovipositado y a medida que avanza la embriogénesis se torna hialino y túrgido, luego de color amarillo y de aspecto

rugoso. Mide aproximadamente 0,83 mm o más de largo por 0,45 mm de ancho. El periodo de incubación es de 7 días (Barrera y Baker, 1987).

b. Larva

Tiene el aspecto y color de un grano de arroz blanco. Es más o menos recta, ligeramente deprimida en su parte ventral y conforme crece esta depresión se acentúa y se va encorvando de grado en grado hasta tomar la forma de C. Tiene consistencia suave y la cabeza es bien notoria. En el tórax se distinguen con facilidad sus tres segmentos y el cuerpo está cubierto por setas largas. Miden de 1.17 a 1.75 mm de largo por 0.37 a 0.58 mm de ancho. Las larvas hembras sufren dos mudas en tanto que los machos solamente una. El periodo larval es de 12 días (Barrera y Baker, 1987).

c. Prepupa

Es muy parecida a la larva de último instar con la que se diferencia por su escasa movilidad y la aparición de los tres segmentos bien definidos, esto es cabeza, tórax y abdomen. El periodo prepupal dura de 2 a 3 días (Barrera y Baker, 1987).

d. Pupa

Es de color blanco lechoso se torna amarillenta y oscura a medida que avanza su desarrollo. Son bien notorios la cabeza, ojos, antenas, aparato bucal, alas y patas. La ninfosis dura de 6 a 8 días (Barrera y Baker, 1987).

e. Adulto

Es un gorgojo del tamaño de la cabeza de un alfiler que mide de 1.5 a 1.7 mm de largo, de color negro, alas anteriores o élitros con estrías cubiertas de pelos o setas muy finos y cortos que crecen hacia atrás. Los machos son más pequeños que las hembras, de color más claro y con alas membranosas rudimentarias (no vuelan), en tanto que en las hembras, el par de alas metatorácicas son tan desarrolladas que le permiten volar ciertas distancias. Tanto el macho como la hembra tienen la cabeza globular, bastante escondida dentro del protórax que es semiesférico. Las antenas son pequeñas, con cinco segmentos del tipo geniculado con setas en el extremo macizo. La longevidad de

los machos es de 75 días y la de las hembras de 105 a 156 días, de los que 136 son activos para la reproducción (Barrera y Baker. 1987).

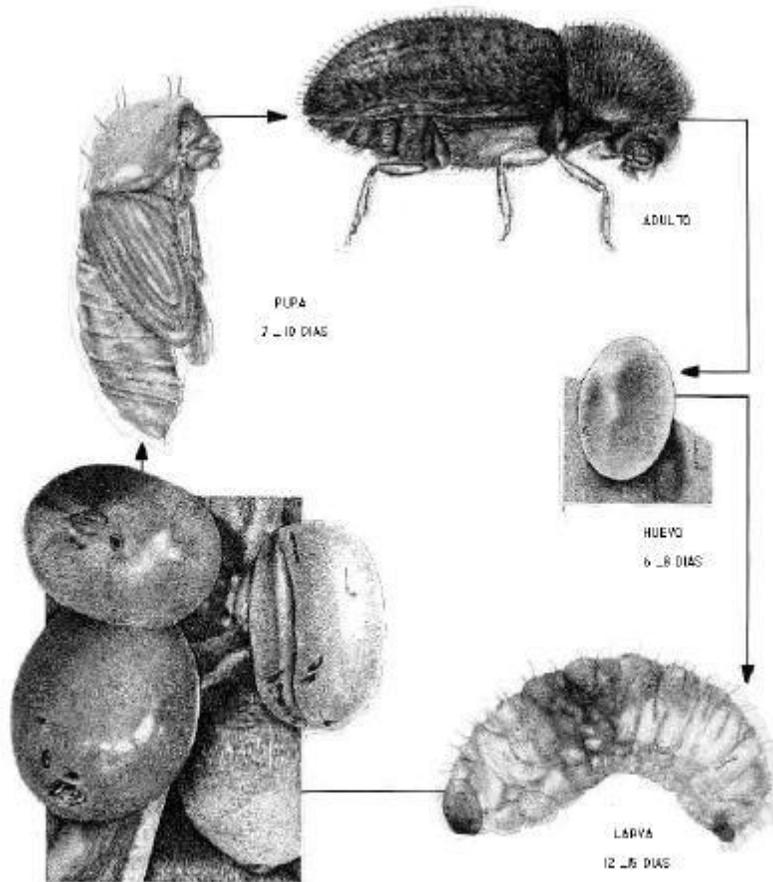


Figura 1. Ciclo de vida de la Broca del Café (tomado de Barrera y Baker, 1987).

2.4.4 Hábitos y ecología

La plaga encuentra condiciones óptimas de desarrollo, en altitudes bajas del trópico y sub trópico hasta 1000 metros sobre el nivel del mar (Barrera, 2005).

La Broca tiene una dispersión agregada o de contagio, dentro del cafetal no se encuentra infestando uniformemente toda la plantación sino en focos, aun dentro de cada planta se observan algunas ramas más infestadas que otras, siendo las del último tercio las más infestadas (Barrera, 2005).

Las hembras son capaces de realizar vuelos sostenidos y las preferencias de vuelo son las horas a medio día (entre las 12 y 16 horas), cuando el día alcanza las temperaturas más altas. La mayor distancia de vuelo alcanzada por la Broca es de aproximadamente 350 m (Barrera, 2005).

Los frutos adecuados para la reproducción del insecto deben tener al menos 20% de peso seco del grano, estado de desarrollo conocido como “semi-consistencia”. Durante el periodo de maduración del fruto, lo que ocurre en la época lluviosa, se pueden presentar 2 ó 3 generaciones en un mismo fruto o nido y las hembras de la progenie emergen del fruto conforme van siendo fecundadas. Sin embargo, después de la cosecha y conforme entra el periodo seco del año, las Brocas dejan de emerger y entran en diapausa reproductiva (Barrera, 2005).

2.4.5 Diapausa reproductiva

Es un estado fisiológico de las Brocas adultas, durante el que dejan de buscar al hospedero y sin perder el movimiento o actividad se congregan formando grupos numerosos dentro de los frutos infestados negros y secos. Se considera que la diapausa reproductiva le permite a la Broca sobrevivir con mayor éxito el periodo inter cosecha. Este periodo puede ser catalogado como el más inhóspito para la población de la Broca, pues, en éste se presentan las condiciones más adversas para su sobrevivencia: extrema sequedad y escasez de alimento. Las Brocas diapáusicas al congregarse en los frutos negros evitarán la pérdida de humedad y al reducir su actividad, conservarán la energía suficiente para el vuelo de búsqueda del hospedero en la nueva cosecha (Barrera, 2005).

2.4.6 Emergencia masiva

Barrera (2006), manifiesta que la emergencia masiva es un fenómeno conocido como “Broca en tránsito” para referirse al traslado de la población sobreviviente desde los frutos viejos de la cosecha anterior a los frutos nuevos de la cosecha siguiente. La emergencia masiva también es un periodo crítico en la historia de vida de la Broca, pues, la población de hembras colonizadoras al salir del grano se expone a la acción de

los factores de mortalidad artificiales y naturales. El trampeo de la Broca con fines de control tiene su mayor impacto durante la emergencia masiva. Camilo, Olivares y Jiménez, (2003), manifiestan que se han determinado aspectos importantes del comportamiento de la Broca que se debe tener en cuenta:

- Es más abundante junto a los caminos
- Coloniza las ramas bajas y frutos cercanos al tronco
- Al renovar el cafetal se disemina a los cafetales vecinos
- Sobrevive de tres a cuatro meses en los frutos secos
- Las cosechas tardías incrementan la población.

2.4.7 Descripción de los daños y su importancia

Alejo (2000), refiriéndose al ataque de este insecto, manifiesta que una vez que la hembra ha sido fertilizada, esta vuela a los granos de Café que han comenzado a madurar y barrena un hueco de entrada en el ápice, ya sea en el terminal del poro o en el cáliz o en anulo del tejido diferenciado que rodea el poro (Fig. 2).

La oviposición se realiza generalmente en granos maduros, también ataca el grano seco en (pergamino) en los almacenes. Una vez que la larva nace comienza a alimentarse para lo cual hace túneles en varias direcciones, destruyendo el grano.

Los machos pasan toda su vida dentro de una galería, mientras que las hembras vuelan y ovipositan en varios granos. El ataque a las plantaciones varía de acuerdo a ciertos factores tales como: temperatura, humedad, tipo de cultivo, grado de infestación inicial, etc. En el caso de ataques severos, las pérdidas en rendimiento pueden fluctuar entre el 30 al 80% de la cosecha. Además de la pérdida total de la cosecha a causa de la destrucción del grano, caída del fruto y pudrición, otro daño muy importante se produce cuando el producto se deprecia, por causa de granos deteriorados. Además, Díaz, Silva, Monreal y Casas (2007), señalan que las pérdidas que ocasionan las Brocas son en dos aspectos principalmente: en peso y calidad, ya que por cada 1% de infestación se estima que hay una reducción en el peso de la cosecha del 0.275% es decir que un 10% de infestación reducirá un 2.75% de la producción en Café oro. Sin embargo, el

daño más importante constituye la afectación directa sobre la calidad física y organoléptica del café; pues los orificios en el fruto causados por la Broca crean condiciones favorables para el ataque de hongos.

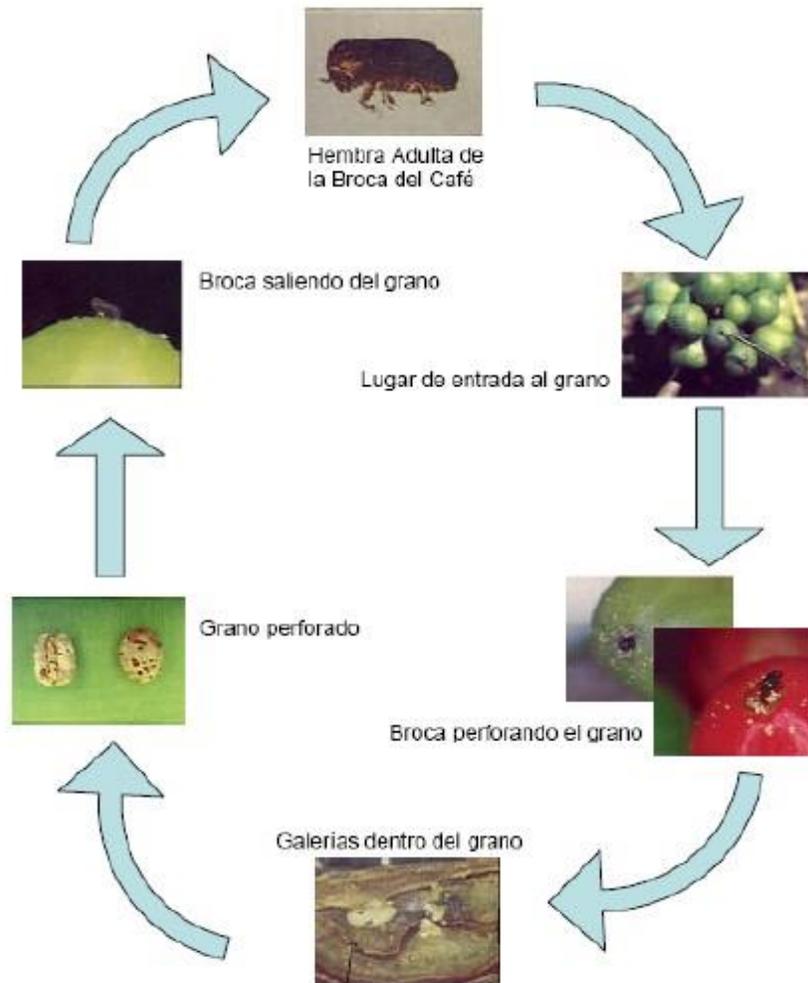


Figura 2. Ciclo de infestación del grano de Café por la Broca (Tomado de Díaz, Silva, Monreal y Casas, 2007).

2.4.8 Manejo Integrado de la Broca (MIB)

El Manejo Integrado constituye la mejor forma de lucha contra la presencia de la Broca, basándose en la selección, integración e implementación de diferentes sistemas de control disponibles , con el fin de reducir las poblaciones de plaga a niveles.

económicamente tolerables. El MIB está estructurado con las siguientes estrategias de control (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.1 Cosecha

Un buen programa de control de Broca, inicia con una eficiente cosecha, se recomienda la supervisión de cortadores para evitar en lo posible que voten o dejen frutos en la planta, reduciendo así la disponibilidad de sustrato para la alimentación y reproducción de la plaga (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.2 Muestreo

Permite establecer los niveles de infestación y la distribución de la Broca. Los resultados del muestreo orientarán el plan de acción para su control y el uso racional de los recursos. El método de muestreo recomendado es el de “muestreo por sitios”, donde 20 sitios de muestreo son distribuidos sistemáticamente en áreas no mayores de 5 manzanas (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.3 Control manual

Constituyente una práctica eficiente de control de Broca, y consiste en la recolección en post-cosecha de frutos en el suelo (pepena) y planta (repela). El control manual favorece la evacuación de altos niveles de población de la plaga, reduciéndose así los daños en la futura cosecha. Esta actividad se complementa con el graniteo (repase), que se considera una cosecha sanitaria de frutos parasitados por la Broca que proviene de las “floraciones locas”. El fruto recolectado en la pepena y repela, debe tratarse químicamente con fosfina en dodis de 10 pastilla por cada 4 quintales recolectados tapando herméticamente durante 18 horas. En el caso del graniteo, el fruto puede tratarse de igual forma o a través de un tratamiento térmico sumergiéndolo en agua hirviendo durante 5 minutos (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.4 Control cultural

Son prácticas propias del cultivo del Cafeto, que de manera indirecta favorecen el control de la plaga, al modificar el ambiente en forma adversa para el insecto, entre

estas figuran el manejo de tejido productivo, manejo de sombra y el control de malezas (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.5 Control biológico

Se realiza con el uso de enemigos naturales con el fin de regular las poblaciones de la Broca. El control biológico comprende el uso de los parasitoides de origen africano *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea* (ANACAFÉ, 2011).

C. stephanoderis, en su estado adulto depreda huevecillos y larvas pequeñas de Broca, y en ausencia de estos estados biológicos, ataca y devora a los adultos. Para su reproducción este parasitoide selecciona larvas desarrolladas y pupas de Broca sobre las que oviposita un huevecillo de donde eclosiona una larva que se alimenta del huésped, sobre el que ha emergido (ANACAFÉ, 2011).

Phymastichus coffea, es un endoparasitoide específico de adultos de Broca, la que ataca cuando se encuentra expuesta en el canal de penetración del fruto. *P. coffea* parasita a la Broca ovipositando en el interior de su cuerpo 2 huevecillos, que al eclosionar dan origen a igual número de larvas que se alimentan internamente de los tejidos de la Broca provocándole la muerte (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.6 Control etológico

Se conoce como Control Etológico, el aprovechamiento del conocimiento sobre el comportamiento de las plagas para su control. Estudios reportan que los insectos responden a: señales, estímulos visuales, físicos y químicos. En el caso particular de la Broca, actualmente el uso de trampas se aplica con bastante éxito, por los niveles aceptables de captura y su bajo costo (ANACAFÉ, 2011).

La trampa consta de 2 componentes principales: un dispensador o difusor que contiene 15-20 ml, de un atrayente compuesto por la mezcla de los alcoholes metanol y etanol en relación 1:1. El otro componente es el cuerpo de la trampa, de las que existe una variedad de diseños, que utilizan materiales desechables como “doble litros” plásticos.

Se recomienda una densidad de 12 trampas por manzana, las que deben colocarse en el cafetal una vez terminada la cosecha, y retirarse antes de iniciar la nueva cosecha.

Las trampas deben colocarse a una altura de 1.50 m en lugares abiertos para favorecer las capturas (ANACAFÉ, 2011).

2.4.8.7 Control químico

En el manejo integrado de la Broca, debe considerarse como la última opción a la que debe recurrirse. Para un uso racional de esta estrategia, deben considerarse los resultados del muestreo, evitando aspersiones generales innecesarias (ANACAFÉ, 2011).

Los buenos resultados dependen de:

- Uso de insecticidas específicos (Endosulfan, Clorpirifos)
- Dosis técnicamente recomendadas
 - Endosulfan: 1.2 l/manzana
 - Clorpirifos: 1.5 l/manzana
- Época oportuna de aplicación. 75-90 días después de la floración principal.
- Calibración de equipo y buena cobertura en aplicación.

2.4.8.8 Metodología de muestreo

Bustillos (2005), señala que el daño causado por la Broca del Café exige medidas de control eficientes en forma oportuna y cuando el insecto amenace con causar pérdidas económicas, un requisito importante en un programa de manejo integrado de plagas, es poder cuantificar el tamaño de una población en el campo en un momento dado.

Para acertar oportuna y eficientemente con una medida de control de una plaga, es necesario tomar decisiones basadas en la medición del tamaño poblacional de la plaga. Para el caso de la Broca del Café, se utiliza un método de estimación de poblaciones relativa; donde la población se cuantifica a partir del conteo de frutos de Café. Una forma práctica de medir las poblaciones de Broca es a través del “Método de Muestreo de las 30 Ramas” propuesto por (Bustillo, 2005).

El muestreo se recomienda aplicarlo entre los 60 y 90 días después de la floración principal, por la razón de encontrarse la Broca adulta en ese período en el canal de penetración del fruto, siendo más vulnerable a la acción del control (Bustillos 2005).

a. Método de muestreo de las 30 ramas

En general se ha establecido que para una hectárea de 5.000 árboles (N = universo de muestreo), se seleccionan al azar 30 sitios (n = tamaño de la muestra), en forma de zigzag. Se selecciona un árbol y en este una rama productiva (unidad de muestreo) que tenga entre 30 y 100 frutos ubicados en el tercio medio o inferior; se cuantifica el número de frutos verdes hechos y el número de frutos verdes hechos infestados por la Broca, para finalmente calcular el porcentaje de infestación. El nivel de infestación por Broca para el Muestreo de las 30 Ramas se estima como el porcentaje de frutos infestados con relación al número total de frutos evaluados (Trujillo, 2006).

Para establecer la intensidad de la infestación del grano se requiere hacer periódicamente evaluaciones sobre la cantidad presente de Broca por unidad de área, lo que permite tomar decisiones de control cuando el insecto alcance el índice de umbral económico.

Trujillo (2006), manifiesta que este tipo de muestreo constituye una medida aproximada de la infestación, que le permite a caficultores y técnicos estimar poblaciones de Broca, identificar los sitios de mayor concentración de la Broca, conocidos como "focos", conocer el grado de penetración de la Broca en los frutos y evaluar en un momento dado las medidas de control utilizadas.

b. Muestreo en el beneficiado

El muestreo en el beneficiado se realiza utilizando el método recomendado por CENICAFÉ, el que consta en tomar 4 muestras de 1.1 libras de Café del tanque de lavado para un total de 2.2 libras, por cada 100 libras de Café beneficiado. Las muestras se deberán tomar en el patrón de zigzag antes mencionado. Se procederá a evaluar el porcentaje de Café brocado (Bustillos, 2005)

2.5 LA ROYA DEL CAFÉ

Las áreas cafetaleras de la región de Centro América se han enfrentado al agresivo embate de la enfermedad de la Roya desde el 2012, que como consecuencia ha traído grandes pérdidas monetarias para los productores, desde los más pequeños hasta los más grandes, por las bajas producciones en Café (Fews net, 2015).

Los hogares de jornaleros que dependen del corte a nivel regional también han experimentado pérdidas económicas, debido a una disminución en la contratación de mano de obra no calificada. Desde entonces, se han llevado acciones por parte de diferentes sectores para reducir el impacto de esta epidemia. Para comprender mejor la afectación de este hongo en la producción y las perspectivas para los siguientes años, es necesario comprender el ciclo de vida del mismo. De acuerdo a investigaciones en campo en Centro América, el hongo de la Roya subsiste durante la época seca, provocando lesiones necróticas en hojas vivas, producidas en la infección del año anterior. Las primeras lluvias de la temporada, entre abril y mayo, reactivan al hongo donde se da una fase de crecimiento lento hasta junio, para luego dar lugar a una fase de crecimiento acelerado de octubre hasta diciembre donde muestra los porcentajes más altos de infestación. Esta aceleración se debe a que se establece la estación lluviosa y da inicio al crecimiento del grano, situación que ocurre para la mayoría de variedades arábicas en la región. Los límites de temperatura óptimos para el desarrollo de la Roya se enmarcan entre los 21 y 25 grados centígrados (Fews net, 2015).

La decadencia de los niveles de infección se da desde enero hasta abril durante la época seca, cuando las condiciones ambientales adversas y la poda de cafetos y árboles de sombra permiten una disminución en la incidencia de forma natural, reanudando el ciclo de vida. De acuerdo a lo anterior, es importante notar que los efectos en la producción son evidentes en el rendimiento de la siguiente cosecha. Si el hongo no ha sido manejado de acuerdo a las especificaciones técnicas de fungicidas, este puede defoliar y votar el fruto hasta un 100 por ciento de la plantación. Es decir, que el efecto de la infestación de Roya en un año particular continúa en los años siguientes (Fewsnet, 2015).

2.5.1 Etiología

La Roya del Cafeto es causada por *Hemileia vastatrix* Berk & Br. El micelio de este hongo se encuentra completamente dentro del mesófilo y consiste de hifas hialinas en abundancia, de aspecto tortuoso y frecuentemente ramificado en forma muy irregular; el diámetro de las hifas es bastante uniforme y oscila entre 5 y 6 μ m, presentan septas que están separadas a veces por intervalos grandes, especialmente en las hifas que crecen rápidamente. Algunas veces el contenido de las hifas tiene una coloración anaranjada-rojiza (Harr, 2008).

Las hifas crecen entre las células del mesófilo y penetran en ellas mediante ramificaciones cortas, filiformes, que terminan en expansiones ovales, reniformes o un poco irregulares, 7 a 8 x 4.5 μ m, que contienen citoplasma denso con uno a dos gránulos refringentes. Estas expansiones constituyen los haustorios y sirven probablemente como órganos de absorción de alimentos (Harr, 2008).

El micelio del hongo es más abundante en el parénquima esponjoso de la hoja y en las especies y variedades más resistentes de Café queda confinado en esta parte del mesófilo. En las variedades más susceptibles, el micelio tiende a penetrar el tejido de empalizada y hasta puede enviar haustorios a las células de la epidermis superior. Las hifas forman una masa entretejida de micelio en las cavidades subestomáticas. De esta masas crece un fascículo de filamentos finos llamados “esterigmas”, que emergen a través de los estomas, dando lugar a las esporas (Harr, 2008).

La masa de esporas es bien visible a simple vista, por presentar aspecto de un polvillo anaranjado. La forma de las uredósporas maduras varía un poco, según su posición en el haz de estas estructuras. Generalmente son angostas y triangular-redondeadas en un corte transversal. La pared más corta, que generalmente está orientada hacia afuera del grupo, es convexa a través del ancho de la espora y también, en menor grado, a lo largo. Las dos paredes laterales, que normalmente están en contacto con otras esporas del grupo son casi planas, con excepción del ápice y base de las esporas, que son redondeadas. La forma es pues, muy similar a la de un gajo de naranja, pero más

redondeada. A veces la uredospora tiende a tener una forma piramidal. La parte más redondeada de la uredospora está densamente ornamentada con especie de espinas cortas y erectas, 3 a 4 mm de largo, que tienden a ser más cortas y escasas hacia la parte lisa de la espora. La naturaleza media ornamentada, media y lisa de la espora es el detalle característico que condujo al nombre del género, hemi = medio, y leios = liso. El número de uredósporas producidas es muy elevado, se han contado 150,000 en una instancia en una sola lesión (Harr, 2008).

Al golpear una lesión a intervalos de 2 a 3 semanas, se ha logrado liberar al aire un total de 366,100 esporas durante tres meses, desde el comienzo de la producción. Algunas veces hacia el final de la vida de una pústula, y en consecuencia cerca del centro de una lesión vieja, se producen esporas de un segundo tipo, las teleutósporas o teliosporas. Estas son, al principio similares a las uredosporas jóvenes, pero se quedan más pequeñas y lisas, y toman una forma casi globosa (Harr, 2008).

Las teleutósporas tienen forma bastante irregular cuando están completamente desarrolladas, pero generalmente tienden a ser esféricas, achatadas y hasta con forma de nabo, con paredes gruesas. La parte central del extremo opuesto de este tipo de esporas es un poco aplanado, de él sobresale frecuentemente una protuberancia en forma de papila redondeada. El contenido de la teleutósporas es granular y de un fuerte color anaranjado-rojizo. Está unida al soro (pústula) mediante un pedicelo corto. Miden de 15 a 18 mm de longitud incluyendo la protuberancia apical, y en su parte más ancha tienen un diámetro de 18 a 24 mm (Harr, 2008).

Las teleutósporas se producen solamente en raras ocasiones y no se conocen las circunstancias que dan origen a su formación. Estas esporas fueron observadas por primera vez en material procedente de Sumatra, en 1878, en Ceilán fue observada en 1880. Luego ha sido reportada en varios otros países. El papel de las teleutósporas, si realmente lo tienen, es desconocido.

La Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix*) pertenece a la familia Pucciniaceae. La familia es definida por las características de las teliosporas usualmente pediceladas y lateralmente libres, o si lateralmente unidas, entonces pediceladas (Harr, 2008).

2.5.2 Taxonomía

La clasificación del causante de la Roya del Cafeto es la siguiente (Rayner, 2002):

División: Eumycota

Subdivisión: Basidiomycotina

Clase: Teliomycetes

Orden: Uredinales

Familia: Pucciniaceae

Género: *Hemileia*

Especie: *H. vastatrix* Berk. & Br.

2.5.3 Patogénesis

La germinación de las uredosporas en el envés de una hoja mojada de Café, puede comenzar solamente en una hora. Poros germinales se forman en dos y a veces cinco puntos equidistantes, por adelgazamiento del exosporio, luego sale un tubo germinativo en forma de dedo, con ápice redondeado, con una ligera constricción en el punto de salida.

Este tubo permanece sin ramificarse por algún tiempo, pasando a él el contenido anaranjado y granuloso de la espora. Después pueden formarse ramificaciones; algunas de ellas son cortas, otras se extienden considerablemente, pero en general el crecimiento es limitado. Cuando alguna parte del tubo germinal ramificado hace contacto con un estoma, se forma un apresorio. Este consiste de una vesícula ovoide o piriforme, en forma de saco (Rayner, 2002).

Casi todo el contenido coloreado de la hifa pasa al interior del apresorio, el que puede estar separado mediante un tabique. En el lado inferior del apresorio se forma una hifa penetrante (hifa de infección) la que crece en el interior de la cavidad subestomática a

través del ostiolo. En el haz foliar, el crecimiento de los tubos germinales es menos vigoroso, pero se extiende y ramifica más. Es posible que se forme en este caso un apresorio, que puede producir uno o más procesos y hasta se puede desarrollar un apresorio secundario. Eventualmente todo se muere sin haber ocurrido la penetración (Rayner, 2002).

Una vez que la hifa de infección ha llegado hasta la cavidad subestomática, se produce un ensanchamiento en forma de vesícula y de allí parten hifas ramificadas, la ramificación es con frecuencia extremadamente regular.

Las hifas crecen entre las células del mesófilo y penetran en ellas mediante ramificaciones cortas, filiformes, que terminan en expansiones ovas, reniformes, estas expansiones son los haustorios. Generalmente hay uno o dos haustorios en cada célula hospedante, pero a veces existen en número mayor (Rayner, 2002).

Cuando las células del hospedante son invadidas, los cloroplastos se tornan gradualmente amarillentos. El contenido de las células afectadas se contraen y coagula en forma de una masa, la que gradualmente se decolora y se torna cada vez más marrón; esta decoloración también se extiende hasta cierto grado a las paredes celulares.

A veces el citoplasma desaparece y es reemplazado primeramente por un líquido y posteriormente por aire.

Las hifas forman masas entretrejidas de micelio en las cavidades subestomáticas y a través del poro estomatal crecen fascículos de filamentos finos, los que se hacen más gruesos sin romper la epidermis de la región del estoma (Rayner, 2002).

Los filamentos divergen y se expanden un poco al llegar afuera; estas ramificaciones formarán las uredósporas. Las teleutósporas se forman raramente (Rayner, 2002).

2.5.4 Sintomatología

La enfermedad se caracteriza por presentar pequeñas manchas redondeadas, amarillo naranja y polvorientas en el envés de las hojas. Inicialmente, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm. o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar. Si hay esporulación abundante, un ligero toque de la hoja puede hacer que una nube de esporas se desprenda (Rayner, 2002).

En los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Esta mancha es traslúcida y si se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite. Uno o dos días después de su aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvorienta porque no forman esporas. Cuando las manchas de la hoja atacada por el hongo envejecen, su centro muere, se torna marrón oscuro y se seca. La formación de esporas en estas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse grisáceas y pueden, en gran parte, desaparecer. Es común que antes que el tejido foliar se torne marrón, las esporas pueden aparecer más pálidas en la masa central de la lesión perdiendo su tinte anaranjado. El porcentaje de esporas con contenido hialino aumenta hacia el centro de la lesión y que la pérdida de color no se debe necesariamente al envejecimiento de las esporas *insitu*, ya que al ser removidas puede producirse una nueva generación de esporas hialinas (Rayner, 2002).

La pérdida del color amarillento-anaranjado típico de las esporas puede acelerarse con la presencia de un hongo blancuzco, parasítico, *Verticillium hemileia* Bour. En etapas avanzadas del ataque, la mayor parte del área afectada muere y solamente de vez en cuando, cerca del margen, sobreviven áreas amarillento-anaranjadas portadoras de esporas. Las lesiones comúnmente pueden ser limitadas por la nervadura principal y con menos frecuencia por una vena lateral, pero a veces estas barreras apenas retardan la expansión de una lesión o tienen poco efecto. La apariencia exacta de una lesión puede variar de acuerdo con la variedad del cafeto, según la susceptibilidad.

Tales variaciones pueden afectar el tamaño de las lesiones, la proporción del área que muere y el espesor de la capa de polvo formada por las esporas. A veces se puede apreciar una zonificación circular de la parte amarillo-naranja de las lesiones (Rayner, 2002).

Cuando hay áreas grandes de la hoja infectada por la enfermedad, las áreas adyacentes, no infectadas, también pueden secarse y morir, afectando con frecuencia la hoja entera. Aun cuando sólo haya unas pocas lesiones, la hoja a menudo se reduce mucho y puede caerse a temprana edad. Como consecuencia de esto y de la abscisión de hojas muy atacadas, un árbol afectado severamente puede perder gran parte de su follaje, lo que a su vez puede conducir a una muerte descendente (dieback) más o menos pronunciada de sus ramas. Este efecto depende del clima reinante en ese momento, de la cosecha que produce el árbol y de la reserva de carbohidratos (Rayner, 2002).

Frutos de *Coffea liberica* en Java han sido encontrados con lesiones color marrón claro y oscuro, sobre los que se produjeron capas de esporas naranja típicas de *Hemileia*. Observaciones similares se han reportado en *C. liberica* (Rayner, 2002).

2.5.5 Epidemiología

En general todas las especies de Café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*, como también las especies silvestres. La planta de Café es susceptible al ataque de la Roya durante todas las etapas de su desarrollo, desde el estado cotiledonar hasta la etapa productiva en el campo (Rayner, 2002).

En algunas variedades de Café que poseen resistencia horizontal y son infectadas, el patógeno se establece en ellas, pero, bien el número de lesiones es menor, el período de latencia más prolongado o, la cantidad de esporas producidas por pústula es menor que en una variedad susceptible. En este tipo de variedad con resistencia horizontal se reduce la tasa de infección y también algunas veces afecta el inóculo inicial indirectamente (Rayner, 2002).

2.5.6 Cantidad de follaje y su relación con la incidencia de la Roya

En experimentos realizados se ha observado que en una atmósfera calmada cada fascículo de uredósporas que brotaba por un estoma, formaba cadenas de uredósporas colgando hacia abajo, las que se caían con el menor movimiento de la hoja y llevadas por el viento. También se observó que, en los primeros estados de aparición de un foco de la enfermedad, las lesiones se producen con mayor abundancia cerca de los bordes inferiores de las hojas y que las esporas depositadas en la superficie superior eran lavadas por el agua alrededor de los bordes y depositadas en la superficie inferior, donde germinaban y producían infecciones. Finalmente se insinuó que una manera como las esporas podrían llegar al envés de las hojas era mediante vientos violentos que las llevaban hacia arriba, siendo las hojas entonces salpicadas con gotas de lluvia que contenían esporas (Villegas, 2005).

Se ha estimado que la tasa de caída de las esporas de Roya en el aire es de 0.20 m/s, para grupos de esporas y para esporas individuales de 0.10 m/s, y que estas esporas liberadas no se desplazan muy lejos, sino que tienden a precipitarse en las inmediaciones de su punto de origen. Sin embargo, en investigaciones llevadas a cabo en Brasil se concluyó que las esporas de *H. vastatrix* se encuentran en el aire a razonable altitud y son transportadas a grandes distancias por las corrientes aéreas (Villegas, 2005).

Estos resultados fueron confirmados en Kenya, donde también se encontró que durante y después de las lluvias, la cantidad de esporas que permanecen en el aire es casi nula, y que las esporas son arrastradas del aire hacia el suelo por las gotas de agua o como núcleo de condensación de agua (Villegas, 2005).

2.5.7 Diseminación de la Roya del Cafeto

2.5.7.1 Viento

Varios investigadores han sugerido que el viento puede diseminar las esporas de la Roya del Café. Se ha especulado que corrientes de aire desde África Occidental

(Angola) hacia Brasil trajeron las uredosporas que permitieron el establecimiento de la enfermedad en el hemisferio occidental (Villegas, 2005).

Investigadores del Departamento Nacional de Meteorología de Brasil han informado que corrientes de aire con velocidad de 20 Km/h. pudieron haber traído las esporas de la Roya desde África hasta las Costas de Brasil en 15 días. Otros investigadores sugirieron que los vientos del Océano Atlántico pudieron haber traído las esporas desde Angola a Bahía en 5 a 7 días (Villegas, 2005).

2.5.7.2 El agua y la diseminación de la Roya

En algunas investigaciones se ha concluido que la dispersión de la Roya por el aire es de poca o ninguna importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas, si se aplica agua a la superficie, y se concluye que con la excepción de cuando la lluvia es acompañada con vientos de alta velocidad, la distribución de las esporas en la fase de crecimiento de la epidemia puede ser afectada solamente por el agua y por lo tanto la enfermedad se confina a la propia planta o cuando mucho a las plantas adyacentes. Se ha confirmado que la relación entre la intensidad de la lluvia y la dispersión de las uredósporas es lineal y bajo condiciones promedio, solamente las lluvias que excedían de 0.3 pulgadas dispersaron esporas solamente cuando el nivel de inóculo era alto, o sea, 2.0 y 2.5 pústulas activas de la Roya por hoja (Villegas, 2005).

Se ha estudiado la manera como se mojan las caras inferiores de las hojas durante un aguacero en el campo, encontrándose que ciertas partes se mojan por la acción directa de las gotas al caer sobre la superficie inferior cuando las hojas se mueven debido a la turbulencia del viento. Sin embargo, la mayor parte del mojado resulta del rebote de gotas que caen en la superficie superior de las hojas que están abajo. Estas gotas al rebotar podrían llevar consigo uredósporas que han sido depositadas en las hojas inferiores (Villegas, 2005).

2.5.7.3 Los insectos y la diseminación de la Roya

En la India se encontraron insectos de especies *Euphysothrips subramanii* y *Scirtothrips bispinosus* que se alimentaban de pústulas de la Roya y que llevaban un número elevado de esporas en su cuerpo (Villegas, 2005).

En Kenya se encontró que las larvas de dos especies de Dípteros (*Cecidomyiidae*) *Lestodiplosis* sp y *Mycodiplosis* sp se comían las esporas. De acuerdo con estos señalamientos, los insectos tendrían un papel suplementario con la dispersión que podría llegar a ser importante a nivel de hojas, plantas e incluso plantaciones completas, pero sería irrelevante en la dispersión a largas distancias. Además, la mayoría de las especies de insectos son muy poco móviles. En Brasil se han encontrado uredósporas de *H. vastatrix* adheridas al cuerpo de *Drosophila* sp; este insecto es muy abundante cuando los frutos del Café están maduros. También se ha indicado al Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) como posible vector de la Roya (Villegas, 2005).

2.5.7.4 Otros medios de diseminación de la Roya

La dispersión de la Roya a través de material de propagación infectado, pero con síntomas poco visibles, puede provocar un avance acelerado de la Roya en grandes áreas geográficas (Villegas, 2005).

También podría ser posible la propagación de la enfermedad a través de otras especies vegetales importadas de otros países. Existe la posibilidad de que la Roya del Café haya llegado de África al hemisferio occidental en plantas vivas. Las esporas pudieron haber venido sobre plantas de Café o Cacao aparentemente sanas. Asimismo, es posible que el movimiento interno de plantas entre una región y otra en el norte de Brasil haya facilitado el movimiento del patógeno en el área cafetalera (Villegas, 2005).

Un sólo contacto de ropa o brazos del personal que trabaja en cafetales basta para permitir que una gran cantidad de uredosporas queden adheridas en el envés de hojas sanas, lo que indica la posibilidad de dispersión de *H. vastatrix* incluso después de un

leve contacto de hojas infectadas con ropa o piel del personal, lo cual constituye un peligro de la extensión mayor de la enfermedad (Villegas, 2005).

También se ha indicado que la densidad del tránsito aéreo ha permitido el transporte involuntario de esporas por esta vía, incluso entre continentes. Los sacos de Café pueden ser ocasionalmente vehículos de las esporas de la Roya.

2.5.7.5 Factores que afectan el desarrollo de la enfermedad

La ocurrencia de una enfermedad de carácter epidémico, como es el caso de la Roya del Cafeto, está relacionada con factores bióticos (condiciones del hospedante y del patógeno) y factores abióticos (ambiente), los que se describen a continuación:

a. Factores bióticos

En general, todas las especies cultivadas de Café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*, como también lo son las especies silvestres (Lequizamon, 2001).

En las variedades que poseen genes específicos de resistencia, cuando son infectadas por la raza del hongo no compatible, se crea una zona de tumefacción, que evita el avance del micelio. En estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el proceso de reproducción se interrumpe, reduciendo el inóculo potencial (Lequizamon, 2001).

En variedades de Café con resistencia incompleta (horizontal), el patógeno se establece, pero el número de lesiones es menor, el período de la latencia es más prolongado, o la cantidad de esporas producidas por lesión es menor que en una variedad susceptible. En estas plantas se reduce la tasa de infección y también algunas veces el inóculo potencial indirectamente. Además de los factores genéticos, existen otros que inciden en la mayor o menor infección en poblaciones de plantas, tales como la cantidad de follaje, la producción y edad de la hoja (Lequizamon, 2001).

b. Edad de la hoja

La edad fenológica de una hoja influye en los componentes de la resistencia como son: tasa de infección y en los períodos de incubación y latencia. Este comportamiento diferencial se ha explicado en parte por: aumento en el espesor de la pared celular, el proceso de lignificación, el aumento de la presión osmótica y la acumulación de sustancias como fenoles y enzimas (Lequizamon, 2001).

Se ha encontrado que, en hojas de Café de diferentes edades inoculadas, la esporulación ocurría más temprano y era más abundante cuando se empleaban hojas jóvenes, igualmente se podía detectar presencia de micelio en las hojas dentro de un lapso de 3 a 4 días después de la inoculación. (Lequizamon, 2001).

Se puede concluir que las hojas nuevas de Café, son probablemente, las más susceptibles y las más frecuentemente infectadas bajo condiciones de campo; esa susceptibilidad decae con el avance en edad y la infección en hojas muy jóvenes es probablemente baja o sin importancia debido a las propiedades físicas de la superficie (Lequizamon, 2001).

c. Factores abióticos

d. Efecto de la temperatura

La temperatura afecta el desarrollo epidémico de la Roya del Cafeto debido a su acción directa sobre el proceso de germinación e infección del hongo, y una vez establecido éste sobre el período de incubación y latencia (Lequizamon, 2001).

Temperaturas por debajo del óptimo tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongando el tiempo de germinación de las uredósporas, la formación de apresorios, la penetración y colonización del hospedante, haciendo más largo el ciclo epidémico de la Roya. Temperatura por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo (Lequizamon, 2001).

e. Efecto de la luz

De acuerdo con los estudios de la biología de *H. vastatrix*, la luz es un factor determinante para la germinación de las uredósporas, para el inicio del proceso infeccioso y para la sobrevivencia o viabilidad de las esporas producidas, o sea, para la cantidad de inóculo efectivo disponible para la iniciación de una epidemia. La luz tiene un efecto negativo sobre la germinación de las uredósporas del hongo (Lequizamon, 2001).

La ausencia de luz estimula la germinación y el crecimiento del tubo germinativo. Intensidad lumínica superior a 2,5 bujías/pie reducen gradualmente el desarrollo de las lesiones y de la germinación, sin embargo, ésta aún se realiza bajo una intensidad de 10 bujías/pie. La duración del período de oscuridad para obtener un máximo de germinación es de cuatro horas, siendo en cambio necesario nueve horas para un máximo de infección (Lequizamon, 2001).

f. Efecto de la humedad

La precipitación es quizás el factor ambiental más estudiado en relación con la evolución de la Roya del Cafeto a través del tiempo. La disponibilidad de agua o balance hídrico es otro factor que indirectamente influye sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta de Café (Lequizamon, 2001).

La formación del follaje, el crecimiento de las ramas, la floración y la maduración de los frutos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua para la planta. A su vez el desarrollo de la planta, principalmente la cantidad de hojas, está relacionado con la mayor o menor intensidad de la enfermedad, en función de la cantidad de tejido susceptible y disponible a la infección (Lequizamon, 2001).

La lluvia es un factor muy importante en el desarrollo de una epidemia (incremento en la intensidad y severidad) de la Roya del Cafeto. La lluvia actúa como factor determinante en la germinación de las esporas, en su dispersión, e indirectamente sobre otros

factores ambientales tales como la humedad relativa, la temperatura y la luminosidad. También parece ejercer un efecto detrimental sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles (Lequizamon, 2001).

2.5.7.6 Control de la Roya

a. Uso de variedades resistentes

Desde el primer impacto sobre el Café por la Roya (*H. vastatrix*), los productores e investigadores en Java, India, Ceilán y África han buscado y encontrado plantas resistentes. Sin embargo, las iniciales selecciones resistentes de *C. arabica* pronto sucumbieron, una tras otra, a nuevas razas del hongo (Federación Nacional de Cafeteros, 2008).

Existen 26 razas de la Roya del Cafeto. Los Cafés hospedantes tienen seis factores dominantes para resistencia. La utilización de variedades resistentes a las razas fisiológicas de *H. vastatrix*, es el proceso más eficaz y económico de combatir esta enfermedad. La posibilidad de utilizar variedades resistentes, depende de la disponibilidad del material, de la resistencia a la raza o razas que existen en la región y de sus características culturales, comerciales de productividad y de calidad.

De las razas fisiológicas de *Hemileia*, la raza II ha sido la encontrada con mayor frecuencia y la más extendida, le sigue la raza I; las otras razas son de distribución más variada predominando algunas en determinadas localidades. Las variedades resistentes a la Roya, varían en su calidad de resistencia de acuerdo a la raza fisiológica del hongo, siendo el Híbrido de Timor el único material resistente a todas las razas. Este material es aparentemente un cruce natural entre *C. arabica* y *C. canephora*, el 95% de las plantas son del grupo A, es decir, resistentes a todas las razas, mientras que 5% son del grupo R, resistentes a sólo dos razas, y al grupo E, resistentes a 7 razas. Este híbrido de Timor presenta una gran variabilidad fenotípica, lo que da una gran oportunidad de selección para ciertas condiciones específicas (Federación Nacional de Cafeteros, 2008).

Se han identificado 6 factores simples y dominantes que condicionan la resistencia del *C. arabica* a *H. vastatrix*. Los factores SH, SH y SH parecen estar únicamente ligados al *C. arabica* SH parece sólo en los arábigos originarios de la Unión India y el SH existe solamente en el Híbrido Timor (Federación Nacional de Cafeteros, 2008).

b. Control químico

En 1969 se recomendó la aplicación de azufre en polvo o en solución para el control de la Roya del Cafeto.

Fungicidas protectores: El caldo bordelés fue recomendado por primera vez en 1895, después de haber comprobado su efecto “deletéreo” sobre uredosporas de *H. vastatrix* bajo condiciones de laboratorio.

El oxiclورو de cobre: es el grupo de fungicidas más utilizado para el control de la Roya del Cafeto, en el mundo. Su formulación puede ser: concentrado, emulsionable, o polvo mojable

Oxido Cuproso: Como fungicida ha tenido menor utilización que otros productos cúpricos ya que se deben tomar algunas precauciones en su almacenamiento, porque el cobre se puede oxidar y perder su acción fungicida.

Hidróxido de cobre: Viene formulado en polvo mojable o en suspensiones oleosas.

Fungicidas carbamatos: Los derivados ditiocarbamatos resultan de la combinación de amidas con bisulfuro de carbono, en solución alcohólica alcalina. Tienen un radical azufre ligado a un radical hidrógeno, el que se puede sustituir por cualquier otro metal.

Otros fungicidas Nitrogenados heterocíclicos

Compuestos aromáticos de estos productos el Clorotalonil fue evaluado comparativamente con otros productos protectores.

Fungicidas sistémicos

Grupo de las anilidas: El fungicida Oxicarboxin, tiene una acción directa sobre el patógeno y generalmente se acumula en los sitios de infección; por esta razón, en el control de la enfermedad ha sido utilizado en aspersiones y en forma granular aplicado al suelo

Grupo del Benzimidazol: El Benomyl es un fungicida que luego de ser absorbido por la planta, se hidroliza, dando lugar al carbamato de metil bensimidazol, que causa inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos.

Grupo de las morfolinas: El ingrediente activo Tridemorph, cuya acción fungitóxica es interferir la cadena respiratoria o la síntesis de proteínas, fue evaluado en condiciones de laboratorio y campo.

Fungicidas sistémicos y protectores El producto Triadimefon en formulación comercial de polvo mojable, es recomendado para el control de la Roya aplicando tres semanas antes del inicio de las lluvias.

Grupo de los Triazoles: actualmente el ingrediente activo del epoxiconazol y tebuconazol

2.6. INCIDENCIA

Es la cantidad de individuos o partes contables de un individuo (plantas, frutos, hojas, etc.) Afectados por una determinada enfermedad respecto al total analizado expresada en %. Es un valor objetivo, esta medida es útil para determinar el patrón de distribución en el campo de enfermedades donde toda la planta está afectada. Se utiliza principalmente para enfermedades causadas por hongos de suelo y enfermedades sistémicas. La determinación de la Incidencia es práctica, sencilla y precisa (Georgi, 1993).

- % ó número de plantas enfermas

- Fácil de evaluar, los datos son reproducibles
- Para la evaluación de daño, incidencia sólo debe ser utilizada para las enfermedades que afectan a toda la planta o enfermedades en las que una sola infección es suficiente para detener la comercialización del producto.

2.7. SEVERIDAD

Severidad es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo. Es subjetiva y hace referencia al % del área necrosada o enferma de una hoja, fruto, espiga, etc. Es el parámetro que mejor está relacionado con la gravedad de la enfermedad y con los daños causados. La Severidad es más apropiada para Royas, Oidios y Manchas porque son enfermedades localizadas, cuyo efecto en la disminución del rendimiento dependerá del área foliar afectada (Georgi, 1993).

La determinación de la Severidad es difícil, lenta y varía de observador a observador. Requiere calibración visual.

- % de área de tejidos cubierta con síntomas
- Más apropiado para la medición de las enfermedades foliares
- Siempre se establece la fase de desarrollo del cultivo y órgano de la planta en la muestra.

3. CONTEXTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

Las parcelas de observación se establecieron en el municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, tomando como referencia la finca Piamonte la que se localiza sobre las coordenadas geográficas 14° 58' 0.01" latitud norte y 91° 54' 0.01" longitud oeste, a una altura de 1200 a 1400 msnm, con una extensión de 135 hectáreas, está cultivada con las variedades de Café: Bourbon, Catuaí; Caturra y Catimores. Las plantaciones utilizadas fueron de la variedad Bourbon (susceptible a Roya, sobre todo plantaciones muy adultas). Los primeros indicios de un cambio en el patrón de comportamiento de las plagas se registraron en los años 2008 al 2011, el manejo fitosanitario incluyó dos aplicaciones de fungicidas a base de cobre y una de Endosulfan por lo que los niveles de estas plagas se mantenían relativamente bajos, asimismo la temperatura promedio era de 18 °C, por lo que no representaba ninguna amenaza económica ni fitosanitaria para el Café en esa zona, a partir del año 2012, los niveles de las plagas se elevaron incontrolablemente, tanto así que la baja en la cosecha fue de un 60.95% (de 1086 kg/ha pergamino, bajó a 424 kg/ha pergamino), por otra parte, la densidad poblacional fue severamente dañada por el ataque de los patógenos ya que de 3400 plantas/ha, se redujo hasta 1150 planta/ha.

La información a utilizada en el presente estudio de caso, fue producto de la experiencia del manejo de Broca y Roya en el cultivo de Café, la que se obtuvo a nivel de finca a partir de observaciones realizadas en parcelas seleccionadas para hacer las evaluaciones de incidencia y severidad de estas plagas las que son una limitante en la producción y calidad de Café.

El estudio de incidencia y severidad de plagas limitantes para el cultivo del Café como Roya (*Hemileia vastatrix*) y Broca (*Hypothenemus hampei*), se desarrolló entre los años 2012 a 2014 en finca Piamonte. En esta finca se realizaron muestreos entre los meses de mayo a noviembre siguiendo la metodología propuesta por CENICAFÉ, 30 plantas/ha, para evaluar infestación e incidencia de Broca y 10 para incidencia de Roya. Además se llevaron registros de temperatura, precipitación y humedad relativa.

La situación anterior estuvo a punto de llevar a la quiebra a las fincas de la región. A raíz de esto, se implementaron nuevas medidas de manejo como el monitoreo del comportamiento de plagas que afectan el cultivo, así como establecer a partir de la información obtenida programas inicialmente de carácter curativo y en los dos últimos años de carácter preventivo y el uso de prácticas culturales agronómicas y genéticas para la lucha frontal y de esta forma recuperar la productividad de la finca y reactivar su economía.

Toda esta información ha sido valiosa para reactivar la caficultura de la Finca Piamonte, por lo que su publicación ayudaría en la implementación de programas fitosanitarios y prácticas agronómicas eficientes en otras zonas cafetaleras, por lo que se propone como estudio caso y para su consideración y aprobación.



Figura 3. Localización de la Finca Piamonte

4. JUSTIFICACIÓN

La caída de precios internacionales del Café ha hecho que la caficultura nacional y por ende los caficultores, bajen el nivel tecnológico en el manejo de sus plantaciones, provocando una baja en la producción y con ello en sus ingresos económicos. Actualmente se siembran, siete variedades de Café: Bourbon, Caturra, Catuaí, Pache Colis, Mundo Novo y Typica de las que prevalecen, Bourbon, Caturra y Catuaí. Estas variedades presentan susceptibilidad a plagas y enfermedades. En el caso de las enfermedades del Café se agudiza el problema, principalmente la enfermedad de la Roya. En relación a las plagas se mencionan: Minador del Cafeto (*Perileucoptera coffeella*), Broca del Café (*Hypothenemus hampei*) y Cochinilla (*Planococcus* spp).

El diagnóstico es una de las bases indispensables para lograr el control eficaz de una enfermedad. Sólo cuando se conoce el agente causal puede consultarse literatura especializada, la que revela la experiencia de otros fitopatólogos y puede servir para planear las medidas de combate. El diagnóstico es más preciso, por lo general, si el que lo realiza ha examinado personalmente las enfermedades en el campo, un observador cuidadoso puede obtener datos valiosos que facilitan todo el proceso. Un aspecto en la inspección de campo es la distribución local de la enfermedad, esta puede afectar todas las plantas por igual.

De acuerdo a información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014), la incidencia y severidad de la enfermedad cada vez es mayor, además se ha observado la presencia de la enfermedad en zonas altitudinales en las que no se encontraba antes. Se sabe que el desarrollo de la enfermedad es influenciada por factores como la temperatura y precipitación, sin embargo existen otros factores que interactúan en el sistema y que tienen la capacidad de modificar la manifestación de la epidemia. Asociado a los factores agrícolas se incluyen los sociales como fluctuación de precios del Café en el mercado, el incremento de precio de pesticidas entre otros, sin embargo, este factor puede ser manejado a través del empleo de tecnología oportuna y de bajo costo para reducir enfermedades que ocasionan pérdidas y afectan las plantas de manera prolongada.

Dado el impacto que ha tenido *Hypothenemus hampei* y *Hemileia vastatrix* en la caficultura regional y la problemática planteada de una falta de análisis profundo de la influencia de las prácticas de manejo implementadas para el control de estos organismos a nivel de campo. Este estudio de caso analizó los efectos de esas prácticas agronómicas implementadas en los años 2012 al 2014 sobre estas plagas. De esta manera se pudo aportar información para la administración de las plantaciones, en la toma de decisiones así Como también dejar la información disponible para que se utilice por otras fincas de la región.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Sistematizar información sobre el manejo de las plagas Broca y Roya en cultivo de Café en Finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

a. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las diferentes prácticas implementadas para el manejo de las plagas Broca y Roya del Café durante los años 2012 al 2014 en Finca Piamonte
- Cuantificar los porcentajes de severidad e incidencia de las plagas Broca y Roya en el cultivo de Café, en Finca Piamonte durante el periodo 2012-2014.
- Elaborar la curva del rendimiento en grano de Café maduro (kg/ha) durante los años de estudio.
- Cuantificar la inversión realizada para el manejo de las plagas Broca y Roya del cultivo de Café en Finca Piamonte para cada año de estudio.
- Proponer lineamientos para el manejo de las plagas Broca y Roya en el cultivo de Café en Finca Piamonte como producto del análisis de los elementos de sistematización.

6. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

Para el presente estudio de caso, se partió de la estructura lógica de sucesos y procesos que se desarrollaron en un tiempo determinado, en este caso desde el año 2012 al 2014, ya que en este periodo se llevó el registro del comportamiento de la incidencia y severidad de Roya y Broca del fruto de Café, la implementación se realizó en la temporada 2012-2013, pero se consideran datos de la temporada 2011-2012 previo a la implementación, 2012-2013 periodo de intervención e implementación y periodo 2013-2014 como periodo de post implementación.

Los Instrumentos a utilizados fueron: entrevistas con preguntas estructuradas y detalladas al personal encargado de las plantaciones de Café de finca Piamonte, incluyo propietarios, administrador, caporales, y asesor agrícola (Ver Anexos 1, 2 y 3).

Durante la etapa de documentación se realizaron visitas a oficinas de ANACAFÉ con la finalidad de recabar información acerca del manejo de Broca y Roya del Café en la región.

6.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para poder recolectar la información se solicitó la aprobación de la Gerencia de finca Piamonte así se obtuvo acceso a todos los registros desde el año 2012 hasta el año 2014, también se accedió a todos los actores involucrados en el proceso de implementación del manejo de las plagas Broca y Roya en el cultivo de Café.

La validación de los registros de todas las actividades que se realizaron en el manejo del cultivo de Café durante el período 2012-2014, así como la documentación del estudio de caso, es de interés de para la gerencia de Finca Piamonte como para el estudiante que fue parte del proceso del manejo de las plagas que afectaron al cultivo de Café en el mismo período.

Para la recolección de datos se procedió de la manera siguiente:

- a) Se revisaron los archivos y registros del manejo del cultivo de Café durante los años 2012-2014, obteniendo información sobre los porcentajes de incidencia y severidad de las plagas, registros de precipitación, registro de producciones, manejo y uso de prácticas culturales, presupuestos y rendimientos por lotes.
- b) Teniendo la información, esta se validó realizando tres entrevistas individuales, con preguntas estructuradas al propietario al administrador y al asesor agrícola de Finca Piamonte.
- c) La información obtenida, se analizó mediante la interpretación de un análisis estadístico, utilizando graficas de barras en las que se representaron los resultados obtenidos durante los años de estudio.

6.2.1 Metodología a seguir para el cumplimiento de objetivos

a. Sistematización e impacto de las prácticas de manejo

Para lograr este objetivo fue necesaria la técnica de la entrevista a los colaboradores de campo de finca Piamonte, un cuestionario referente a la enfermedad (Ver anexo 1) para validar la información que se obtuvo en los registros. Posteriormente se entrevistó al asesor y propietario (Ver anexo 2 y 3), con lo que se recabo la mayor cantidad de información posible en cuanto a los planes de manejo de estas plagas.

En cuanto a las variables climáticas se visitaron las oficinas de la Región I de ANACAFÉ donde se obtuvo información, También se revisaron datos climáticos del Insivumeh referidos a la región, esto permitió tabular toda la información climática detallada con todas las variables disponibles por la estación más cercana.

b. Porcentajes de severidad e incidencia de Broca y Roya del Café

Para cuantificar los porcentajes de severidad e incidencia de las plagas Broca y Roya, se tomaron los registros de las hojas electrónicas de la computadora de Finca Piamonte de los años 2012-2014, donde se anotaron los informes del muestreo de campo y los cálculos que se realizaban con la cantidad de partes contables (hojas o frutos

afectados) por Roya o Broca, con respecto al total analizado expresado en porcentajes, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de hojas enfermas}}{\text{Total de hojas de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de frutos brocados}}{\text{Total de frutos de la muestra}} \times 100$$

La severidad, como una estimación visual del grado de infección o daño de la plaga, representa grados de infección en el caso de la Roya y a nivel de campo se midió mediante la estimación visual de acuerdo a la siguiente escala

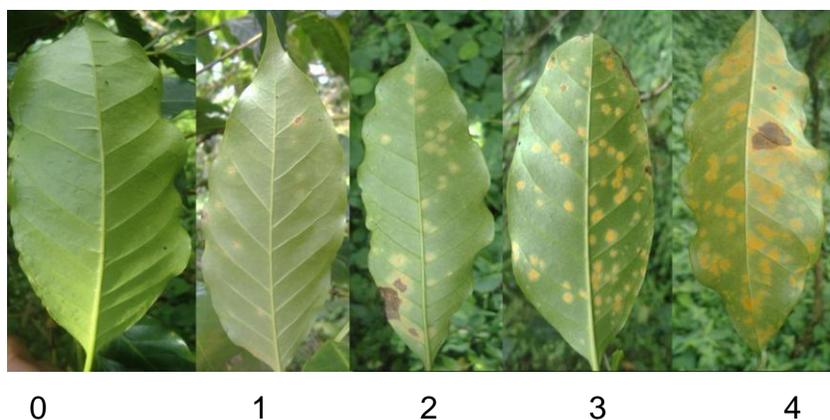


Figura 4. Escala para evaluar la severidad de Roya en hojas de Café

Cuadro 2. Escala de severidad de Roya del Café

Clases	Hoja (% Daño)
0	Sano sin síntomas visibles
1	1-5 % de área afectada
2	6-20 % de área afectada
3	21-50 % de área afectada
4	> 50% de área afectada

Fuente: finca Piamonte (2017).

c. Curva del rendimiento en grano de Café cereza (kg/ha) durante los años de estudio

Para la elaboración de la curva de rendimiento de la producción de Café maduro se revisaron los registros de producción de los años 2012 – 2014, y se cuantificaron por año de registro, estos se reportaron en un cuadro de doble entrada donde se reportó de acuerdo a la calidad comercializada por la Finca, la comparación se realizó mediante el grafico de barras.

d. Inversión realizada para el manejo de las plagas Broca y Roya del cultivo de Café

Para cumplir con este objetivo fue necesario revisar los registros contables de la empresa, en los que se obtuvo los rubros de planillas (jornales por concepto de manejo de las plagas), compra de material, equipo e insumos para manejo de las plagas.

6.3 VARIABLES DE ESTUDIO

- e. Incidencia y severidad de Broca y Roya en cultivo de Café durante la fase inicial, fase de intervención y fase de implementación del manejo de la plaga. La incidencia se determinó como el número de arbustos de Café con presencia de plaga (Roya o Broca) dividido dentro del total de arbustos muestreados. La severidad se calculó como un porcentaje de área dañada de cada hoja o fruto. Todos los cálculos se realizaron con los datos que se obtuvieron en los archivos de registro.
- f. Prácticas de manejo implementadas durante el periodo 2012-2014 para el manejo de las plagas. Todas las practicas se tabularon y se detallaron de acuerdo a lo que se hizo en cada año en función del control de *Hypothenemus hampei* y *Hemileia vastatrix*
- g. Comparación del rendimiento en kilogramos/ha de grano de Café pergamino durante el periodo 2012-2014 tiempo que duro el estudio.
- h. Cuantificación de la inversión realizada para el manejo de la Broca y Roya del

Café en finca Piamonte, durante el periodo 2012-2014 tiempo que duró el estudio.

6. 4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos que se obtuvieron en archivos de registro, entrevistas con los actores involucrados durante los años de registro, observaciones de campo, se realizó una clasificación en orden cronológico de los eventos y actividades que conformaron el inicio, el proceso de intervención y el cambio de sistema en el manejo de las plagas. Se analizó también el papel que tomó cada uno de los actores involucrados y la apreciación que tuvo la relación del daño ocasionado y el rendimiento obtenido durante el proceso de intervención.

Se realizó un análisis de varianza para verificar $P \leq 0.05$ de significancia para la variable incidencia y severidad entre un año y otro. Donde hubo diferencia significativa entre años, se realizó una prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Se realizó también una comparación de costos de control de la enfermedad entre un año y otro para posteriormente correlacionarlo con el nivel de daño causado por Roya y Broca en los cafetales de Finca Piamonte.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 INTERVENCIÓN

7.1.1 Consideraciones sobre la Broca y Roya del Café

La Broca del fruto del Cafeto *H. hampei*, es considerada como la plaga de mayor importancia en la caficultura nacional. Desde septiembre de 1971, cuando se oficializó su presencia en Guatemala, por su alto poder destructivo, se convirtió en la principal amenaza para la economía de los caficultores. Las pérdidas que ocasiona anualmente por deterioro a la calidad del grano, ha incrementado la conversión cereza-pergamino, porcentaje de grano vano, caída de frutos en diferentes fases de desarrollo. Las pérdidas causadas por la broca del fruto del café, se caracterizaron primero por la caída de frutos perforados en el transcurso de la fructificación, y segundo por la pérdida de peso en la cosecha.

La Roya del Café causada por *Hemileia vastatrix*, se citó por primera vez en Guatemala en 1980 en plantaciones de Café (*Coffea arabica*). Durante los años 2010 al 2012, se consideró como limitante en la producción de Café en varios lotes de la finca y de allí se tuvo rápida expansión hacia el resto de la finca afectando la producción.

La Roya del Cafeto afecta en los meses de Abril a Diciembre. La enfermedad fue importante en plantaciones ubicadas en altitudes de 500 a 1000 m. Sin embargo, esto ha cambiado a la fecha y es problema en altitudes mayores. Factores como sombra, mojado foliar, luz, precipitación, temperatura, variedad y manejo del cultivo, entre otros, interactúan entre sí y evitan o favorecen el desarrollo del hongo y apareamiento de la enfermedad en las plantaciones de café.

7.1.1.1 Pérdidas causadas por la Broca

De acuerdo a los registros de la finca, las pérdidas causadas por la Broca del fruto del Café, se caracterizan primero por la caída de frutos perforados en el transcurso de la fructificación, y segundo por la pérdida de peso en la cosecha, por una alta conversión de cereza a café pergamino u oro, en el cuadro 3, se presentan las pérdidas en cosecha por daños causados por la Broca cuantificados hasta el año 2012.

Cuadro 3. Conversión de Café maduro a pergamino de primera con diferentes porcentajes de infestación por Broca en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

% de infestación	Conversión de maduro a pergamino	
0	5	: 1
5	5.17	: 1
10	5.35	: 1
20	5.70	: 1
30	6.05	: 1
40	6.40	: 1
50	6.75	: 1
60	7.10	: 1
70	7.40	: 1
80	7.80	: 1
90	8.10	: 1
100	8.50	: 1

Fuente: finca Piamonte (2017).

En el cuadro 3, se observa que las conversiones aumentan, en la medida que el nivel de infestación de la plaga sube. Las pérdidas en la producción de Café de la finca fueron mayores en la zona entre 1100 a 1150 msnm, a estas alturas las pérdidas ocasionadas por la Broca en las diferentes etapas fenológicas del fruto, debido a que en la medida que el cultivo se ubica a mayor altura sobre el nivel del mar, el fruto adquiere más peso y calidad.

7.1.1.2 Pérdidas causadas por la Roya

La Roya del Café ha estado presente en la finca Piamonte desde algunos años atrás, afectando hojas principalmente, pero nunca se había manifestado con un alto grado de severidad, ni defoliando las plantaciones, mucho menos reduciendo la producción. Pero después de la cosecha del año 2010 se empezó a observar una proliferación

significativa de la enfermedad en todas las plantaciones de Café de la finca. En el año 2012 la Roya se diseminó en los cafetales de la finca con un alto grado de severidad, provocando defoliación en un porcentaje muy elevado de la plantación (60% aproximadamente). Por lo que, la cosecha de ese año, no fue la esperada, ya que la Roya además de afectar el área foliar de la planta, interrumpió el proceso de maduración del fruto del Café. Por lo que se estima que la producción de Café pergamino fue afectada en un 60% en comparación con otros años. Ese año se esperaba cosechar 136,079 kg en las 135 hectareas y solo se cosecharon 20,411 kg de Café pergamino. Lo único que aplicaron para el control de la Roya fue Cobre, en dosis recomendadas para el fungicida, pero no se observó disminución en la densidad poblacional del hongo, por lo tanto, no se le dio continuidad a dichas aplicaciones. En el cuadro 4 se presentan los antecedentes de la incidencia de la Roya del Café en finca Piamonte en el periodo 2009-2010.

Cuadro 4. Antecedente de incidencia de la Roya del Café en el periodo 2009-2012, en la finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Mes	Año			
	2009	2010	2011	2012
Julio	4.00	5.00	6.50	19.00
Agosto	6.00	5.50	7.00	33.00
Septiembre	8.50	9.00	10.50	40.00
Octubre	5.30	5.00	13.00	56.00
Noviembre	3.00	3.50	9.00	44.00
Diciembre	3.50	8.00	11.40	23.00

Fuente: finca Piamonte (2017).

En el cuadro 4, podemos ver que en el año 2009 el comportamiento del porcentaje de Roya fue similar a los reportados en años anteriores por ANACAFE, a partir del año 2010 el comportamiento de la presencia de la enfermedad empezó a cambiar en la

plantación en el transcurso de los meses de muestreo, la incidencia presentó porcentajes muy parecidos, en el año 2012 el incremento de Roya en la plantación fue 3 veces mayor que en los años anteriores, el comportamiento se presenta en la figura 5.

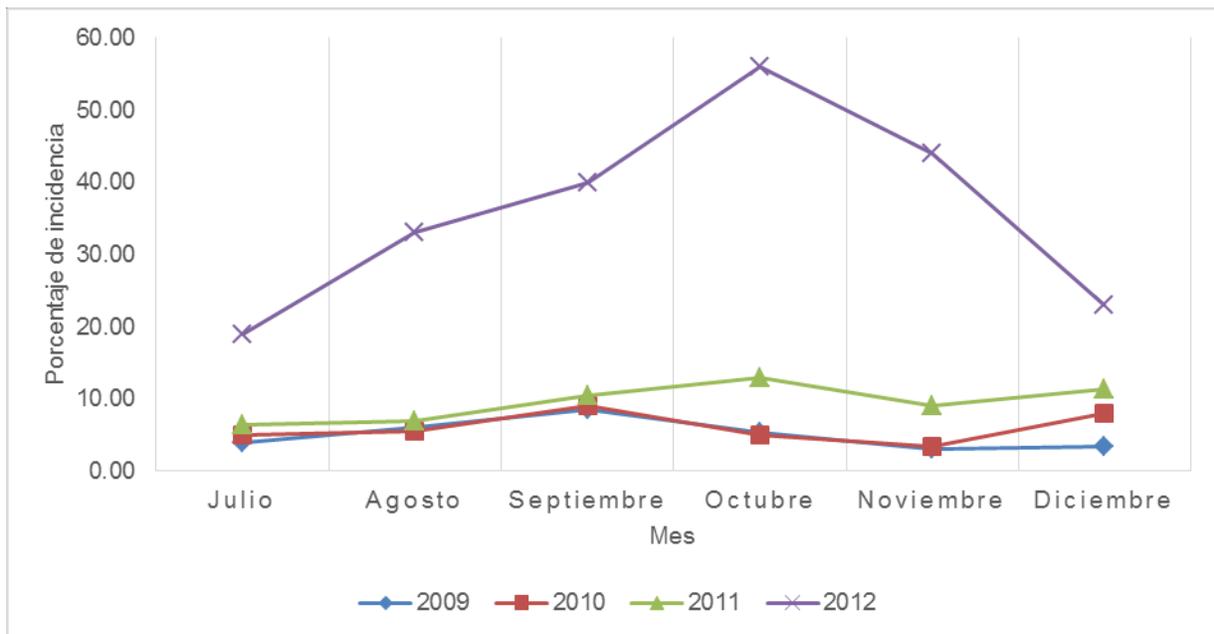


Figura 5. Antecedente de incidencia de Roya en el Café, periodo 2009 – 2012, en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

La curva del porcentaje de incidencia de Roya en la plantación de Café muestra que el comportamiento de la enfermedad durante el año 2009 y 2010 fue casi similar, mostrando al final del año 2010 un incremento en el mes de diciembre, siendo el porcentaje de incidencia del 8%, este nivel de incidencia permitió tener mayor inoculo de infección para el siguiente año, durante el año 2011 el patógeno alcanzó una infección del 13%.

El año 2012 fue crítico para las plantaciones de Café, los niveles de infección sobrepasaron los porcentajes de años anteriores, alcanzando un 56% en el mes de octubre, causando defoliaciones severas y pérdida de grano, afectando de forma directa la producción de Café por unidad de área.

7.1.2 Papel que jugó cada uno de los involucrados

a. Propietario

Fue el principal actor ya que el margen de rentabilidad por efecto de la comercialización de Café se vio seriamente afectada durante la cosecha 2011, 2012, 2013, lo que lo llevó a la búsqueda de soluciones para incrementar la productividad, reducir las pérdidas por caída, deformaciones, cavernas y pudrición de fruto por efecto del ataque de la Broca y la reducción del área fotosintética, debido a la defoliación causada por la Roya. Todo esto lo llevo a la implementación de técnicas de manejo para reducir los daños.

b. Administrador

Fue el encargado de diseñar, elaborar el cronograma de trabajo y presupuesto para la implementación de la nueva tecnología, por lo que seleccionó el equipo de trabajo, supervisó y coordinó las diversas técnicas para el inicio del proyecto.

c. Asesor técnico

Debido a su estrecha relación con el manejo agronómico de las plantaciones de Café de finca Piamonte, la propuesta que planteo para resolver el problema fue de mucha importancia. El asesor técnico mantuvo especial vigilancia sobre el comportamiento de las plagas en la plantación, la implementación de técnicas de manejo, y en especial monitorear la recuperación de las plantaciones.

d. Técnico de campo

Fue el encargado de la realización de las labores, cumpliendo con los planes establecidos para alcanzar los objetivos propuestos, hizo cumplir las recomendaciones para el control de las plagas, su relación con el proceso de cambio fue desde el inicio participando en su evolución y ampliación dentro de la finca. Realizó informes de forma oportuna sobre las eventualidades que ocurrieron en la plantación, así como la respuesta del recurso humano, le dio seguimiento a las labores que desempeñó cada persona que tuvo a su cargo.

e. Personal operativo

Fue el encargado de realizar las diversas actividades programadas por la administración de la finca para el manejo de Roya y Broca en las diferentes plantaciones de Café.

f. Análisis de las actividades desarrolladas

El análisis de las diversas actividades realizadas tuvo como fundamento la base de datos de la finca, informes técnicos, las libretas de registro del técnico de campo, así como los libros de planilla los que registraron las diversas actividades que se realizaron a diario durante el periodo de estudio.

La actividad consistió en obtener información sobre los porcentajes de incidencia y severidad de las plagas, registros de precipitación, registro de producciones, manejo y uso de prácticas culturales, presupuestos y rendimientos por lotes.

7.1.3 Los métodos o estrategias empleados en las actividades

Siguiendo las recomendaciones de ANACAFE, la finca aplicó el método de “muestreo por sitio”, que consistió en dividir las secciones del cafetal en unidades de muestreo denominadas “Sitio de muestreo”. Para facilitar la interpretación de los resultados de número cada sección.

a. Colecta de muestras para Broca de Café

En cada sección se muestrearon 5 hectáreas como unidad mínima de muestreo, seleccionándose en esta área 20 sitios y en cada sitio se tomaron al azar 5 plantas, para un total de 100 plantas muestreadas, en ellas se seleccionaron al azar de la parte alta media y baja 10 frutos para determinar el número de frutos brocados, con estos datos se determinó la incidencia de infestación de Broca.

Cuadro 5. Referencia de los sitios de muestreo para Broca del fruto de Café. Finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Sección	Nombre	Área (Ha)	Variedad	Unidad mínima de muestreo	Número de sitios	Plantas/sitio	Plantas muestreadas	Frutos muestreados /Planta	Total frutos muestreados
1	La Vega	5.5	Catuaí Bourbón	5	20	5	100	10	1000
2	El Limón	6.3	Catuaí Icatu	5	20	5	100	10	1000
3	El Cañal	6.8	Icatu	5	20	5	100	10	1000
4	El Yucal	7.25	Catuaí Icatu	5	20	5	100	10	1000
5	La Ladera	7.55	Icatu	5	20	5	100	10	1000

Fuente: finca Piamonte (2017).

b. Colecta de muestras para Roya del Café

En cada sitio, se tomaron al azar 14 plantas de Café, colectando un total de diez hojas, igualmente al azar, de la parte baja, media y alta de la planta, y los 4 puntos cardinales. Para facilitar la labor del muestreo, la persona que lo realizó llevaba una bolsa donde guardaba las hojas colectados de los cafetos correspondientes a cada sitio.

Cuadro 6. Referencia de los sitios de muestreo para Roya del Café, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Sección	Nombre	Área (Ha)	Variedad	Unidad mínima de muestreo	Número de sitios	Plantas/sitio	Plantas muestreadas	Hojas muestreadas /Planta	Total hojas muestreadas
1	La Vega	5.5	Catuaí Bourbón	5	20	14	280	10	2800
2	El Limón	6.3	Catuaí Icatu	5	20	14	280	10	2800
3	El Cañal	6.8	Icatu	5	20	14	280	10	2800
4	El Yucal	7.25	Catuaí Icatu	5	20	14	280	10	2800
5	La Ladera	7.55	Icatu	5	20	14	280	10	2800

Fuente: finca Piamonte 2017.

Esta información favoreció para la toma de decisiones en la elaboración y aplicación de programas de control. La información generada por el muestreo, permitió evaluar los resultados del programa y prevenir acciones innecesarias evitando el incremento en los costos de control.

7.1.4 Estrategias de control

7.1.4.1 Broca del Café

El daño lo inician las hembras adultas al perforar el fruto con fines de alimentación y oviposición. Este daño es muy característico y consiste en un orificio circular que lo hacen en el extremo distal de la fruta, donde hace un túnel para ovipositar.

Dentro de las estrategias adoptadas en el año 2013 y 2014 para reducir sus daños fueron las siguientes:

a. Control cultural

- Registros de floración
- Se realizó la recolección manual de los frutos caídos
- Se mantuvo los cafetales sin frutos maduros, sobre maduros y secos, mediante las recolecciones oportunas y repases permanentes.
- Eliminación de malezas.
- Fertilizaciones basadas en recomendaciones de análisis de suelo.
- Eliminación de cafetales poco productivos y abandonados
- Regulación de sombra, de tal manera que siempre se tuvo entrada de luz.
- Muestreos semanales
- Control en el beneficio de Café

b. Control biológico

- Se realizó la liberación de la avispa *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), enemigo natural de la plaga.

c. Control etológico

- Como apoyo adicional para el control de la Broca, se colocaron trampas que colgaban de los cafetos. El cebo para estas trampas se preparó a base de cerezas maduras de Café que se molieron finamente, se remojaron con alcohol y se coló. Para 2 libras de café molido se necesitaron 2 litros de alcohol. Esta cantidad de mezcla alcanzo para poner 20 trampas. Como trampas se emplean frascos o botellas de plástico de 3.5 litros de capacidad, la densidad fue de 17 trampas%/ha.

d. Control químico

- Se realizaron aplicaciones tempranas al cafetal de Endosulfan® 35% EC, en dosis de 2.00 l/ha.
- A nivel de beneficio se realizaron aplicaciones en la estructura
- Se realizaron aplicaciones sobre la pulpa producto del beneficiado.

7.1.4.2 Roya del Café.

Para su control fue necesario establecer estrategias que combinaron varias tácticas o métodos de control compatibles para reducir los niveles de daño provocados por la Roya a niveles de daño económico tolerables, permitiendo la sostenibilidad del cultivo. Entre estas tenemos las siguientes:

a. Control cultural

- Manejo de sombra, con el fin de permitir una buena ventilación y entrada de luz, se manejó en promedio un distanciamiento de 10 X 10 m. entre arboles de sombra, con una densidad de 100 árboles/ha.
- Programa de nutrición basado en análisis de suelo.
- Manejo de tejido productivo, se realizó de acuerdo al grado de agotamiento de las plantas, de la manera siguiente:
- Poda alta o descope: Este manejo se aplicó en plantaciones que entraron en fase de agotamiento

- Poda baja o recepa: Se aplicó en plantaciones que tuvieron poco tejido por la edad y agotamiento.
- Poda Guatemala o de agobio: Se realizó inclinando y sujetando el tallo de la planta formando un ángulo de 45 grados, lo que estimuló a la planta a emitiera brotes sobre el tallo agobiado.
- Uso de variedades resistentes
- Muestreo comercial de Roya, se realizaron siguiendo el método muestreo por sitios.

b. Control químico

El control químico, como componente del manejo Integrado de la Roya, constituyó el medio de control más utilizado para hacer frente al problema. Sin embargo, es oportuno señalar que el éxito de su aplicación dependió de la implementación de otros factores como: época oportuna de las aspersiones, muestreo para evaluar la eficiencia del programa, número y frecuencia de aplicaciones por año, fungicidas y dosis técnicamente recomendadas, calibración de equipo de aspersión y buena cobertura en el envés de la hoja, interpretada como calidad de la aplicación.

Para el control químico de la Roya, de acuerdo con los índices de incidencia y severidad, se utilizaron fungicidas de contacto y de acción sistémica.

Cuadro 7. Fungicidas para control de Roya del Café en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Producto	Modo de acción	Ingrediente activo	Dosis comercial/ha	Dosis /mochila 16 L
Oxicloruro de cobre	Contacto	Oxicloruro de cobre 50% de cobre metálico	8.6 lb	100 g
Alto 10 SL®	Sistemico	Cyproconazole	0.4 kg	32 g
Silvacur®	Sistemico	Tebuconazole + Triadimenol	0.720 l	57 cc

Fuente: finca Piamonte (2017).

Cuadro 8. Programa de control químico

Epoca de aplicación				
Finca	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Piamonte	1ª. Quincena de mayo	2ª. Quincena de junio	1ª. Quincena de agosto	2ª. Quincena de septiembre

Fuente: finca Piamonte (2017).

El programa se compone de 4 aplicaciones, con una frecuencia de 45 días entre aplicaciones, que proveen una protección de 180 días. En base a lo anterior, se establece que, con la implementación de los programas de control químico con fungicidas de contacto y sistémicos, se reducen significativamente los riesgos de pérdidas considerables en los rendimientos de las plantaciones, evitando altos niveles de daño en su estructura foliar.

De acuerdo a la experiencia de finca Piamonte la respuesta se encuentra en el comportamiento de la curva epidemiológica de la Roya, que de manera natural inicia en el mes de enero, un marcado descenso que se mantiene hasta el mes de mayo, cuando alcanza su nivel más bajo de infección, para iniciar un nuevo ascenso en junio. Por esta razón las aspersiones en época seca no son recomendables.

7.2. Impacto de las prácticas de manejo de Broca y Roya del Café

7.2.1 Curva de progreso de la Roya

De acuerdo a la base de datos y la información de la asociación nacional del Café, la Roya tiene un avance que se presenta en 3 fases, establecidas en procesos policíclicos que se presenta en una curva de progreso en las dimensiones de tiempo y espacio.

La primera etapa se caracteriza por un lento aumento de la enfermedad, casi imperceptible, que coincide con el inicio del periodo de lluvias y con el crecimiento vegetativo de las plantas de café. En la segunda etapa los cambios en la cantidad de

enfermedad de un mes a otro son muy rápidos y en la tercera etapa se alcanza el máximo incremento de la enfermedad y ocurre una caída de hojas importante.

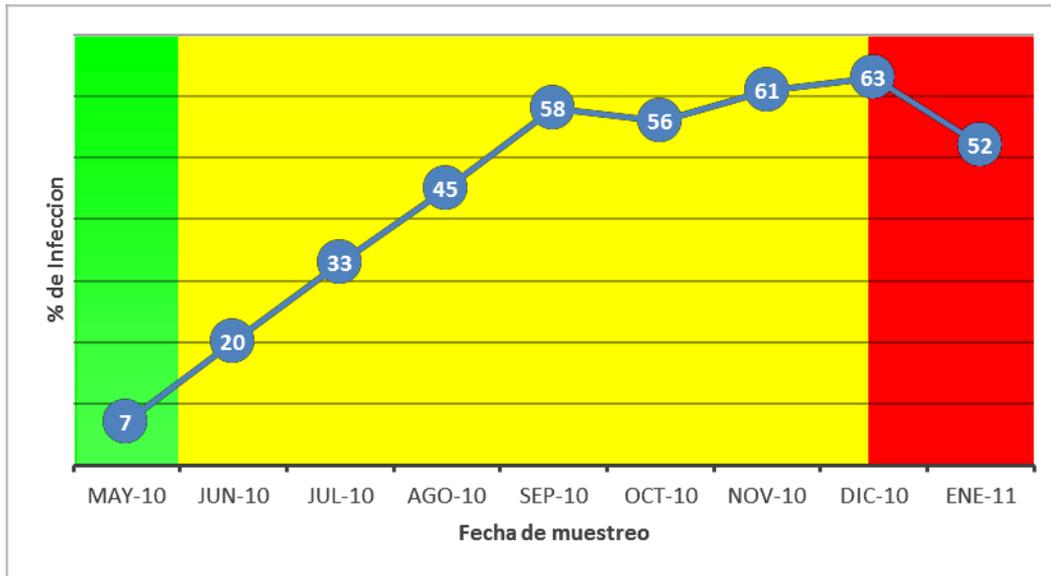


Figura 6. Curva de progreso de Roya del Café finca Piamonte 2010-2011, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Fase inicial: (color verde), el índice de infección de hojas es menor del 10 %, la infección se mantuvo en la planta durante la época seca. El inicio de esta fase coincide con el establecimiento de las lluvias.

Fase de aceleración: (color amarillo), aquí la Roya inicia su dispersión de manera acelerada. Esta fase ocurre en el periodo de junio a diciembre.

Fase terminal: (color rojo), en esta fase la epidemia alcanza su máximo desarrollo, ocurre en los meses de noviembre-diciembre, en este momento llega a su etapa final. Las hojas caen de la planta debido a la alta severidad, reduciéndose alarmantemente el número de hojas, provocando un agotamiento de los Cafetos. Inicia la caída de hojas hasta llegar a su nivel más bajo en mayo-junio.

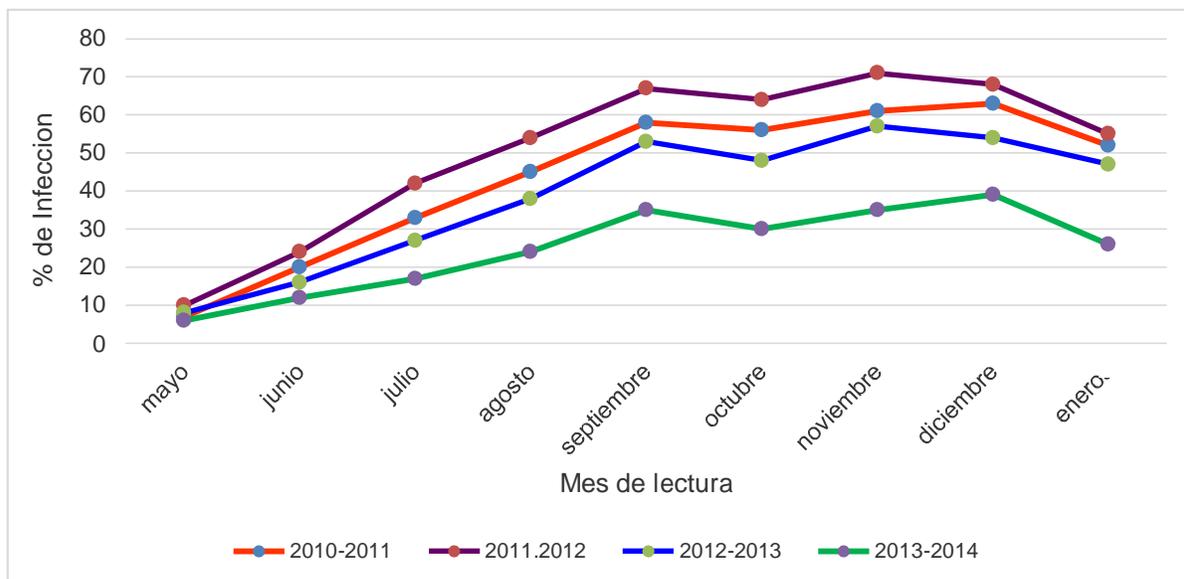


Figura 7. Curva de progreso de Roya del Café finca Piamonte, periodo de muestreo años 2010-2014, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

La figura 7, presenta la curva de progreso de Roya del Café, la que se elaboró en función de los porcentajes medios de infección reportados por finca Piamonte dentro de los periodos de cosecha comprendidos entre el año 2010 al 2014. El periodo 2010-2011 mostró que la infección en el mes de diciembre alcanzo un 63% de infección de la plantación. En el periodo 2011-2012 la enfermedad de acuerdo a la curva alcanzo el mayor porcentaje de infección en el mes de noviembre siendo del 71%, manteniéndose la infección en todas las fechas de lectura mayor al año anterior, esto preocupó a la administración y propietario de la finca, lo que obligó al proceso de intervención para plantear estrategias para reducir el inoculo.

El periodo 2012-2013, luego de las primeras acciones la curva mostró durante las diferentes fechas de lecturas un descenso con relación a los dos años anteriores la infección tuvo como índice de infección un 57%.

El periodo 2013-2014 refleja a través de la curva de porcentaje de infección los efectos de la intervención, el inoculo no mostró la misma virulencia debido a que las acciones lograron reducir la infección, siendo el porcentaje más alto del 39%

7.2.2 Porcentajes de severidad e incidencia de Broca y Roya en el cultivo de Café

a. Roya del Café (*Hemileia vastatrix*)

De acuerdo a los registros de la base de datos de incidencia en los diferentes sectores de finca Piamonte, se determinó el porcentaje de incidencia desde el año 2010 a 2014, los resultados se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Porcentaje de incidencia de Roya en plantas de Café, para diferentes sectores durante el periodo 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Sector	Porcentaje de incidencia/año/sector				
	2010	2011	2012	2013	2014
La Vega	8.20	13.40	17.10	6.63	1.96
El Limón	6.64	12.50	18.30	8.89	4.50
El Cañal	13.39	16.75	22.28	17.83	6.65
El Yucal	5.50	14.35	20.15	13.30	3.90
La Ladera	13.56	17.75	20.21	10.25	5.90

Fuente: finca Piamonte (2016).

Con los datos obtenidos se elaboró la curva de comportamiento de la incidencia durante 5 años, los cuales se presentan en la figura 8.

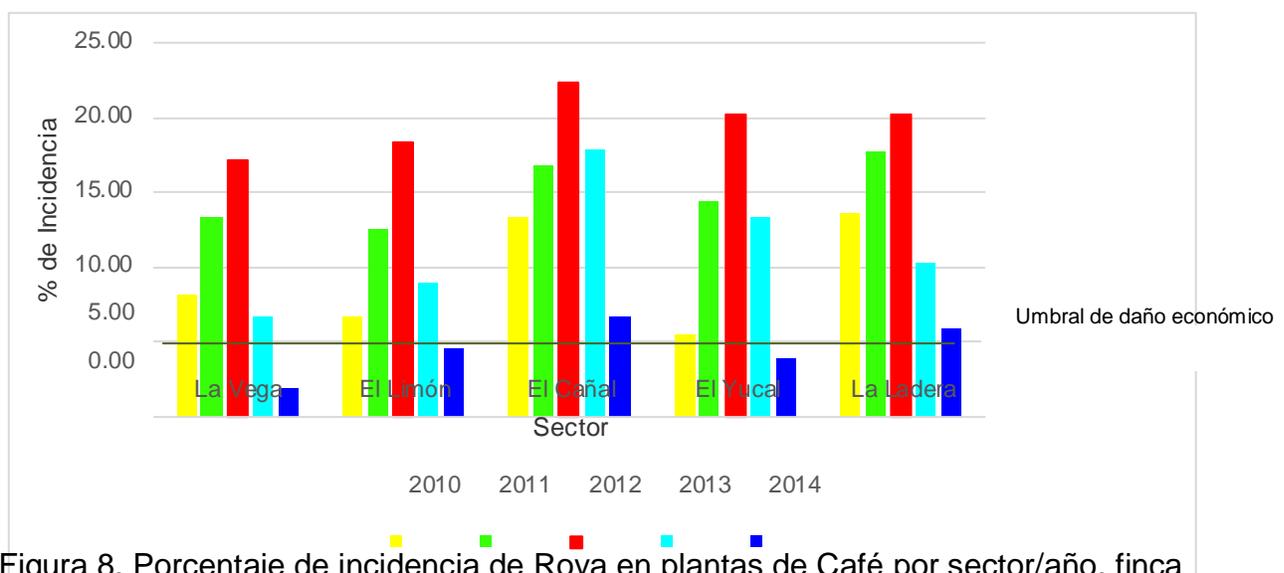


Figura 8. Porcentaje de incidencia de Roya en plantas de Café por sector/año, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Al analizar la curva del comportamiento de la incidencia promedio en el periodo 2010-2014, se tuvo que a partir del año 2010 el porcentaje de incidencia estaba por encima del umbral de daño económico estimado por CENICAFE (2008) que es del 5%, para este año la media de incidencia fue del 9.46% para la finca.

Durante los años 2011 y 2012, la media del porcentaje de incidencia se incrementó, se tuvo para el año 2011 un porcentaje del 14.95%, y el año 2012 la media del porcentaje de incidencia fue de 19.61%, estando este valor arriba el umbral de daño económico permitido. La producción se vio seriamente afectada, reportando una baja en la cosecha del 60.95% (de 1086 kg pergamino se redujo a 424 kg maduros).

Con el proceso de intervención en el año 2012, la serie de actividades llevadas a cabo permitieron que el porcentaje de incidencia bajara, teniendo para el año 2013 un 11,38%, y para el año 2014, tres de los cinco sectores tuvieron porcentajes de incidencia menores al umbral económico, siendo la media para este año para todos los sectores de la finca de un 4.58%.

Cuadro 10. Porcentaje de severidad de Roya en hojas de plantas de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Sector	Porcentaje de severidad/año/sector				
	2010	2011	2012	2013	2014
La Vega	23.75	39.44	58.89	24.44	9.72
El Limón	21.67	36.67	61.21	13.87	5.90
El Cañal	24.44	32.22	54.85	15.9	4.75
El Yucal	23.25	39.58	73.25	22.25	7.71
La Ladera	26.50	41.21	55.45	18.25	8.75
Media	23.92	37.82	60.73	18.94	7.37

Con los datos tabulados se realizó la curva de comportamiento de la incidencia por sector durante los años 2010-2014, los que se presentan en la figura 9.

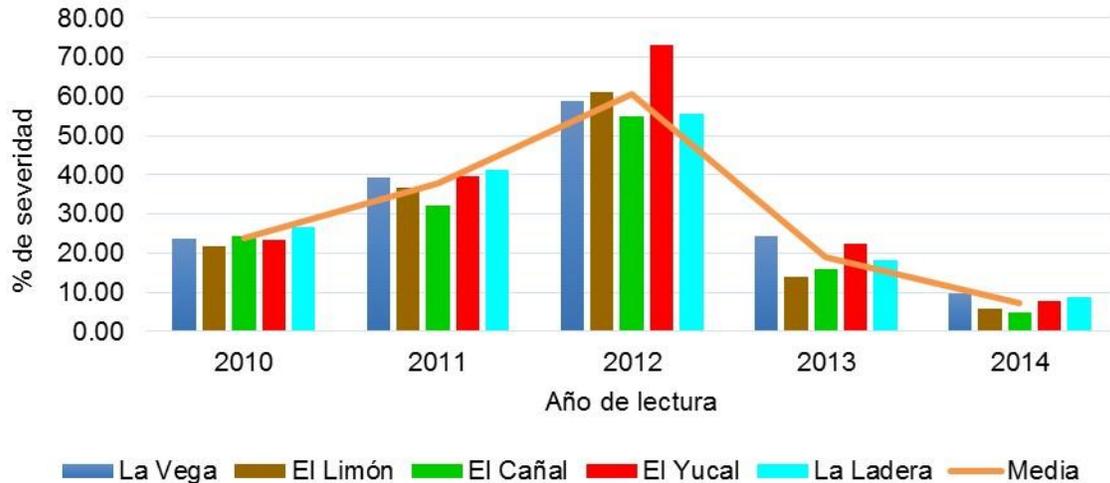


Figura 9. Curva de comportamiento del porcentaje de severidad de Roya en hojas de plantas de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

La curva del comportamiento muestra que la severidad de la Roya en plantas de Café, fue en incremento desde el año 2010, esto debido a que las labores para el control de la enfermedad se descuidaron, con la intervención en el año 2012 y las acciones y estrategias realizadas permitieron que la severidad se redujera, teniendo para el año 2014 niveles más bajos que los del año 2010.

b. Broca del Café (*Hypothenemus hampei*)

La Broca es un insecto que completa su ciclo desde huevo hasta adulto en 27.5 días, en ambientes con temperatura aproximada de 24,5°C. Esta plaga no solo causa la pérdida del fruto, sino que demerita la calidad de la bebida.

La Broca penetra las cerezas y se reproduce en el interior del grano, causando la pérdida total y en muchos casos, la caída prematura de los frutos (CENICAFE, 2008). Los registros de infestación en los granos de Café por la plaga, durante los años 2010-2014, se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Porcentaje de infestación de Broca en frutos de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Sector	Porcentaje de infestacion/año/sector				
	2010	2011	2012	2013	2014
La Vega	4.59	7.24	9.62	4.13	2.33
El Limón	3.81	5.35	10.24	6.86	2.57
El Cañal	5.20	5.89	9.33	5.36	3.48
El Yucal	3.55	4.81	7.75	4.66	2.94
La Ladera	6.35	6.53	8.67	5.17	3.46
Media	4.70	5.96	9.12	5.24	2.96

Fuente: finca Piamonte (2016)

De acuerdo a los valores medios de porcentaje de infestación para todos los sectores, en el año 2010 la infestación estuvo abajo del umbral de daño económico (UDE), para el año 2011 a 2013, los registros revelaron que la infestación de granos de Café superó la tolerancia económica permitida, con el proceso de intervención en el año 2012, para el año 2013 se refleja el descenso de la infestación, en el año 2014 estos niveles de acuerdo a los registros estuvieron debajo del máximo económicamente permitido.

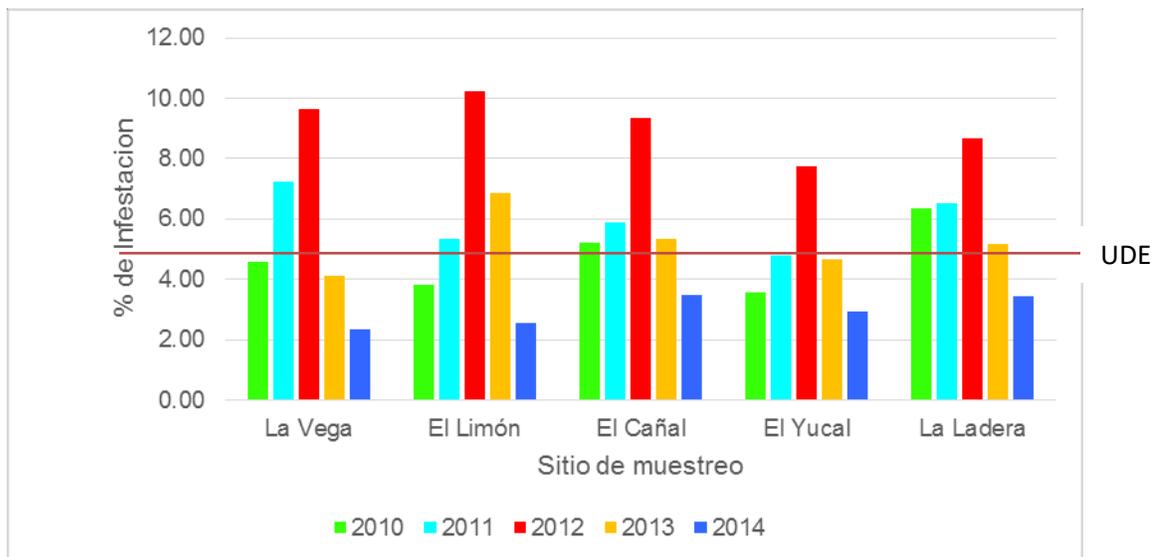


Figura 10. Curva de comportamiento del porcentaje de infestación de Broca en frutos de Café por sector del año 2010-2014, finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Al analizar la curva del comportamiento del porcentaje de infestación de Broca del fruto de Café por año y por sector, en la figura 10 se observa que, en el año 2010, para el sector el cañal y ladera, la infestación estuvo arriba del umbral de daño económico (5%). Aunque la media para la finca fue de 4.70%. En el año 2011 solo el sector el yucal, no alcanzo el umbral de daño económico, teniendo una media de 5.96%. En el año 2012 la plaga tuvo una infestación media de 9.12%, con el proceso de intervención, la curva empieza a tener descenso, teniendo para el año 2013 una infestación media del 5.24%, las acciones realizadas y el seguimiento al manejo integrado de la plaga permitió que la infestación media fuera del 2.96%, siendo el sector el cañal el que tuvo un 3.48% de infestación.

7.2.3 Curva del rendimiento en grano de Café (kg/ha)

El rendimiento del Café bajo condiciones naturales, es decir en ausencia de cualquier tipo de manejo, exhibe un comportamiento conocido como bi-anualidad o vecería, lo que consiste en presentar un año de rendimiento abundante seguido por otro de menor rendimiento, condición que puede ser atenuada a partir de un adecuado manejo, especialmente con actividades como las podas y la fertilización.

En base al comportamiento de la curva de la figura 11, donde el manejo antes del 2012 era limitado, refleja claramente la bi-anualidad durante los años 2006-2010 el que fue reflejado en el rendimiento, no obstante, a partir del 2011 el rendimiento presenta un decremento constante que no coincide con la descripción de un comportamiento bianual y que por ende debe ser explicado a partir de otro factor.

Cuadro 12. Rendimientos de Café cereza y pergamino en el periodo 2006-2014, en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Año	Café cereza (kg/ha)	Conversión	Café pergamino (kg/ha)
2006	5538.6	5.10	1086.00
2007	4641	5.10	910.00
2008	5084.7	5.10	997.00
2009	4437	5.10	870.00
2010	5125.5	5.10	1005.00
2011	3737.91	5.17	723.00
2012	2268.4	5.35	424.00
2013	4006.75	5.17	775.00
2014	4579.8	5.10	898.00

Los rendimientos obtenidos del año 2006 al 2014, se presentan de forma gráfica en la figura 11.

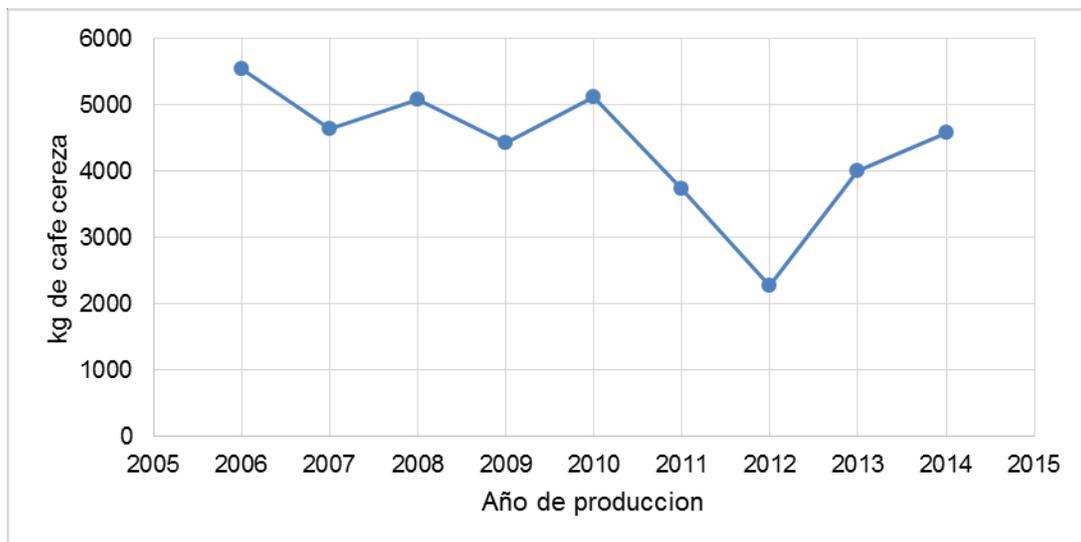


Figura 11. Curva de producción de Café cereza (kg/ha), finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

Los datos recabados desde el año 2006 permiten ver el comportamiento típico de las producciones de Café cereza por hectárea, el que es de producciones alternas con descensos entre 10 a 12% por efecto de vecería, esto se mantiene desde el año 2006 al 2010, en el año 2011 la infección por Roya y el porcentaje por infestación de Broca se incrementa y para el año 2012 se tiene un descenso en la curva de producción, de hasta el 62% de Café cereza producido. Estos rendimientos bajos motivan para iniciar la intervención, año a partir del que se definen métodos y estrategias para bajar los niveles de infección e infestación de las plagas, la recuperación se empieza a reflejar a partir de los años 2013 y 2014, la alternancia no es manifiesta en la curva de estos últimos años, debido a que las plagas ocasionaron la manifestación directa del descenso de la producción.

7.2.4 Inversión realizada para el manejo de Broca y Roya del Café

La estimación de los costos del control de las plagas Roya y Broca del Café se realizó a partir del análisis de cada una de las prácticas que se ejecutaron en la finca Piamonte, a partir de la implementara del manejo integrado de ambas plagas, entre estas se

tuvieron: cosecha sanitaria, la que consistió en la recolección de los frutos que quedaban en el suelo después de la cosecha, conocida como pepena, y la recolección de frutos remanentes en las plantas, conocida en la finca como repela, prácticas que están enfocadas a reducir la cantidad de frutos disponibles para la permanencia de la Broca en el área de cultivo; por otro lado se lleva a cabo el control químico mediante la aplicación de fungicida e insecticidas que actuaron por contacto o mediante sistemía, las aplicaciones se llevan a cabo de manera focalizada en los sitios que presentan mayores niveles de infestación e infección.

Cuadro 13. Inversión por hectárea realizada para el control de Roya y Broca del cultivo de Café, en finca Piamonte, San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos.

		Roya		Broca
Costos directos				
a. Mano de obra	Q	350.29	Q	293.20
b. Equipo	Q	72.70	Q	50.75
c. Insumos	Q	173.58	Q	321.89
d. Parasitoides	Q	57.60	Q	-
Costos indirectos	Q	34.06	Q	40.06
Total costos	Q	688.23	Q	705.90

Fuente: finca Piamonte (2016).

Para la elaboración de los costos del control etológico se procedió a revisar los registros del equipo utilizado, así como materiales e insumos comprados para la implementación de este método. La mayor parte de materiales fueron reciclables y de los mismos, disponía la finca, por lo que no fue necesaria su adquisición, el costo por trampa fue de Q. 3.14 y el costo de los parasitoides fue de Q0.04, se liberaban 1441/ha.

La actividad de pepena y repela, que consistió en la colecta de granos secos, verdes y maduros permitió obtener 21.73 kg/ha de Café pergamino.

El costo de aplicación de Endosulfan por hectárea para control de Broca es de Q. 350.29, tomando en cuenta la media del costo de todos los insumos utilizados. La

implementación del control etológico, en los años 2013 y 2014, tuvo un costo por hectárea de Q. 31.40, y el control biológico Q. 57.60.

7.2.5 Propuestas de manejo de Broca y Roya en el cultivo de Café en Finca Piamonte.

Es de suma importancia la realización de muestreos de las plagas en toda la finca, siguiendo la metodología del Centro de Investigación en Café (CENICAFE), pero en los lotes: La Vega, El Limón, El Cañal, El Yucal y La Ladera, hacerlos de forma semanal, ya que están ubicados a menor altura sobre el nivel del mar, por lo tanto deben ser monitoreados con mayor frecuencia; los muestreos nos permiten conocer el nivel de infección e infestación, así como la distribución de las plagas, los resultados orientan los planes de acción para su control y uso racional de los recursos.

Un buen programa de manejo integrado de Broca, inicia con una eficiente cosecha, se recomienda la supervisión de cosechadores para evitar en lo posible que boten o dejen frutos en las bandolas, complementada con el retiro de frutos brocados provenientes de floración “locas” de la nueva cosecha de esta manera se reduce la disponibilidad de sustrato para la alimentación y reproducción de la plaga.

Para la reducción de poblaciones de Broca, la recolección de frutos en planta y suelo, después de la cosecha, es fundamental para reducir los niveles de infestación para el próximo período, constituyendo una práctica rentable; El control biológico con *C. stephanoderis* contribuye a la productividad de la empresa, demuestra también que es posible reducir la dependencia del control químico para el manejo de la plaga, pues en tres años se redujo el consumo de insecticida en 80 % (380 litros), significando un beneficio económico y ecológico para la empresa.

Las aspersiones de productos químicos debe ser una estrategia racional, deben efectuarse solamente en los sitios que por efecto de muestreo reporten índices de presencia de la plaga igual o mayor al 5% que es el nivel de daño económico permitido. En caso de ser utilizado, la dosis recomendada es de 2.0 l/ha.

La época oportuna de aplicación es entre los 75 a 90 días después de la floración principal. La calibración del equipo y una buena cobertura es factor importante para una buena aplicación y control.

Es de importancia identificar a través del muestreo todos aquellos focos de la plaga y mantener vigilancia sobre ellos.

El control cultural debe ser una práctica que no debe descuidarse ya que de manera directa para la Roya y de manera indirecta para la Broca., favorecen el control, al modificar el ambiente en forma adversa para el patógeno, entre estas figuran el manejo de tejido productivo, manejo de sombra y el control de malezas.

En el control etológico el uso de trampas utilizando materiales desechables como “dobles litros” plásticos permiten ser aplicadas con bastante éxito, por los niveles aceptables de captura y su bajo costo. Se recomienda una densidad de 17 trampas por hectárea, las que deben colocarse dentro del cafetal una vez terminada la cosecha, y retirarse antes de iniciar la nueva cosecha. Las trampas deben colocarse a una altura de 1.50 m en lugares abiertos para favorecer las capturas.

Debido a la menor intensidad de luz predominante en la finca por la nubosidad propia de la región es conveniente el manejo de los árboles de sombra con distanciamientos de 8 X 10 m.

Seguir las recomendaciones de aplicación de fungicidas de acuerdo al programa que se utilizó durante los años 2013 y 2014, alternando fungicidas de diferentes modos de acción (sistémicos y de contacto).

De acuerdo a la experiencia de finca Piamonte, la época de mayor conveniencia para realizar la poda, luego de un daño severo causado por Roya es inmediatamente al final de la cosecha. Esta etapa coincide con la época seca del año cuando las plantas de Café inician un periodo de reposo y donde la formación de nuevas hojas es mínima. El tipo de poda que dio los mejores resultados fue la poda baja o recepa, a una altura entre 30 a 40 cm del suelo.

De acuerdo a la experiencia en finca Piamonte, el control de estas plagas con tratamientos químicos no debe ser la única opción, ya que presentan la desventaja de crear resistencia, contaminación del ambiente y un alto costo. Por lo que el manejo debe ser integrado, tomando como una de las variables principales las condiciones locales del clima, variedades sembradas, carga fructífera, fertilidad del suelo y fertilizaciones, debe tomarse muy en cuenta que las plagas en la finca aparecen en focos, siendo el momento oportuno y más económico de control.

8. CONCLUSIONES

El impacto de las prácticas de manejo de las plagas Broca y Roya del Café se relacionó directamente con los niveles de infestación de Broca e infección de Roya, ya que en el periodo 2011-2012 la enfermedad alcanzó un porcentaje de infección del 71%, y en Broca la infestación fue del 9.12%, luego del proceso de intervención, las acciones lograron reducir para el año 2014 la infección a un 39% y la infestación a un 2.96%.

La incidencia de Roya desde el año 2010 estaba arriba del umbral de daño económico del 5% permitido, alcanzando en el año 2012 un 19.61%, con una severidad del 60.73%. La infestación de Broca en frutos alcanzó en el año 2012 un nivel del 9.12%, esto afectó seriamente la producción reduciéndola en un 61.95%. Con el proceso de intervención los niveles de incidencia (4.58%) y la infestación (2.96%) estuvieron abajo del umbral de daño económico.

La curva de producción de Café del año 2006 al 2010, presenta un comportamiento típico de bi-anualidad, con producciones alternas con descensos entre 10 a 12% entre un año y otro, a partir del año 2011 la infección por roya y el porcentaje por infestación de broca se incrementa y para el año 2012 se tiene un descenso en la curva de producción, de un 61.95% para café pergamino y un índice de conversión de Café cereza a pergamino del 5.35:1, el proceso de intervención permite la recuperación hasta un 82.69% de la producción con una conversión de 5.1:1.

La estimación de los costos del control de las plagas se calculó a partir del análisis de cada una de las prácticas que se realizaron en la finca Piamonte, a partir de la implementación del manejo integrado de ambas plagas, se tuvo una inversión en el control de roya de Q. 688.23 y el control de broca tuvo un costo de Q. 705.90.

Los lineamientos de control, estuvieron basados sobre estrategias del manejo integrado de ambas plagas, el manejo no debe basarse solo en el control químico debido a su alto costo, contaminación del ecosistema e inducción de resistencia a los agroquímicos de síntesis.

9. RECOMENDACIONES

Para el control de Broca y Roya en el cultivo de Café en finca Piamonte, se recomienda la utilización del muestreo por sitios según recomendaciones del Centro de Investigación en Café (CENICAFÉ) para determinar niveles de infestación e infección de las plagas, ya que el muestreo demanda menos tiempo y es capaz de reflejar el estado de mayores extensiones de la plantación, de preferencia, realizar muestreos semanales en las parcelas: La Vega, El Yucal, El Cañal, El Limón y La Ladera, que están a menor altura sobre el nivel del mar.

Con el objeto de que la implementación de este método no provoque gastos innecesarios, se recomienda priorizar su uso en las áreas con historial de infestación e infección mayor al 5%. Resultan útiles las referencias de los muestreos de años anteriores.

Para el manejo integrado de las plagas se recomienda:

- Llevar registros de floración
- recolección manual de los frutos caídos, frutos maduros, sobre maduros y secos, mediante la recolección oportuna y repases permanentes.
- Eliminación de malezas.
- Fertilizaciones basadas en recomendaciones de análisis de suelo.
- Realizar recepa de cafetales poco productivos y abandonados, realizar las nuevas siembras con variedades resistentes.
- Regular la sombra, de tal manera que siempre se tenga entrada de luz.
- Muestreos semanales
- Realizar liberaciones de la avispa *Cephalonomia stephanoderis*, enemigo natural de la plaga a razón de 1440 avispas/ha.
- Como apoyo adicional para el control de la Broca, colocar trampas a una densidad de 17 trampas//ha, a una altura de 1.50 m en lugares abiertos para favorecer las capturas.
- No recomiendo aplicaciones de Endosulfan 35% EC, debido a que está prohibido por su alta toxicidad, solo en casos sumamente necesarios, como una última

alternativa, en puntos específicos donde no funcionen otras estrategias de control, pero de preferencia usar Clorpirifos.

- Calibrar equipo de aspersión y realizar una buena cobertura en el envés de la hoja para el caso de Roya.
- Para un buen control de Roya realizar 4 aplicaciones de fungicidas, con una frecuencia de 45 días entre aplicaciones, iniciando la primera quincena de mayo, el control químico debe realizarse con fungicidas de contacto y sistémicos, en la medida de lo posible diversificar la utilización de fungicidas menos tóxicos (triazoles).

10. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. (1988) Fitopatología. 466-468 Academic Press. 803p.
- Alejo, L. (2000). Impacto del daño ocasionado por la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en el beneficio húmedo de la región de Huastucos, Veracruz. Tesis de licenciatura. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE) (2014). Manejo integrado de la broca en el fruto del cafeto. Consultado el 17/10/2015, disponible en www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Manejo_integrado_broca_enfermedad
- Asociación Nacional del Café (2011). La broca del fruto del cafeto en la caficultura guatemalteca. Consultado el 15/10/2015, disponible en: www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Broca_del_cafeto
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE) (1995). Hombres de Café. ANACAFÉ 1995.
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE) (1998). Manual de Caficultura. ANACAFE 1998 pp.29-35.
- Barrera, F. (2007). Manejo holístico de plagas: más allá del MIP. Menorías del XXX Congreso Nacional de Control Biológico-Simposio de IOBC, Mérida, Yucatán. Noviembre 2007.
- Barrera, J.F., J. Herrera & J. Valle. (2005). Efecto de la altura de la trampa en la captura de la broca del café: Implicaciones en dispersión y muestreo. Entomología Mexicana 4.
- Barrera, F. (2005). Investigación sobre la broca de café en México: Logros, retos y perspectivas. En Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, 2005, p. 1-13.
- Bustillo P, A. E. (2005). El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 29 (110): 55-68

- Castillo F, R. (1998). Situación actual y acciones para el combate de la broca del café en México. En: Resúmenes y Programa de la II Reunión Intercontinental sobre Broca del Café. Barrera, J.F., A.A. Guerra, J.J. Menn & P.S. Baker, (Eds.). Tapachula, Chiapas, México. 29 de marzo- 2 de abril de 1998, p. 23.
- Castillo, A.; Marbán N. (1996). Evaluación en laboratorio de dos nematodos *Steinernematidos* y *Heterorhabditidos* para el control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferr. Nematropica 26: 101-109.
- Chay M. V. (2012) Análisis de la eficacia del control manual de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Scolytidae), Finca Filadelfia, San Felipe. Retalhuleu, Tesis Ingeniero Agrónomo, FCCA Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- CENICAFE (2008). Control de la Roya del cafeto con base en niveles de infección y su efecto en la producción, Chinchiná (Caldas). Revista Cenicafe 2(46): p. 69 – 80.
- Díaz, O., Silva, M., Monreal, C., Casas, S. (2007). La Broca de café y sus efectos. Universitarios Potosinos. Nueva Época. Año 3, No. 7, Noviembre 2007. pp. 40-45.
- Echeverri, D., Montes F., Buitrago L., Mejía I., Gonzales M. P. (2005). Café para cardiólogos. Revista Colombiana de cardiología. 11: 357-365.
- FAO (2014), Sistemas de alerta temprana para la Roya del Café, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Allan Hruska, Oficina regional para Mesoamérica.
- FAO, (1999). Sistemas de Información Geográfica en el Desarrollo Sostenible. Dirección de Investigación, Extensión y Capacitación de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En: <http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/Elgis000.htm>
- Federación Nacional de Cafeteros (2008). Tecnología del Cultivo del Café 2: De. Litografía Cafetera LTDA. Manizales. Colombia. 404 pp.
- Fews net (2015). Impacto de la roya del café en América Central. Informe especial para Centro América, Red de Sistemas de Alerta Temprana para la Hambruna. USAID, RUTA, PROMECAFE.
- Georgi, K. 1993. Metodología para la evaluación de la incidencia y severidad de la enfermedad " Tristeza del Palto" aislamiento, identificación y patogenicidad de

cepas de *Phytophthora* asociadas. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 79 p

González, M. O. y Dufour B. P. (2000). Diseño, desarrollo y evaluación del trapeo en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. En el Salvador. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica, p. 381-396.

Harr, J. (2008). *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. Biología del Hongo. Aspectos de su control. Sandoz S.A. División Agro. Departamento de Investigaciones. Basilea. Suiza.

Holdridge, R. (1982). Ecología basada en la zona de vida. San José, Costa Rica, IICA, Libros y materiales educativos No. 34, 216 p

Kushalapp'a, A. C. and A. B. Eskes. (1989). Advances in coffee rust research. Ann. Rev. Phytopathol. 27: 503-531.

Lequizamón C., J. (2004). Avances de Investigación de la Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE. Sección de Fitopatología

MAGA (2013). Plan de contingencia para el control de la Roya del Café, Comisión MAGA-OIRSA-ANACAFE. Consultado el 15/10/2015, Disponible en WWW. Maga. Gob.gt

Ochoa, O.; Campos, Vidal, B. y Decazy B. (1989). Determinación de pérdidas en la cosecha por broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*) Ferr., en función de diferentes porcentajes de infestación. En: Memoria Técnica de las investigaciones en café 1986/89. Asociación Nacional del café. Guatemala 186 p.

Organización Internacional del Café, OIC. (2008). Informe sobre el mercado del café. Informe ejecutivo, OIC.

Peysson, R. (2001). Historia del café. En el mundo del café. Barcelona: Ultramar Eds. S. A.

Quintero, G. (2000). Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. 51:5-19

- Rayner, R. (2002). Micología, Historia y Biología de la Roya del Cafeto. Turrialba (Costa Rica). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA-IICA. Publicación Miscelánea NO 94.1972. 68 p.
- SENASA. (2012). MIP Plaga del cafeto (en línea). Perú. Consultado 11 Sep.. 2015. Disponible en http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/SUB_DIR_CONTEP/1222.pdf
- Simmons, Tárano y Pinto, (1959). Clasificación del reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado, Guatemala. Editorial José Pineda Ibarra 1000p
- Trujillo, P. (2005). La Broca de café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) su control efectivo aplicando manejo integrado: manual para técnicos y productores. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Centros Regional. México.
- Villegas G.C. (1985). Velocidad de Dispersión de la Roya del Cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. a partir de un foco. Manizales. Colombia. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía.
- Waller, J. (1985). Control of coffee diseases. In: Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage, M.N. Clifford and K.C. Willson (eds). Chapter 9, pp.219-229. AVI Publishing. 530 p.
- Wellman, F. L. (1972). Tropical american Plant disease. pp. 491-495 The Scarecrow Press Inc., Metuchen, N. 989p

11. ANEXOS

Anexo 1

Entrevista para Caporales de finca Piamonte.

1. ¿Conoce el área afectada de la enfermedad?:
2. ¿Con que frecuencia usted ubica esta enfermedad?:
3. ¿ Indique que metodología empleaba para determinar la presencia de Roya y Broca en Café?:
4. ¿Realizaba alguna medición de la presencia de Broca y Roya en Café?: ¿Cómo lo hacía?:
5. ¿Qué factores climáticos contribuían para que la plaga causara mayores problemas?:
5. ¿De su opinión acerca del problema de las plagas (Roya y Broca)?:

Anexo 2.

Entrevista para el asesor agrícola

1. ¿Área en donde se localizó la Broca y Roya en Café y en qué años?:
2. ¿Métodos de control que recomendó por cada año 2012 / 2014?:
3. ¿Qué percepción hubo sobre el control por año aplicado?:
4. ¿Cómo creció o bajo el daño de la enfermedad según los años?:
5. ¿Cuánto aumentó el costo de control o disminuyó?:
6. ¿La importancia de los factores del clima en la incidencia y severidad de las plagas?:
6. ¿Qué método de muestreo utilizó para determinar incidencia y severidad de las plagas?:

Anexo 3

Entrevista para el propietario y administrador de Finca Piamonte

- 1) ¿Con cuántas hectáreas de cultivo de Café cuenta su organización?
- 2) ¿Cuántas hectáreas estuvieron afectadas por la Roya y Broca en el período productivo 2012-13, 2013-2014?
- 3) ¿Cuántos quintales de Café pergamino se había estimado para el ciclo de producción de 2012-2013, 2013-2014?
- 4) ¿Cuántos quintales de producción se perdieron por problemas de la Broca y Roya en el ciclo 2012-2013, 2013-2014?
- 5) ¿Con cuántos quintales, esa producción se piensa ver reducido por problemas de la Broca y Roya en el ciclo 2012-2013, 2013-2014?
- 6) ¿Cuál es el costo adicional promedio por hectárea para atender los cafetales afectados por la Broca y por Roya?
- 7) ¿Cuántos recursos en total, la Organización ya se ha asegurado para atender el problema de la Roya?
- 8) ¿Esos recursos son recursos propios o recursos externos o una combinación?
- 9) ¿Iniciativas que están realizando para combatir la Roya son?:
 - ¿Planes de control de la Roya y Broca con aplicación de Agroquímicos y otros productos?:
 - ¿Planes de manejo con fertilización, poda de cafetos y regulación de sombra?:
 - ¿Proyectos de rehabilitación de Café mediante resepa y manejo integral?:

Si ha respondido OTRO en la pregunta arriba sobre iniciativas que están realizando para combatir la Roya, favor de describir abajo la iniciativa:

10) ¿Qué factores climáticos vio que contribuyeron con el incremento de las plagas?:

11) ¿Qué factores que contribuyen para controlar la Roya? Estos factores apoyan de que las plantas sean fuertes y resisten contra la Roya:

Anexo 4. Registro de precipitación año 2010-2014.

Precipitación (mm).					
AÑO	2010	2011	2012	2013	2014
ENERO	71.00	82.00	37.50	30.00	0.00
FEBRERO	24.00	330.00	35.00	27.00	145.00
MARZO	322.00	325.00	243.50	69.00	404.00
ABRIL	471.50	522.50	538.00	458.00	255.50
MAYO	694.50	649.00	736.00	540.00	1000.00
JUNIO	688.50	733.00	966.00	480.00	736.00
JULIO	852.50	556.00	496.00	470.00	246.00
AGOSTO	687.00	690.00	734.00	450.00	405.50
SEPTIEMBRE	1365.00	871.50	128.00	360.00	321.00
OCTUBRE	291.00	596.50	712.50	755.00	715.00
NOVIEMBRE	121.00	63.00	149.50	53.00	85.00
DICIEMBRE	15.00	12.00	58.50	13.00	15.00
TOTAL mm	5603.00	5430.50	4834.50	3705.00	4328.00

Fuente: finca Piamonte (2016)

Anexo 5. Muestreo de Broca del Café año 2012.

AGRICOLA INDUSTRIAL CAMPO NATURAL, S.A.											
FINCA PIAMONTE, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.											
MUESTREO DE BROCA ABRIL 2012											
No. SECCIÓN	NOMBRE	AREA (Ha)	VARIEDAD	UNIDAD MINIMA DE MUESTREO (Ha)	SITIO	PLANTAS/SITIO	PLANTAS MUESTREADAS	FRUTOS MUESTREADOS/PLANTA	TOTAL FRUTOS MUESTREADOS	FRUTOS INFESTADOS	PORCENTAJE DE INFESTACION
1	La Vega	5.50	Catuaí y Bourbon	5	20	5	100	10	1000	190	19.0
2	El Limón	6.30	Catuaí e icatu	5	20	5	100	10	1000	171	17.1
3	El Cañal	6.80	icatu	5	20	5	100	10	1000	180	18.0
4	El Yucal	7.25	Catuaí e icatu	5	20	5	100	10	1000	188	18.8
5	La Ladera	7.55	icatu	5	20	5	100	10	1000	178	17.8
										Promedio porcentaje de infestación: 18.14	

Fuente: finca Piamonte (2016)

Anexo 6. Muestreo de Roya del Café año 2012.

AGRICOLA INDUSTRIAL CAMPO NATURAL, S.A. FINCA PIAMONTE, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS MUESTREO ROYA MAYO DEL 2012														
No. Sección	Nombre	AREA (Ha)	Variedad	Unidad mínima de muestreo (Ha)	Sitios	Plantas/sitio	Total plantas muestreadas	Hojas/planta	Total de hojas muestreados	Hojas con Roya	PLANTAS CON ROYA	Porcentaje de infección	PORCENTAJE DE SEVERIDAD	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
1	La Vega	5.5	Catuaí y Bourbon	5	20	14	280	10	2800	1850	195	66.07	66.07	69.64
2	El Limón	6.3	Catuaí	5	20	14	280	10	2800	1940	201	69.28	69.28	71.78
3	El Cañal	6.8	Catuaí y Bourbon	5	20	14	280	10	2800	1990	185	71.07	71.07	66.07
4	El Yucal	7.25	Maragogype y Catuaí	5	20	14	280	10	2800	1988	183	71	71	65.35
5	La Ladera	7.55	Catuaí y Bourbon	5	20	14	280	10	2800	1191	157	42.53	42.53	56.07
												PROMEDIOS TOTALES	63.99	65.78

Los totales en negrita son los promedios de severidad e incidencia respectivamente.

Fuente: finca Piamonte (2016)

Anexo 7. Muestreo de Broca del Café año 2013.

AGRICOLA INDUSTRIAL CAMPO NATURAL, S.A.												
FINCA PIAMONTE, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.												
MUESTREO DE BROCA ABRIL 2013												
No. SECCIÓN	NOMBRE	AREA (Ha)	VARIEDAD	UNIDAD MINIMA DE MUESTREO (Ha)	SITIO	PLANTAS/SITIO	PLANTAS MUESTREADAS	FRUTOS MUESTREADOS/PLANTA	TOTAL FRUTOS MUESTREADOS	FRUTOS INFESTADOS	PORCENTAJE DE INFESTACION	
1	La Vega	5.50	Catuái y Bourbon	5	20	5	100	10	1000	165	16.5	
2	El Limón	6.30	Catuái e icatu	5	20	5	100	10	1000	155	15.50	
3	El Cañal	6.80	icatu	5	20	5	100	10	1000	140	14.0	
4	El Yucal	7.25	Catuái e icatu	5	20	5	100	10	1000	170	17.00	
5	La Ladera	7.55	icatu	5	20	5	100	10	1000	158	15.8	
										Promedio porcentaje de infestación:		15.76

Fuente: finca Piamonte (2016)

Anexo 8. Muestreo de Roya del Café año 2013

AGRICOLA INDUSTRIAL CAMPO NATURAL, S.A.														
FINCA PIAMONTE, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS														
MUESTREO ROYA MAYO DEL 2013														
No. Sección	Nombre	AREA (Ha)	variedad	Unidad mínima de muestreo (Ha)	Sitios	Plantas/sitio	Total plantas muestreadas	Hojas/planta	Total de HOJAS muestreados	Hojas con Roya	PLANTAS CON ROYA	Porcentaje de infección	PORCENTAJE DE SEVERIDAD	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
1	La Vega	5.5	Catuai y bourbon	5	20	14	280	10	2800	520	78	18.57	18.57	27.86
2	El Limón	6.3	Catuai e icatu	5	20	14	280	10	2800	485	81	17.32	17.32	28.93
3	El Cañal	6.8	icatu	5	20	14	280	10	2800	321	33	11.46	11.46	11.78
4	El Yucal	7.25	Icatu y Catuai	5	20	14	280	10	2800	496	79	17.71	17.71	28.21
5	La Ladera	7.55	Icatu	5	20	14	280	10	2800	195	24	6.96	6.96	8.57
												PROMEDIOS TOTALES	14.40	21.07

Los totales en negrita son los promedios de severidad e incidencia respectivamente.

Fuente: finca Piamonte (2016)

Anexo 9. Muestreo de Café año 2014.

AGRICOLA INDUSTRIAL CAMPO NATURAL, S.A.
FINCA PIAMONTE, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.
MUESTREO DE BROCA ABRIL 2014

No. SECCIÓN	NOMBRE	AREA (Ha)	VARIEDAD	UNIDAD MINIMA DE MUESTREO (Ha)	SITIO	PLANTAS/ SITIO	PLANTAS MUESTREADAS	FRUTOS MUESTREADOS/PLANTA	TOTAL FRUTOS MUESTREADOS	FRUTOS INFESTADOS	PORCENTAJE DE INFESTACION
1	La Vega	5.50	catuai y baurbon	5	20	5	100	10	1000	120	12.00
2	El Limón	6.30	catuai e icatu	5	20	5	100	10	1000	155	15.50
3	El Cañal	6.80	icatu	5	20	5	100	10	1000	75	7.50
4	El Yucal	7.25	catuai e icatu	5	20	5	100	10	1000	130	13.00
5	La Ladera	7.55	icatú	5	20	5	100	10	1000	102	10.20
Promedio porcentaje de infestación										<i>11.62</i>	

Fuente: finca Piamonte (2016)

Anexo 10. Muestreo de Roya del Café año 2014.

AGRICOLA INDUSTRIAL CAMPO NATURAL, S.A. FINCA PIAMONTE, SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS MUESTREO ROYA MAYO DEL 2014														
No. SECCIÓN	NOMBRE	AREA (Ha)	VARIEDAD	UNIDAD MINIMA DE MUESTRE	SITIO	PLANTAS/SITIO	TOTAL PLANTAS MUESTR	HOJAS/PLANTA	TOTAL HOJAS MUESTREADAS	HOJAS CON ROYA	PLANTAS CON ROYA	PORCENTAJE DE INECCION	PORCENTAJE DE SEVERIDAD	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
1	La Vega	5.5	catuai y	5	20	14	280	10	2800	385	64	13.75	13.75	22.86
2	El Limón	6.3	catuai e icatu	5	20	14	280	10	2800	327	54	11.68	11.68	19.29
3	El Cañal	6.8	icatu	5	20	14	280	10	2800	438	45	15.64	15.64	16.07
4	El Yucal	7.25	maragogype y	5	20	14	280	10	2800	255	84	9.11	9.11	30.00
5	La Ladera	7.55	icatu	5	20	14	280	10	2800	220	24	7.86	7.86	8.57
Los totales son promedios de severidad e incidencia respectivamente.												11.61	19.36	

Finca Piamonte (2016)



Anexo 11. Hojas de Café mostrando infección por Roya



Anexo 12. Hojas de cultivo de Café mostrando los niveles de infección en finca Piamonte



Anexo 13. Planta de Café que sufrió una infección severa por Roya.



Anexo 14. Granos de Café atacados por Broca



Anexo 15. Granos de Café verdes atacados por Broca